

บทที่ 1

ความสำคัญของโภชนศาสตร์

1. ความหมายของอาหารและโภชนาการ

อาหาร (Food) หมายถึง ของกินหรือเครื่องหล่อเลี้ยงชีวิต ในทางอาหารสัตว์จะใช้คำว่า Feed ซึ่งจะหมายถึง สารหรือสิ่งของที่ภายหลังสัตว์กินเข้าไปแล้วสามารถถูกย่อย (Digested) ถูกดูดซึม (Absorbed) แล้วจะถูกนำไปใช้ประโยชน์ (Utilized) ต่อร่างกายของสัตว์ได้ นอกจากนี้ยังมีความหมายที่หมายถึง วัตถุหรือสารใด ๆ ซึ่งโดยปกติจะมาจากพืช หรือสัตว์ซึ่งมีโภชนประกอบอยู่ หรือหมายถึงวัตถุใด ๆ ที่สัตว์กินได้ แล้วนำมาผสมเป็นส่วนหนึ่งในอาหารที่สัตว์กินทุก ๆ วัน หรือหมายถึงสารหรือวัตถุที่สัตว์กินได้และสามารถนำไปใช้เป็นพลังงานหรือเป็น โภชนแก่สัตว์

จากความหมายของอาหารสัตว์นี้ จะเห็นได้ว่าสารหรือสิ่งของซึ่งจะถูกย่อยแต่สัตว์ไม่สามารถย่อยได้ทั้งหมด โดยส่วนของอาหารที่ถูกย่อยได้และถูกนำไปใช้ประโยชน์ได้จะเรียกว่า โภชนหรือสารอาหาร (Nutrients)

Nutrients (สารอาหารหรือโภชน) หมายถึง สารเคมี หรือกลุ่มสารเคมีที่มีคุณสมบัติคล้ายคลึงกัน ประกอบขึ้นเป็นส่วนประกอบของอาหารสัตว์ในธรรมชาติหรือนำไปสังเคราะห์เป็นอาหารสัตว์ เมื่อสัตว์กินเข้าไปแล้วทำให้สัตว์มีชีวิตตามปกติ ในทางอาหารสัตว์แบ่ง โภชนออกเป็น 6 อย่าง ตามความใกล้เคียงกัน โภชนแต่ละอย่างมีหน้าที่โดยเฉพาะเจาะจงในการเสริมสร้างชีวิตสัตว์ โภชน 6 อย่างมีดังต่อไปนี้

น้ำ (water)

คาร์โบไฮเดรต (carbohydrate)

โปรตีน (protein)

ไขมันและสารที่คล้ายไขมัน (lipid)

แร่ธาตุ (mineral or ashe)

วิตามิน (vitamin)

2. ประเภทของอาหาร

อาหารสัตว์ถ้าแบ่งตามปริมาณเชื้อใยและปริมาณขอดี โภชนย่อยได้ทั้งหมดแล้วสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท (ภาพที่ 1.1) คือ

2.1 อาหารข้น (Concentrate) เป็นอาหารที่มีความเข้มข้นของโภชนสูงและมีระดับเชื้อใยต่ำกว่า 18 เปอร์เซ็นต์ แต่มีโภชนย่อยได้ทั้งหมด (TDN) สูง อาหารประเภทนี้ได้แก่เมล็ดธัญพืชต่าง ๆ

2.2 อาหารหยาบ (Roughage) เป็นอาหารที่มีโภชนย่อยได้ทั้งหมดต่ำ และมีปริมาณเชื้อใยสูงกว่า

3. บทบาทของสารอาหาร

การเจริญเติบโตของร่างกายสัตว์ได้มาจากการที่สัตว์กินพืชที่มีพลังงานสะสมอยู่และสามารถเปลี่ยนแปลงสถานะพลังงานจากรูปหนึ่งไปอีกรูปหนึ่งได้ด้วยการเปลี่ยนแปลงผ่านระบบต่าง ๆ เช่น การเปลี่ยนพลังงานจากเซลล์พืชเพื่อให้เกิดพลังงานกลในการเคลื่อนไหวกล้ามเนื้อ (ภาพที่ 1.1) เป็นต้น เมื่อสัตว์ได้รับอาหารและเปลี่ยนเป็นพลังงานในเซลล์ พลังงานที่เซลล์ได้รับมาจะทำปฏิกิริยาเพื่อทำกิจกรรมต่าง ๆ ประกอบด้วย

กิจกรรมทางเคมี กิจกรรมขนส่งและกิจกรรมการทำงานด้วยกลไกโดยมีเอนไซม์ (enzyme) ชนิดต่าง ๆ เร่งปฏิกิริยาและช่วยทำงานของปฏิกิริยาเคมีและนำไปใช้ในกระบวนการต่าง ๆ ของร่างกาย ดังนี้

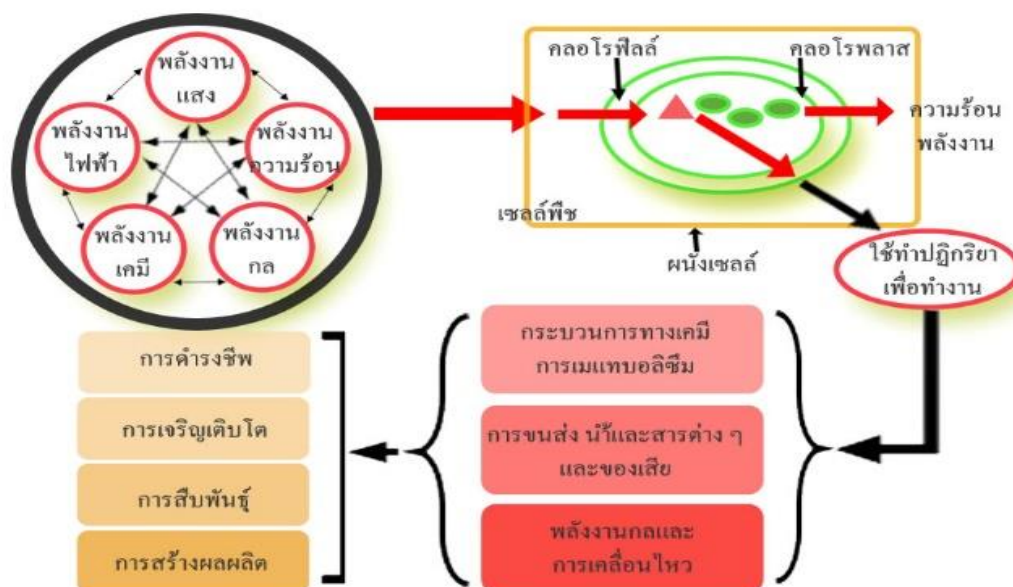
3.1 เพื่อการดำรงชีพ อาหารสัตว์ที่สัตว์กินเข้าไปจะทำให้ร่างกายทำกระบวนการต่าง ๆ ในร่างกายที่จำเป็นต่อการมีชีวิต ได้แก่ การให้พลังงานในการทำงานของอวัยวะต่าง ๆ เพื่อการหายใจ การเคลื่อนไหวและการขับถ่าย การสูบน้ำคูลิต การกินและการย่อย นอกจากนี้อาหารยังให้สารอาหารเพื่อซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอของร่างกาย เพื่อให้การทำงานของระบบต่าง ๆ ในร่างกาย ให้เป็นปกติ

3.2 เพื่อการเจริญเติบโต อาหารสัตว์ถูกใช้ในการสร้างเนื้อเยื่อของร่างกาย หนึ่ง โครงกระดูกและอวัยวะภายใน เมื่อสัตว์อายุน้อยสัตว์แต่ละวัยมีการสะสมชนิดของเนื้อเยื่อ แตกต่างกัน ระยะต่อมาเป็นการเจริญเติบโตของกล้ามเนื้อ และเมื่อสัตว์เติบโตเต็มที่จะมีแนวโน้มสะสมไขมัน ดังนั้นการทราบความต้องการอาหารในแต่ละวัยก็สามารถจัดหาอาหารให้ถูกต้องและประหยัดค่าอาหาร

3.3 เพื่อการสืบพันธุ์ เมื่อสัตว์เข้าสู่วัยเจริญพันธุ์ สัตว์ต้องการอาหารเพื่อให้กระบวนการของอวัยวะสืบพันธุ์ทำงานได้เป็นปกติ เช่น การผสมพันธุ์เป็นปกติ การผสมติด การเป็นสัดตามเวลา ความ

สามารถในการอ้อมที่จจนครบกำหนดตลอด การตกไข่หรือความสมบูรณ์พันธุ์ ของสัตว์เพศผู้ เป็นต้น

3.4 เพื่อการให้ผลผลิต อาหารที่สัตว์นำเข้าสู่ร่างกายที่เหลือจากการนำไปใช้ประโยชน์ในกระบวนการต่าง ๆ ของร่างกายแล้วจะถูกนำมาสร้างเป็นผลผลิตต่าง ๆ เช่น การสร้างเนื้อ การให้นม การให้ไข่ การสร้างขน การเพิ่มความอ้วน ตลอดจนให้กำลังงานเพื่อการทำงาน ของสัตว์ เป็นต้น



ภาพที่ 1.1 การเปลี่ยนแปลงรูปพลังงานผ่านระบบทำงานของเซลล์พืชเพื่อนำไปใช้ประโยชน์
ที่มา: ชาติรี (มปท.)

4. คำจำกัดความเพื่อการศึกษาเพิ่มเติม

4.1 ประสิทธิภาพในการใช้อาหารของสัตว์ (Feed efficiency) คือความสามารถที่สัตว์มีเพื่อเปลี่ยนอาหารที่กินเข้าไปหนึ่งหน่วย ไปทำให้น้ำหนักตัวเพิ่มขึ้น สัตว์แต่ละชนิด แต่ละวัยมีประสิทธิภาพการใช้อาหารไม่เท่ากัน เช่น ประสิทธิภาพการใช้อาหารของสัตว์จะลดต่ำลงเมื่อสัตว์มีอายุมากขึ้น ฯลฯ

$$\text{สูตรประสิทธิภาพการใช้อาหาร} = \frac{\text{น้ำหนักตัว}}{\text{ปริมาณอาหารที่กิน}} \times 100$$

มีหน่วยเป็น % เสมอ คำนี้อิ่งสูงยิ่งดี

4.2 อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (Feed conversion rate) คือ ค่าที่แสดงถึงสัดส่วนระหว่างปริมาณอาหารทั้งหมดที่สัตว์กินเข้าไปต่อน้ำหนักของสัตว์เพิ่มขึ้น 1 หน่วย

$$\text{สูตร อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ} = \frac{\text{น้ำหนักอาหารที่กินทั้งหมด}}{\text{น้ำหนักตัวที่เพิ่ม}}$$

เป็นอัตราส่วนอย่างต่ำเสมอ ไม่แสดงหน่วย ขึ้นแปลความหมายจึงค่อยเติมหน่วยเข้าไปเพื่อประกอบการอธิบาย ทั้งสองค่านี้ยิ่งต่างกันน้อยยิ่งดี ในการเขียนแสดงค่าสัดส่วนนี้ให้แสดงสัดส่วนอาหารที่กินไว้หน้าเสมอ และปัจจุบันไม่นิยมเขียนเลข 1 ที่แสดงถึงค่าน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นแล้วจะละไว้ในฐานที่เข้าใจ

4.3 โปรตีนรวม (Crude protein) คือปริมาณโปรตีนทั้งหมดที่มีอยู่ในอาหาร เป็นค่าที่ได้มาจากการวิเคราะห์และการคำนวณ

$$\text{โดยหาได้จาก ปริมาณ } N \text{ ทั้งหมดที่มีอยู่ในอาหาร} \times 6.25$$

ค่านี้ไม่สามารถบ่งบอกได้ว่าปริมาณ N ทั้งหมดที่มีในอาหารจะถูกร่างกายใช้ให้เกิดประโยชน์ได้ มากน้อยเพียงใด

4.4 โปรตีนที่ย่อยได้ (Digestible crude protein)

$$\text{สูตร } DCP = CP_{\text{ในอาหาร}} - CP_{\text{ในมูล}}$$

ค่าที่ได้สามารถบอกได้ว่า N ในอาหารนั้น ๆ มีประโยชน์ต่อร่างกายเพียงใด

4.5 เปอร์เซนต์การย่อยได้ หรือ ประสิทธิภาพการย่อย (Digestible efficiency) การย่อยอาหารเป็นขบวนการทำให้อาหารแตกตัวเล็กลงเป็นโมเลกุลเล็ก ๆ พอที่สัตว์จะดูดซึมไปใช้ประโยชน์ได้

การหาการย่อยได้ของอาหารจึงเป็นวิธีการวัดและประเมินคุณค่าของอาหารที่ดีวิธีหนึ่ง อาหารที่ย่อยได้มากเป็นประโยชน์ต่อสัตว์มากกว่าอาหารที่ย่อยได้น้อย สูตรหาการย่อยได้ คือ

$$\text{สูตร \% การย่อยได้} = \frac{(\text{อาหารที่กิน} - \text{อาหารในมูล})}{\text{อาหารที่กิน}} \times 100$$

4.6 Digestion Coefficient สัมประสิทธิ์การย่อย หมายถึง ผลต่างระหว่างโภชนในอาหารที่สัตว์กินเข้าไปและปริมาณ โภชนที่สัตว์ขับถ่ายออกมา คือ ปริมาณโภชนที่ย่อยได้

$$\text{สูตร} \quad \frac{(\text{นน. อาหารที่กิน} \times \% \text{ โภชนในอาหาร}) - (\text{นน. มูล} \times \% \text{ โภชนในมูล})}{(\text{นน. อาหารที่กิน} \times \% \text{ โภชนในอาหาร})}$$

4.7 Complete feed (อาหารสำเร็จรูป) หมายถึง อาหารที่มีสารอาหารครบถ้วนตามความต้องการของสัตว์ เมื่อสัตว์ได้รับในปริมาณที่เพียงพอแล้วสามารถเจริญเติบโตและให้ผลผลิตได้โดยไม่ต้องให้อาหารอื่นนอกจากน้ำเท่านั้น

4.8 Concentrates diet (หัวอาหาร) หมายถึง อาหารที่ประกอบด้วยวัตถุดิบชนิดเดียวหรือหลายชนิดรวมกัน มีคุณค่าทางอาหารสูง ซึ่งส่วนมากมักจะประกอบไปด้วยโปรตีน แร่ธาตุและวิตามินรวมกันอยู่ เมื่อนำไปผสมกับอาหารชนิดอื่น ซึ่งมักได้แก่ อาหารประเภทคาร์โบไฮเดรต ตามสัดส่วนที่กำหนดแล้ว จะมีคุณค่าครบถ้วนตามความต้องการของ

4.9 Diet หมายถึง อาหารที่เตรียมหรือผสมเสร็จแล้ว เพื่อไว้ใช้เลี้ยงสัตว์เฉพาะอย่าง ๆ ไป

4.10 Dry Matter (วัตถุแห้ง) หมายถึง วัตถุแห้งในอาหาร วัตถุแห้งเป็นสารที่เหลือหลังจากทำการไล่น้ำออกไปจนหมดสิ้นแล้ว วัตถุแห้งบางทีก็เรียกว่า dry substance หรือ total solids วัตถุแห้งประกอบด้วยโปรตีน (crude protein) ไขมัน (crude fat) เยื่อใย (crude fiber) ไนโตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรกหรือเอ็นเอฟอี (nitrogen free extract, NFE) และ เถ้า (ash)

4.11 Feed Additives (สารเสริม) หมายถึง สารที่ใช้เติมลงไปในการอาหารเพื่อจุดประสงค์ต่าง ๆ กัน เช่น เพื่อให้สัตว์มีการเจริญเติบโตดีขึ้น เพื่อให้สัตว์สร้างผลผลิตเพิ่มขึ้น หรือเพื่อป้องกันรักษาโรค สารเสริมที่ใช้กันมาก ได้แก่ ปฏิชีวนะสาร (antibiotics) ฮอร์โมน (hormones) น้ำย่อย (enzymes)

(เช่น Beta-glucanase และ PhytaseX) ยาถ่ายพยาธิ (wormers) และสารกระตุ้นการเจริญเติบโต (growth-stimulating substances) หรือสารแต่งกลิ่นแต่งรสต่างๆ (Flavors)

4.12 Feed Supplement (อาหารเสริม) หมายถึง วัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดเดียวหรือหลายชนิดผสมกัน มีความเข้มข้นของโภชนาชนิดใดชนิดหนึ่งอยู่สูง ใช้เติมลงในการผสมอาหาร เพื่อให้เกิดความสมดุลของโภชนาในอาหารผสมนั้น ส่วนใหญ่หมายถึงการเพิ่มโปรตีนหรือกรดอะมิโน รวมไปถึงการเพิ่มแร่ธาตุและวิตามินด้วย อาหารเสริมมีดังต่อไปนี้

4.12.1 อาหารเสริมโปรตีน (protein supplement) หมายถึง วัตถุดิบอาหารที่มีโปรตีนสูงกว่า 20% มีกากหรือเยื่อใยน้อยกว่า 18% เช่น ปลาป่น หางนมผง กากถั่วเหลือง และไบกระถิน

4.12.2 อาหารเสริมกรดอะมิโน (amino acid supplement) หมายถึง กรดอะมิโนสังเคราะห์ ต่าง ๆ เช่น ไลซีน เมทไทโอนีน ใช้เติมลงในอาหารผสมเพื่อให้มีปริมาณกรดอะมิโนครบตามปริมาณที่ร่างกายสัตว์ต้องการ

4.12.3 อาหารเสริมแร่ธาตุ (mineral supplement) หมายถึง วัตถุดิบอาหารที่ให้แร่ธาตุในปริมาณสูง เช่น เกลือ กระจกป่น ไคแคลเซียมฟอสเฟต และเปลือกหอย

4.12.4 อาหารเสริมวิตามิน (vitamin supplement) หมายถึง วัตถุดิบอาหารที่ให้วิตามินสูงเช่น น้ำมันตับปลา วิตามินสังเคราะห์ต่าง ๆ

4.12.5 สารเสริมชีวิต (Probiotics) หมายถึงสารเสริมอาหารซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่มีชีวิตสามารถก่อประโยชน์ต่อร่างกายของสิ่งมีชีวิตที่มันอาศัยอยู่โดยการปรับสมดุลของจุลินทรีย์ในทางเดินอาหาร เป็นสารที่ได้จากจุลินทรีย์มักเป็นเชื้อแบคทีเรีย รา หรือยีสต์ที่ไม่ก่อโรค เป็นสายพันธุ์ที่มีความคงตัวทนต่อการเปลี่ยนแปลงสภาวะกรด เบส ในทางเดินอาหาร และสามารถถูกสังคาบหรือย่อยสลายได้และไม่ตกค้างในซากสัตว์ นอกจากนี้สามารถผลิตได้จำนวนมากในระดับอุตสาหกรรม โดยมีพันธุกรรมที่คงที่ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรม และควรมีชีวิตได้นานพอในสภาพการเก็บรักษาที่เหมาะสม อาจช่วยให้มีภูมิคุ้มกันต้านต่อโรคได้มากขึ้น ให้สัตว์แข็งแรง เจริญเติบโตดี ลดอาการท้องเสีย ลดความสูญเสียทางเศรษฐกิจ จุลินทรีย์ที่นำมาใช้เพื่อเป็นสารเสริมชีวิตมีหลายชนิด กลุ่มแบคทีเรีย เช่น Lactobacillus acidophilus, Streptococcus thermophilus, Bacillus subtilis, Bifidobacterium longum กลุ่มเชื้อราและยีสต์ เช่น Aspergillus oryzae, Aspergillus niger, Saccharomyces cerevisiae, , Pediococcus Pentosaceus

Pediococcus spp. ทั้งนี้สารเสริม ชีวหน้าที่ผสมในอาหารสัตว์มีทั้งชนิดที่มีจุลินทรีย์ชนิดเดียวและชนิดที่มีจุลินทรีย์ตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป เช่น *Lactobacillus* spp. กับ *Streptococcus* spp.

4.12.6 Prebiotics คือ สารหรือองค์ประกอบที่ไม่ถูกย่อยหรือถูกดูดซึมในทางเดินอาหาร ช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตอย่างจำเพาะต่อจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในระบบทางเดินอาหาร prebiotics บางชนิดมีตำแหน่งจับจำเพาะสำหรับจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค (pathogenic bacteria) เช่น *Salmonella* และ *E.coli* ซึ่งต่อมาจะถูกกำจัดออกจากระบบทางเดินอาหารไปกับอุจจาระ ในขณะที่ prebiotics ชนิดอื่น ๆ ก็กระตุ้นการเจริญของแบคทีเรียที่เป็นประโยชน์ เช่น *Bifidobacteria* และ *Lactobacilli* โดยการเป็นแหล่งอาหารให้กับแบคทีเรีย ทำให้ลำไส้เกิดความสมดุลและยังช่วยเพิ่มการนำสารอาหารไปใช้ด้วย

4.13 Feeding Stuffs (วัตถุดิบอาหารสัตว์) หมายถึง อะไรก็ตามที่มีคุณค่าทางอาหาร ที่สัตว์กินเข้าไปทำให้เจริญเติบโต อาจเป็นสิ่งที่เกิดเองตามธรรมชาติ อาจได้จากทางพืชและทางสัตว์ นอกจากนี้ Feeding stuffs ยังหมายรวมไปถึงอาหารที่ได้จากการสังเคราะห์ทางเคมี

4.14 Forage Crops (พืชอาหารสัตว์) หมายถึง พืชอาหารสัตว์ซึ่งอาจได้มาจากพืชตระกูลหญ้าหรือพืชตระกูลถั่ว หรือพืชตระกูลอื่น ๆ พืชอาหารสัตว์ที่ได้จากพืชตระกูลหญ้า เช่น หญ้าขน หญ้าเนเปียร์ หญ้ากินนี ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ฯลฯ จากพืชตระกูลถั่ว เช่น ถั่วลาย (*Centrosema*) ถั่วแลบแลบ (*Lablab*) ถั่วแระหรือถั่วมะแฮะ กระถิน และแค ฯลฯ จากพืชตระกูลอื่น ๆ เช่น สาหร่าย ผักตบชวา กว๊วย จอก และ แหน ฯลฯ

4.15 Premix (อาหารผสมล่วงหน้า) หมายถึง ส่วนผสมของแหล่งอาหารปลีกย่อยหลายชนิด ซึ่งจะผสมกับตัวเจือจางไว้ล่วงหน้า ก่อนนำมาผสมกับวัตถุดิบอาหารอื่น ๆ เพื่อให้อาหารปลีกย่อยเหล่านั้นคลุกเคล้าปนกับอาหารอื่น ๆ ได้ง่ายขึ้น เช่น วิตามินพรีมิกซ์ แร่ธาตุพรีมิกซ์

5. ความก้าวหน้าทางวิชาการโภชนศาสตร์สัตว์

ในปัจจุบันนักวิชาการให้ความสนใจด้านชีววิทยาระดับเซลล์ (cell biology) พันธุศาสตร์โมเลกุล (molecular genetics) พันธุวิศวกรรมศาสตร์ (genetic engineering) และเทคโนโลยีชีวภาพ (biotechnology) มากขึ้นทำให้เข้าใจโภชนศาสตร์ได้อย่างลึกซึ้งและนำไปประยุกต์ใช้ให้เป็นประโยชน์มากมาย เช่น

5.1 ผลิตภัณฑ์ไฟเตส (phytase) เพื่อย่อยกรดไฟติก (phytic acid หรือ phytate) ทำให้การใช้

ประโยชน์ในอาหารดีขึ้น ลดการเสริมฟอสฟอรัสในอาหารลงทำให้สัตว์ขับฟอสฟอรัสออกมาน้อยลง ช่วยลดปัญหาด้านมลภาวะได้

5.2 ผลิตภัณฑ์โพลีแซคคาไรด์อื่น ๆ ที่ไม่ใช่แป้ง (non starch polysaccharide , NSP) ทำให้สัตว์กระเพาะเคี้ยวสามารถใช้ประโยชน์จากสารเหล่านี้ ซึ่งมีมากในเมล็ดธัญพืชบางชนิดได้ดีขึ้น

5.3 ผลิตภัณฑ์เพื่อช่วยการย่อยอาหารในลูกสุกรเล็กระยะหย่านม เพราะมันยังไม่สามารถผลิตน้ำย่อยได้สมบูรณ์นัก

5.4 ผลิตภัณฑ์ฮอร์โมนเร่งการเจริญเติบโตในสุกร (porcine somatotropin , pST) เพื่อช่วยเร่งอัตราการเจริญเติบโตและปรับปรุงคุณภาพซากทำให้มีการสะสมเนื้อแดงมากขึ้นและมีไขมันน้อยลง bovine somatotropin (bST) ทำให้ผลิตน้ำนมดีขึ้น

5.5 ผลิตภัณฑ์โปรไบโอติก (probiotic) เช่น แแบคทีเรียกรดแลคติก, ยีสต์(yeast) เพื่อช่วยต่อต้านแบคทีเรียที่เป็นโทษในร่างกายทำให้สัตว์มีสุขภาพดีขึ้น มีประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารและการให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น

5.6 คัดเลือกและปรับปรุงพันธุกรรมของจุลินทรีย์ เพื่อให้ได้สายพันธุ์ใหม่ซึ่งใช้ปรับปรุงคุณภาพของพืชหมักและพืชอาหารหยาบคุณภาพเลวให้ดีขึ้น หรือช่วยในการย่อยเยื่อใยในกระเพาะส่วนหน้าของสัตว์เคี้ยวเอื้องลดการสูญเสียพลังงานในรูปคาร์บอนไดออกไซด์และมีเทนทำให้สัตว์มีประสิทธิภาพการผลิตเพิ่มขึ้น

สรุป

อาหาร (Food) หมายถึง ของกินหรือเครื่องหล่อเลี้ยงชีวิต ในทางอาหารสัตว์จะใช้คำว่า Feed ซึ่งจะหมายถึง สารหรือสิ่งของที่ภายหลังสัตว์กินเข้าไปแล้วสามารถถูกย่อย (Digested) ถูกดูดซึม (Absorbed) แล้วจะถูกนำไปใช้ประโยชน์ (Utilized) ต่อร่างกายของสัตว์ได้

ผู้ที่เริ่มต้นหรือผู้ที่ปฏิบัติงานเกี่ยวข้องกับด้านนี้จะต้องทำความเข้าใจในความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับที่มาของสารตั้งต้นของสารอาหาร วิธีการย่อยอาหาร การดูดซึมตลอดจนกระบวนการเปลี่ยนแปลงสารอาหารหลักก่อน จึงจะสามารถนำไปใช้ในการพิจารณาเลือก หรือคัดแปลงการใช้วัตถุดิบอาหารสัตว์ ตลอดจนใช้ในการแก้ไขปัญหาหรือหลีกเลี่ยงปัญหาที่อาจเกิดขึ้น

ความเข้าใจในความหมายของคำต่าง ๆ ที่มีความเกี่ยวข้องกับอาหารสัตว์ เป็นสิ่งจำเป็นในการนำมาปฏิบัติเพื่อให้การใช้อาหารสัตว์ได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม

แบบทดสอบบทที่ 1

จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว

<p>1. Nutrient หมายถึง</p> <p>ก. ธาตุอาหารหรือโภชนาที่ประกอบอยู่ในอาหาร</p> <p>ข. อาหารหยาบและอาหารข้น</p> <p>ค. อาหารต่าง ๆ ที่มาผสมกันเป็นอาหารผสม</p> <p>ง. ถูกทุกข้อ</p> <p>2. ข้อใดไม่ใช่อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ</p> <p>ก. มีหน่วยเป็น%</p> <p>ข. ยิ่งต่ำยิ่งดี</p> <p>ค. Feed Ratio</p> <p>ง. Feed Conversion Rate</p> <p>จากโจทย์ สุกรน้ำหนักเพิ่มหลังหย่านม 90 กก. ใช้ อาหารไป 270 กก. ตอบข้อ 3-4</p> <p>3. อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของสุกรตัวนี้คือ</p> <p>ก. 1:1 ข. 1:2</p> <p>ค. 1:3 ง. 1:4</p> <p>4. ประสิทธิภาพการใช้อาหารของสุกรตัวนี้</p> <p>ก. 11% ข. 22%</p> <p>ค. 33% ง. 44%</p> <p>5. ข้าวโพดมีโปรตีน 8% พบโปรตีนที่เหลือในมูล 3.2% โปรตีนที่ย่อยได้ คือ</p> <p>ก. 68% ข. 0.13%</p> <p>ค. 0.52% ง. 4.8%</p> <p>6. จากข้อ 5 Digestible efficiency ของโปรตีนใน ข้าวโพด คือ</p> <p>ก. 50% ข. 60% ค. 70% ง. 80%</p>	<p>7. ปลาป่นสามารถวิเคราะห์หาปริมาณ N ได้ 9 % แสดงว่าปลาป่นตัวอย่างนี้มีโปรตีน</p> <p>ก. 36.25% ข. 46.25%</p> <p>ค. 56.25% ง. 66.25%</p> <p>8. Digestible efficiency ข้อใดไม่ใช่</p> <p>ก. สัมประสิทธิ์การย่อย</p> <p>ข. $= \frac{(\text{อาหารที่กิน} - \text{อาหารในมูล})}{\text{อาหารที่กิน}} \times 100$</p> <p>ค. ประสิทธิภาพการย่อย</p> <p>ง. เปอร์เซ็นต์การย่อยได้</p> <p>9. Digestion Coefficient ข้อใดไม่ใช่</p> <p>ก. สัมประสิทธิ์การย่อย</p> <p>ข. ผลต่างระหว่างโภชนาในอาหารที่สัตว์กินเข้าไป และปริมาณโภชนาที่สัตว์ขับถ่ายออกมา</p> <p>ค. ปริมาณโภชนาที่ย่อยได้</p> <p>ง. เปอร์เซ็นต์การย่อยได้</p> <p>10. ข้อใดไม่ใช่ feed supplement</p> <p>ก. protein</p> <p>ข. Basal feed</p> <p>ค. Prebiotics</p> <p>ง. probiotics</p>
---	---

แบบฝึกหัด บทที่ 1

จงเติมคำในช่องว่าง ให้ได้ใจความสมบูรณ์

1. Crude protein คือ

.....
.....
.....

2. Digestible protein คือ

.....
.....
.....

3. Crude protein แตกต่างกับ Digestible protein คือ

.....
.....
.....

4. Feed efficiency คือ

.....
.....
.....

5. Feed ratio คือ

.....
.....
.....

6. Feed efficiency แตกต่างกับ Feed ratio คือ

.....
.....
.....

บทที่ 2

โภชนาการในอาหารสัตว์

เนื่องจากต้นทุนการเลี้ยงสัตว์ส่วนใหญ่จะเป็นค่าอาหารสัตว์ เช่น ค่าใช้จ่ายในการเลี้ยงสุกรจะเป็นค่าอาหารถึง 80 เปอร์เซ็นต์ การเลี้ยงโคนม และการเลี้ยงไก่จะเป็นค่าอาหารประมาณ 50-60 เปอร์เซ็นต์ ฉะนั้นการศึกษาเพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจในองค์ประกอบของวัตถุดิบของอาหารสัตว์แต่ละชนิดก่อนการเลี้ยงสัตว์จึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง

1. การแบ่งประเภทของโภชนาการในอาหารสัตว์

อาหารสัตว์จะมีส่วนประกอบทางเคมี 3 ส่วนใหญ่ คือ น้ำ อินทรีย์สาร และอนินทรีย์สาร จากส่วนประกอบทางเคมีเหล่านี้จะแบ่งออกได้เป็น 6 ประเภท คือ น้ำ โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต วิตามิน และแร่ธาตุ (ภาพที่ 2.1-2.2)

1.1 น้ำ (Water) น้ำไม่จัดว่าเป็นโภชนาการเพราะไม่สามารถให้พลังงานความร้อนหรือเสริมสร้างและซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอ แต่จะขาดไม่ได้ เพราะถ้าขาดจะทำให้สัตว์ตาย

1.2 วัตถุแห้ง (Dry matter) เป็นส่วนของอาหารที่ได้ระเหยเอาน้ำออก แบ่งได้ 2 กลุ่มคือ

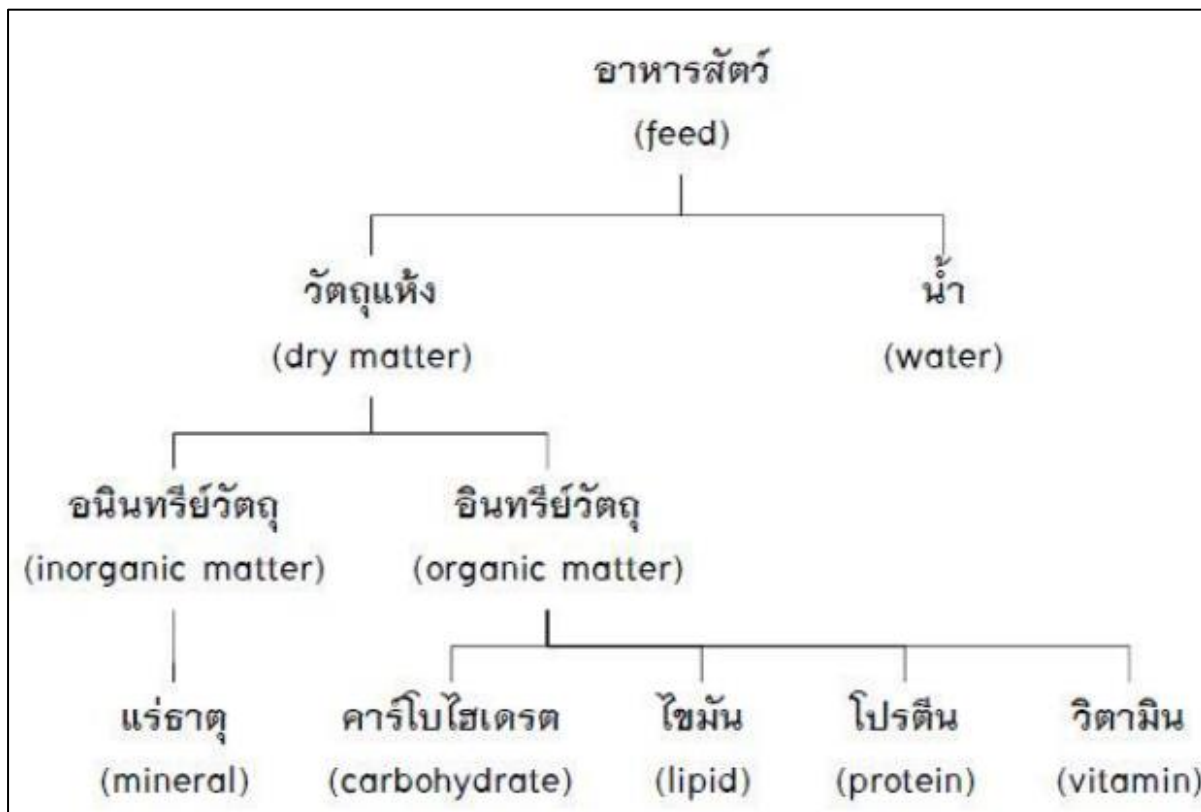
1.2.1 อินทรีย์สาร (Organic matter) สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ชนิด คือ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน และวิตามิน

1.2.2 อนินทรีย์สาร (Inorganic matter) คือ แร่ธาตุ (Minerals) ซึ่งอาหารก็จะมีแร่ธาตุอยู่ในจำนวนไม่มากนัก แต่มีแร่ธาตุบางชนิดที่ไม่ใช่อินทรีย์สารโดยตรง แต่เป็นส่วนประกอบของอินทรีย์สาร เช่น ฟอสฟอรัส กำมะถัน ซึ่งเป็นส่วนประกอบของโปรตีนในอาหาร แมกนีเซียมเป็นส่วนประกอบของคลอโรฟิลล์ แร่ธาตุแบ่งเป็น 3 กลุ่ม

ก. Major Element ได้แก่ Ca P K Na Cl S Mg

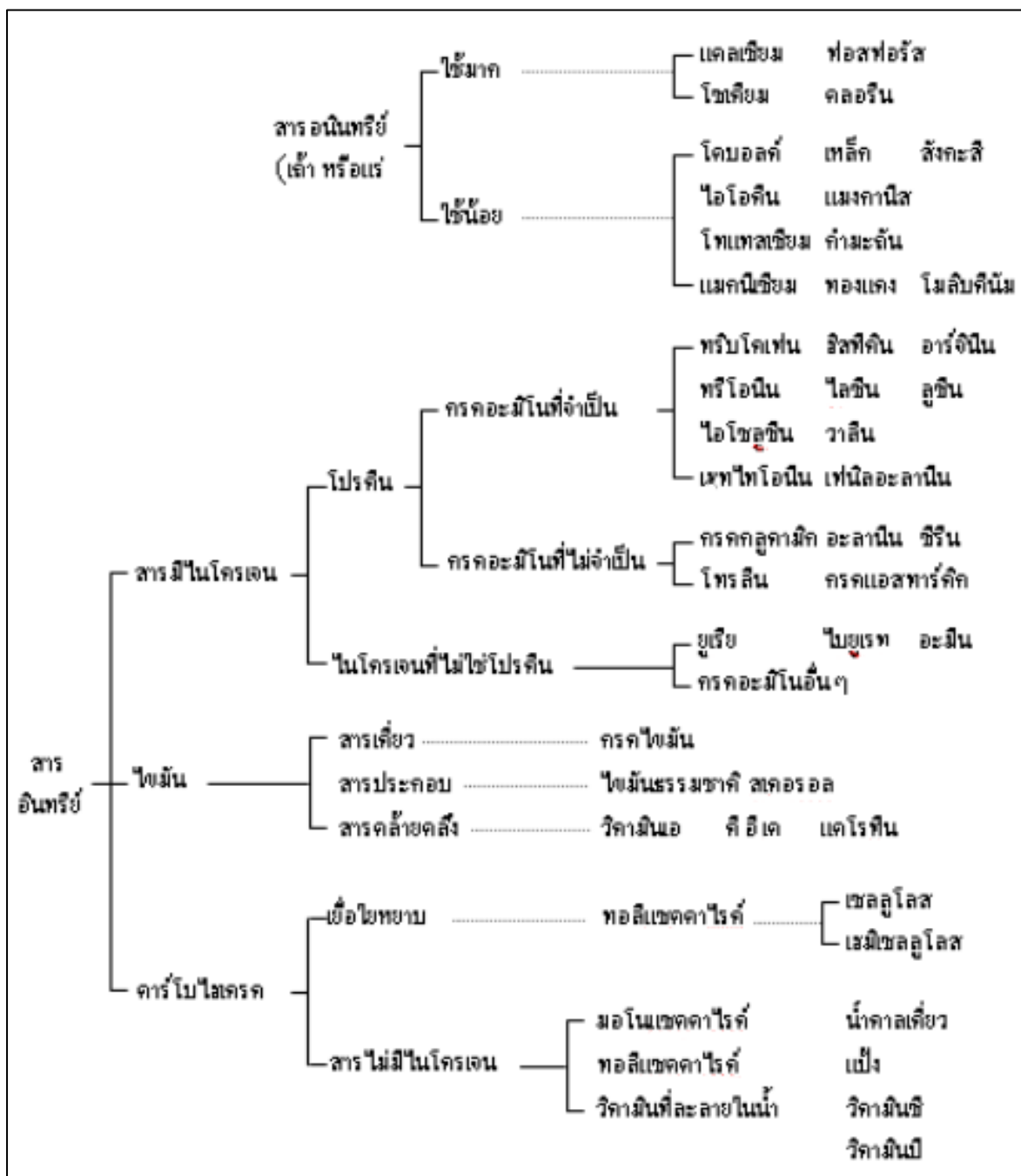
ข. Minor Element ได้แก่ Fe Zn Cu Mn I Co Mo Se

ค. Trace Element ได้แก่ F Br Ba Sr



ภาพที่ 2.1 แผนภูมิการแบ่งส่วนประกอบของอาหารสัตว์

ที่มา: บุญเสริม (2542)



ภาพที่ 2.2 แผนภูมิจำแนกองค์ประกอบของสารอาหาร

ที่มา: บุญเสริม (2542)

2. โภชนชนิดต่าง ๆ ในอาหาร

2.1 น้ำ

น้ำเป็นอาหารที่จำเป็นต่อร่างกายสัตว์ เป็นสารอาหารที่จัดว่ามีราคาถูก ในร่างกายสัตว์ มีน้ำประมาณ 65–85 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อโตเต็มที่จะมีน้ำในร่างกายประมาณ 45–60 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งปริมาณน้ำในร่างกายจะลดลงเมื่ออายุมากขึ้น น้ำในร่างกายสัตว์ที่อยู่ภายในเซลล์พบมากบริเวณกล้ามเนื้อและผิวหนัง ส่วนน้ำที่อยู่ภายนอกเซลล์ ได้แก่ ของเหลวที่อยู่ระหว่างเซลล์ ในพลาสมา น้ำเหลือง และของเหลวในไขสันหลัง เป็นต้น และยังพบน้ำในทางเดินอาหาร และส่วนขับถ่ายของร่างกาย

ในอาหารสัตว์มีน้ำเป็นส่วนประกอบมากน้อยต่างกันแล้วแต่มาจากแหล่งใด ในพืชสด เช่น หญ้า หรือถั่วสด จะมีน้ำประมาณ 75–85 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นอยู่กับสภาพดินฟ้าอากาศและความอ่อนแก่ของพืช พวกเมล็ดพืชและกากเมล็ดพืชมีน้ำอยู่ประมาณ 10–15 เปอร์เซ็นต์ หรือระหว่าง 10–95 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารหยาบและระหว่าง 12–15 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารข้น สัตว์ต้องการน้ำมากน้อยต่างกัน ปัจจัยที่ทำให้สัตว์กินน้ำต่างกัน ได้แก่ อุณหภูมิและความชื้น ถ้าอากาศร้อนจะเพิ่มปริมาณการกินน้ำ หรือลักษณะอาหารที่ให้ ถ้าเป็นอาหารที่มีวัตถุแห้งมากจะกินน้ำมากตามไปด้วย หรืออาหารมีความชื้นมากจะกินอาหารน้อยลงปริมาณเกลือหรือโปรตีนในอาหารสูง จะทำให้สัตว์กินน้ำเพิ่มขึ้น สถานการณ์ให้ผลผลิตของสัตว์ มีผลต่อความต้องการน้ำด้วย เช่น สัตว์กำลังให้นมหรือแม่สุกรเลี้ยงลูกต้องการน้ำมากกว่าสัตว์ปกติ นอกจากนี้ลักษณะการขับถ่ายของเสียจากร่างกายมีผลต่อความต้องการน้ำด้วย เช่น สัตว์ปีก กับสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมต้องการน้ำในอัตราต่างกัน (ตารางที่ 2.1)

ตารางที่ 2.1 ความต้องการน้ำของสัตว์บางชนิด

ชนิดสัตว์	กก.น้ำ/ กก.อาหารแห้ง		กิโลกรัมต่อวัน	
	เฉลี่ย	ช่วงระหว่าง	เฉลี่ย	ช่วงระหว่าง
ม้า	2.5	1.3 - 3.5	40	25 - 50
วัว ควาย	5.0	3 - 7	60	45 - 90
สุกร	4.0	3 - 5	13	10 - 26
แกะ	3.5	2 - 5	7	3 - 11
แพะ	2.5	2 - 4	6	2 - 10
ไก่	2.2	1.5 - 4.0	0.2	0.15 - 0.26

ที่มา: ชาตรี (มปท.)

2.1.1 ความจำเป็นของน้ำต่อร่างกายสัตว์ ดังนี้

ก. น้ำเป็นสื่อกลางที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมี เพื่อใช้กับกระบวนการภายในร่างกาย เช่น การย่อย การดูดซึม ตลอดจนกระบวนการเปลี่ยนแปลงของอาหารคาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมัน ให้อยู่ในรูปที่ดูดซึมเป็นประโยชน์ต่อร่างกาย

ข. น้ำเป็นส่วนประกอบของเลือดและน้ำเหลืองนำอาหารที่ย่อยแล้วไปเลี้ยงส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย และนำของเสียที่ไม่ต้องการขับถ่ายออกมา เพื่อไม่ให้สะสมจนเป็นพิษ ต่อร่างกาย ประมาณว่ามีน้ำในเลือด 90–95 เปอร์เซ็นต์ และในทุกเซลล์มีน้ำประมาณ 70–90 เปอร์เซ็นต์

ค. น้ำปรับระดับอุณหภูมิของร่างกายให้คงที่ เพราะน้ำมีความร้อนจำเพาะสูงสามารถดูดเก็บความร้อนที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาเคมีในร่างกาย โดยอุณหภูมิของร่างกายสูงขึ้น เพียงเล็กน้อย และขจัดออกโดยการระเหยของเหงื่อและไอน้ำจากการหอบหรือหายใจ

ง. น้ำเป็นส่วนประกอบของเหลวในร่างกายตามข้อต่อ ช่วยในการหล่อลื่นและเป็นตัวกันกระทบกระเทือนในเซลล์และระหว่างเซลล์

2.1.2 แหล่งที่มาของน้ำ สัตว์ได้รับน้ำไปใช้ประโยชน์ในร่างกายโดยอาศัย

ก. น้ำที่กินเข้าไปโดยตรง เช่น น้ำบ่อ น้ำบาดาล น้ำฝน เป็นต้น

ข. น้ำในอาหารสัตว์ ซึ่งมากหรือน้อยแล้วแต่ชนิดของอาหาร เช่น ในหญ้าแห้ง อาจมีน้ำเพียง 5 เปอร์เซ็นต์ แต่หญ้าอ่อนอาจมีน้ำถึง 90 เปอร์เซ็นต์

ค. น้ำที่ได้จากการสลายตัวของอาหารในร่างกาย ซึ่งเป็นผลจากการย่อยอาหารไขมัน คาร์โบไฮเดรต โปรตีนในร่างกาย

2.2 คาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate)

วัตถุประสงค์ของพืชและผลผลิตจากพืชส่วนใหญ่เป็นพวกคาร์โบไฮเดรต ซึ่งใช้เป็น ส่วนประกอบหลักของอาหารที่ใช้เลี้ยงสัตว์ (ประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ของอาหารทั้งหมด) คาร์โบไฮเดรตในพืชเกิดขึ้นจากกระบวนการสังเคราะห์แสง คือ คาร์บอนไดออกไซด์ รวมกับน้ำ และพลังงานจากแสงอาทิตย์ผ่านการจับของคลอโรฟิลล์ในพืช เกิดเป็นกลูโคสและออกซิเจน พลังงานส่วนใหญ่ถูกเก็บไว้ในเซลล์พืชในรูปของพลังงานเคมีและเมื่อสัตว์กินพืชจะนำน้ำตาลไปใช้ในการดำรงชีพและการสร้างเนื้อเยื่อต่อไป

องค์ประกอบของคาร์โบไฮเดรตประกอบด้วย ธาตุคาร์บอน 40 เปอร์เซ็นต์ ไฮโดรเจน 7

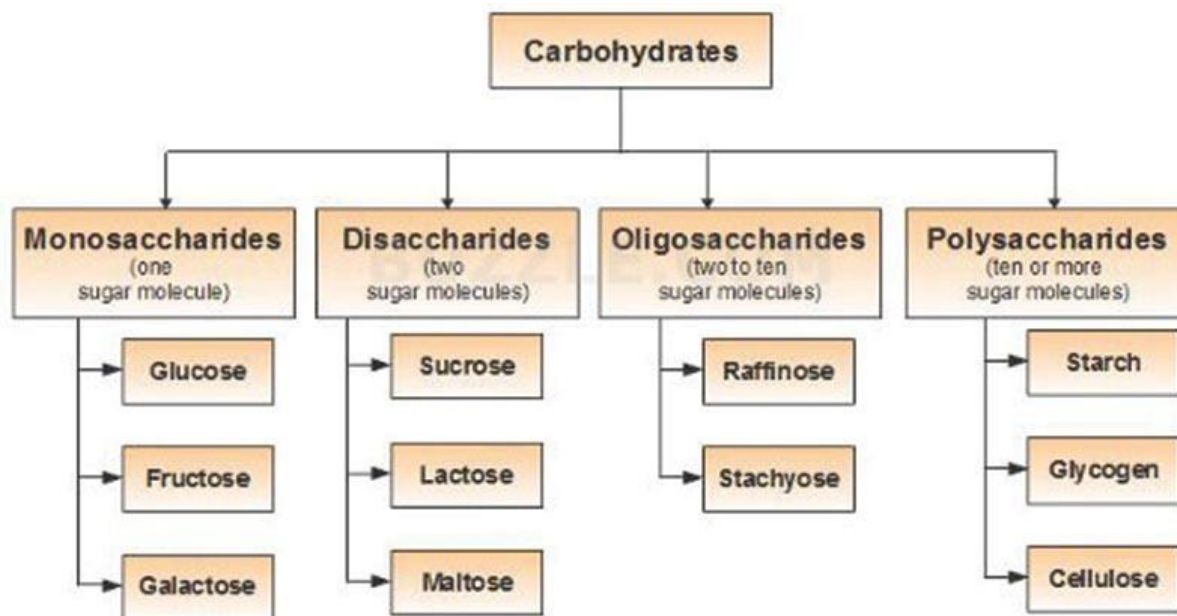
เปอร์เซ็นต์และออกซิเจน 53 เปอร์เซ็นต์ ในสัดส่วนของไฮโดรเจนและออกซิเจนเหมือนกับน้ำ $[(\text{CH}_2\text{O})_n]$ โครงสร้างของคาร์โบไฮเดรตประกอบด้วยคาร์บอนอะตอมเรียงต่อกันเป็นลูกโซ่ และต่อกับอะตอมของไฮโดรเจนและออกซิเจน และมีกลุ่มคีโตน (ketone) (คีโตนเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีหมู่ฟังก์ชันเป็นหมู่คาร์บอนิล (Carbonyl group : $-\text{CHO}$) (สูตรทั่วไปของคีโตนคือ $\text{R}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{H}$ หรือ $\text{R}-\text{CO}-\text{R}'$ (R และ R' หมายถึงหมู่ แอลคิล หรือ แอริล ทั้ง 2 หมู่นี้จะเหมือนกันหรือไม่ก็ได้) เช่น CH_3COCH_3 คีโตนตัวนี้เรียกอีกชื่อว่า acetone) หรือกลุ่มอัลดีไฮด์ (aldehyde) ต่อในโครงสร้างด้วย (อัลดีไฮด์มีสูตรโครงสร้างเหมือนคีโตน ตัวอย่างของอัลดีไฮด์ เช่น เมทานอล มีชื่อสามัญว่าฟอร์มัลดีไฮด์ ส่วนใหญ่เป็นสารให้ความหอมตามธรรมชาติ) (อัลดีไฮด์จะถูกออกซิไดส์ได้ง่ายกว่าคีโตน) (สารที่มีสูตรโครงสร้างเหมือนกัน โมเลกุลเท่ากัน แต่การเรียงตัวไม่เหมือนกันเรียกว่าเป็น Isomer กัน)

คาร์โบไฮเดรตเป็นแหล่งที่ให้พลังงานแก่ร่างกาย ให้ความอบอุ่น และให้สารที่ใช้เป็นแบบ (building block) เพื่อไปสร้างสารอาหารอื่น ๆ ได้ การเก็บพลังงานไว้ในร่างกายสัตว์สะสมอยู่ในรูปของไขมันเมื่อคาร์โบไฮเดรตถูกย่อยกลายเป็นน้ำตาลเดี่ยว (monosaccharide) สัตว์จึงสามารถดูดซึมไปใช้ประโยชน์ ซึ่งเอนไซม์ที่สัตว์สร้างขึ้นในร่างกายหรือจากจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในทางเดินอาหาร ส่วนใหญ่เอนไซม์ของสัตว์สามารถย่อยคาร์โบไฮเดรตให้เป็นน้ำตาลเดี่ยวได้ ยกเว้นพวกที่มีโมเลกุลต่อกันด้วยพันธะเบต้า เช่น เซลลูโลส

จุลินทรีย์ที่อยู่ภายในกระเพาะรูเมนของสัตว์เคี้ยวเอื้อง หรือในไส้ติ่งของสัตว์กระเพาะเดี่ยวบางชนิด เช่น ม้าและกระต่าย สามารถสร้างเอนไซม์เซลลูเลส (cellulase) เพื่อทำการย่อย สัตว์พวกนี้จึงสามารถใช้เซลลูโลสให้เป็นประโยชน์ได้มาก การหมักของคาร์โบไฮเดรตเกิดขึ้นในกระเพาะรูเมนหรือไส้ติ่งในสภาพไร้อากาศ จะเกิดกรดไขมันที่ระเหยได้ (volatile fatty acid) ซึ่งจะนำไปเข้ากระบวนการใช้เป็นพลังงานได้

2.2.1 การแบ่งประเภทของคาร์โบไฮเดรต

การแบ่งประเภทของคาร์โบไฮเดรต (classification of carbohydrates) ทางเคมี แบ่งออกได้ดังนี้ (ภาพที่ 2.3)



ภาพที่ 2.3 แผนภูมิการจัดประเภทคาร์โบไฮเดรตทางเคมี

ที่มา: บุญล้อม (2541)

ก. น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว (simple sugars, monosaccharides) เป็นคาร์โบไฮเดรต

ที่มีรสหวาน พบอยู่ตามธรรมชาติ น้ำตาลกลุ่มนี้จะไม่ถูกย่อยอีกต่อไป น้ำตาล monosaccharides แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

1) น้ำตาลเพนโตส (pentose) เป็นน้ำตาลที่มีคาร์บอน 5 อะตอม ซึ่งมีสูตรทั่ว ๆ ไป $C_5H_{10}O_5$ น้ำตาลเพนโตส มีหลายชนิดแต่ที่รู้จักกันโดยทั่วไปมีดังนี้

- ไซโลส (xylose) ได้จากการย่อย (hydrolysis) ชังข้าวโพด เปลือกเมล็ดนุ่น เปลือกข้าวโอ๊ต รำข้าว หญ้าแห้ง และไม้หลายชนิด

- ไรโบส (ribose) เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการย่อยของกรดนิวคลีอิก (nucleic acids) น้ำตาลไรโบส มีบทบาทสำคัญในการเมตาบอลิซึมของสัตว์ เช่นเป็นส่วนประกอบของสารให้พลังงานสูง เช่น เอดีพี (

adenosine diphosphate, ADP), เอทีพี (adenosine triphosphate, ATP) นอกจากนี้ไรโบสยังเป็นองค์ประกอบของไรโบฟลาวิน (riboflavin) อาร์เอ็นเอ (ribonucleic acids, RNA) และ ดีเอ็นเอ (deoxyribonucleic acids, DNA) ซึ่งจะพบอยู่ในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต

- อะราบิโนส (arabinose) เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการย่อย gum arabic และอาจได้จากการย่อยรำข้าว และ cherry gum

2) น้ำตาลเฮกโซส (hexoses) เป็นน้ำตาลที่มีคาร์บอน 6 อะตอม ซึ่งมีสูตรทั่วไปคือ $C_6H_{12}O_6$ น้ำตาลเฮกโซสที่สำคัญ เช่น กลูโคส ฟรุกโตส และกาแลคโตส (ภาพที่ 2.4-2.5)

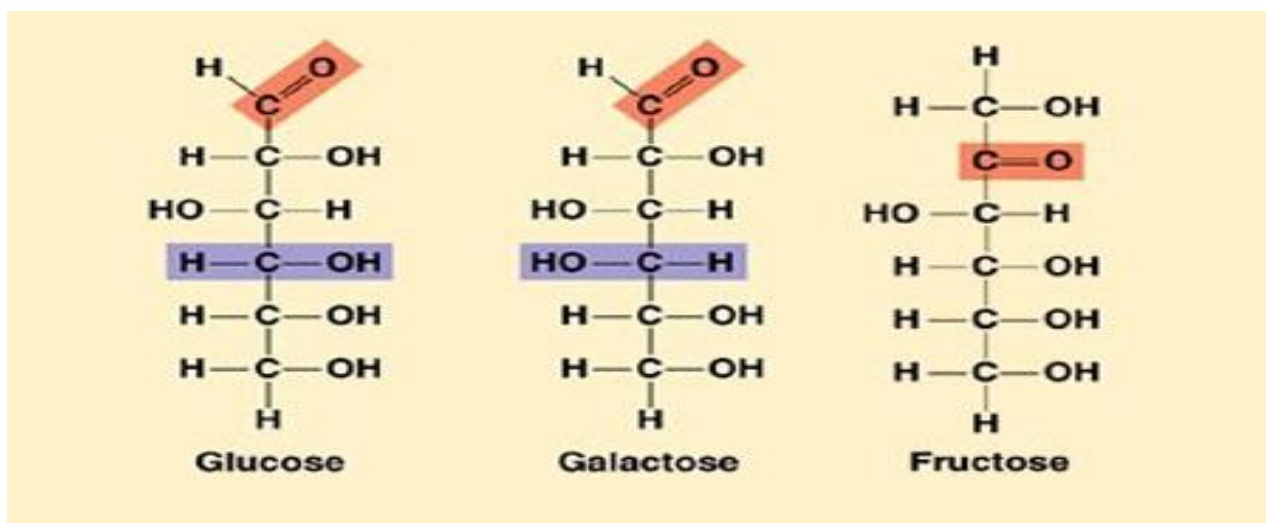
- น้ำตาลกลูโคส (glucose) มีชื่อเรียกได้หลายอย่าง เช่น เดกซ์โทรส (dextrose) น้ำตาลองุ่น (grape sugar) น้ำตาลกลูโคสพบอยู่ตามธรรมชาติ เช่น พบอยู่ตามผลไม้ น้ำผึ้ง นอกจากนี้พบกลูโคสรวมตัวอยู่ในน้ำตาล 2 โมเลกุลหลายชนิด เช่น ซูโครส มอลโตส แลคโตส และเซลโลไบโอส น้ำตาล กลูโคสถือเป็นน้ำตาลชนิดเดียวที่พบอยู่ในเลือด โดยปกติในเลือดมีกลูโคสประมาณ 0.1% ทางอาหารสัตว์ให้ความสนใจกลูโคสเป็นพิเศษ เพราะว่ามีผลผลิตขั้นสุดท้ายที่ได้จากการย่อยคาร์โบไฮเดรตที่สลับ

ซับซ้อนในสัตว์ไม่เคี้ยวเอื้องจะได้กลูโคส และกลูโคสจะไหลเวียนไปตามเลือด สัตว์นำกลูโคสไปใช้เป็นแหล่งพลังงาน น้ำตาลกลูโคสเป็นน้ำตาลที่มีรสหวานน้อยกว่าน้ำตาลที่ได้จากอ้อย

- น้ำตาลฟรุกโตส (fructose) มีชื่อเรียกได้อีกชื่อหนึ่งคือ ลิวโลส (levulose) และน้ำตาลผลไม้ (fruit sugar) น้ำตาลฟรุกโตสพบอยู่ตามธรรมชาติในผลไม้ที่สุก และพบในน้ำผึ้ง น้ำตาลชนิดนี้มีความหวานที่สุด และเมื่อถูกหมักบูดโดยยีสต์จะได้คาร์บอนไดออกไซด์และแอลกอฮอล์

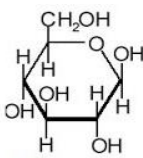
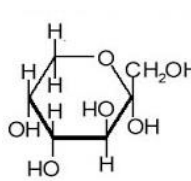
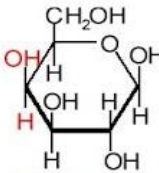
- น้ำตาลกาแลคโตส (galactose) เป็นน้ำตาลที่ได้จากการย่อยน้ำตาลแลคโตสซึ่งพบอยู่ในน้ำนม ฉะนั้นจะไม่พบกาแลคโตสแยกอยู่โดดเดี่ยวในธรรมชาติ

- น้ำตาลแมนโนส (mannose) ซึ่งจัดเป็นน้ำตาลเฮกโซสนั้น ไม่สู้มีความสำคัญในด้านอาหารสัตว์ เพราะพบแมนโนสอยู่ตามธรรมชาติ น้อยมาก



ภาพที่ 2.4 สูตรโครงสร้างของคาร์โบไฮเดรตโมเลกุลเดี่ยว

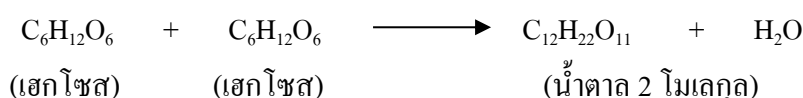
ที่มา: myfirstbrain.com/student_view.aspx?ID=69294 (2557)

น้ำตาลเฮกโซส	สูตรโครงสร้าง	ลักษณะและความสำคัญ	แหล่งที่พบ
กลูโคส (glucose)		<ul style="list-style-type: none"> มีความสำคัญที่สุดในทางโภชนาการ ลักษณะเป็นผลึกสีขาว ละลายน้ำได้ดี มีรสหวาน เป็นองค์ประกอบของแป้ง ไกลโคเจน และเซลลูโลส 	น้ำผึ้ง ผลไม้ ผัก ข้าว ข้าวโพด ข้าวสาลี
ฟรักโทส (fructose)		<ul style="list-style-type: none"> เป็นแหล่งพลังงานของเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้ (sperm) ลักษณะเป็นผลึกสีขาว ละลายน้ำได้ดี มีรสหวานจัด ผู้ป่วยโรคเบาหวานอาจบริโภคน้ำตาลฟรักโทส แทนน้ำตาลทรายได้ เพราะมีความหวานมากกว่าและร่างกายดูดซึมได้ช้ากว่ากลูโคส ระดับน้ำตาลในเลือดจึงไม่เพิ่มมากเกินไป 	ผลไม้สุก น้ำผึ้ง ผัก ข้าวโพด น้ำอสุจิ
กาแล็กโทส (galactose)		<ul style="list-style-type: none"> ไม่พบเป็นอิสระในธรรมชาติ มักรวมตัวกับกลูโคสเป็นน้ำตาลโมเลกุลคู่ ละลายน้ำได้ไม่ดีและมีรสหวานน้อยกว่ากลูโคส 	น้ำนม ยางไม้ เมื่อกในต้นไม้

ภาพที่ 2.5 สูตรโครงสร้างของคาร์โบไฮเดรต

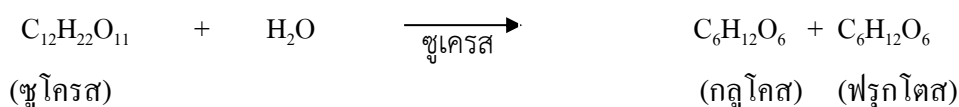
ที่มา: vitayasadbbs.blogspot.com/ (2553)

ข. น้ำตาล 2 โมเลกุล (disaccharides) เป็นน้ำตาลที่เกิดขึ้นจากการรวมตัวของน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว 2 ชนิด หรือ 2 โมเลกุล โดยการลดน้ำออก 1 โมเลกุล ฉะนั้นสูตรทั่ว ๆ ไปของ น้ำตาล 2 โมเลกุล คือ $C_{12}H_{22}O_{11}$



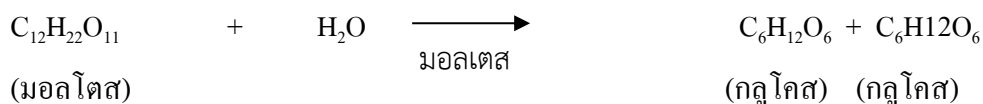
น้ำตาล 2 โมเลกุลสามารถละลายได้ในน้ำ แต่การละลายได้จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดของ น้ำตาล 2 โมเลกุล ซึ่งมีหลายชนิด เช่น ซูโครส มอลโตส แลคโตส และเซลโลไบโอส

1) ซูโครส (sucrose) เป็นน้ำตาลที่พบอยู่ในอ้อย ในหัวผักกาด น้ำตาลที่ใช้ในครัวเรือน ก็เป็นน้ำตาลชนิดนี้ นอกจากนี้พบซูโครสในผลไม้รสหวาน น้ำตาลซูโครสเมื่อถูกย่อยด้วยน้ำย่อยซูเครส (sucrase) จะได้น้ำตาลกลูโคสและฟรุกโตส ดังสมการ

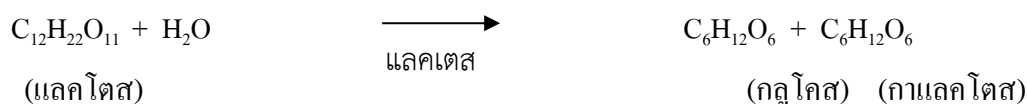


เนื่องจากพบน้ำตาลซูโครสมีมากในอ้อยและหัวผักกาด บางทีจึงเรียกชื่อน้ำตาลชนิดนี้ว่า น้ำตาลอ้อย (cane sugar) หรือ น้ำตาลหัวบีท (beet sugar)

2) มอลโตส (maltose or malt sugar) เป็นน้ำตาลที่ได้จากการย่อยแป้งจากพืช ความหวานของ มอลโตสจะหวานเพียง 1 ใน 4 ของความหวานของซูโครส น้ำตาลมอลโตสเมื่อถูกย่อยด้วยน้ำย่อย มอลเตส (maltase) จะได้น้ำตาลกลูโคส 2 โมเลกุล ดังสมการ



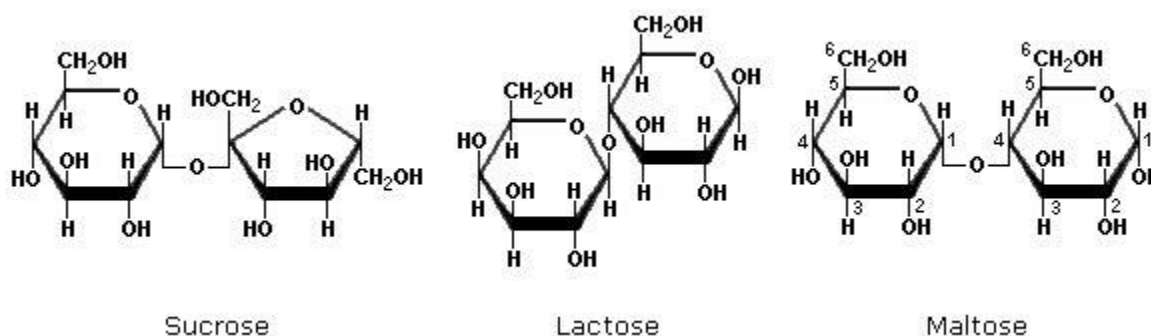
3) แลคโตส (lactose or milk sugar) เป็นน้ำตาลที่พบอยู่ในน้ำนมสัตว์ มีความหวาน 1 ใน 6 ของความหวานของซูโครส ฉะนั้นเวลาเคี้ยวไม่รู้สึกหวาน แลคโตสเมื่อถูกย่อยด้วยน้ำย่อยแลคเตส (lactase) จะได้กลูโคสกับกาแลคโตสอย่างละ 1 โมเลกุล ดังสมการ



ในบรรดาน้ำตาลด้วยกันแลคโตสจัดเป็นน้ำตาลที่ถูกดูดซึมได้ช้า น้ำนมมีแลคโตสโดยเฉลี่ยประมาณ 4.8% แลคโตสมีความสำคัญในอุตสาหกรรมทำนมเปรี้ยว เนื่องจาก แลคโตสถูกทำให้สลายตัวได้โดยแบคทีเรียทำให้เกิดกรดแลคติก ซึ่งทำให้นมมีรสเปรี้ยว ดังสมการ



แบคทีเรียที่นิยมนำมาใช้ในการทำนมเปรี้ยว เช่น *Lactobacillus bulgaricus* และ *Streptococcus thermophilus* นอกจากจะใช้ประโยชน์ในการทำนมเปรี้ยวแล้วแลคโตสยังนำมาใช้ประโยชน์ในการประกอบอาหารทารก และอาหารพิเศษสำหรับคนไข้บางประเภท ใช้ในการทำยาบางชนิด เป็นอาหารเชื้อรา ในการเตรียมปฏิชีวนะสารพวกเพนนิซิลิน (penicillin) ใช้ทำสี คาราเมล(caramel) และใช้แลคโตสเป็นเชื้อทำให้เกิดการตกผลึกละเอียด ในทางอาหารสัตว์ก็ได้ให้ความสนใจน้ำตาลแลคโตสมาก เนื่องจากจากเกือบครึ่งหนึ่งของ ๆ แข็งที่อยู่ในน้ำนม จะเป็นแลคโตส น้ำนมเป็นอาหารสำหรับลูกสัตว์ แลคโตสช่วยทำให้เกิดการเป็นกรดภายในลำไส้ ซึ่งทำให้แบคทีเรียที่เป็นประโยชน์ขยายตัว แบคทีเรียกลุ่มนี้จะเป็นตัวคอย ชะงักการเจริญเติบโตของแบคทีเรียชนิดที่ไม่เป็นประโยชน์ได้ แต่ถ้าลูกสัตว์ได้รับแลคโตสมากเกินไปจะเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เป็นโรคท้องร่วง (diarrhea) เซลโลไบโอส (cellobiose) โครงสร้าง ประกอบด้วย กลูโคส 2 โมเลกุล เช่นเดียวกับมอลโตส แต่การจับตัวของกลูโคสจะแตกต่างกัน (ภาพที่ 2.6)



ภาพที่ 2.6 สูตรโครงสร้างของคาร์โบไฮเดรตโมเลกุลคู่

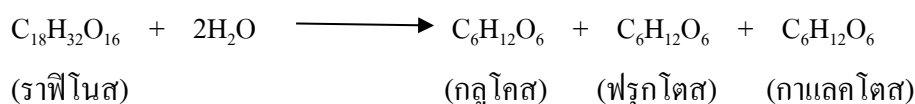
ที่มา: myfirstbrain.com/student_view.aspx?ID=69294 (2557)

ค. น้ำตาล 3 โมเลกุล (trisaccharides)

เกิดขึ้นจากการรวมตัวของน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว 3 โมเลกุล โดยการลดน้ำออก 2 โมเลกุล ดังสมการ



ตัวอย่างของน้ำตาล 3 โมเลกุล เช่น ราฟิโนส (raffinose) พบในหัวผักกาดหวาน เมล็ดถั่ว ราฟิโนสเมื่อถูกย่อยจะให้กลูโคส ฟรุกโตส และกาแลคโตส อย่างละ 1 โมเลกุล ดังสมการ



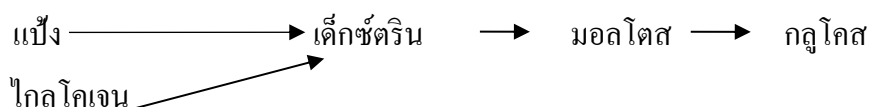
ง. โพลีแซ็กคาไรด์ (polysaccharides)

เป็นคาร์โบไฮเดรตที่มีโครงสร้างสลับซับซ้อน และพบตามธรรมชาติมากที่สุด โครงสร้างประกอบด้วยอนุของน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวเป็นจำนวนมาก จึงทำให้มีขนาดของโมเลกุลใหญ่และมีน้ำหนักมาก มีคุณสมบัติแตกต่างจากน้ำตาล คือไม่มีรสหวาน และไม่เป็นผลึก ละลายน้ำอยู่ในรูปคอลลอยด์เป็นส่วนมาก เมื่อถูกแปรสภาพด้วยกรดหรือน้ำย่อย จะได้ผลิตภัณฑ์ตัวกลาง (intermediate products) ต่าง ๆ แต่ผลผลิตขั้นสุดท้ายจะได้น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว โพลีแซ็กคาไรด์ที่มีความสำคัญทางอาหารสัตว์ ได้แก่ แป้งจาก

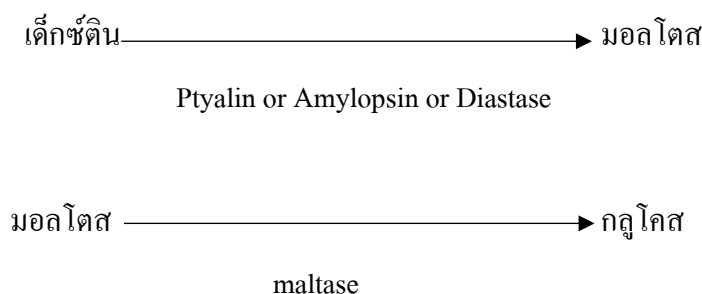
พืช (starch) เด็กซ์ตริน (dextrin) ไกลโคเจน (glycogen) เซลลูโลส (cellulose) และเฮมิเซลลูโลส (hemicellulose)

1) แป้ง เป็นคาร์โบไฮเดรตที่พืชเก็บสำรองไว้ในส่วนหัว เมล็ด และ ผลไม้ เมื่อแป้งเมื่อถูกย่อยด้วยกรดหรือน้ำย่อย ชั้นแรกจะแปรสภาพเป็นเด็กซ์ตริน ต่อมาจะเป็นมอลโตส และผลสุดท้ายให้กลูโคส แป้งของพืชแต่ละชนิดมีลักษณะของเมล็ดแป้งแตกต่างกัน จึงง่ายต่อการพิสูจน์ว่าเป็นแป้งของพืชชนิดใด แป้งจากพืชโดยปกติไม่ได้เป็นคาร์โบไฮเดรตที่บริสุทธิ์ มักมีสารอื่น ๆ รวมอยู่ เช่น มี โปรตีน กรดไขมัน (fatty acids) และฟอสฟอรัส แป้งจากพืชเวลาทำปฏิกิริยากับไอโอดีนจะได้สีน้ำเงิน

2) เด็กซ์ตริน หรือแป้งเปียก เป็นผลิตภัณฑ์ตัวกลางที่ได้จากการย่อยแป้ง หรือได้จากการเปลี่ยนแปลงของไกลโคเจน



เด็กซ์ตรินมีคุณสมบัติแตกต่างไปจากแป้งคือละลายน้ำได้มากกว่า และมีขนาดโมเลกุลเล็กกว่า เด็กซ์ตรินเมื่อละลายน้ำจะมีลักษณะเหนียวคล้ายกัม เด็กซ์ตรินพบมีอยู่เพียงชั่วคราวทั้งในพืชและในสัตว์ ซึ่งเป็นผลมาจากขบวนการเมตาโบลิซึม ในพืชพบเด็กซ์ตรินอยู่ในราก ลำต้น และใบ แป้งในเมล็ดพืชที่อยู่ในระยะพักตัว (resting stage) จะมีเด็กซ์ตรินอยู่เพียงเล็กน้อย แต่เด็กซ์ตรินจะมีมากในเมล็ดพืชที่กำลังงอก (germinating seeds) เด็กซ์ตรินเมื่อถูกย่อยด้วยน้ำย่อยเช่น ไทยาลิน (ptyalin) หรืออะไมโลปซิน (amyllopsin) และ ไดแอสเตส (diastase) จะได้มอลโตส และผลสุดท้ายจะได้กลูโคส เช่นเดียวกับแป้ง



เด็กซ์ตรินเป็นอาหารที่เหมาะสมสำหรับจุลินทรีย์กลุ่ม Acidophilic ในทางเดินอาหารเช่นเดียวกับ แลคโตส

3) ไกลโคเจน (glycogen or animal starch) แป้งชนิดนี้ปรากฏอยู่ในตับ กล้ามเนื้อ และเนื้อเยื่อต่าง ๆ ของร่างกาย เป็นคาร์โบไฮเดรตที่ร่างกายสัตว์เก็บสะสมไว้ เมื่อร่างกายต้องการใช้ ไกลโคเจนจะถูกเปลี่ยนเป็น กลูโคส จากนั้น กลูโคส ถึงจะถูกนำไปใช้ในรูปของพลังงาน ไกลโคเจน ที่บริสุทธิ์มีลักษณะเป็นผงสีขาว ละลายน้ำได้ง่าย เมื่อละลายน้ำจะอยู่ในรูปของคอลลอยด์ ไกลโคเจน ทำปฏิกิริยากับไอโอดีน จะให้สีน้ำตาลจนถึงสีแดง (brown to red color)

4) เซลลูโลส (cellulose) พบอยู่ตามส่วนที่เป็นเยื่อใยของพืช โครงสร้างของ เซลลูโลส ประกอบไปด้วยกลูโคส ต่อกันเป็นลูกโซ่ เซลลูโลส ทนต่อการเปลี่ยนแปลงโดยสารเคมีมากกว่าแป้ง เช่นทนต่อกรดและด่างที่เจือจาง แต่จะสลายตัวได้โดยกรดอย่างแรง เซลลูโลส ไม่ถูกย่อยด้วยน้ำย่อยที่สร้างจากทางเดินอาหารหรืออวัยวะที่อยู่นอกทางเดินอาหาร เซลลูโลส จึงจัดเป็นคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยยาก ยกเว้นสัตว์เคี้ยวเอื้องและสัตว์พวกม้า ลา พ้อ สามารถย่อยได้โดยอาศัยการกระทำของจุลินทรีย์ในกระเพาะผ้าชีริว (rumen) ของสัตว์เคี้ยวเอื้อง หรือจุลินทรีย์ในไส้ติ่ง และปลายลำไส้ใหญ่ (colon) ของม้า จุลินทรีย์จะทำการหมักบูด (fermentation) เซลลูโลส ให้เป็นกรดไขมันระเหยง่าย volatile fatty acids (VFA) เช่น กรดอะซิติก (acetic) กรดโพรพิโอนิก (propionic) และ บิวทีริก (butyric) ซึ่งร่างกายสัตว์จะนำกรดเหล่านี้ไปใช้ประโยชน์อีกทีหนึ่ง นอกจากนี้การหมักบูดดังกล่าวมีแก๊สต่าง ๆ เกิดขึ้น เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ ไฮโดรเจน มีเทน และ ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S)

5) เฮมิเซลลูโลส (hemicelluloses) เป็นคาร์โบไฮเดรตที่รวมอยู่กับ เซลลูโลส ในใบและส่วนอ่อนของพืชนอกจากนี้ยังมีอยู่ในเมล็ดของพืช เฮมิเซลลูโลสนอกจากจะเป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์ของพืชแล้ว บางครั้งบางคราว ยังเป็นแหล่งเก็บอาหารสำรองของพืช เช่น ในรากของพืชจะมี เฮมิเซลลูโลสอยู่เป็นจำนวนมากคาร์โบไฮเดรตชนิดนี้มีความต้านทานสารเคมีได้น้อยกว่า เซลลูโลส ฉะนั้น เฮมิเซลลูโลสจึงสลายตัวได้โดยกรดเจือจางหรือด่างเจือจาง ซึ่งปกติจะให้ไซโลส, กลูโคส, กาแลคโตส, อะราบินอส (arabinose) และ uronic acid ดังนั้น จึงจัด เฮมิเซลลูโลส เป็นคาร์โบไฮเดรตที่สัตว์ย่อยได้และเป็นคาร์โบไฮเดรตที่มีมากในพืชอ่อน และจะลดน้อยลงเมื่อพืชแก่ขึ้น

6) ลิกนิน (lignin) ไม่จัดเป็นคาร์โบไฮเดรต แต่มักจะพบเป็นส่วน ประกอบอยู่ตามส่วนแข็ง ๆ ของพืช เป็นสารที่ไม่มีน้ำย่อยชนิดใดสามารถย่อยได้ จึงไม่มีประโยชน์ในทางอาหาร โครงสร้างทางเคมีของลิกนิน ยังไม่ทราบแน่นอน ลิกนินประกอบด้วยธาตุ C, H, และ O แต่สัดส่วนของ H ในลิกนิน สูงกว่าคาร์โบไฮเดรต นอกจากนี้ลิกนินมี N อยู่ตั้งแต่ 1-5 % ถ้ามีลิกนินอยู่ในอาหารชนิดใดก็ตามจะทำให้การย่อย

ได้ของโภชนต่าง ๆ ในอาหารนั้นลดลงนอกจากนี้คุณค่าทางอาหารของลิกนินยังไม่ทราบแน่ชัด ทราบแต่เพียงว่าลิกนินมีคุณสมบัติเป็น bulk factor (เป็นก้อนใหญ่)

2.2.1 แหล่งที่มาของคาร์โบไฮเดรต

- ก. เมล็ดพืชและผลผลิตพลอยได้ของเมล็ดพืช เช่น ข้าวโพดและรำ
- ข. รากหรือหัวของพืช เช่น มันสำปะหลัง และมันเทศ
- ค. ต้นและใบพืช เช่น หญ้า และฟาง

2.3 โปรตีน (Protein)

โปรตีนเป็นสารอาหารที่ประกอบด้วยธาตุที่สำคัญ คือ คาร์บอนประมาณ 53 เปอร์เซ็นต์ ไฮโดรเจน 7 เปอร์เซ็นต์ ออกซิเจน 23 เปอร์เซ็นต์ และไนโตรเจน 16 เปอร์เซ็นต์ และอาจมีธาตุกำมะถัน ฟอสฟอรัส เหล็ก ทองแดงและแมงกานีสปนอยู่บ้าง

2.3.1 องค์ประกอบของโปรตีน

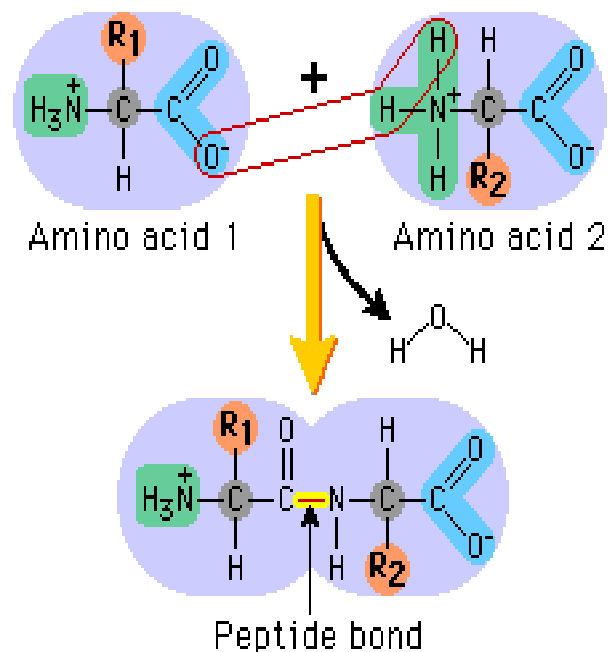
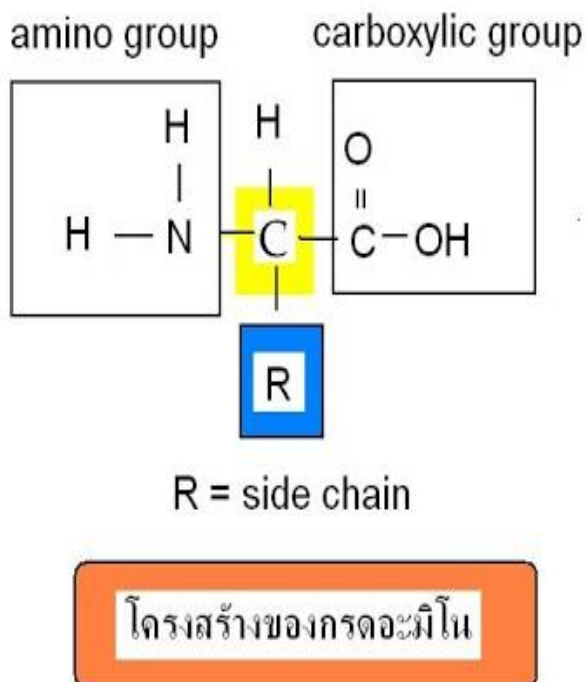
โดยทั่วไปโปรตีนมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบประมาณ 16 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้น การหาปริมาณของโปรตีนจึงใช้การวิเคราะห์หาจำนวนไนโตรเจน และคูณด้วย 6.25 โปรตีนประกอบขึ้นด้วยกรดอะมิโนหลายชนิด เกาะเกี่ยวกันด้วยพันธะเพปไทด์ โดยเอาอะมิโนกรุป ($-NH_2$) ของกรดอะมิโนตัวหนึ่งมาต่อกับ carboxyl group ($-COOH$) ของกรดอะมิโนอีกตัวหนึ่ง โดยสูญเสียน้ำไป 1 โมเลกุล ต่อการเกิด 1 peptide bond ดังสูตร การต่อแบบนี้เรียกว่า peptide linkage 1 peptide bond จะประกอบด้วยกรดอะมิโน 2 โมเลกุล ถ้า 2 peptide bond จะมีกรดอะมิโน 3 โมเลกุล มาต่อกัน (ภาพที่ 2.5-2.7) ดังนั้นเมื่อโปรตีนถูกย่อยแล้วขั้นสุดท้ายจะให้กรดอะมิโน

การแบ่งกรดอะมิโนตามความต้องการใช้ของสัตว์ ได้ 2 พวก คือ

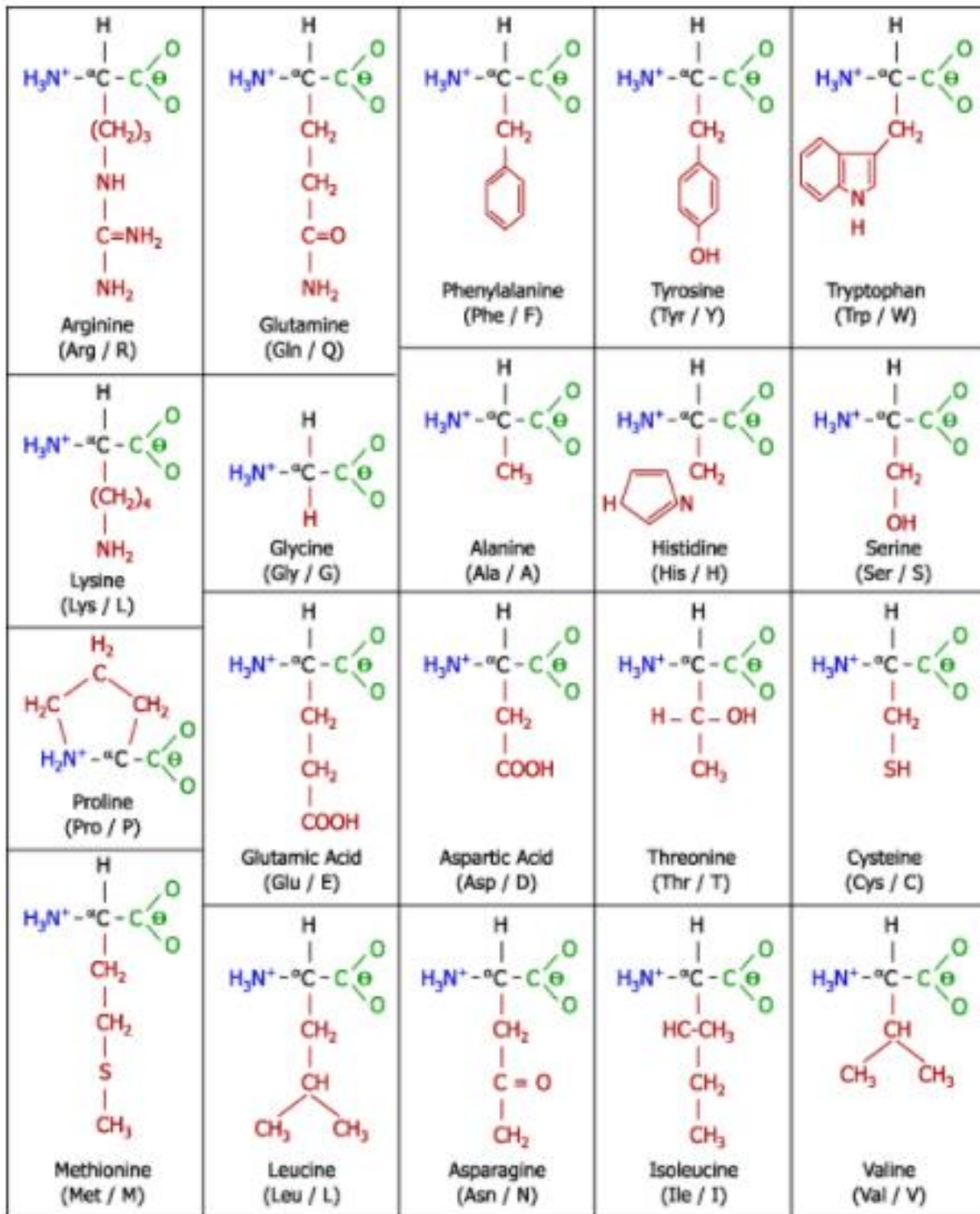
ก. กรดอะมิโนที่จำเป็น(essential amino acid) เป็นกรดอะมิโนที่ร่างกายขาดไม่ได้ทำให้ร่างกายเติบโตไม่เป็นปกติและสัตว์ไม่สามารถสร้างขึ้นเองจำเป็นต้องได้รับจากอาหาร ได้แก่ เมไทโอนีน (methionine) อาร์จินีน (arginine) ทริปโตเฟน (tryptophane) ทรีโอนีน (threonine) วาลีน (valine) ไอโซลิวซีน (isoleucine) ลิวซีน (leucine) เบนิลอะลานีน (phenylalanine) ฮิสติดีน (histidine) และไลซีน (lysine) ส่วนสัตว์ปีกต้องการกรดอะมิโนเพิ่มเติมอีกสองชนิดคือ ไกลซีน (glycine) และกลูตามิก (glutamic acid)

ข. กรดอะมิโนที่ไม่จำเป็น (non-essential amino acid) มีความจำเป็นต่อการนำไปใช้ประโยชน์ในร่างกายเช่นกัน แต่เป็นกรดอะมิโนที่ร่างกายสามารถสร้างขึ้นเองได้จากสารที่มีไนโตรเจนหรือจากกรดอะมิโนที่จำเป็นในอาหาร แม้ว่าร่างกายไม่ได้รับจากอาหารก็ไม่แสดงอาการ ได้แก่

- อะลานีน (Alanine)
- ไทโรซีน (Tyrosine)
- กลูตามีน (Glutamine)
- ซีรีน (Serine)
- ซีสเทอีน (Cystein)
- ไกลซีน Glycine)
- กรดแอสปาดิก (Aspartic acid)
- แอสพาราจีน (Asparagine)
- กรดกลูตามิก (Glutamic acid)
- โพรลีน (Proline)



ภาพที่ 2.6 สูตรโครงสร้างของกรดอะมิโน



ภาพที่ 2.7 สูตรโครงสร้างของอะมิโนกรุปชนิดต่าง ๆ

2.3.2 ประเภทของโปรตีน

การแบ่งโปรตีนตามลักษณะการเรียงลำดับของกรดอะมิโนและความยาวของสายเพปไทด์ ได้ 2 ประเภทใหญ่ ๆ (ภาพที่ 2.8) คือ

ก. โปรตีนเชิงเดี่ยว (simple protein) เป็นโปรตีนที่มีลักษณะโครงสร้างง่าย ๆ ประกอบด้วยกรดอะมิโนเท่านั้น ไม่มีอย่างอื่นปะปน พบมากในธรรมชาติ เมื่อย่อยแล้วจะได้กรดอะมิโน แยกออกเป็นกลุ่มใหญ่ ๆ ตามลักษณะการละลาย ได้อีก 2 กลุ่ม คือ

1. โปรตีนรูปเส้นใย (fibrous protein) เป็นเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน ทำหน้าที่เป็นโครงสร้าง มีความแข็งแรง ยืดหยุ่นสูง ไม่ละลายน้ำ ย่อยยาก พบประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ของโปรตีนในร่างกาย แยกเป็นแบบต่าง ๆ คือ

ก) โคลลาเจน (collagen) ไม่ละลายในน้ำ จะย่อยได้หลังจากการเปลี่ยนสภาพไปเป็นเจลาติน (gelatin) ในสารละลายกรดหรือด่าง

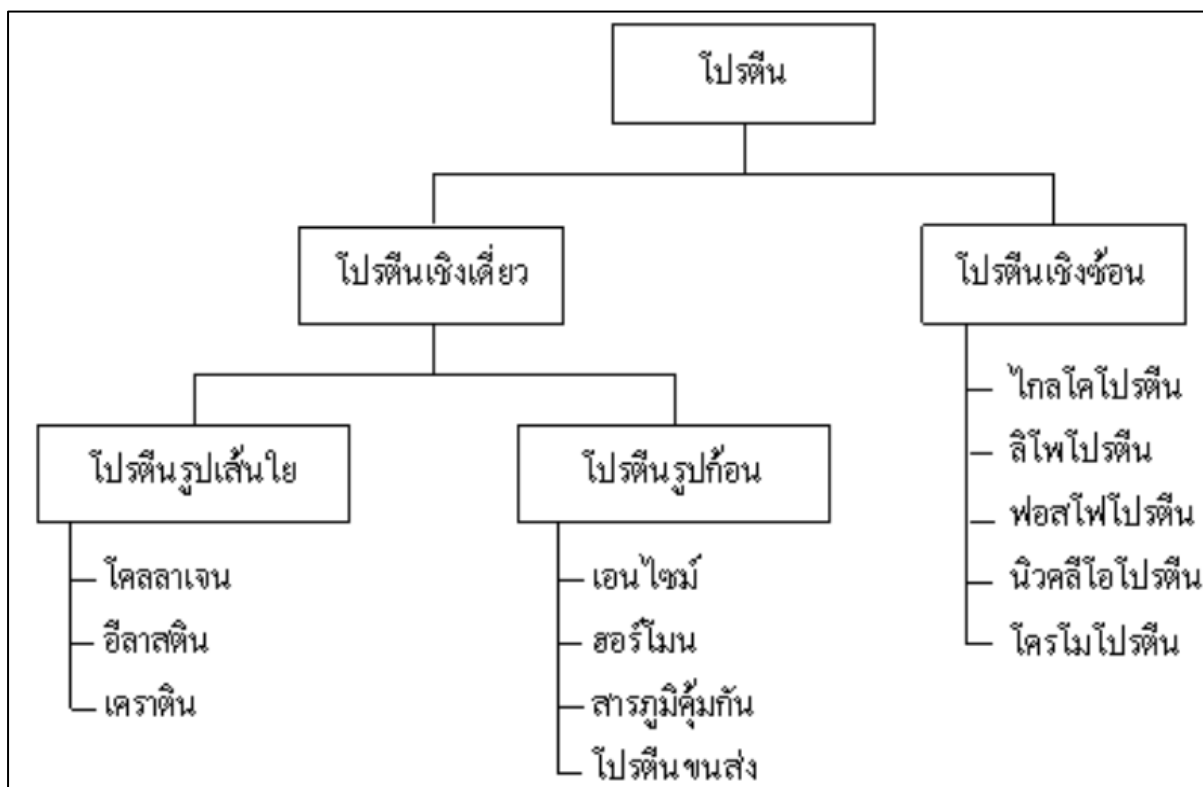
ข) อีลาสติน (elastin) คล้ายกับโคลลาเจน แต่ไม่สามารถเปลี่ยนเป็นเจลาติน

ค) เคราติน (keratin) ละลายยากและย่อยไม่ได้

2. โปรตีนรูปก้อน (globular protein) มีลักษณะเป็นก้อน เนื่องจากมีสายเพปไทด์พันกันไปมาและอัดแน่น ส่วนใหญ่ละลายน้ำได้ ได้แก่ พวเคนไซม์ สารสร้างภูมิคุ้มกัน ฮอร์โมนบางชนิด และโปรตีนที่ใช้ในการนำพาสารอื่น ๆ เช่น ฮีโมโกลบินในเลือด อัลบูมินในซีรัม(น้ำเลือด)

ข. โปรตีนเชิงซ้อน (conjugated protein) เป็นโปรตีนที่เกาะอยู่กับสารอื่น

1. นิวคลีโอโปรตีน (nucleoprotein) เกาะติดกับกรดนิวคลีอิก
2. ไกลโคโปรตีน (glycoprotein , mucoprotein) เกาะติดกับคาร์โบไฮเดรต
3. ฟอสโฟโปรตีน (phosphoprotein) เกาะติดกับฟอสฟอรัส
4. ฮีโมโปรตีน (hemoprotein) เกาะติดกับฮีมาติน
5. เลซิโทโปรตีน (lecithoprotein) เกาะติดกับเลซิติน
6. ลิโปโปรตีน (lipoprotein) เกาะติดกับไขมัน
7. เมทัลโลโปรตีน (metalloprotein) เกาะติดกับโลหะ



ภาพที่ 2.8 แผนภูมิการแบ่งประเภทโปรตีนตามองค์ประกอบทางเคมี

ที่มา: บุญล้อม (2541)

2.3.3 หน้าที่ของโปรตีน

โปรตีนทำหน้าที่ในการซ่อมแซม เสริมสร้างส่วนประกอบของเซลล์ในร่างกาย และทำหน้าที่เป็นส่วนประกอบของเอนไซม์ มีบทบาทช่วยในการย่อยอาหารและการเมแทบอลิซึม เป็นส่วนประกอบของฮอร์โมนและภูมิคุ้มกันโรค โดยมีหน้าที่ทำลายพิษและสารก่อโรค โปรตีนเป็นสารอาหารที่จำเป็นต่อสัตว์ทุกชนิด ไม่ว่าจะเป็นสัตว์ที่อยู่ในระหว่างการเจริญเติบโต กำลังให้ผลผลิต หรือสัตว์ที่โตเต็มที่แล้ว ความต้องการโปรตีนในสัตว์ที่มีอายุน้อยมากกว่าในสัตว์อายุมาก ซึ่งจะลดลงตามอายุที่มากขึ้น

2.3.4 คุณภาพของโปรตีน

โปรตีนที่มีคุณภาพ หมายถึง โปรตีนที่ประกอบด้วยกรดอะมิโนที่จำเป็นพร้อมทั้งชนิดและจำนวนที่สัตว์ต้องการและมีความสมดุลกันด้วย โปรตีนเกือบทุกชนิดถูกเปลี่ยนแปลงสภาพจากเดิมได้ โดยเปลี่ยนไปทั้งคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพตลอดจนทางชีววิทยา ซึ่งเกิดจากการที่โปรตีนได้รับผลกระทบจาก ความร้อน กรด ต่าง แอลกอฮอล์ ยูเรียหรือเกลือของโลหะหนัก ในการผลิตอาหารสัตว์

ความร้อนมีผลกระทบมากต่อคุณภาพโปรตีนมาก เพราะวิธีการต่าง ๆ ที่ใช้ในการเตรียมอาหารหรือการผสมอาหาร มักเกิดความร้อนมาเกี่ยวข้อง เช่น การอบหรือการอัดเม็ด โปรตีนจะเกิดการเกาะรวมตัวกับคาร์โบไฮเดรตในอาหารนั้น ๆ ทำให้อาหารมีลักษณะเป็นสีน้ำตาล และส่วนใหญ่จะทำให้กรดอะมิโนไลซีนสูญเสียไปโดยเร็ว จึงต้องระมัดระวังการใช้ความร้อนให้เหมาะสม

2.3.5 โปรตีนที่นำมาเป็นอาหารสัตว์ แหล่งที่มาของโปรตีนที่นำมาเป็นอาหารสัตว์ มีดังนี้

- ก. จากพืชและผลิตภัณฑ์ได้ เช่น กากเมล็ดพืชน้ำมันต่าง ๆ
- ข. จากสัตว์ เช่น ปลาป่น เนื้อป่น
- ค. จากพืชหรือสัตว์เซลล์เดียว เช่น ยีสต์ ได้จากการสังเคราะห์ เช่น แอลโลไซน

เมทไรโอนีน

2.3.6 สารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน (Non-protein nitrogenous compounds หรือ NPN)

มีสารประกอบไนโตรเจนหลายชนิดที่อยู่ในพืชและสัตว์ แต่ไม่จัดอยู่ในพวกโปรตีน เนื่องจากโมเลกุลไม่ได้เชื่อมโยกันด้วยพันธะเพปไทด์เหมือนโปรตีนแท้ สารประกอบเหล่านี้ได้แก่

ก. แอมีน (Amine) เป็นสารประกอบที่อยู่ในพืชและสัตว์ หลายชนิดเกิดจากการเนาเปื่อยของสารอินทรีย์ มีคุณสมบัติเป็นพิษ สารฮีสตามีนเป็นสารแอมีนที่ได้จากกรดอะมิโนฮิสติดีน

ข. แอไมด์ (Amide) เป็นอนุพันธ์ของกรดอะมิโนแอสพาทิกและกลูตามิก ทำหน้าที่ในกระบวนการ transamination สารพวกยูเรียก็จัดเป็นแอไมด์ชนิดหนึ่ง เป็นผลผลิตขั้นสุดท้ายในกระบวนการเมตาบอลิซึมของไนโตรเจนในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม ยูเรียยังพบในพืชพวก ถั่วเหลือง มันเทศ และกระหล่ำปลี ฯลฯ

ค. กรดยูริก (Uric acid) เป็นผลผลิตสุดท้ายของกระบวนการเมตาบอลิซึมของพิวรีน ในสัตว์ปีกจะขับถ่ายของเสียเป็นกรดยูริก

ง. ไนเตรต (Nitrate) อาจมีอยู่ในพืช ไนเตรตไม่เป็นพิษต่อสัตว์ แต่เมื่อถูกเปลี่ยนแปลงเป็นไนไตรต์ (nitrite) ในกระเพาะรูเมนสารนี้จะพิษ

จ. อัลคาลอยด์ (Alkaloids) สารประกอบเหล่านี้มีเฉพาะในพืชเท่านั้น บางชนิดเป็นสารพิษ

ฉ. กรดนิวคลีอิก (Nucleic acid) เป็นส่วนประกอบของสารพันธุกรรม (RNA และ DNA)

2.4 ไขมัน (Lipids)

ไขมันเป็นคำรวมที่หมายถึง อาหารที่ให้ไขมันซึ่งอยู่ในสภาพของแข็งที่อุณหภูมิห้องซึ่งเรียกว่า ไขมัน (fat) และที่อยู่ในสภาพของเหลวซึ่งเรียกว่า น้ำมัน (oil) ไขมันมีความหมายครอบคลุมถึงสารหลายชนิดที่ไม่สามารถละลายในน้ำ แต่ละลายได้ดีในสารละลายไขมัน เช่น พวกอีเทอร์และคลอโรฟอร์ม

ไขมันประกอบด้วยคาร์บอน 77 เปอร์เซ็นต์ ไฮโดรเจน 12 เปอร์เซ็นต์ และออกซิเจน 11 เปอร์เซ็นต์ ไขมันเป็นสารอาหารให้พลังงานมากที่สุด ไขมัน 1 กรัม ให้พลังงาน 9.45 แคลอรี ในขณะที่โปรตีนหรือคาร์โบไฮเดรตจำนวน 1 กรัม ให้เพียง 4.2 แคลอรี หรือน้อยกว่าประมาณ 2.25 เท่า

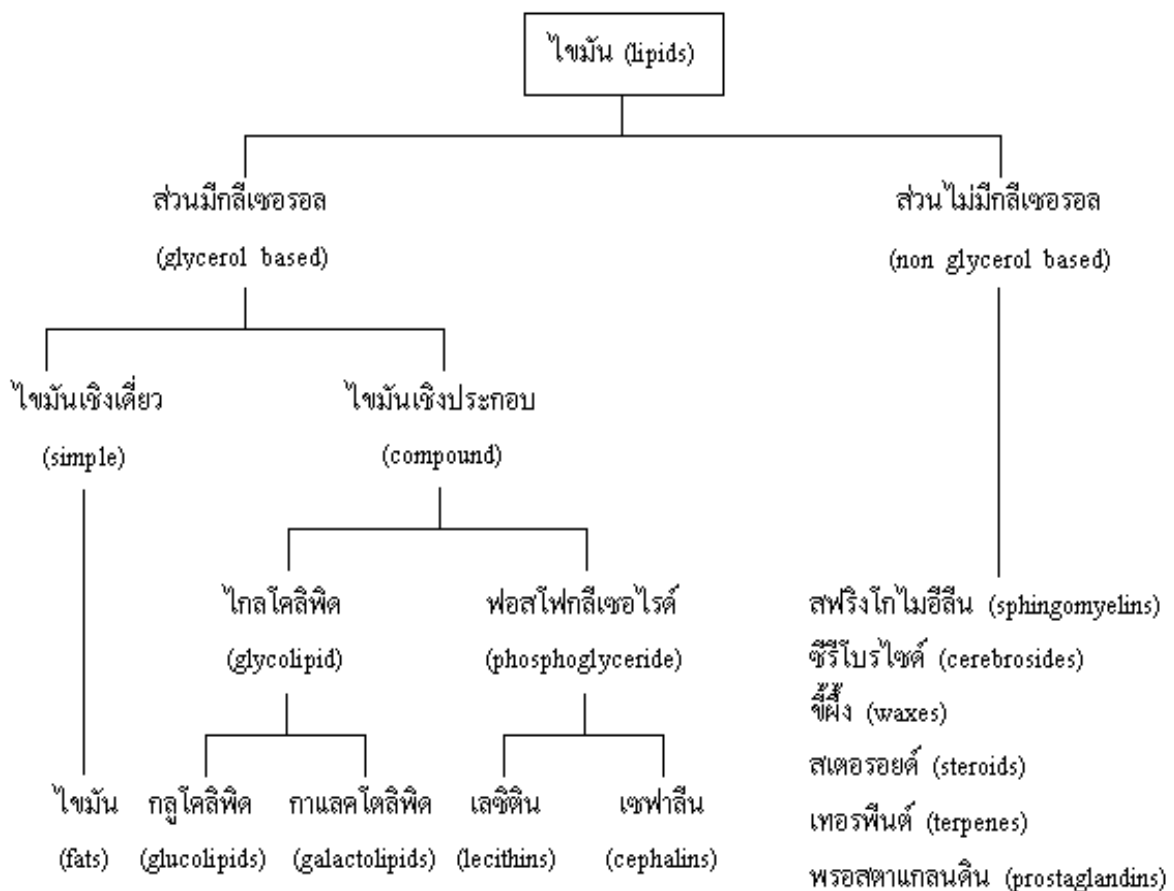
ไขมันแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ ไขมันส่วนที่เป็นโครงสร้าง พบในส่วนของเซลล์และเนื้อเยื่อ และอีกกลุ่มหนึ่งเป็นไขมันที่สะสมไว้ ซึ่งส่วนนี้จะเป็นแหล่งสะสมพลังงานส่วนใหญ่ของร่างกาย

ไขมันทำหน้าที่ให้พลังงานแก่ร่างกายตลอดจนให้ความอบอุ่น นอกจากนี้ยังเป็นแหล่งให้กรดไขมันที่จำเป็น (essential fatty acid) สารไขมันบางประเภทยังเป็นตัวช่วยในการดูดซึมวิตามินที่ละลายในไขมันซึ่งได้แก่ วิตามินเอ ดี อี และ เค

การย่อยไขมันในร่างกายเป็นไปได้ช้ากว่าโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตจึงทำให้มีความรู้สึกอิ่มอยู่นาน ในการผสมอาหารหากมีไขมันปนอยู่ด้วยจะทำให้การอัดเม็ดอาหารเกาะตัวแน่นดียิ่งขึ้น ลดการเป็นฝุ่นฟุ้งกระจายขณะผสมอาหาร และยังลดการสึกหรอของเครื่องผสมอาหารและเครื่องอัดเม็ด

2.4.1 ลักษณะทางกายภาพของไขมัน

อาหารไขมันที่ใช้กันส่วนใหญ่เป็นพวกที่เรียกว่า ไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride) ซึ่งประกอบด้วยสาร 2 ชนิดรวมกัน คือ กลีเซอรอลและกรดไขมัน กลีเซอรอลเป็นสารประกอบ ประกอบด้วยธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจนและออกซิเจน กรดไขมันประกอบขึ้นด้วยธาตุทั้งสามชนิดนี้เช่นเดียวกัน แต่มีการเรียงตัวแตกต่างกัน กรดไขมัน 3 ชนิด ที่มาเกาะติดกับกลีเซอรอล อาจเป็นชนิดเดียวกันหมดหรือต่างชนิดกัน ซึ่งถ้าเป็นชนิดเดียวกันหมดเรียกว่า กลีเซอไรด์เชิงเดี่ยว (simple glyceride) ถ้ากรดไขมัน 3 ชนิดนั้นแตกต่างกันเพียงหนึ่งตัวหรือทั้งหมด เรียกไขมันชนิดนั้นเป็น กลีเซอไรด์ผสม (mixed glyceride)



ภาพที่ 2.9 แผนภูมิการจำแนกสารไขมัน

ที่มา: ธาตรี (มปท.)

กรดไขมันเป็นหน่วยเล็กที่สุดของไขมันที่สามารถซึมผ่านผนังทางเดินอาหารเข้าสู่ระบบหมุนเวียนเพื่อนำไปใช้ประโยชน์สำหรับร่างกายแยกเป็น

ก. กรดไขมันที่จำเป็น มี 3 ชนิด คือ กรดลิโนเลอิก กรดลิโนเลนิก และกรดอะราชิโดนิก พบมากในน้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันข้าวโพด น้ำมันฝ้าย น้ำมันถั่วลิสง กรดไขมันเหล่านี้ร่างกายไม่สามารถสังเคราะห์ได้ หรือสังเคราะห์ได้แต่ไม่พอเพียง

ข. กรดไขมันที่ไม่จำเป็น เป็นกรดไขมันที่ร่างกายสังเคราะห์ได้พอเพียงกับความต้องการกรดไขมันมีอยู่หลายชนิด ต่างมีหน่วยคาร์บอกซิล (carboxyl group) เหมือนกัน ส่วนที่แตกต่างกัน คือ ลักษณะทางเคมีในส่วนของห่วงโซ่คาร์บอน

ปริมาณของคาร์บอนในห่วงโซ่คาร์บอนมีมากน้อยแตกต่างกันไป เมื่อรวมกันแล้วให้รสชาติคาร์บอนที่มีอยู่ในหน่วยคาร์บอกซิลนั้น ๆ เข้าด้วยกัน สามารถแบ่งกรดไขมันตามจำนวนของธาตุคาร์บอนที่มีอยู่ในกรดไขมันทั้งหมดออกได้เป็น 2 พวก คือ

ก. พวกที่มีธาตุคาร์บอน 4–12 ตัว เรียก กรดไขมันที่มีห่วงโซ่สั้น (short chain fatty acid)

ข. พวกที่มีธาตุคาร์บอนมากกว่า 12 ตัวขึ้นไป เรียกว่า กรดไขมันที่มีห่วงโซ่ยาว (long chain fatty acid)

ความยาวของห่วงโซ่มีอิทธิพลต่อลักษณะกายภาพของไขมัน เมื่อตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้องพวกที่มีห่วงโซ่สั้นจะเป็นของเหลว เรียกว่า น้ำมัน เช่น น้ำมันมะพร้าว น้ำมันถั่วเหลือง ส่วนพวกห่วงโซ่ยาวจะมีลักษณะแข็งเป็นไข เช่น ไขมันหมู ไขวัว เป็นต้น

พบว่าการใช้กรดไขมันที่มีห่วงโซ่ยาว เป็นอาหารของสัตว์ มีประสิทธิภาพมากกว่าการใช้กรดไขมันระเหยได้ เพราะสามารถนำไปใช้เป็นไขมันนมได้โดยตรง ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการสืบพันธุ์และมีแนวโน้มลดการเป็นคีโตซิส ลดการสูญเสียน้ำหนักระหว่างการให้น้ำนมในช่วงต้นและทำให้มีน้ำนมนาน

2.4.2 ลักษณะความอิ่มตัวและไม่อิ่มตัวของกรดไขมัน

ลักษณะความอิ่มตัวและไม่อิ่มตัวของกรดไขมันเกิดขึ้นจากพันธะ (bond) ที่ยึดเหนี่ยวซึ่งกันและกันระหว่างธาตุคาร์บอนในส่วนของห่วงโซ่คาร์บอนนั้น ถ้ายึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะเดี่ยว (single bond) เรียกว่า กรดไขมันอิ่มตัว (saturated fatty acid) สูตรโครงสร้างจะมีพันธะ (bond) ที่เป็นพันธะเดี่ยวยึดต่อระหว่าง C เข้าด้วยกัน และแต่ละ C จะมี H 2 อะตอม มาเกาะอยู่ตลอดเวลา (-CH₂-CH₂-) จะเปลี่ยนแปลงยาก ได้แก่ Butyric acid, Acetic acid, Palmitic acid, Stearic acid, Arachidonic acid ถ้ายึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะคู่หรือมากกว่า เรียกว่า กรดไขมันไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acid) สูตรโครงสร้างจะมีพันธะ (bond) ที่เป็นพันธะคู่ ยึดต่อระหว่าง C เข้าด้วยกัน อย่างน้อย 1 พันธะ (-CH₂-CH=CH-CH₂-) ทั้งนี้เพราะ H ถูกขจัดออกจากโมเลกุล ทำให้กรดไขมันอยู่ในสภาพ free radical ตรงตำแหน่งของพันธะคู่ ซึ่งปฏิกิริยานี้จะถูกกระตุ้นหรือเร่งโดยพวกแร่ธาตุในบรรยากาศที่มีออกซิเจนอยู่ด้วย ถ้าอาหารนั้นไม่ได้เติมสารป้องกันการหืน ทำให้กรดไขมันเปลี่ยนแปลงได้ ได้แก่ Oleic acid, Linolenic acid

กรณีของกรดโอเลอิกมีการไม่อิ่มตัวอยู่ที่พันธะคู่ของคาร์บอนเพียงตำแหน่งเดียว ส่วนกรดไลโนเลอิกมีความไม่อิ่มตัว ด้วยมีพันธะคู่สองตำแหน่ง ลักษณะพันธะของกรดไขมันมีผลต่อลักษณะทางกายภาพของไขมัน เช่นเดียวกับความยาวของห่วงโซ่คาร์บอน พวกกรดไขมันอิ่มตัวจะมีลักษณะแข็งที่อุณหภูมิห้องในขณะที่กรดไขมันไม่อิ่มตัวส่วนใหญ่จะมีลักษณะเหลวเป็นน้ำมัน

ตารางที่ 2.2 คุณสมบัติที่ต่างกันของกรดไขมัน

คุณลักษณะ	กรดไขมันอิ่มตัว	กรดไขมันไม่อิ่มตัว
การถูกทำลายด้วยความร้อน แสงสว่าง ความชื้น ออกซิเจน และโลหะบางชนิด	ไม่ถูกทำลาย	ถูกทำลายและเหม็นหืน
จำนวนคาร์บอนเท่ากัน	น้ำหนักโมเลกุลมากกว่า	น้อยกว่า
คุณสมบัติทางกายภาพ เมื่อจำนวนคาร์บอนเท่ากันที่อุณหภูมิห้อง	แข็งกว่า	เหลวกว่า
จุดหลอมเหลวเมื่อคาร์บอนเท่ากัน	สูงกว่า	ต่ำกว่า

ที่มา : นงเยาว์ (2546)

2.4.3 แหล่งที่มาของไขมัน

แหล่งที่ได้มาของไขมัน โดยทั่วไปได้จากบริเวณใต้ผิวหนัง (subcutaneous) จากไขมันที่เกาะตามอวัยวะภายใน และไขมันแทรกในเนื้อ (marbling) และในนม ส่วนในพืชพบในเมล็ดพืชบริเวณจุดงอกของเมล็ด (seed germ) และต้นอ่อน (embryo) การให้ ไขมันเพื่อเป็นการเพิ่มพลังงานในอาหารสัตว์นั้น อาจให้ในรูปของน้ำมันหมูและไขวัว น้ำมันที่ได้จากการสกัดอัดหรือบีบจากเมล็ดพืชต่าง ๆ เช่น น้ำมันถั่วต่าง ๆ น้ำมันรำ น้ำมันฝ้าย น้ำมันมะพร้าว น้ำมันปาล์ม เป็นต้น

2.5 แร่ธาตุ

แร่ธาตุมีบทบาทสำคัญในอาหารสัตว์ ซึ่งนอกจากจะเป็นสารที่ประกอบเป็นโครงสร้าง เพื่อการเจริญเติบโตของกระดูก ฟัน และเนื้อเยื่อต่าง ๆ ของร่างกายแล้ว แร่ธาตุยังเป็นตัวควบคุมกระบวนการเปลี่ยนแปลงหลายอย่างภายในร่างกาย เพื่อการมีชีวิต การเจริญเติบโต และการเพิ่มผลผลิตอีกด้วย ร่างกายสัตว์มีปริมาณแร่ธาตุอยู่ถึง 3 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักตัว และในจำนวนนี้ 80 เปอร์เซ็นต์ เป็นส่วนประกอบของกระดูก ที่เหลือเป็นส่วนประกอบอยู่ในเซลล์ ละลายอยู่ในเลือดและน้ำเหลือง แร่ธาตุจึงจำเป็นต่อกระบวนการทำงานทางชีวเคมีให้เป็นปกติ โดยใช้เพื่อสนับสนุนการเจริญเติบโต การสืบพันธุ์ และทำให้สุขภาพเป็นปกติ นอกจากนี้การให้แร่ธาตุแก่สัตว์ยังทำให้คุณภาพของผลผลิตดีขึ้นได้ด้วย และยังมีผู้พบว่า การเติมโครเมียมในรูปของโครเมียม พิโคลิเนต ทำให้สุกรรุ่นและสุกรขุนมีไขมันสันหลังลดลง เพิ่มพื้นที่กล้ามเนื้อหน้าตัดเนื้อสันและกล้ามเนื้อ

2.5.1 ลักษณะโดยทั่วไปของแร่ธาตุ

ลักษณะโดยทั่วไปของแร่ธาตุเป็นสารอนินทรีย์ ปริมาณของแร่ธาตุทั้งหมดในร่างกายเมื่อนำมาวิเคราะห์ เรียกว่า เถ้า การขาดแร่ธาตุแม้แต่เพียง 1 ในจำนวนแร่ธาตุที่จำเป็นต่อร่างกาย 15-16 ชนิดนั้น ทำให้เกิดผลเสียหลายอย่าง เช่น ไม่กระปรี้กระเปร่า เชื่องซึม ความอยากกินอาหารลดลง ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารลดลง อัตราการเจริญเติบโตลดลง สมรรถภาพในการสืบพันธุ์น้อยลง ผลผลิต เช่น แร่งงาน นม เนื้อ และไข่ลดลงด้วย และยังมีผู้พบพบว่า ซีลีเนียม ทองแดง สังกะสี โคบอลต์ และเหล็ก มีส่วนทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของส่วนประกอบระบบภูมิคุ้มกันหลายอย่างของสัตว์เคี้ยวเอื้อง ดังนั้น การเสริมแร่ธาตุในอาหารสัตว์จึงมีความสำคัญ แต่ผู้เลี้ยงสัตว์มักให้ความสนใจในเรื่องนี้ไม่มากเท่าที่ควร อาจเป็นเพราะว่าการขาดแร่ธาตุโดยฉับพลันและทำให้สัตว์ตายนั้นพบน้อยมาก ผู้เลี้ยงมักไม่ได้สังเกตและนึกถึงผลเสียอันนี้ ผู้เลี้ยงมักจะคำนึงถึงก็ต่อเมื่อสัตว์มีอาการผอมแห้ง หรือใช้ผสมพันธุ์ต่อไปไม่ได้ หรือผลผลิตลดลง หรืออาการหนักไปแล้ว ซึ่งก็มักจะสายเกินไปที่จะแก้ไขให้กลับคืนมาได้

2.5.2 การแบ่งกลุ่มของแร่ธาตุ

การแบ่งแร่ธาตุที่จำเป็นต่อสัตว์ออกเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

ก. แร่ธาตุที่ใช้เป็นปริมาณมาก (macro element) หรือมีหน้าที่เกี่ยวข้องในร่างกายมาก ได้แก่ แคลเซียม ฟอสฟอรัส โซเดียม คลอรีน โพแทสเซียม แมกนีเซียม และกำมะถัน

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2563 ประเภทวิชาเกษตรกรรม สาขาวิชาสัตวศาสตร์

Principles of Animal Nutrition 30503-2002

ข. แร่ธาตุปลีกย่อย (trace element) ใช้เป็นปริมาณน้อยหรือทำหน้าที่ในร่างกายน้อย ได้แก่ ไอโอดีน เหล็ก ทองแดง แมงกานีส สังกะสี โคบอลต์ และโครเมียม

ค. แร่ธาตุที่เป็นพิษต่อร่างกาย (toxic element) เป็นแร่ธาตุที่ถ้าใช้ในปริมาณมาก จะทำให้เป็นพิษ ได้แก่ ฟลูออรีน ซีลีเนียมและโมลิบดีนัม

2.3.3 หน้าที่ของแร่ธาตุแต่ละชนิด

แร่ธาตุแต่ละชนิดมีหน้าที่เฉพาะอย่างแต่ก็มีจำนวนไม่น้อยมีหน้าที่เกี่ยวข้องกับธาตุและวิตามินอื่น หรือการทำงานต้องอาศัยธาตุอื่นหรือสารอื่นทำงานร่วมกัน อย่างไรก็ตามไม่ได้หมายความว่าจำเป็นต้องเพิ่มแร่ธาตุทั้งหมดนี้เสริมในอาหารสัตว์ เพราะวัตถุดิบอาหารสัตว์ในธรรมชาติที่ใช้เป็นอาหารหลัก เช่น รำ ปลายข้าว ข้าวโพด กากถั่ว ปลายัน ฯลฯ นั้น มีแร่ธาตุเหล่านี้อยู่บ้างแล้ว แต่อาจจะมีในปริมาณน้อยต่างกันและแร่ธาตุบางอย่างที่สัตว์ต้องการมีพอเพียงแล้วในอาหาร อย่างไรก็ตาม การใช้ประโยชน์จากแร่ธาตุนั้น อาจมีสารหรือแร่ธาตุบางอย่างในอาหารที่สัตว์กินเข้าไปด้วยนั้น มีปฏิกิริยาต่อการดูดซึมหรือการคงอยู่ หรือการเหลือสะสมเพื่อเก็บไว้ใช้ในร่างกาย พอสรุปได้ดังนี้

ก. เกลือ (NaCl) ช่วยรักษาระดับความดันออสโมซิสในเซลล์ ซึ่งมีผลต่อการขนถ่ายสารอาหารเข้าไปในเซลล์ การถ่ายเทของเสียออกจากเซลล์ ช่วยรักษาสมดุลของเนื้อเยื่อต่าง ๆ โซเดียมเป็นแคทไอออน (cation) ส่วนใหญ่ของของเหลวภายนอกเซลล์ซึ่งเกี่ยวข้องกับแรงดันออสโมซิส และความสมดุลของกรด - ด่าง ในร่างกาย ทำหน้าที่คงสภาพการซึมผ่านของเหลวเข้าสู่เซลล์ และยังมีความสำคัญต่อการสร้างน้ำดีเพื่อช่วยย่อยไขมัน และคาร์โบไฮเดรต คลอไรด์ เป็นแอนไอออน (anion) ส่วนใหญ่ที่เกี่ยวข้องกับแรงดันออสโมซิส และรักษาสมดุลกรด - ด่างของของเหลวในร่างกายและถูกนำไปใช้สร้างกรดในกระเพาะเพื่อย่อยโปรตีน

ข. แคลเซียม (Calcium, Ca) จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโต การคงสภาพให้ปกติของกระดูกและฟัน มีความสำคัญต่อการแข็งตัวของเลือดและต่อการหลั่งน้ำนม กระตุ้นการทำงานของหัวใจ ประสาทและกล้ามเนื้อ ควบคุมการผ่านเข้าออกของของเหลวในเซลล์ มีผลต่อการใช้สังกะสีภายในร่างกายและการสร้างเปลือกไข่ สารที่คอยรบกวนการใช้ประโยชน์ของแคลเซียม คือ ฟอสฟอรัส วิตามินดี กรดออกซาลิก

ค. ฟอสฟอรัส (Phosphorus, P) จำเป็นในการสร้างกระดูกและฟัน จำเป็นต่อการเมแทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรต และไขมัน เป็นส่วนประกอบสำคัญของเซลล์และของเหลวภายในเซลล์ของ

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2563 ประเภทวิชาเกษตรกรรม สาขาวิชาสัตวศาสตร์

Principles of Animal Nutrition 30503-2002

ร่างกาย จำเป็นสำหรับการทำงานของเอนไซม์ ทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์ในเลือดและในเนื้อเยื่อ รักษาสมดุลกรด-ด่าง เป็นส่วนประกอบของสารสำคัญในขบวนการที่ก่อให้เกิดพลังงาน สารที่คอยรบกวนการใช้ประโยชน์ของฟอสฟอรัส คือ แคลเซียม วิตามิน ดี กรดไฟติก

ง. เหล็ก (Iron , Fe) จำเป็นในการสร้างฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดง ซึ่งเป็นตัวขนส่งออกซิเจนในเลือดและเหล็กยังมีความสำคัญต่อเอ็นไซม์บางชนิด สารที่คอยรบกวนการใช้ประโยชน์ของเหล็ก คือ แคลเซียม ฟอสฟอรัส ทองแดง สังกะสี

จ. ทองแดง (Copper , Cu) ธาตุทองแดง เหล็กและวิตามินบี 12 จำเป็นต่อการสร้างฮีโมโกลบิน เป็นโคแฟกเตอร์ (co-factor) ในระบบออกซิเดชัน-รีดักชัน ทำหน้าที่สำคัญในระบบเอนไซม์หลายชนิด จำเป็นต่อการเจริญของขนและต่อการเกิดเม็ดสี (pigmentation) จำเป็นต่อการสร้างกระดูก ต่อระบบสืบพันธุ์ และการให้นม สารที่คอยรบกวนการใช้ประโยชน์ของทองแดง คือ โมลิบดีนัม สารกำมะถันอินทรีย์และอนินทรีย์ สังกะสีและเหล็ก

ฉ. สังกะสี (Zinc , Zn) เป็นโคแฟกเตอร์ในระบบเอนไซม์หลายชนิด เช่นเพปซิเดสและคาร์บอนิกแอนไฮเดรส มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของผิวหนัง ขน กระดูก และข้อต่อ

ช. แมกนีเซียม (Magnesium , Mg) จำเป็นสำหรับการทำงานของระบบเอนไซม์หลายชนิด เช่น ระบบการสลาย ไกลโคเจนให้เป็นกลูโคส (glycolytic system) และการสร้างกระดูก

ซ. แมงกานีส (Manganese , Mn) จำเป็นในการสร้างกระดูกบริเวณที่เป็นเนื้อกระดูกควบคุมการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อ เป็นโคแฟกเตอร์ของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับขบวนการเมแทบอลิซึมของกรดอะมิโน การสังเคราะห์กรดไขมันและการเมแทบอลิซึมของโคเลสเตอรอล จำเป็นต่อการเจริญเติบโตและระบบสืบพันธุ์ สารที่คอยรบกวนการใช้ประโยชน์ของแมงกานีส คือ โพแทสเซียม

ด. โพแทสเซียม (Potassium , K) ควบคุมการรักษาระดับความสมดุลของกรดและด่างในร่างกาย โดยเป็นแคทไอออน (cation) ที่สำคัญในของเหลวภายในเซลล์ที่เกี่ยวข้องกับแรงดันออสโมซิสและความสมดุลกรด-ด่าง

ด. ซีลีเนียม (Selenium , Se) ไม่ปรากฏหน้าที่ชัดเจน แต่เกี่ยวข้องกับการดูดซึมหรือการคงอยู่ของวิตามินอี เกี่ยวข้องกับการทำงานของกล้ามเนื้อ สารที่คอยรบกวนการใช้ประโยชน์ของซีลีเนียม คือ วิตามินอี และเหล็กเฟอร์รัส

ก. โครเมียม (Chromium , Cr) ช่วยการทำงานของฮอร์โมนอินซูลิน เพิ่มการนำกลูโคสออกจากเลือด ลดไขมันในซางและเพิ่มเนื้อแดง ลดปริมาณโคเลสเตอรอลในไข เพิ่มภูมิคุ้มกันและความต้านทานโรค

ข. โคบอลต์ (Cobalt , Co) เป็นส่วนประกอบของวิตามินบี 12 จำเป็นต่อจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน เพื่อใช้ในการเจริญเติบโตและนำไปสร้างวิตามินบี 12

ค. โมลิบดีนัม (Molybdenum , Mo) จำเป็นต่อการเมแทบอลิซึมของสารพิวรีน (purine) และกระตุ้นการทำงานของจุลินทรีย์ภายในกระเพาะรูเมน

2.6 วิตามิน (Vitamin)

วิตามิน เป็นสารประกอบอินทรีย์ในอาหารธรรมชาติทั่วไปแต่มีอยู่เป็นจำนวนน้อยและใช้ในร่างกายสัตว์เป็นจำนวนน้อยเช่นกัน แต่เป็นสิ่งที่จำเป็นที่สัตว์ขาดไม่ได้ วิตามินทำให้เนื้อเยื่อของร่างกายเจริญเติบโตเป็นปกติและจำเป็นต่อการเมแทบอลิซึม แต่ไม่ได้เกี่ยวข้องกับส่วนโครงสร้างของร่างกาย การไม่ได้รับจากอาหารหรือนำไปใช้ประโยชน์ไม่ได้หรือไม่พอเพียง ทำให้มีอาการผิดปกติเป็นลักษณะเฉพาะ โดยทั่วไปร่างกายสัตว์ไม่สามารถสังเคราะห์ได้ ยกเว้นวิตามินบางตัวที่อาศัยการสังเคราะห์ของจุลินทรีย์ภายในระบบทางเดินอาหาร เช่น วิตามินบี 12 และ วิตามินบี 7 สามารถสังเคราะห์วิตามินบีรวมได้ สารบางอย่างในพืชหรือสัตว์มีลักษณะเป็นแหล่งตั้งต้นเพื่อเปลี่ยนแปลงเป็นวิตามิน เรียกว่า โพรวิตามิน (provitamin) ซึ่งมีลักษณะทางเคมีสัมพันธ์กับวิตามินนั้น แต่ไม่ทำปฏิกิริยาเป็นวิตามินจนกว่าจะได้รับการกระตุ้น เช่น แครโรทีน (carotene) มีคุณสมบัติเป็นโปรวิตามินเอ (provitamin A)

2.6.1 การแบ่งกลุ่มวิตามิน

ก. วิตามินที่จำเป็นต่อร่างกายสัตว์ คือ วิตามินที่ละลายในไขมัน (fat soluble vitamins) ได้แก่ วิตามินเอ ดี อี เค

ข. วิตามินละลายในน้ำ (water soluble vitamins) ได้แก่ วิตามินบีต่าง ๆ และวิตามินซี รวมทั้งสารวิตามินบีอื่น ๆ เช่น กรดแพนโททินิก โคลีน และอินซิทอล (inositol)

2.6.2 หน้าที่ของวิตามิน

การทำงานของวิตามินโดยทั่วไป เป็นตัวกลางในกระบวนการสังเคราะห์และการเมแทบอลิซึมของอาหารในเซลล์ของร่างกาย วิตามินเป็นตัวควบคุมระบบเมแทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรต ไขมันและโปรตีน ดังนั้น วิตามินช่วยให้ร่างกายทำงานได้เป็นปกติ แต่ในขณะที่เจ็บป่วยซึ่งการทำงานของระบบต่าง ๆ ผิดปกติไป วิตามินยังช่วยประคับประคองให้การทำงานนั้นไม่เลวลงไปและช่วยเสริมให้ดีขึ้น ในเวลาปกติวิตามินช่วยเร่งการเจริญเติบโต เพิ่มประสิทธิภาพการใช้อาหาร เพิ่มผลผลิตและช่วยการต้านทานโรค การขาดวิตามินชนิดหนึ่งชนิดใดหรือมีปริมาณ ไม่เพียงพอกับความต้องการของร่างกาย ทำให้กระบวนการเมแทบอลิซึมที่เกี่ยวข้องกับวิตามินชนิดนั้นๆ ทำงานไม่เต็มที่หรือผิดปกติไป อันมีผลต่อการเจริญเติบโต ต่อการสร้างผลผลิตและเสี่ยงต่อการเกิดโรคได้ง่ายด้วย

2.6.3 ความต้องการวิตามิน

ความต้องการเพิ่มขึ้นตามปริมาณการเมแทบอลิซึม เช่น ขณะที่สัตว์ทำงานหนักหรือออกกำลังกายมาก ในระยะเร่งการเจริญเติบโต ระยะการผลิตไข่ ระยะผลิตน้ำนม หรือแม้แต่ในระยะที่สัตว์เจ็บป่วยที่ต้องต่อสู้กับเชื้อโรค ตลอดจนระยะหายป่วยแล้วต้องซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอของร่างกายหรือในระยะที่สัตว์เกิดความเครียด เช่น การตอน การขนย้าย การหย่านม อากาศร้อนและอากาศหนาว กระบวนการเมแทบอลิซึมจะเพิ่มขึ้น ดังนั้น ความต้องการวิตามิน จึงสูงขึ้น เช่น ในการขุนสุกรเพื่อเร่งการเจริญเติบโต และมีการให้อาหารที่มีโปรตีนสูง การเมแทบอลิซึมของโปรตีนต้องเพิ่มขึ้น ซึ่งในกระบวนการนี้ต้องใช้เอนไซม์ที่วิตามินบี 6 เป็นส่วนประกอบ จึงต้องมีการเสริมวิตามินบี 6 ให้สัตว์กินมากขึ้นเพื่อจะได้ผลเต็มที่ และถ้าให้อาหารแป้งเพิ่มขึ้นกระบวนการเมแทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรตต้องการวิตามินบี 1 มากขึ้นเช่นกัน ยังมีผู้ให้คำแนะนำว่าในทางปฏิบัติการให้วิตามินควรให้มากกว่ากำหนดไว้ 2 ถึง 5 เท่า เพื่อกระตุ้นสมรรถภาพการเติบโตให้ถึงจุดสูงสุด

2.6.4 หน้าที่ของวิตามินแต่ละชนิด

ก. วิตามิน เอ (Retinol) จำเป็นต่อการสร้างกระดูก จำเป็นสำหรับการคงสภาพตามปกติ และการทำหน้าที่ของเนื้อเยื่อผิว (epithelial tissue) ของอวัยวะต่างๆ เช่น ตา ระบบทางเดินหายใจทางเดินอาหาร ระบบประสาท ระบบสืบพันธุ์และระบบขับถ่ายของเสีย จำเป็นต่อการสังเคราะห์กลูโคส โดยเป็นส่วนประกอบของฮอร์โมนอะดรีโนคอร์ติคอยด์ (adrenocorticoid hormone)

ข. วิตามิน ดี (Ergocalciferol , D2 ; Cholecalciferol , D3) ช่วยการดูดซึมแคลเซียมและฟอสฟอรัสในการสร้างกระดูกและกระดูกอ่อน ซึ่งรวมถึงการสร้างกระดูกของลูกในท้องด้วย ช่วยในกระบวนการเปลี่ยนแปลงอาหารคาร์โบไฮเดรต

ค. วิตามิน อี (a-Tocopherol) สำคัญต่อระบบสืบพันธุ์ มีผลต่อท่อกำเนิดอสุจิ การสร้างน้ำเชื้อในตัวผู้และการตกไข่ การผสมติดในตัวเมีย ป้องกันการออกซิไดซ์ของวิตามินเอ เพิ่มความต้านทานของเม็ดเลือดแดง

ง. วิตามินเค (Menadione) ช่วยให้เลือดแข็งตัวด้วยการสร้างโพรทรอมบิน (prothrombin) และเกี่ยวข้องกับการตกตะกอนของเลือด

จ. วิตามิน ซี (Ascorbic acid) สร้าง และควบคุมการทำงานของสารที่อยู่ระหว่างเซลล์ที่มีโคลลาเจน หรือสารที่เกี่ยวข้องกับกระดูกหรือเหงือกทำหน้าที่เป็นสารกันหืนต่อสารภายในร่างกาย (bioantioxidant) กระตุ้นการทำงานของกระบวนการป้องกันโรค ช่วยในการดูดซึมธาตุเหล็กในลำไส้ ช่วยกระตุ้นการทำงานของกรดโฟลิก

ฉ. วิตามิน บี 1 (ไทอะมีน , Thiamine) เพิ่มความอยากกินอาหารและการเติบโต จำเป็นสำหรับเมแทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรต ไขมัน และโปรตีน โดยทำหน้าที่เป็นโคเอนไซม์ไทอะมีนไพโรฟอสเฟต (thiamine pyrophosphate) จำเป็นต่อระบบประสาทและการสืบพันธุ์

ช. วิตามิน บี 2 (ไรโบฟลาวิน , Riboflavin) ทำหน้าที่เป็นส่วนหนึ่งของเอนไซม์มากกว่า 12 ชนิด จำเป็นต่อการเจริญเติบโตและการซ่อมแซมเนื้อเยื่อในสัตว์ เร่งการเจริญเติบโตสำคัญต่อเมแทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรตและกรดอะมิโน

ซ. วิตามิน บี 6 (ไพริดอกซีน , Pyridoxine) เกี่ยวข้องกับเมแทบอลิซึมของกรดอะมิโนและไขมันโดยทำหน้าที่เป็นโคเอนไซม์

ณ. วิตามิน บี 12 (ไซยาโนโคบาลามิน , Cyanocobalamin) มีธาตุโคบอลต์เป็นองค์ประกอบ กระตุ้นความอยากกินอาหาร เพิ่มการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหาร มีความสำคัญต่อกระบวนการเมแทบอลิซึมของ คาร์โบไฮเดรต ไขมัน และโปรตีน มีความสำคัญต่อการนำกรดโพพิโอนิกมาใช้เป็นพลังงานของสัตว์กระท่อม

ด. ไนอาซิน (B3 , Nicotinamide , Niacin) จำเป็นสำหรับเซลล์ของร่างกายในขบวนการสังเคราะห์ กรดไขมันคาร์โบไฮเดรต และกรดอะมิโน โดยให้กลุ่มเมทิล (methyl) สำหรับการ

สร้างกรดอะมิโนเมทไทโอนีน จากสารอื่น ในโคนมพบว่า การเติมในอาซีนจะเพิ่มผลผลิตนมได้โดยการช่วยเพิ่มปริมาณการเติบโตของจุลินทรีย์ที่สร้างโปรตีน

ก. กรดแพนโทเทนิค (B5, Pantothenic acid) เป็นส่วนประกอบที่สำคัญของโคเอนไซม์เอ (coenzyme A) ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในกระบวนการเมแทบอลิซึม การเปลี่ยนแปลงของไขมัน คาร์โบไฮเดรต และการสร้างกรดอะมิโน

ข. โคลีน (Choline) เกี่ยวกับเมแทบอลิซึมของกรดอะมิโนและไขมัน และจำเป็นสำหรับการสืบพันธุ์ตามปกติ ป้องกันการสะสมไขมันในตับ โดยการเพิ่มอัตราการใช้หรือการขนย้ายไขมันไม่ได้ทำหน้าที่เป็นโคเอนไซม์เหมือนกับวิตามินอื่น แต่จำเป็นต่อการสร้างสารอะเซทิลโคลีน (acetylcholine) ที่สำคัญต่อการนำกระแสประสาท

จ. ไบโอติน (Biotin) เกี่ยวกับเมแทบอลิซึมของไขมันและโปรตีนมาเป็นพลังงาน

ด. กรดโฟลิก (Folic acid) ทำหน้าที่เกี่ยวกับการนำคาร์บอนในกรดอะมิโนไปใช้เป็นแหล่งคาร์บอนในการสังเคราะห์สารหลายชนิด เช่น พิวรีน (purine) ซึ่งเป็นสารสำคัญในเซลล์เม็ดเลือดแดงเกี่ยวข้องกับการเมแทบอลิซึมของวิตามินบี 12

3. ความผิดปกติที่มีสาเหตุมาจากอาหารสัตว์

ความผิดปกติจากอาหารสัตว์บางสาเหตุสามารถแยกแยะได้ชัดเจนแต่บางสาเหตุแยกแยะได้ลำบาก สาเหตุความผิดปกติจากอาหารสัตว์สามารถแยกออกได้เป็น 2 สาเหตุ ได้แก่ ความผิดปกติที่มีสาเหตุจากการขาดสารอาหาร หรือได้รับสารอาหารบางตัวสูงเกินไป และความผิดปกติที่มาจากการได้รับสารพิษ

3.1 ความผิดปกติที่มีสาเหตุมาจากการขาดสารอาหารหรือได้รับสารอาหารบางชนิดมากเกินไป

3.1.1 การขาดน้ำ สัตว์จะท้องผูก ผลผลิตลดลง ซีด

3.1.2 น้ำไม่สะอาด การกินน้ำมากเกินไป จะทำให้สัตว์ท้องร่วง

3.1.3 สัตว์ที่ขาดกรดไขมันที่จำเป็น จะมีผลที่ผิวหนัง โตช้า การสืบพันธุ์ล้มเหลว ในไก่พบว่าโตช้า ขนงอกช้า และมีจุดเลือดใต้ผิวหนัง

3.1.4 อาหารที่มีปลาปนเค็มมาก ทำให้สัตว์กินน้ำมาก จี๋ไหล

3.1.5 สัตว์และโคมีไขมันแข็ง เนื่องจากได้รับกรดไขมันชนิดอิ่มตัวมาก (ส่วนใหญ่เป็นไขมันจากสัตว์)

3.1.6 สัตว์ที่กรดอะมิโนไม่สมดุลจะทำให้สัตว์ไม่เจริญเติบโต ผลผลิตลด ความสมบูรณ์พันธุ์
พันธุ์ลดทั้งเพศผู้เพศเมีย

3.1.7 การขาดวิตามินเอ ทำให้มองไม่เห็นในที่สลัว (Night blindness) (ภาพที่ 2.10) ไก่
จะเบื่ออาหาร น้ำหนักลด

3.1.8 การขาดไวตามินดี ทำให้ลูกสัตว์อ่อนเป็นโรคกระดูกอ่อน (Ricket) (ภาพที่ 2.11)
และสัตว์อายุมากเป็นโรคกระดูกผุ (Osteomalacia) (ภาพที่ 2.7) ไก่เป็นโรคไข้นม (Milk Fever) เนื่องจาก
จะมีผลจากระดับแคลเซียมในเลือดต่ำลงด้วย

3.1.9 การขาดวิตามินอี อาจเป็นสาเหตุของโรคโลหิตจางได้ ทำให้สัตว์เป็นหมัน ทำให้
เกิดโรคกล้ามเนื้อลีบ (Muscular dystrophy) (ภาพที่ 2.12) โรคประสาทในไก่ (Crazy chick disease)
(ภาพที่ 2.13) ไก่จะไวต่อการขาดวิตามินอีที่สุด

3.1.10 การขาดวิตามินเค ทำให้เลือดแข็งตัวช้า ทำให้โลหิตไหลไม่หยุด หรือเลือดไม่
แข็งตัว (Hemophilia) (ภาพที่ 2.14)

3.1.11 การขาดวิตามินบีรวม ทำให้เกิดโรคเหน็บชาในคน (Beri-beri) โรคแหงนคูดาวใน
ไก่ (Star gazing) (ภาพที่ 2.15) โรคขาอัมพาตในไก่ โรคโลหิตจาง ระบบน้ำย่อยทำงานไม่ปกติ

3.1.12 ลักษณะอาการขาดวิตามินซี ทำให้เกิดโรคเลือดออกตามไรฟัน หรือโรค
ลักปิดลักเปิด (Scurvy) (ภาพที่ 2.16)

3.1.13 การขาดแคลเซียม ทำให้เปลือกไข่บาง กระดูกสัตว์ไม่แข็งแรง

3.1.14 การขาดธาตุเหล็ก ทำให้ลูกสุกรเป็นโรคโลหิตจาง เบื่ออาหาร ความต้านทานโรคต่ำ

3.1.15 สุกรซีไหลเพราะขาดธาตุทองแดงและเหล็ก

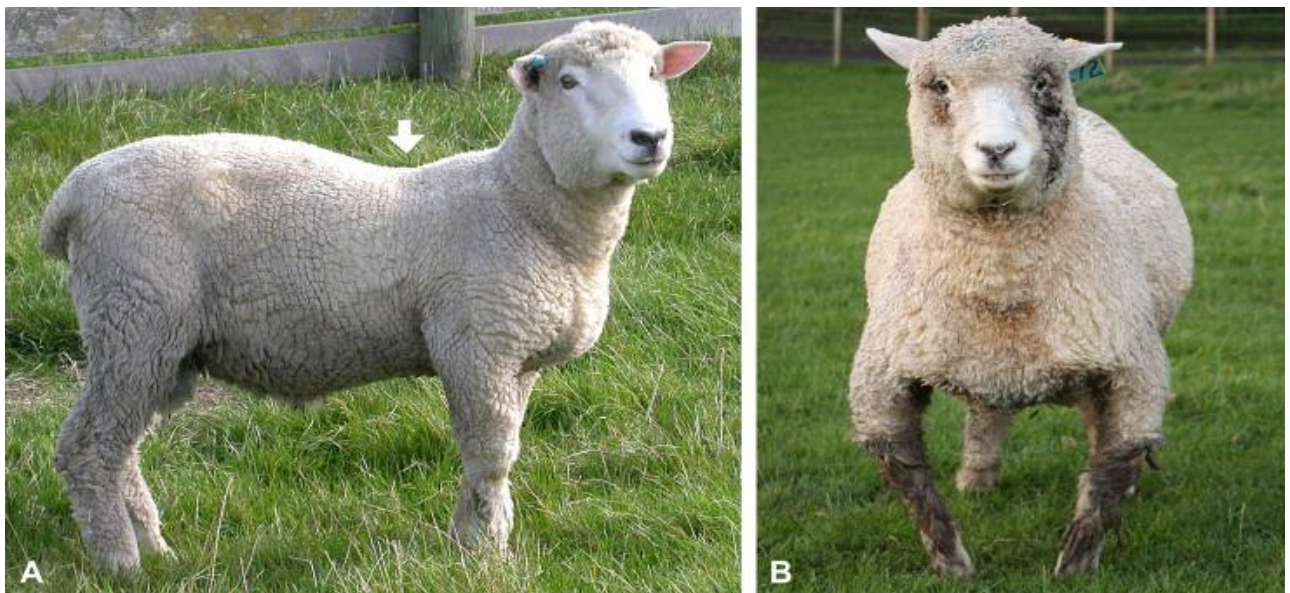
3.1.16 การขาดกำมะถัน ทำให้ขาดกรดอะมิโนบางตัวด้วย ทำให้ไก่โตช้า ขน เล็บ งอกช้า

3.1.17 การขาดธาตุสังกะสี ทำให้สุกรเป็นโรคซีเรื้อนชนิดไม่มีตัว ไก่จะมีอาการขนร่วง
อย่างรุนแรง



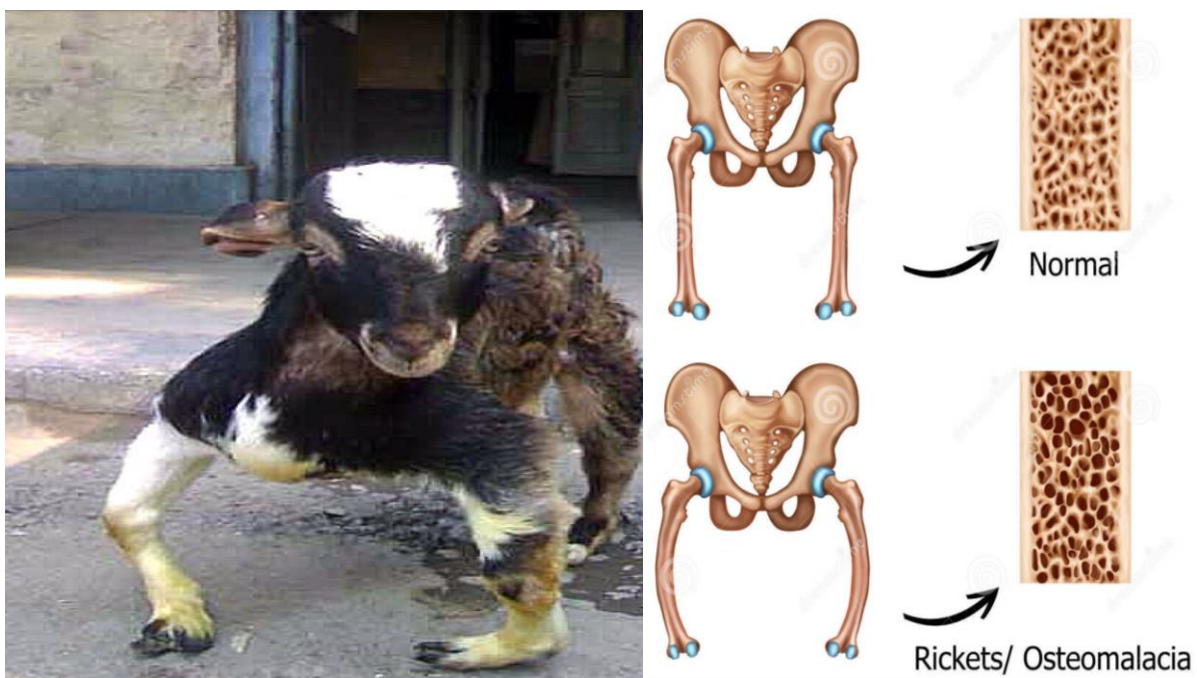
ภาพที่ 2.10 แสดงโรค Night blindness ในม้า

ที่มา: Horsetalk.co.nz (2013)



ภาพที่ 2.11 แสดงโรค Rickets ในลูกแกะ

ที่มา: Dittmer et.al (2009)



ภาพที่ 2.12 แสดงโรค Osteomalacia ในแพะสาว

ที่มา: Anjum (2007)



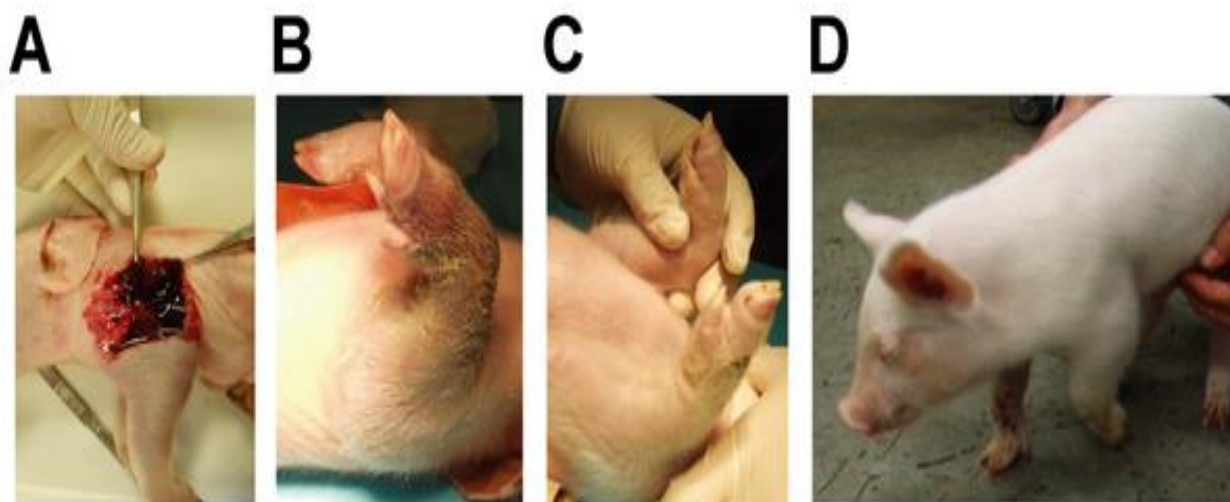
ภาพที่ 2.13 แสดงโรค Muscular dystrophy ในแกะ

ที่มา: Sheep and Goat.com (2012)



ภาพที่ 2.14 แสดงโรค Crazy chick disease

ที่มา: Dinev (n.d)



ภาพที่ 2.15 แสดงโรค Hemophilia ในหมู

ที่มา: Lozier and Nichols (2013)



ภาพที่ 2.16 แสดงโรค Star gazing ในไก่

ที่มา: Bender (2012)



ภาพที่ 2.17 แสดงโรค Scurvy ในสัตว์

ที่มา: Mansfield and Weston-Murphy (2009)

3.2 ความผิดปกติที่มีสาเหตุมาจากสารพิษในอาหาร

3.2.1 ท้องอืด (Bloat) จากการกินอาหารที่มีไบออ่อนหรือพืชตระกูลถั่วมากเกินไป

3.2.2 สุกรได้รับไบอกระดิมมากเกินไป ทำให้เป็นหมัน การสืบพันธุ์ต่ำ ในไก่ไข่จะไข่ช้า ไข่ลด

3.2.3 สารพิษ Aflatoxin (ภาพที่ 2.18) ทำให้สุกรโตช้า สุกรท้องอาจแท้งลูก

3.2.4 สารซีราลินอน (จากเชื้อราในอาหารสัตว์) สารนี้มีฤทธิ์คล้ายฮอร์โมนเพศเมีย (Estrogen) ถ้าเกินระดับ 150 พีพีบี. สารจะไปกระตุ้นการเติบโตของท่อนำไข่ ทำให้เปิดก้นทะลัก ทำให้สูญเสียทางเศรษฐกิจ

3.2.5 ลูกสุกรกินนมแม่ที่ได้รับ Aflatoxin สูงก็จะขี้ไหล

3.2.6 สัตว์ที่ได้รับกากมะพร้าวในอาหารสูงไขมันซากจะแข็ง

3.2.7 ถั่วเหลืองดิบสัตว์ชะงักการเติบโต การเจริญเติบโตต่ำ

3.2.8 สุกรได้รับแคลบคิ่งมากทำให้สมดุลแคลเซียม ฟอสฟอรัสเสีย อาจเกิดโรค Parakeratosis (ขี้เรื้อนในสุกร)

3.2.9 สุกรได้รับปลาป่นมากเกินไปทำให้ขี้ไหล จากผลของแบคทีเรีย



ภาพที่ 2.18 แสดงเชื้อราในข้าวโพด

ที่มา: บล็อกสปีดคอทคอม (2553)

สรุป

สัตว์ได้รับพลังงานและสารอาหาร ด้วยการกินพืชและสัตว์ตลอดจนผลิตผลพลอยได้ สารอาหารเหล่านี้ ได้แก่ น้ำ คาร์โบไฮเดรต ไขมัน โปรตีน วิตามินและแร่ธาตุ เพื่อนำไปใช้ ในการดำรงชีพ การเจริญเติบโตการสร้างผลผลิตและการสืบพันธุ์ สัตว์เก็บพลังงานไว้ในรูปของไขมัน ซึ่งให้พลังงานมากกว่า คาร์โบไฮเดรตและโปรตีน 2.25 เท่า ไขมันในร่างกายสัตว์และในอาหารอยู่ในรูปของไตรกลีเซอไรด์ กรดไขมัน และสารไขมันอื่น ๆ ส่วนโปรตีนนอกจากเสริมสร้างและซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอของเซลล์ต่าง ๆ แล้ว ยังเป็นส่วนประกอบของเอนไซม์และภูมิคุ้มกัน โปรตีนมีกรดอะมิโนมากกว่า 20 ชนิด แต่เป็นกรดอะมิโนที่จำเป็นเพียง 10 ชนิด ยกเว้นในสัตว์ปีกต้องให้เพิ่มเติมอีก 2 ชนิด ร่างกายสัตว์ต้องการวิตามินเป็นจำนวนน้อย แต่ส่วนใหญ่สังเคราะห์ไม่ได้หรือไม่เพียงพอ มีบทบาทในกระบวนการเมแทบอลิซึมของพลังงาน และมีหน้าที่เฉพาะตัว แร่ธาตุที่สัตว์ต้องการเป็นจำนวนมาก ได้แก่ แคลเซียม ฟอสฟอรัส โปตัสเซียม กำมะถัน โซเดียมและคลอไรด์ซึ่งใช้เป็นส่วนประกอบโครงร่างและการรักษาสมดุลของของเหลวในร่างกาย ปัจจุบันมีการใช้สารเติมพิเศษซึ่งเป็นสารที่ได้จากสิ่งมีชีวิตและสารสังเคราะห์ เพื่อช่วยให้สัตว์เจริญเติบโต ให้ผลผลิตสูงและให้คุณภาพของผลผลิตดีขึ้น และยังมีสารบางชนิดพบในอาหารสัตว์ที่กิน ซึ่งยังจำแนกโครงสร้างหรือกลไกการทำงานไม่ชัดเจน แต่ให้ผลดีกับสัตว์เมื่อผสมลงในอาหารให้สัตว์กิน

แบบทดสอบบทที่ 2

จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว

<p>1. น้ำที่ได้จากขบวนการเผาผลาญอาหารคือพวกใด</p> <p>ก. metabolic water ข. Synovial fluid ค. H₂O ง. น้ำปัสสาวะ</p> <p>2. ข้อใดไม่ใช่หน้าที่ของน้ำ</p> <p>ก. ช่วยขับของเสีย ข. ช่วยระบายความร้อน ค. ช่วยให้เป็นหนุ่มสว ง. ช่วยขนส่งโภชนต่าง ๆ</p> <p>3. คาร์โบไฮเดรตประกอบด้วยธาตุ</p> <p>ก. CHON ข. CHO ค. CHONP ค. CHN</p> <p>4. Monosaccharide ได้แก่</p> <p>ก. Sucrose Fructose ข. Maltose Galactose ค. Lactose Mannose ง. Glucose Fructose</p> <p>5. ข้อใดเป็น monosaccharide</p> <p>ก. แป้ง ข. เซลลูโลส ค. น้ำตาลอ้อย ง. กาแลกโตส</p> <p>6. ข้อใดคือน้ำตาลในนม</p> <p>ก. Glucose ข. Mannose ค. Lactose ง. Cellobiose</p>	<p>7. สูตรโครงสร้างของคาร์โบไฮเดรต คือ</p> <p>ก. [(CH₁O)_n] ข. [(CH₂O)_n] ค. [(CH₃O)_n] ง. [(CH₄O)_n]</p> <p>8. starch เป็นคาร์โบไฮเดรตชนิดใด</p> <p>ก. Polysaccharide ข. Monosaccharide ค. Hemicellulose ง. Glycogen</p> <p>9. ข้อใดไม่ใช่คุณสมบัติของ Hemicellulose</p> <p>ก. เป็นคาร์โบไฮเดรตที่รวมอยู่กับเซลลูโลส ข. เป็นคาร์โบไฮเดรตที่สัตว์ย่อยได้ ค. คาร์โบไฮเดรตชนิดนี้มีความต้านทานสารเคมีได้มากกว่าเซลลูโลส ง. เป็นคาร์โบไฮเดรตที่มีมากในพืชอ่อน/ลดน้อยลงเมื่อพืชแก่</p> <p>10. ข้อใดไม่ใช่คุณสมบัติของ Cellulose บอยู่ตามส่วนที่เป็นเยื่อใยของพืช</p> <p>ข. ทนต่อการเปลี่ยนแปลงโดยสารเคมีมากกว่าแป้ง ค. จะสลายตัวได้โดยกรดอย่างแรง ง. จัดเป็นคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยง่าย</p> <p>11. ข้อใดเป็นน้ำตาล Disaccharide</p> <p>ก. Fructose ข. Sucrose ค. Glucose ง. Galactose</p> <p>12. ข้อใดเป็นน้ำตาล Trisaccharide</p> <p>ก. Sucrose ข. raffinose ค. Lactose ง. Glucose</p>
--	---

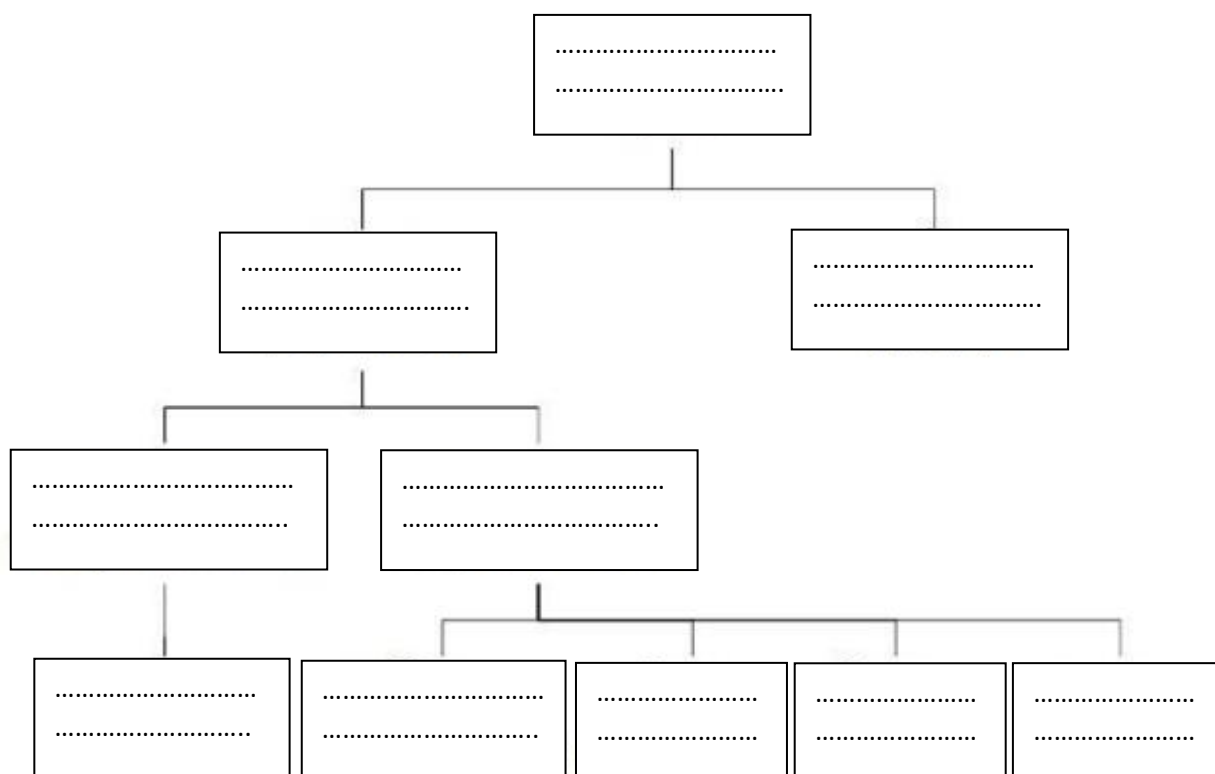
<p>13. ไขมันแตกต่างจากคาร์โบไฮเดรต คือ</p> <p>ก. มี HC น้อยกว่าคาร์โบไฮเดรต ข. มี H=C</p> <p>ค. มี H:C=5:1 ง. มี H มากกว่า O น้อยกว่าคาร์โบไฮเดรต</p> <p>14. ไขมันมีพลังงานมากกว่าคาร์โบไฮเดรต</p> <p>ก. 1.25 เท่า ข. 2.25 เท่า</p> <p>ค. 3.25 เท่า ง. 4.25 เท่า</p> <p>15. ข้อใดไม่ใช่กรดไขมันที่จำเป็น</p> <p>ก. กรดลิโนเลอิก ข. กรดลิโนเลนิก</p> <p>ค. กรดอะซีติก แอซิด ง. กรดอะราชิโดนิก</p> <p>16. ข้อใดเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัว</p> <p>ก. Butyric acid ข. Oleic acid</p> <p>ค. Palmitic acid ง. Stearic acid</p> <p>17. ข้อใดไม่ใช่คุณสมบัติกรดไขมันไม่อิ่มตัว</p> <p>ก. ถูกทำลายและเหม็นหืนง่าย</p> <p>ข. จำนวนคาร์บอนน้อยกว่า</p> <p>ค. ที่อุณหภูมิห้องเหลวกว่า</p> <p>ง. จุดหลอมเหลวสูงกว่า</p> <p>18. ข้อใดไม่เป็นไขมันที่มีห่วงโซ่สั้นหรือคุณสมบัติของไขมันที่มีห่วงโซ่สั้น</p> <p>ก. ได้แก่ น้ำมันมะพร้าว น้ำมันถั่วเหลือง</p> <p>ข. เหมาะที่จะใช้เป็นอาหารสัตว์</p> <p>ค. ช่วยสร้างน้ำนม</p> <p>ง. ที่อุณหภูมิห้องเป็นของแข็ง</p> <p>19. ลักษณะเด่นของสูตรโครงสร้างของไขมันอิ่มตัวคือ</p> <p>ก. ยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะเดี่ยว</p> <p>ข. แต่ละ C จะมี H2 อะตอม มาเกาะอยู่ตลอดเวลา</p> <p>ค. แร่ธาตุในบรรยากาศที่มีออกซิเจนอยู่ด้วย มีผลต่อการเปลี่ยนแปลง</p> <p>ง. หินยาก</p>	<p>20. ลักษณะเด่นของสูตรโครงสร้างของไขมันไม่อิ่มตัวคือ</p> <p>ก. ยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะคู่หรือมากกว่า</p> <p>ข. กรดไขมันอยู่ในสภาพ free radical ตรงตำแหน่งของพันธะคู่</p> <p>ค. แร่ธาตุในบรรยากาศที่มีออกซิเจนอยู่ด้วย มีผลต่อการเปลี่ยนแปลง</p> <p>ง. หินยาก</p> <p>21. ข้อใดไม่ใช่คุณสมบัติของกรดไขมันอิ่มตัว</p> <p>ก. ไม่ถูกทำลายโดยอากาศและโลหะ</p> <p>ข. มีน้ำหนักโมเลกุลน้อยกว่า</p> <p>ค. ที่อุณหภูมิห้องจะแข็งกว่า</p> <p>ง. จุดหลอมเหลวสูงกว่า</p> <p>22. ข้อใดไม่ใช่คุณสมบัติของไขมัน</p> <p>ก. ไขมันส่วนที่เป็นโครงสร้าง พบในส่วนของเซลล์และเนื้อเยื่อ</p> <p>ข. ไขมันที่สะสมไว้ส่วนนี้จะเป็นแหล่งสะสมพลังงานส่วนใหญ่ของร่างกาย</p> <p>ค. ไขมันช่วยในการดูดซึมวิตามินที่ละลายในไขมันซึ่งได้แก่ วิตามินเอ ดี อี และ เค</p> <p>ง. ไม่ละลายในน้ำ แต่ละลายได้ดีในกรดเกลือ</p> <p>23. ข้อใดไม่ใช่คุณสมบัติของ Protein</p> <p>ก. มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบประมาณ 16 เปอร์เซ็นต์</p> <p>ข. โปรตีนประกอบขึ้นด้วยกรดอะมิโนหลายชนิด เกาะเกี่ยวกันด้วยพันธะเพปไทด์</p> <p>ค. เออะมิโนกรุป (-NH₂) ของกรดอะมิโนตัวหนึ่งมาต่อกับ carboxyl group (-COOH) ของอีกตัวหนึ่ง</p> <p>ง. ขบวนการข้างต้นจะสูญเสียน้ำไป 2 โมเลกุลต่อการเกิด 1 peptide bond</p>
--	--

<p>24. ข้อใดเป็นกรดอะมิโนที่จำเป็น...</p> <p>ก. ลูซีน (leucine) ข. อะลานีน (Alanine)- ค. ไทโรซีน (Tyrosine)- ง. ซีรีน (Serine)-</p> <p>25. หน่วยที่เล็กที่สุดของโปรตีน คือ</p> <p>ก. กรดไขมัน ข. กลูโคส ค. กลิเซอรอล ง. กรดอะมิโน</p> <p>26. Essential amino acid หมายถึง กรดอะมิโนที่</p> <p>ก. สัตว์สร้างขึ้นเองได้ไม่ต้องเพิ่มในอาหาร ข. สัตว์สร้างขึ้นเองได้แต่ใช้ไม่ได้ ค. สัตว์สร้างขึ้นเองไม่ได้ต้องเพิ่มเติมในอาหาร ง. สัตว์สร้างขึ้นเองได้ใช้ไม่ได้</p> <p>27. ข้อใดเป็นหน้าที่ของโปรตีน</p> <p>ก. เป็นแหล่งพลังงาน ข. เป็นส่วนประกอบของภูมิคุ้มกันโรค ค. ขนส่งโภชน ง. กันการกระทบกระเทือน</p> <p>28. สัตว์ปีก ต้องการกรดอะมิโนเพิ่มเติมอีกสองชนิด คือ</p> <p>ก. ไกลซีน (glycine) และกลูตามิก (glutamic acid) ข. อะลานีน (Alanine) ไทโรซีน (Tyrosine) ค. กลูตามีน (Glutamine) ซีรีน (Serine)- ง. กรดแอสปาดิก (Aspartic acid) แอสพาราจีน (Asparagine)</p> <p>29. Macro element ได้แก่</p> <p>ก. Ca P ข. Cu Zn ค. Mo Co ง. As Se</p> <p>30. แร่ธาตุเหล่านี้จัดเป็น toxic element</p> <p>ก. Zn ข. Cu ค. Na ง. Mo</p>	<p>31. โรคเหน็บชาเกิดจากการขาด</p> <p>ก. Ca P ข. B รวม ค. วิตามิน A และ D ง. Manganese</p> <p>32. สัตว์ที่ใช้ประโยชน์จาก เซลลูโลส ได้ดีที่สุดคือ</p> <p>ก. กระจ่าง ข. สุกร ค. ไก่ ง. เป็ด</p> <p>33. แร่ธาตุต่อไปนี้ถ้าขาดทำให้เกิดโรคโลหิตจาง</p> <p>ก. Fe ข. Ca ค. Cl ง. Co</p> <p>34. วิตามินข้อใดละลายได้ในน้ำ</p> <p>ก. วิตามิน เอ ข. วิตามิน อี ค. วิตามิน บี ง. วิตามิน ดี</p> <p>35. วิตามินข้อใดมีหน้าที่เกี่ยวกับการสร้างกระดูก</p> <p>ก. วิตามิน เอ และ บี ข. วิตามิน เอ และ ดี ค. วิตามิน ซี และ อี ง. วิตามิน ดี และ เค</p> <p>36. การขาดวิตามิน เอ ทำให้เกิดโรค</p> <p>ก. Night blindness ข. Encephalomalacia ค. Beri-beri ง. Parakeratosis</p> <p>37. การขาดธาตุสังกะสีทำให้เกิดโรคอะไรในสุกร</p> <p>ก. Night blindness ข. Encephalomalacia ค. Beri-beri ง. Parakeratosis</p> <p>38. การขาดวิตามิน อี ทำให้เกิดอะไร</p> <p>ก. เป็นหมัน ข. เลือดออกตามไรฟัน ค. เลือดไม่แข็งตัว ง. เปลือกไข่บาง</p> <p>39. การขาดวิตามิน เค ทำให้เกิดอะไร</p> <p>ก. เป็นหมัน ข. ลักปิดลักเปิด ค. เลือดไม่แข็งตัว ง. กระดูกไม่แข็งแรง</p>
---	--

<p>40. การขาดวิตามิน ซี ทำให้เกิดอะไร</p> <p>ก. เป็นหมัน ข. เลือดออกตามไรฟัน</p> <p>ค. เลือดไม่แข็งตัว ง. เปลือกไข่บาง</p> <p>41. โรคกล้ามเนื้อลีบ (Muscular dystrophy) เกิดจากการขาด</p> <p>ก. วิตามิน เอ ข. วิตามิน อี</p> <p>ค. วิตามิน บี ง. วิตามิน ดี</p> <p>42. ผลผลิตขั้นสุดท้ายที่ได้จากการย่อยคาร์โบไฮเดรตพบได้ในเลือด คือ</p> <p>Glucose ข. Mannose</p> <p>Lactose ค. Cellobiose</p> <p>43. สารที่เป็น Natural Antioxidant คือ</p> <p>ก. วิตามิน A ข. วิตามิน E</p> <p>ค. Fe ง. Cu</p> <p>44. วิตามินที่ละลายในน้ำมันได้แก่คือ</p> <p>ก. วิตามิน A ข. วิตามิน B1</p> <p>ค. วิตามิน B12 ง. วิตามิน C</p> <p>45. สุนัขขี้ไหลเพราะ</p> <p>ก. รับCaCl มากไป ข. รับCaPO₄ มากไป</p> <p>ค. รับNaCl มากไป ง. รับCuSO₄ มากไป</p> <p>46. ไขมันในซากสุนัขขี้ไหลเพราะ</p> <p>ก. รับCaCl มากไป ข. รับCaPO₄ มากไป</p> <p>ค. ใช้ไขมันอิ่มตัวมากไป ง. ใช้NaCl มากไป</p> <p>47. แร่ธาตุต่อไปนี้ถ้าขาดทำให้เกิดโรคขี้ไหลในลูกสุนัข</p> <p>ก. Cu ข. Ca</p> <p>ค. Cl ง. Co</p> <p>48. สารพิษ Aflatoxin ทำให้สุนัขแสดงอาการ</p> <p>โตช้า สุนัขท้องอาจแท้งลูก</p> <p>ก. โตช้า ข. ก้นทะลัก</p> <p>ค. ขี้ไหล ง. ไขมันซากแข็ง</p>	<p>49. สุนัขได้รับปลาปนเน่ามากไปทำให้</p> <p>ก. โตช้า ข. ก้นทะลัก</p> <p>ค. ขี้ไหล ง. ไขมันซากแข็ง</p> <p>50. การขาดน้ำทำให้สุนัขมีอาการ</p> <p>ก. ซีด ข. ก้นทะลัก</p> <p>ค. ขี้ไหล ง. ไขมันซากแข็ง</p>
--	---

แบบฝึกหัดบทที่ 2

แสดงแผนภูมิการแบ่งส่วนประกอบของอาหารสัตว์ ตามไดอะแกรมที่กำหนดให้



บทที่ 3

วัตถุดิบอาหารสัตว์

เนื่องจากต้นทุนการเลี้ยงสัตว์ส่วนใหญ่จะเป็นค่าอาหารสัตว์ เช่น ค่าใช้จ่ายในการเลี้ยงสุกรจะเป็นค่าอาหารถึง 80 เปอร์เซ็นต์ การเลี้ยงโคนมและการเลี้ยงไก่จะเป็นค่าอาหารประมาณ 50-60 เปอร์เซ็นต์ ฉะนั้นการศึกษาเพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจในองค์ประกอบของวัตถุดิบของอาหารสัตว์แต่ละชนิดก่อนการเลี้ยงสัตว์จึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง

3.1 การแบ่งประเภทอาหารสัตว์

อาหารสัตว์ถ้าแบ่งตามปริมาณเชื้อใยและปริมาณขอดี โภชนย่อยได้ทั้งหมดแล้วสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

- ก) **อาหารข้น (Concentrate)** เป็นอาหารที่มีความเข้มข้นของ โภชนสูงและมีระดับเชื้อใยต่ำกว่า 18 เปอร์เซ็นต์ แต่มีโภชนย่อยได้ทั้งหมด (TDN) สูง อาหารประเภทนี้ได้แก่เมล็ดธัญพืชต่าง ๆ
- ข) **อาหารหยาบ (Roughage)** เป็นอาหารที่มีโภชนย่อยได้ทั้งหมดต่ำ และมีปริมาณเชื้อใยสูงกว่า 18 เปอร์เซ็นต์ อาหารประเภทนี้ได้แก่ หญ้าสด หญ้าแห้ง ถั่ว ฟางข้าว เป็นต้น ในที่นี้การศึกษาเรื่องวัตถุดิบอาหารจะเน้นไปทางอาหารหยาบเป็นหลัก

3.2 วัตถุดิบอาหารข้นและสารเสริมในอาหารสัตว์

วัตถุดิบอาหารสัตว์เป็นแหล่งให้สารอาหารหรือ โภชนทั้ง 6 ประเภท โดยวัตถุดิบอาหารแต่ละชนิดจะมีปริมาณสารอาหารชนิดต่าง ๆ แตกต่างกันไป หากแบ่งวัตถุดิบอาหารตามปริมาณสารอาหารที่มีอยู่ อาจแบ่งออกได้เป็น 4 ประเภท คือ 1. แหล่งพลังงาน 2. แหล่งโปรตีน 3. แหล่งวิตามิน และแร่ธาตุ 4. แหล่งสารเสริมอาหาร

3.2.1 แหล่งพลังงาน วัตถุดิบประเภทนี้แบ่งย่อยได้ 2 ประเภท คือ แหล่งพลังงานประเภทแป้งหรือน้ำตาล และแหล่งพลังงานประเภทเข้มข้น

3.2.1.1 แหล่งพลังงานประเภทแป้งหรือน้ำตาล

วัตถุดิบประเภทนี้จะใช้ปริมาณมากที่สุดในสูตรอาหารถึง 70-80 เปอร์เซ็นต์ โดยมีระดับโปรตีนค่อนข้างต่ำกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใยต่ำ (ต่ำกว่า 18 เปอร์เซ็นต์) มีพลังงานสูง ส่วนใหญ่เป็นเมล็ดธัญพืชและพืชหัว ได้แก่

ก. ข้าวโพด (corn)

ข้าวโพดเป็นวัตถุดิบที่เหมาะสมแก่การเลี้ยงสุกรทั้งนี้เพราะข้าวโพดมีปริมาณมาก และราคาถูก มีคาร์โบไฮเดรตถึง 68 เปอร์เซ็นต์ มีโปรตีน 8 เปอร์เซ็นต์ และเป็นโปรตีนคุณภาพต่ำเพราะขาดกรดอะมิโนไลซีน และทริปโตเฟน แต่ปัจจุบันนี้มีข้าวโพดพันธุ์โอเพก 2 (Opaque-2) ซึ่งมีไลซีนและทริปโตเฟนสูงกว่าข้าวโพดธรรมดาเกือบ 2 เท่า นอกจากนี้ข้าวโพดจะพบปัญหาเรื่องเชื้อราแอสเพอซิลลัสฟลาวัส (*Aspergillus flavus*) ซึ่งสร้างสารพิษอะฟลาท็อกซิน (Aflatoxin) ซึ่งจะทำให้สุกรมีอัตราการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารลดลง สุกรอาจแท้งลูก ข้าวโพดที่จะใช้เลี้ยงสุกรต้องสะอาดปราศจากสิ่งแปลกปลอม หรือเชื้อรา และต้องนำมาบดให้ละเอียดก่อนใช้เลี้ยงสัตว์ ข้าวโพดถือว่ามีคุณค่าทางพลังงานเป็นมาตรฐานคือ 100 เนื่องจากมีคาร์โบไฮเดรตสูงและระดับเยื่อใยต่ำ (ภาพที่ 3.1)



ภาพที่ 3.1 แสดงข้าวโพดป่น

ที่มา: สำนักพัฒนาอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ (2555)

ข. ผลพลอยได้จากข้าวโพด (corn by product)

ผลพลอยได้จากการปลูกข้าวโพดประกอบด้วยเมล็ดข้าวโพดบดปนกับซัง (corn and cob meal) ซึ่งมีสัดส่วนซังประมาณ 20-25 เปอร์เซ็นต์และเมล็ด 70-75 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก เหมาะสำหรับนำไปเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้อง โดยทั่วไปไม่นำไปเลี้ยงสุกรและสัตว์ปีก มีโปรตีน

ประมาณ 7–8 เปอร์เซ็นต์ และการย่อยได้ทั้งหมดของโภชน 73–75 เปอร์เซ็นต์ ส่วนผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับข้าวโพด ได้แก่ รำข้าวโพด (corn bran) ซึ่งเป็นส่วนเยื่อหุ้มของเมล็ดข้าวโพด มีโปรตีนประมาณ 12–16 เปอร์เซ็นต์ และเยื่อใย 10–12 เปอร์เซ็นต์ ถ้านำเมล็ดข้าวโพดไปสกัดเอาน้ำมันออกเหลือส่วนที่เรียกว่า คอร์นเยอรมมีล (corn germ meal) เป็นส่วนของจมูกข้าวโพด มีโปรตีนประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ ส่วนกากข้าวโพดเป็นเศษของข้าวโพด ที่เหลือประกอบด้วยชัง จมูกข้าวโพดและแป้งส่วนที่เหลือโดยทั่วไปมีน้ำมันน้อยกว่า 4 เปอร์เซ็นต์ และโปรตีนประมาณ 10–11 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังมีผลพลอยได้ที่เหลือจากการนำข้าวโพดไปทำแป้งและทำน้ำตาลหรือไซรัป ได้แก่ คอร์นกลูเตนมีล (corn gluten meal) มีโปรตีนประมาณ 40–60 เปอร์เซ็นต์ ได้จากการนำข้าวโพดไปสกัดเอาแป้ง เยอรม์ (germ) และรำที่หุ้มออกแต่ถ้ายังคงมีส่วนรำที่หุ้มเมล็ดปนอยู่ เรียกว่า คอร์นกลูเตนฟีด (corn gluten feed) มีโปรตีนประมาณ 20–25 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 3.2 ชังข้าวโพดป่น

ที่มา: สำนักพัฒนาอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ (2555)

ค. ปลายข้าว (broken rice)

ปลายข้าวเป็นวัตถุดิบที่สามารถใช้เป็นอาหารได้เลยไม่ต้องนำมาบดให้ละเอียดก่อน มีคุณค่าทางอาหารใกล้เคียงกับข้าวโพด คือมีโปรตีนประมาณ 8 เปอร์เซ็นต์ ย่อยง่าย เก็บไว้ได้นาน ปลายข้าวเหนียวมีคุณค่าทางอาหารใกล้เคียงกับข้าวเจ้า แต่ปลายข้าวเหนียวอาจทำให้ท้องผูกได้ ปลายข้าวนี้จะย่อยได้ง่ายกว่าปลายข้าวธรรมดา (ภาพที่ 3.3)



ภาพที่ 3.3 แสดงปลายข้าว

ที่มา: สำนักพัฒนาอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ (2555)

ง. ข้าวลະเอียด (rice polish) รำหยาบ (rice bran)

รำข้าวเป็นผลพลอยได้จากโรงสีเช่นเดียวกับปลายข้าว รำมีโปรตีนประมาณ 11-13 เปอร์เซ็นต์ รำลະเอียดจะมีวิตามิน บี 1 มากกว่ารำหยาบ รำสกัดน้ำมัน (rice polish, solvent extracted) จะมีโปรตีนประมาณ 14 เปอร์เซ็นต์ รำข้าวมีเยื่อใยสูง ฟาม ไขมันสูง หินง่าย รำข้าวนาปรังมีความชื้นสูง และมีขม่าแมลงปะปนมาก รำสกัดน้ำมันแล้ว มีไขมันน้อย เก็บได้นาน ขม่าแมลงลดปริมาณลง แต่ระดับพลังงานอาจจะต่ำ (ภาพที่ 3.4)



ภาพที่ 3.3 แสดงรำลະเอียด

ที่มา: สำนักพัฒนาอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ (2555)

จ. ข้าวเปลือกบด (paddy – rice)

ข้าวเปลือกมีโปรตีนประมาณ 8–9 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใย 9–10 เปอร์เซ็นต์ ข้าวเปลือกมักจะมี แกลบปนประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ ทำให้มีกากหรือเยื่อใยสูง และมีสารซิลิกา (silica) ทำให้ส่วนที่จะให้ พลังงานลดลง ไม่ควรใช้เป็นอาหารของสัตว์ที่มีอายุน้อย เช่น ลูกไก่หรือลูกสุกร ข้าวเปลือกเมื่อบดแล้วมี ลักษณะเป็นฝุ่น อาจเกิดการระคายเคืองทำให้กินอาหารได้น้อยลงและอาจมียาฆ่าแมลงปนติดมากับเปลือก



ภาพที่ 3.4 ข้าวเปลือกบด

ที่มา: สำนักพัฒนาอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ (2555)

ฉ. ข้าวฟ่าง (sorghum)

ข้าวฟ่างมีโปรตีน 11 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าข้าวโพด แต่เป็นโปรตีนคุณภาพต่ำไม่เป็น ประโยชน์ต่อสัตว์กระเพาะเดี่ยวนัก ในข้าวฟ่างมีสารแทนนิน (tannin) ทำให้รสขมและทำให้ประสิทธิภาพ การเจริญเติบโตลดลง ข้าวฟ่างเมล็ดขาวและเมล็ดเหลืองจะมีปริมาณสารแทนนินน้อยกว่าข้าวฟ่างเมล็ดแดง ข้าวฟ่างอ่อนมีแทนนินมากกว่าข้าวฟ่างแก่ (ภาพที่ 3.4)



ภาพที่ 3.5 แสดงข้าวฟ่างป่นหยาบ

ที่มา: คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มทร.ล้านนา (2556)

ข. มันสำปะหลัง (cassava)

มันสำปะหลังมีคุณค่าทางอาหารต่ำ มีโปรตีน 1.5-2 เปอร์เซ็นต์ มันสำปะหลังสดมีสารพิษกรดไฮโดรไซยานิก (hydrocyanic acid) (หรือ prussic acid) สูง จึงไม่ควรใช้มันสำปะหลังสดเลี้ยงสัตว์ เพราะสารนี้จะไปรวมกับเม็ดเลือดแดง เม็ดเลือดแดงไม่สามารถนำออกซิเจนไปใช้ได้ ทำให้สัตว์ตายได้ การนำมันสำปะหลังไปหั่นเป็นแว่น หรือบดตากแดด (เรียกว่ามันเส้น) 3-5 แดด หรือนำไปหมักสามารถลดระดับสารพิษได้ (ภาพที่ 3.6)



ภาพที่ 3.6 มันสำปะหลัง

ที่มา: สำนักพัฒนาอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ (2555)

ณ. มันเทศ (sweet potato)

มันเทศสดจะมีน้ำประมาณ 60–70 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนในสภาพแห้งประมาณ 1–2 เปอร์เซ็นต์ ใช้เลี้ยงสัตว์ได้ ถ้ามีราคาต่ำหรือปลูกใช้เอง แต่เก็บไว้ไม่ได้นานเพราะแมลงกัดกินง่ายเมื่อทำให้แห้งจะให้พลังงานสูง การใช้ไม่ควรเกินในอัตรามันเทศต่อเมล็ดธัญพืช 1:1 หรือ 20–25 เปอร์เซ็นต์ การทำมันเทศให้แห้งไม่คุ้มค่าและใช้ประโยชน์ได้เพียง 1 ใน 3 ของข้าวโพด



ภาพที่ 3.7 แสดงมันสำปะหลัง (มันเส้น)

ที่มา: สำนักพัฒนาอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ (2555)

ณ. ผลพลอยได้จากผลิตภัณฑ์อาหารแป้ง (flour by product)

ผลพลอยได้จากผลิตภัณฑ์อาหารแป้ง เป็นผลพลอยได้จากโรงงานที่ทำอาหารและขนมจากแป้ง เช่น จากการทำขนมปัง (bakery by product) หรือโรงงานทำเส้นหมี่ (noodle by product) สามารถนำมาใช้เลี้ยงสัตว์ได้ โดยทั่วไปคุณภาพใกล้เคียงกับข้าวโพด แต่มักมีไขมันสูง (12–16 เปอร์เซ็นต์) และอาจมีเกลือมาก ดังนั้นในการใช้ไม่ควรเกิน 20 เปอร์เซ็นต์ ของอาหารทั้งหมด

3.2.1.2 แหล่งพลังงานประเภทเข้มข้น

ก. ไขมัน (fat, oil)

ไขมันใช้ผสมในอาหารสัตว์เพื่อยกระดับพลังงาน เป็นวัตถุดิบอาหารที่จำเป็นสำหรับสุกร มีพลังงานสูงกว่าแป้ง 2.5 เท่า ช่วยลดการเป็นฝุ่นในอาหาร ทำให้อาหารอัดเม็ดง่าย เพิ่มความน่ากิน เพิ่มปริมาณกรดไขมันที่จำเป็น แต่มีปัญหาคือทำให้อาหารหืนง่าย และถ้าสุกรได้รับเกิน 5-7 เปอร์เซ็นต์ ของ

สูตรอาหารอาจทำให้ลักษณะไขมันของซากมีปัญหา เช่น เกิดไขมันมีลักษณะแข็ง ถ้าอาหารมีไขมันวัว น้ำมันหมู น้ำมันมะพร้าว น้ำมันปาล์ม มาก ไขมันมีลักษณะเหลว ถ้ามีน้ำมันรำข้าว น้ำมันข้าวโพด น้ำมันถั่วชนิดต่าง ๆ มาก



ภาพที่ 3.6 แสดงตะกอนน้ำมันปาล์ม (palm-sludge-oil)

ที่มา: ไทย อาลีบาบา ดอท คอม (2556)



ภาพที่ 3.7 ไขมันวัวเจียว

ที่มา: เมเนเจอร์ คอทชี โอคคอท ทีเฮช (2553)

ข. น้ำตาลทราย (sugar cane)

น้ำตาลทรายเป็นวัตถุดิบที่ให้พลังงานแต่เพียงอย่างเดียว มีพลังงานใกล้เคียงกับข้าวโพดและปลายข้าว และเพิ่มความน่ากินในอาหาร มักใช้ในอาหารลูกสุกรหย่านม



ภาพที่ 3.8 น้ำตาลทราย

ค. กากน้ำตาล (molasses)

กากน้ำตาลเป็นผลพลอยได้จากการผลิตน้ำตาลจากอ้อย มีสีน้ำตาลปนดำ มีโปรตีน 4 เปอร์เซ็นต์ มีพลังงานใช้ประโยชน์ได้ในสุกรเพียง 2,100 กิโลแคลอรี/กก. ซึ่งต่ำกว่าปลายข้าวและข้าวโพด จึงไม่เหมาะที่จะใช้เป็นแหล่งพลังงาน การใช้ในอาหารจึงเพื่อเพิ่มความน่ากินในกรณีที่สูตรอาหารประกอบด้วยวัตถุดิบที่มีความน่ากินต่ำอยู่สูง และลดการเป็นฝุ่น ทำให้อัดเม็ดได้ง่าย แต่อาหารจะเก็บไว้ได้ไม่นานเพราะจะเกิดเชื้อราและเหม็นเปรี้ยว ในอาหารสุกรสามารถใช้ได้ 5-7 เปอร์เซ็นต์ ของสูตรอาหาร



ภาพที่ 3.8 แสดงกากน้ำตาล

ที่มา: บริษัทน้ำตาลไทยกาญจนบุรี จำกัด (2552)

3.3 แหล่งโปรตีน

เป็นวัตถุดิบอาหารที่ใช้น้อยในสูตรอาหาร (20-30 เปอร์เซ็นต์) มีระดับโปรตีนสูงกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ อีกทั้งยังเป็นโปรตีนคุณภาพดี มีเยื่อใยต่ำ (ต่ำกว่า 18 เปอร์เซ็นต์) สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทตามแหล่งกำเนิด คือ โปรตีนจากสัตว์ และ โปรตีนจากพืช

3.3.1 แหล่งโปรตีนจากสัตว์

วัตถุดิบโปรตีนจากสัตว์เป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมเช่น ปลาป่น เนื้อป่น เนื้อและกระดูกป่น ขนไก่ป่น นมและผลิตภัณฑ์ วัตถุดิบโปรตีนจากสัตว์มีคุณภาพสูง เพราะมีกรดอะมิโนที่จำเป็นปริมาณมาก และสมดุลกว่าแหล่งโปรตีนจากพืช

ก. ปลาป่น (fish meal)

ปลาป่นมีโปรตีนสูงประมาณ 50-60 เปอร์เซ็นต์ มีกรดอะมิโนไลซีน และเมทไธโอนีนสูง มีแร่ธาตุแคลเซียมและฟอสฟอรัสสูง มีราคาแพง จึงมักถูกปลอมปนด้วยทรายละเอียด ยูเรีย ขนไก่ป่น และมักมีปัญหาเรื่องความเค็ม ซึ่งสามารถทำให้สุกรจี้ไหลได้ ปลาป่นที่ทำจากปลาเน่าก็จะทำให้สุกรท้องร่วงเช่นเดียวกัน การใช้ปลาป่นในสุกรเกิน 10-15 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้สุกรกินอาหารลดลง เนื้อสุกรจะมีกลิ่นคาวปลา



ภาพที่ 3.9 แสดงปลาป่น

ที่มา: เจเอ็ฟเค อาหารสัตว์ (2555)

ข. เนื้อป่น เนื้อและกระดูกป่น (meat meal , meat and bone meal)

เนื้อป่น เนื้อและกระดูกป่น ได้จากเศษเนื้อ ขน เอ็น ฟังผืด เลือดและเครื่องในสัตว์ มีโปรตีนประมาณ 45-50 เปอร์เซ็นต์ มีแคลเซียมและฟอสฟอรัสอยู่สูง จึงควรใช้ในอาหารสุกรไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 3.10 แสดงเนื้อและกระดูกป่นซึ่งจะมีทั้งป่นและไม่ป่นเครื่องใน

ที่มา: Hi wtc.com (n.d.)

ค. ผลพลอยได้จากผลิตภัณฑ์นม (milk by product)

ผลพลอยได้จากการทำผลิตภัณฑ์นม ที่นิยมนำมาเลี้ยงสัตว์ ได้แก่ หางนมผง (dried skim milk) และหางเนย (dried whey) หางนมผงย่อยได้เกือบ 100 เปอร์เซ็นต์ มีความสมดุลของกรดอะมิโน วิตามินและแร่ธาตุที่ใกล้เคียงกับความต้องการของสัตว์ มีไขมันต่ำหรือแทบไม่มีไขมัน และวิตามินที่ละลายในไขมัน มีโปรตีนประมาณ 33 เปอร์เซ็นต์ เป็นอาหารโปรตีนมีคุณภาพดี มีความน่ากินสูง อุดมไปด้วยแร่ธาตุและวิตามินที่สัตว์ต้องการ แต่มีราคาแพงมาก ควรใช้เฉพาะกับลูกสัตว์ก่อนหย่านม หรือกรณีแม่สัตว์ให้นมเลี้ยงลูกไม่พอ ส่วนหางเนยประกอบด้วยโปรตีนประมาณ 13 เปอร์เซ็นต์ เป็นส่วนของนมที่สกัดเอาไขมันและเคซีน (casein) ออก เพื่อนำไปใช้ในอุตสาหกรรมการทำเนยแข็ง มีน้ำตาลแลคโตสประมาณ 65-70 เปอร์เซ็นต์ ใช้เลี้ยงลูกสุกรอ่อน ไม่เกิน 25 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากมีราคาแพง และต้องสั่งจากต่างประเทศ



ภาพที่ 3.11 ผลพลอยได้จากผลิตภัณฑ์นม

ง. ขนไก่ป่น (feather meal)

ขนไก่ป่นมีโปรตีนสูงประมาณ 85-87 เปอร์เซ็นต์ แต่สัตว์ไม่สามารถย่อยได้ง่าย ๆ เนื่องจากเป็นโปรตีนประเภทเคอราติน (keratin) ฉะนั้นก่อนนำไปใช้จำเป็นต้องนำไปผ่านขบวนการย่อยสลายโปรตีนก่อน โดยการนึ่งที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง 30 นาที หรือต้มด้วยสารละลายโซเดียมซัลไฟด์และแอลกอฮอล์ ซึ่งสามารถเพิ่มค่าความย่อยได้ในสัตว์ได้ถึง 75 เปอร์เซ็นต์ ปัจจุบันกฎหมายควบคุมให้ใช้ขนไก่ผ่านกรรมวิธีเหล่านี้แล้วเท่านั้นในการใช้ประกอบอาหารสัตว์ เนื่องจากคุณภาพโปรตีนต่ำและกรดอะมิโนที่สำคัญหลายตัวน้อยจึงแนะนำให้ใช้ไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหาร



ภาพที่ 3.11 แสดงขนไก่ป่น

ที่มา: Agriculturesource.com (n.d.)

จ. แกลบกุ้ง (shrimp meal)

แกลบกุ้งประกอบด้วยหัวกุ้งและเปลือกกุ้งเป็นส่วนใหญ่ มีโปรตีนในช่วง 30-50 เปอร์เซ็นต์ มีโปรตีนคุณภาพต่ำ มีเกลือสูง และมีธาตุแคลเซียมสูงเกินไปและมีธาตุฟอสฟอรัสที่ใช้ประโยชน์ได้ต่ำ ถ้าใช้ในปริมาณมากในสุกรอาจทำให้สุกรไม่สามารถใช้ประโยชน์จากแคลเซียมและฟอสฟอรัส ทำให้แสดงอาการขาดแคลเซียมและฟอสฟอรัส มีอาการขี้เรื้อน (parakeratosis) ได้ ฉะนั้นไม่ควรใช้เกิน 10 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหาร



ภาพที่ 3.12 แสดงแกลบกุ้ง และแกลบกุ้งบด

ฉ. เลือดป่น (blood meal)

เลือดป่นได้จากการเอาเลือดซึ่งเป็นเศษเหลืออีกชนิดหนึ่งจากโรงฆ่าสัตว์ มานึ่งจากนั้นจึงอบให้แห้ง แล้วป่นละเอียดพร้อมจะใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ มีโปรตีนประมาณ 85-90 เปอร์เซ็นต์แต่เป็นโปรตีนไม่มีคุณภาพ มีไลซีนและทริปโตเฟนสูง แต่มีเมทไธโอนีนและไอโซลูซีนต่ำมาก จึงแนะนำให้ใช้ในสูตรอาหารสุกรและสัตว์ปีกเพียง 5 เปอร์เซ็นต์ ของสูตรอาหาร การใช้เลือดป่นในสัตว์ระดับสูงเกินไปยังทำให้สัตว์ท้องเสียได้



ภาพที่ 3.13 แสดงเลือดป่น

ที่มา: ไทย อาลีบาบาตอคอม (2556)

ข. ไข่ตายและเศษเหลือทิ้งจากห้องฟักไข่ (hatchery waste)

ไข่ที่ตายด้วยสภาวะเครียด เช่น อากาศร้อนหรือเหยียบย่ำกัน สามารถนำมาใช้ได้ โดยนำมาล้างแล้วบด ผึ่งแดดให้แห้งแต่ต้องใช้โดยเร็วเพราะมีไขมันมากเหม็นหืนง่าย ส่วนไข่ฟัก ที่ตายโคม และไข่ที่ฟักไม่ออก นำมาตากแห้งหรือทำให้สุกสามารถใช้เป็นอาหารสัตว์ได้แต่ถ้าไข่ขาวไม่สุกเมื่อสัตว์กินเข้าไปจะทำให้สัตว์มีอาการขาดวิตามินไบโอติน คือ ฟันกึบหรือฝ่าเท้าแตก เพราะมีสารอะวิดิน (avidin) ในไข่ขาวจับตัวกับไบโอตินทำให้การดูดซึมไบโอตินไปใช้ประโยชน์ได้น้อย



ภาพที่ 3.14 เศษเหลือทิ้งจากห้องฟักไข่

ข. มูลสัตว์ (manure)

มูลสัตว์มีส่วนของอาหารที่เหลือจากการย่อย เศษน้ำย่อยหรือเอนไซม์ และส่วนของเซลล์ที่หลุดออกจากทางเดินอาหาร การนำไปใช้ควรทำให้แห้งหรือนำไปหมักรวมกับอาหารอื่นเสียก่อน

เพราะอาจมีเชื้อโรคบางอย่างปะปน เช่น พวกชาโมเนลลา (*Samonella spp.*) หรือมียาปฏิชีวนะตกค้างปนอยู่ ส่วนประกอบทางโภชนาการค่อนข้างแตกต่างกันขึ้นกับชนิดของอาหารที่กิน เช่น โปรตีนในมูลสุกรแห้งประมาณ 19.5 เปอร์เซ็นต์ ในมูลไก่แห้ง ประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ โดยทั่วไปใช้ผสมอาหารในอัตรา 5–10 เปอร์เซ็นต์ สำหรับสุกรหรือสัตว์ปีก และใช้ได้ 20–30 เปอร์เซ็นต์ สำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง จากการศึกษาพบว่า การใช้มูลนกกระทาเนื้อผ่านการทำแห้งโดยวิธีตากแดด วิธีนึ่งแล้วตาก และวิธีคั่ว ใช้ผสมอาหารเลี้ยงไก่กระต๊อบหลังได้ 10 เปอร์เซ็นต์ โดยมีต้นทุนต่ำกว่าการใช้อาหารสำเร็จรูป

3.2.2 แหล่งโปรตีนจากพืช

ส่วนใหญ่เป็นผลพลอยได้จากเมล็ดพืชน้ำมัน เช่น ถั่วเหลือง ถั่วลิสง ทานตะวัน ซึ่งสามารถผลิตได้ในประเทศเป็นส่วนใหญ่ ยกเว้นถั่วเหลืองที่ยังต้องนำเข้าจากต่างประเทศเป็นส่วนใหญ่ เพราะความต้องการใช้ภายในประเทศมีมาก

ก. ถั่วเหลืองและกากถั่วเหลือง (soybean , soybean meal)

ถั่วเหลืองและกากถั่วเหลือง เป็นวัตถุดิบที่สำคัญในอาหารสัตว์ ถั่วเหลืองทั้งเมล็ดมีโปรตีนประมาณ 38 เปอร์เซ็นต์ แต่เมล็ดถั่วเหลืองดิบไม่เหมาะที่จะนำไปใช้เลี้ยงสัตว์เพราะมีสารพิษ (Trypsin inhibitor) ขัดขวางน้ำย่อยโปรตีนในลำไส้เล็กไม่ทำให้สามารถย่อยกรดอะมิโนทริปซิน มาใช้ประโยชน์ได้ ถั่วเหลืองดิบที่เก็บไว้นานจะมีเอนไซม์ยูรีเอส (Urease) คอยย่อยทำลายโปรตีนในถั่วเหลืองไปเรื่อย ๆ ฉะนั้นการนำถั่วเหลืองมาใช้เลี้ยงสัตว์ควรทำให้สุกก่อน เช่น การต้ม การนึ่ง การคั่ว และการอัดน้ำมัน แต่หากเมล็ดถั่วเหลืองได้รับความร้อนมากเกินไปจะมีผลทำให้กรดอะมิโนไลซีนรวมตัวกับน้ำตาลซึ่งไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้ ถั่วเหลืองที่ผ่านขบวนการต่าง ๆ มีคุณค่าทางอาหารสูงใกล้เคียงกับหางนมผง การอัดน้ำมันและการสกัดน้ำมันด้วยสารเคมีทำให้ปริมาณสารพิษลดลง ปริมาณน้ำมันเหลืออยู่น้อย มีโปรตีนเฉลี่ย 44-50 เปอร์เซ็นต์ แต่การสกัดน้ำมันทำให้ได้กากถั่วเหลืองที่มีน้ำมันเหลืออยู่น้อยกว่า ปริมาณสารพิษน้อยกว่ากากถั่วชนิดอัดน้ำมัน ทำให้เก็บไว้ได้นานกว่า เนื่องจากกากถั่วเหลืองใช้มากในอาหารสัตว์ ควรระวังเรื่องปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็นบางตัวอยู่ตลอดเวลา ถ้าพบการขาดกรดอะมิโนแก้ไขโดยการเติมกรดอะมิโนสังเคราะห์ตามความจำเป็นและควรระวังการขาดวิตามินบีรวมด้วย ในสัตว์เคี้ยวเอื้องสามารถใช้ประโยชน์จากถั่วเหลืองดิบหรือถั่วเหลืองผ่านกรรมวิธีที่คุณภาพต่ำได้เพราะขั้นตอนการย่อย

สลายโปรตีนมีหลายรูปแบบและโปรตีนอยู่ในระบบทางเดินอาหารเป็นเวลานานกว่า การใช้กากถั่วเป็นแหล่งโปรตีนในอาหารไก่และสุกรสามารถใช้ได้ถึง 25 เปอร์เซ็นต์ ของสูตรอาหาร



ภาพที่ 3.15 แสดงกากถั่วเหลือง

ที่มา: สำนักพัฒนาอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ (2555)

ข. กากถั่วลิสง (peanut meal)

กากถั่วลิสงเป็นผลพลอยได้จากการสกัดน้ำมันถั่วลิสง มีระดับโปรตีนสูงถึง 45-50 เปอร์เซ็นต์ แต่มีระดับกรดอะมิโนไลซีนและเมทไธโอนีนต่ำและมีกรดอะมิโนอาร์จินีนสูงมาก ถั่วลิสงมีปัญหาเรื่องเชื้อรา *Aspergillus flavus* ซึ่งจะสร้างสารพิษ Aflatoxin พบในถั่วเหลืองที่มีความชื้นสูง ในสูตรสารพิษนี้จะทำให้สุกรโตช้า สุกรท้องอาจแท้งลูก ลูกสุกรอ่อนที่ดูคนแม่ที่ได้รับสารอะฟลาท็อกซินสูง ๆ อาจทำให้ลูกสุกรซี่ไหลได้ สารยับยั้งทริปซินยังมีปัญหาในถั่วลิสงดิบ หรือถั่วลิสงที่ผ่านความร้อนไม่เพียงพอเช่นกัน กากถั่วลิสงอัดน้ำมันมักมีไขมันตกค้างประมาณ 6 เปอร์เซ็นต์ ทำให้เกิดการหืนง่าย กากถั่วลิสงจึงได้รับความนิยมน้อยกว่ากากถั่วเหลือง สามารถใช้ร่วมกับกากถั่วเหลือง 50:50 โดยน้ำหนัก และควรใช้เมื่อกากถั่วลิสงมีราคาถูกลงกว่ากากถั่วเหลืองมาก ๆ เพื่อความประหยัด หากใช้ร่วมกับกากเมล็ดฝ้ายต้องเสริมกรดอะมิโนอีก 2 ชนิด คือ เมทไธโอนีนและไลซีน หากอาหารมีความชื้นเกิน 16 เปอร์เซ็นต์ ควรเติมสารแคลเซียมโปรพิโอเนตลงในอาหารเพื่อยับยั้งการเกิดเชื้อรา



ภาพที่ 3.16 แสดงกากถั่วลิสงบด

ที่มา: เจอีฟเค อาหารสัตว์ (2555)

ค. กากเมล็ดยางพารา (pararubber seed meal)

เมล็ดยางพาราประกอบด้วยเปลือก 37-40 เปอร์เซ็นต์ และส่วนเนื้อในเมล็ด 60-63 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นส่วนที่มีน้ำมันอยู่ประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ หรือประมาณ 25 เปอร์เซ็นต์ ของทั้งเมล็ด ถ้าไม่กะเทาะเปลือก จะมีโปรตีนเพียง 16 เปอร์เซ็นต์ จึงควรที่ควรจะนำไปกะเทาะเปลือกก่อนใช้เลี้ยงสัตว์ เพื่อเพิ่มความน่ากิน และลดอันตรายจากเปลือก หลังกะเทาะเปลือกแล้วจะมีโปรตีนประมาณ 28-30 เปอร์เซ็นต์ กากเมล็ดยางพารามีกรดอะมิโนไลซีนและทริปโตเฟนอยู่ในระดับสูงและมีสารพิษไฮโดรไซยานิก (hydrocyanic acid) สูง สามารถลดปริมาณสารพิษเหล่านี้ได้ 90 เปอร์เซ็นต์ โดยการเก็บเมล็ดยางเอาไว้เฉยๆ 1 เดือน การต้ม-แช่น้ำไว้ 12 ชั่วโมง-อบด้วยอุณหภูมิ 350 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที สามารถลดพิษได้ทั้งหมด กากยางพาราชนิดกะเทาะเปลือกใช้ได้ถึง 50 เปอร์เซ็นต์ และใช้ได้ 20-25 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหารสุกรทั่วไป แต่ระดับคืออยู่ที่ 10 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารไก่ไข่และไก่กระทรงใช้ได้ 20 เปอร์เซ็นต์ ของสูตรอาหาร



ภาพที่ 3.17 แสดงกากเมล็ดขางพารา

ที่มา: สำนักงานปศุสัตว์เขต9 กรมปศุสัตว์ (2555)

ง. กากปาล์มน้ำมัน (oil palm meal)

กากปาล์มน้ำมันเป็นผลพลอยได้จากขบวนการผลิตน้ำมันปาล์ม กากปาล์มที่ผลิตได้มี 2 ชนิด คือ

1) กากเมล็ดปาล์มน้ำมัน (oil palm seed meal) เป็นส่วนที่เหลือจากการบีบเมล็ดปาล์มทั้งผล แต่ไม่รวมส่วนเปลือกหุ้มเมล็ดซึ่งมีเยื่อใยสูงมาก มีคุณค่าทางอาหารต่ำ กากที่ได้จะมีโปรตีน 12 เปอร์เซ็นต์ กากปาล์มชนิดนี้ใช้เป็นอาหารไก่ได้ไม่เกิน 20 เปอร์เซ็นต์

2) กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน (oil palm kernel meal) เป็นส่วนที่ได้จากการกะเทาะเอาเปลือกหุ้มเมล็ดทั้ง 2 ชั้นออกหมดแล้ว จึงนำส่วนเนื้อในที่เหลือมาบีบน้ำมัน กากชนิดนี้จึงมีคุณค่าอาหารสูงประมาณ 16-18 เปอร์เซ็นต์ แต่ยังมีเยื่อใยอยู่สูงถึงถึง 14-15 เปอร์เซ็นต์ จึงไม่ควรใช้เลี้ยงสุกรเกิน 30 เปอร์เซ็นต์ ของสูตรอาหาร



ภาพที่ 3.16 แสดงกากเนื้อในปาล์มน้ำมัน

ที่มา: เจเอ็ฟเค อาหารสัตว์ (2555)

จ. กากมะพร้าว (coconut meal)

กากมะพร้าวเป็นผลได้จากการอัดน้ำมันมะพร้าว มีโปรตีนประมาณ 20-25 เปอร์เซ็นต์ มีไขมันประมาณ 6 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอยู่ในระดับสูง ทำให้เหม็นหืนง่าย หากไม่เติมสารกันหืน จะหืนภายใน 6-8 สัปดาห์ ไขมันในกากมะพร้าวเป็นชนิดอิ่มตัว ซึ่งทำให้ไขมันในซากสุกรเป็นชนิดมันแข็ง โปรตีนในกากมะพร้าวมีระดับกรดอะมิโนไลซีนต่ำ มีเยื่อใยค่อนข้างสูง มีลักษณะฟาม สัตว์กินได้น้อย จึงควรใช้ไม่เกิน 20 เปอร์เซ็นต์ ในสุกร และไม่เกิน 15 เปอร์เซ็นต์ ในไก่



ภาพที่ 3.17 แสดงกากมะพร้าว

ที่มา: เจอีฟเค อาหารสัตว์ (2555)

ฉ. กากเมล็ดฝ้าย (cotton seed meal)

ได้จากการสกัดน้ำมันเมล็ดฝ้าย มีโปรตีนสูงประมาณ 30-36 เปอร์เซ็นต์ มีกรดอะมิโนทริปโตเฟนสูงแต่มีกรดอะมิโนไลซีนต่ำ นอกจากนี้กากเมล็ดฝ้ายมีสารพิษกอสซิพอล (gossypol) ซึ่งจะเป็นอันตราย ถ้ามีสารนี้ในรูปอิสระ (free gossypol) มากกว่า 0.01 เปอร์เซ็นต์ ในอาหาร ทำให้การเจริญเติบโตลดลง สัตว์อาจท้องผูก ในไก่ไข่จะทำให้ไข่แดงออกสีเขียวและไข่ขาวออกสีชมพู สารพิษนี้จะลดลงได้โดยการนำเมล็ดฝ้ายแช่ในสารละลายเฟอร์รัสซัลเฟต ประมาณ 10 ชั่วโมง หรืออาจแก้ไขโดยการเติมสารเฟอร์รัสซัลเฟตลงในกากเมล็ดฝ้ายที่ผสมในอาหารสัตว์ สารกอสซิพอลอิสระเมื่อถูกทำให้ร้อนจากขบวนการอัดน้ำมันจะไปรวมตัวกับไลซีนทำให้ปริมาณกอสซิพอลที่จะเกิดพิษได้ลดลง ในทำนองเดียวกันขบวนการนี้ก็ทำให้ปริมาณไลซีนที่เป็นประโยชน์ได้ก็จะลดลง จำเป็นต้องเสริมกรดอะมิโนในอาหารที่ใช้

กากเมล็ดฝ้ายอัดน้ำมันเลี้ยงสัตว์ ปกติกากเมล็ดฝ้ายสามารถใช้แทนโปรตีนจากกากถั่วเหลืองได้ถึง 75 เปอร์เซ็นต์ สามารถใช้กากฝ้ายในสูตรอาหารสุกรรุ่น สุกรขุน สุกรพันธุ์ และอาหารไก่เกือบ 50 เปอร์เซ็นต์ ของโปรตีนในสูตรอาหาร แต่ในอาหารแม่สุกรให้นมไม่ควรให้เกิน 25 เปอร์เซ็นต์ ของโปรตีนในอาหาร และไม่ควรใช้ในอาหารสุกรอ่อน ส่วนสัตว์เคี้ยวเอื้องสามารถใช้ได้ทั้งเมล็ดโดยใช้เป็นทั้งแหล่งโปรตีนและพลังงาน โดยการบดแล้วโรยบนพืชหมักในอัตรา 2-4 กก./ตัว/วัน



ภาพที่ 3.18 แสดงกากเมล็ดฝ้าย

ที่มา: สำนักพัฒนาอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ (2555)

ข. กากเมล็ดทานตะวัน (sunflower seed meal)

กากเมล็ดทานตะวันเป็นผลพลอยได้จากการสกัดน้ำมัน ถ้าไม่ปนเปลือกมีโปรตีนประมาณ 37 เปอร์เซ็นต์ ถ้าปนเปลือกมีโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ ไม่พบสารพิษใดๆ ในเมล็ด มีปริมาณกรดอะมิโนไลซีนต่ำแต่มีเมทไธโอนีนสูง และสูงกว่ากากถั่วเหลืองถึง 2 เท่า อย่างไรก็ตามไม่ควรใช้เกิน 25 เปอร์เซ็นต์ ในพ่อแม่พันธุ์สุกร ในสุกรรุ่น-ขุนไม่เกิน 15 เปอร์เซ็นต์ ไม่ควรใช้เป็นอาหารแทนนม (creep หรือ starter feed) ควรตรวจสอบไลซีนในสูตรอาหารด้วย



ภาพที่ 3.19 แสดงกากเมล็ดทานตะวัน

ข. กากเมล็ดดอกคำฝอย (safflower meal)

เมล็ดดอกคำฝอย (*Carthamus tinctorius*) มีน้ำมันประมาณ 36–40 เปอร์เซ็นต์ และมีเปลือกอยู่ประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ ของเมล็ด กากเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการสกัดน้ำมัน มีโปรตีนระหว่าง 18–22 เปอร์เซ็นต์ และกาก 40 เปอร์เซ็นต์ ปกติแล้วสัตว์กระเพาะเดี่ยว ไม่ควรใช้เนื่องจากเปลือกแข็งและมีลิกนินสูง ดังนั้นจึงควรใช้ชนิดที่กะเทาะเปลือกแล้วซึ่งสามารถนำน้ำมันออกได้ถึง 60–70 เปอร์เซ็นต์ และกากจะมีโปรตีนถึง 42–46 เปอร์เซ็นต์ และมีกาก ลดลง 15–16 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตาม ในเมล็ดดอกคำฝอยขาดกรดอะมิโนไลซีนมากจึงไม่ควรใช้ร่วมกับกากถั่วลิสงซึ่งขาดกรดอะมิโนชนิดนี้มากอยู่แล้ว เมื่อนำไปเลี้ยงสัตว์ไม่ควรเกิน 15 เปอร์เซ็นต์ ของสูตรอาหาร และควรใช้เลี้ยงสัตว์ที่มีอายุเจริญเติบโตพอสมควรแล้ว



ภาพที่ 3.20 แสดงกากเมล็ดดอกคำฝอย

ณ. กากงา (sesame meal)

กากงาได้จากเศษเหลือจากการสกัดน้ำมันงา มีโปรตีนระหว่าง 42-46 เปอร์เซ็นต์ แปรปรวนมากแล้วแต่สายพันธุ์ของงา การกะเทาะเปลือกก็ทำได้ยาก ในสุกรหย่านมไม่ควรใช้เกิน 5 เปอร์เซ็นต์ เพราะเยื่อใยมาก ความน่ากินต่ำ แคลเซียมฟอสฟอรัสต่ำ ไลซีนต่ำ สุกกรุ่น-ขุน ใช้ได้ 15 เปอร์เซ็นต์ แต่ให้ระวังระดับแคลเซียมและฟอสฟอรัส



ภาพที่ 3.21 แสดงกากงา

ญ. กากนุ่น (kapok meal)

กากนุ่นเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการสกัดน้ำมันนุ่นเพื่อทำสบู่ มีโปรตีนตั้งแต่ 22-29 เปอร์เซ็นต์ ในกากนุ่นจะมีสาร ไซโคลโพรเพนอยด์ (Cyclopropenoid) สูง จะทำให้ไขมันในซากสัตว์แข็ง และเป็นพิษต่อสัตว์ ถ้าเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง 4-5 เดือน สามารถนำไปเลี้ยงไก่กระทงได้ถึง 15 เปอร์เซ็นต์ ของสูตรอาหาร แต่ถ้าหากทิ้งไว้เพียง 1 สัปดาห์ ที่ระดับ 7.5 เปอร์เซ็นต์ ของสูตรอาหาร สัตว์จะแสดงอาการเป็นพิษ เช่น สารจากไข่แดงหลุดสู่ไข่ขาว ไข่ขาวเป็นสีชมพู และสัตว์อาจแสดงการขาดธาตุเหล็ก



ภาพที่ 3.22 แสดงกากเมล็ดนุ่น และกากเมล็ดนุ่นแผ่น

ที่มา: ไทยฟีดคอตเน็ต (2552)

ฎ. ไบมันสำปะหลังแห้ง (cassava leaf meal)

ไบมันสำปะหลังแห้งได้จากการนำไบมันสำปะหลังรวมทั้งก้านมาตาก 2-3 แดด เพื่อให้แห้งและลดสารพิษที่เกิดจากกรดไฮโดรไซยานิก (hydrocyanic acid) มีโปรตีนอยู่ระหว่าง 16.7-23.1 เปอร์เซ็นต์ ไบมันสำปะหลังป่นจะมีกรดอะมิโนเมทไทโอนีนต่ำ มีปริมาณทริปโตเฟน พอสมควรแต่มีไลซีนสูง ควรเติมโซเดียมไทโอซัลเฟต กรดอะมิโนเมทไทโอนีน กากน้ำตาล และน้ำมัน โปรตีนในไบมันสำปะหลังกว่า 75 เปอร์เซ็นต์ เป็นโปรตีนชนิดที่มีกรดอะมิโน เป็นองค์ประกอบล้วนคุณค่าทางอาหารจึงสูง มีรายงานว่าใช้ได้ผลดีทัดเทียมกับกากมะพร้าวและ ใช้ทดแทนกากถั่วเหลืองได้บางส่วนและมีคุณค่าสูงกว่าไบกระถิน แต่ไม่ควรใช้เกิน 20 เปอร์เซ็นต์ของสูตรอาหารการใช้ไบมันสำปะหลังผสมกับฟางข้าวเป็นอาหารยังสามารถทำให้วัวควายเจริญเติบโตเป็นปกติ



ภาพที่ 3.23 แสดงไบมันสำปะหลังแห้ง และไบมันสำปะหลังบด

ฎ. ไบกระถิน (leucaena leaf meal)

ไบกระถินเป็นวัตถุดิบที่วางจำหน่ายทั่วไปในร้านวัตถุดิบมีโปรตีนประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ และอาจสูงถึง 30 เปอร์เซ็นต์ ถ้าเป็นไบกระถินแห้งล้วน ๆ ไบกระถินมีสารเบต้า-แคโรทีนสูงซึ่งเป็นแหล่งของวิตามินเอ และมีสารแซนโทฟิลซึ่งเป็นสารให้สีสำหรับไข่แดง และทำให้ขาและหนังไก่มีสีเหลือง แต่ไบกระถินสดมีสารพิษไมโมซิน (mimosine) ซึ่งถ้าหากสุกรได้รับในปริมาณมากการเจริญเติบโตจะลดลง สุกรเพศผู้จะสร้างน้ำเชื้อลดลง สุกรเพศเมียการเป็นสัดช้าและการผสมติดต่ำและสุดท้ายจะเป็นหมันได้ ไก่ไข่จะวางไข่ช้าและไข่ลด ไบกระถินที่ดีต้องมีกลิ่นหอม สีออกเขียว มีกิ่งก้านปนน้อย เดิมแนะนำให้ใช้ไม่เกิน 4 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหาร จากการศึกษาต่อมาพบว่า ไบกระถินยักษ์มีระดับสารพิษน้อยกว่าไบกระถินพื้นเมืองประมาณครึ่งหนึ่งจึงสามารถใช้ได้ 2 เท่าของกระถินพื้นเมือง และกระถินพื้นเมืองสามารถใช้ได้ ในอาหารสุกรถึง 15 เปอร์เซ็นต์ แต่จำเป็นต้องเสริมสารเฟอร์รัสซัลเฟตจำนวน 0.2 เปอร์เซ็นต์ ลงไปในสูตรอาหารแต่ถ้านำไบกระถินพื้นเมืองมาสับให้ละเอียดแล้วแช่น้ำนาน 12-24 ชั่วโมง จึงทำให้แห้งจะใช้ในอาหารสุกรเพิ่มขึ้นได้ถึง 25 เปอร์เซ็นต์ เพียงแต่ต้องปรับระดับพลังงานให้สูงขึ้น สารเบต้า-แคโรทีนถูกทำลายระหว่างแช่น้ำแต่สารแซนโทฟิลไม่ถูกทำลาย อย่างไรก็ตามไม่แนะนำให้ใช้กระถินในระดับสูง ๆ ในสัตว์กระเพาะเคี้ยว ยกเว้นในสัตว์เคี้ยวเอื้องสามารถใช้ได้เต็มที่



ภาพที่ 3.24 แสดงไบกระถินสดและไบกระถินปั่น
ที่มา: สำนักพัฒนาอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ (2555)

จ. กากมันสำปะหลังจากการผลิตแอลกอฮอล์

กากมันสำปะหลังจากการผลิตแอลกอฮอล์มีพลังงานใช้ประโยชน์เท่ากับ 2229.85 กิโลแคลอรีต่อกรัม และโปรตีนเท่ากับ 24.93 เปอร์เซ็นต์ การใช้เป็นอาหารไก่ไข่โดยผสมถึง 30 เปอร์เซ็นต์ของสูตรอาหาร พบว่า มีความสามารถในการผลิตไม่แตกต่างจากพวกที่ได้รับอาหารปกติและคุณภาพของผลผลิต ยกเว้นสีไข่แดงจะซีดกว่า



ภาพที่ 3.25 แสดงไบกระดินสดและไบกระดินป่น

จ. ส่ำเหล้า (distilled dry yeast)

ส่ำเหล้าเป็นผลพลอยได้จากการผลิตสุราและเบียร์มีหลายชนิดคุณภาพอาจแปรปรวนตามขบวนการผลิต โดยทั่วไปมีโปรตีนประมาณ 20-25 เปอร์เซ็นต์ แต่เป็นโปรตีนคุณภาพต่ำ จึงไม่ใช่เป็นแหล่งโปรตีนหลัก จุดประสงค์ในการใช้ส่ำเหล้าประกอบสูตรอาหารจึงใช้เพื่อเป็นแหล่งวิตามินบีรวม เป็นแหล่งแร่ธาตุต่าง ๆ และเพิ่มความน่ากินเท่านั้น และลดความเครียดในสัตว์ได้ ไม่ควรใช้เกิน 15 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารสุกร และ 20 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหารสัตว์ปีก



ภาพที่ 3.26 แสดงส่ำเหล้า

๓. สำเบียร์ (brewer by product)

สำเบียร์เป็นผลพลอยได้จากโรงงานผลิตเบียร์ที่ใช้ข้าวบาร์เลย์หมักกับเชื้อยีสต์ ผลผลิตพลอยได้มีหลายชนิด เช่น มอลต์บาร์เลย์ (malt barley) ได้จากข้าวบาร์เลย์ที่นำไปเพาะให้งอก จนมีความสูงตามที่ต้องการ แล้วจะถูกล้างผ่านความร้อนทำให้ต้นที่งอกตาย คุณค่าทางอาหารใกล้เคียงกับเมล็ดข้าวบาร์เลย์คือ โปรตีน 11–12 เปอร์เซ็นต์ การย่อยได้ของโภชนทั้งหมด 0–75 เปอร์เซ็นต์และเยื่อใยประมาณ 5–6 เปอร์เซ็นต์ ส่วนต้นอ่อนบาร์เลย์ (malt sprout) เป็นส่วนที่นำมาเมล็ดและเปลือกรวมทั้งรากของต้นข้าวมอลต์ออก ทำให้แห้ง มีโปรตีนประมาณ 25–27 เปอร์เซ็นต์ และเยื่อใยประมาณ 14 เปอร์เซ็นต์ ภายหลังกการหมักบาร์เลย์ร่วมกับยีสต์จนได้แอลกอฮอล์แล้ว นำสำที่เกิดขึ้นมาทำให้แห้ง เรียกว่าสำเบียร์ (brewer dried grain) ส่วนรากข้าวมอลต์ที่ตัดออก (malt root) ก็ยังคงมีคุณค่าทางอาหาร นำไปเลี้ยงสัตว์ได้



ภาพที่ 3.27 แสดงตัวอย่างข้าวสาลี ข้าวบาร์เลย์ที่นำมาใช้ในการหมักเบียร์

ที่มา: http://www.dld.go.th/nutrition/exhibision/feed_stuff/nutrition.htm (ม.ป.ป.)



ภาพที่ 3.24 แสดงกากเบียร์

ที่มา: http://www.dld.go.th/nutrition/exhibision/feed_stuff/nutrition.htm (ม.ป.ป.)

ณ. โปรตีนจากพืชหรือสัตว์เซลล์เดียว (single cell protein, SCP)

โปรตีนจากพืชหรือสัตว์เซลล์เดียวสร้างจากการทำงานของแบคทีเรีย รา สาหร่าย หรือ ยีสต์ ซึ่งสามารถใช้คาร์บอนจากผลพลอยได้ของวัตถุดิบในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี (petroleum by product) เป็นแหล่งพลังงานร่วมกับสารที่ให้ไนโตรเจนและแร่ธาตุที่เหมาะสมกับสภาพ การเจริญเติบโต และเก็บเกี่ยวเอาเซลล์ที่ทำให้ตายแล้วมาใช้ เช่น ใช้คาร์บอนจากน้ำมันดิบเป็นแหล่งอาหารของแบคทีเรียพวกแคนดิดา เช่น *Candida lipotica* หรือยีสต์พวกแซคคาโรไมซิส เช่น *Saccharomyces cerevisiae* ใช้กากน้ำตาลเป็นแหล่งคาร์บอน อาหารโปรตีนชนิดนี้มีปริมาณโปรตีนระหว่าง 50–85 เปอร์เซ็นต์ไขมัน 5–8 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใย 7–9 เปอร์เซ็นต์ และเถ้า 6–8 เปอร์เซ็นต์ มีฟอสฟอรัสสูง (1.5–2.0 เปอร์เซ็นต์) แต่มีแคลเซียมต่ำ (0.1–0.2 เปอร์เซ็นต์) โปรตีนคุณภาพดี แต่พลังงานต่ำมาก ส่วนพวกที่เพาะเลี้ยงด้วยเชื้อรา ใช้อาหารเพื่อการเจริญเติบโตเร็วมากและยังสามารถสร้างน้ำย่อยขึ้นมาใช้ได้อีก เชื้อราที่นิยมใช้ ได้แก่ พวกไรโซพัส (*Rhizopus spp.*) และพวกแอสเพอร์จิลลัส (*Aspergillus spp.*) ปัญหาที่พบจากการใช้มักเกิดจากการมีความนำกินต่ำ รสขื่น เป็นสาเหตุทำให้สัตว์กินอาหารได้น้อย การย่อยได้ของโปรตีนค่อนข้างผันแปรมาก การเก็บเกี่ยวนำมาใช้ควรทำลายวงจรชีวิตเสียก่อน โปรตีนมักขาดกรดอะมิโนที่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบ อาจมีสารพิษปะปนมาด้วยซึ่งอาจเกิดจากตัวจุลินทรีย์หรือการปะปนจากจุลินทรีย์อื่น หรือได้รับมาจากผลตกค้างในวัตถุดิบที่นำมาเพาะเลี้ยง



ภาพที่ 3.25 แสดงยีสต์หมัก

3.2.3 แหล่งโปรตีนจากสารสังเคราะห์

ก. ยูเรีย (urea)

ยูเรียเป็นการใช้ในโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีนแท้ (Non-Protein Nitrogen หรือ NPN.) เช่น ปุ๋ย ยูเรียที่ใช้กับพืชหาซื้อได้ง่าย และยูเรียที่สังเคราะห์มาใช้กับสัตว์โดยตรง (feed grade urea) ชนิดหลังนี้มีคุณภาพสูงกว่าชนิดแรกแต่หาซื้อได้ยากในประเทศไทย ยูเรียที่ใช้กับพืชเป็นสารที่ให้ไนโตรเจนได้ถึง 45 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งคิดเป็นปริมาณโปรตีน 262–281 เปอร์เซ็นต์ สามารถนำมาใช้เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องโดยพวกจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนนำไปใช้สังเคราะห์โปรตีน สามารถนำไปผสมกับอาหารจากพืชที่มีโปรตีนต่ำ เช่น หญ้าแห้งหรือฟาง มีความน่ากินต่ำ โดยทั่วไปใช้ไม่เกิน 10–15 เปอร์เซ็นต์ของโปรตีนทั้งหมดที่สัตว์ต้องการใช้ หรือประมาณ 1 ใน 3 ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ในทางปฏิบัติใช้ในอาหารผสมไม่เกิน 1–3 เปอร์เซ็นต์ และในอาหารพืชคุณภาพต่ำไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 3.26 แสดงยูเรีย

3.3 แหล่งวิตามินและแร่ธาตุ

ในวัตถุดิบอาหารทั่ว ๆ ไปจะมีทั้งวิตามินและแร่ธาตุนิตต่าง ๆ อยู่แล้วตามธรรมชาติ แต่มักจะมีในปริมาณที่น้อยกว่าความต้องการของสัตว์ หรืออยู่ในรูปที่สัตว์ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ นอกจากนี้ ขบวนการแปรรูปวัตถุดิบเหล่านี้ มักจะมีขบวนการที่ทำลายหรือการเปลี่ยนรูปของวิตามินและแร่ธาตุไป เพื่อเป็นการลดความเสี่ยงที่สัตว์จะขาดทั้งวิตามินและแร่ธาตุ จึงมักจะไม่นำปริมาณของแร่ธาตุและวิตามินที่มีอยู่ในวัตถุดิบอาหาร ยกเว้นปริมาณแคลเซียมและฟอสฟอรัสที่จะเติมเฉพาะส่วนที่ขาด วัตถุดิบที่เป็นแหล่งวิตามินและแร่ธาตุมีดังนี้

3.3.1 กระดูกป่น (bone meal)

เป็นวัตถุดิบอาหารที่ให้ทั้งธาตุแคลเซียมและฟอสฟอรัส เป็นผลพลอยได้จากโรงฆ่าสัตว์โดยนำกระดูกมาต้มหรือนึ่งเพื่อฆ่าเชื้อโรครวมทั้งเป็นการทำให้ไขมันส่วนใหญ่ที่กระดูกละลายออกมา จากนั้นจึงอบหรือคึ่งกระดูกให้แห้งแล้วจึงนำมาบด มีธาตุแคลเซียมและฟอสฟอรัสเป็นส่วนประกอบอยู่ประมาณ 24 และ 12 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ทั้งหมด นอกจากนี้กระดูกยังมีโปรตีนเป็นองค์ประกอบอยู่ 13 เปอร์เซ็นต์ แต่เป็นโปรตีนคุณภาพต่ำ

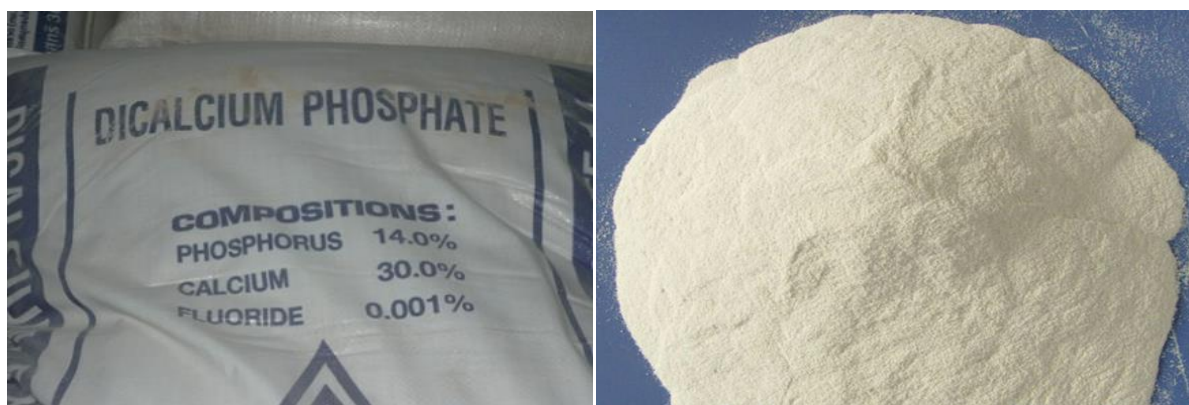


ภาพที่ 3.27 แสดงกระดูกป่น

ที่มา: เจเอ็ฟเค อาหารสัตว์ (2555)

3.3.2 ไดแคลเซียมฟอสเฟต (dicalcium phosphate)

เป็นวัตถุดิบอาหารที่ให้ทั้งแคลเซียมและฟอสฟอรัส โดยมาแหล่งที่มา คือ กระดูกสัตว์ และ หิน ทั้งสองชนิดมีธาตุแคลเซียม 24 เปอร์เซ็นต์ และฟอสฟอรัส 18 เปอร์เซ็นต์ มีลักษณะเป็นเม็ดเล็ก ๆ กลมขาว แข็งคล้ายกรวด ไม่ละลายน้ำ ละลายในกรดเกลือหรือกรดไนตริกเจือจาง ไดแคลเซียมฟอสเฟตที่ทำจากหิน และปราศจากธาตุฟลูออรีน สามารถใช้เป็นอาหารสัตว์ได้ดีพอ ๆ กับแหล่งที่ทำจากกระดูก และราคาก็ถูกกว่า การใช้ไดแคลเซียมฟอสเฟตควรระวังการปลอมปนด้วยเปลือกหอยป่นหรือหินฝุ่น ซึ่งให้เพียงธาตุแคลเซียมเท่านั้น

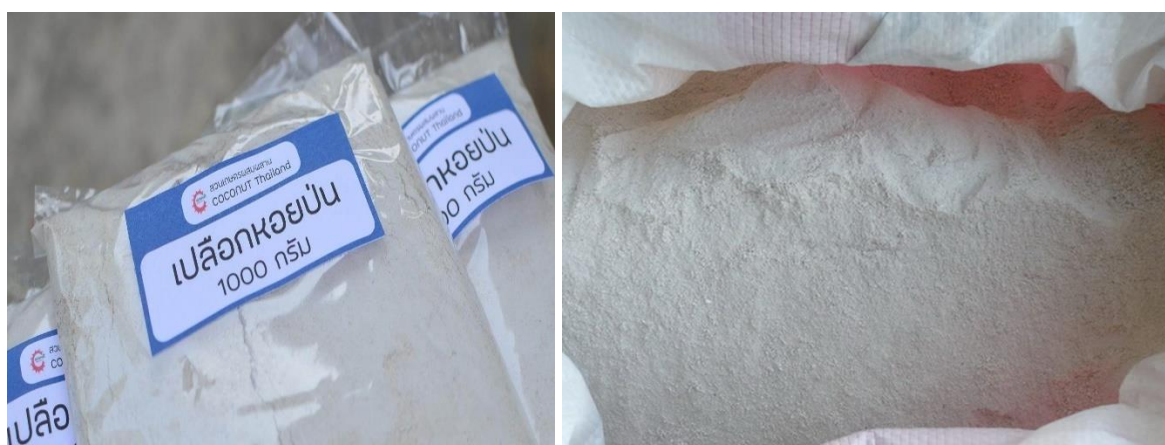


ภาพที่ 3.28 แสดงไดแคลเซียมฟอสเฟต

ที่มา: ไทย อาลีบาบาคอม (2556)

3.3.3 เปลือกหอยป่น หินปูน (oyster shell, lime stone)

เป็นวัตถุดิบที่ให้เฉพาะธาตุแคลเซียมแต่เพียงอย่างเดียว ในระดับ 38-40 เปอร์เซ็นต์ จำเป็นสำหรับไก่ไข่ เพื่อการสร้างเปลือกไข่ หินปูนย่อยสลายให้ธาตุแคลเซียมเร็วกว่าเปลือกหอย ฉะนั้นในไก่ไข่ควรใช้เปลือกหอยเป็นแหล่งแคลเซียมเพื่อให้แน่ใจว่าไก่จะไม่ขาดแคลเซียม หินปูนสำหรับอาหารไก่ไข่ไม่ควรบดละเอียดจนเกินไปเพราะจะย่อยง่ายและอาจถูกขับทิ้งจากร่างกายทางปัสสาวะไวจนเกินไป อาจทำให้ไก่ขาดแคลเซียมเปลือกไข่จะบางได้ เปลือกหอยที่บดขายตามท้องตลาดอาจปลอมปนด้วยหินฝุ่น



ภาพที่ 3.29 แสดงเปลือกหอยป่น

ที่มา: เจเอ็ฟเค อาหารสัตว์ (2555)



ภาพที่ 3.30 แสดงหินปูน

ที่มา: ไทยกัญฉวีวศอกทอม (2554)

3.3.4 เกลือแกง (salt , NaCl)

เป็นวัตถุดิบอาหารที่ให้ธาตุโซเดียมและคลอรีน ซึ่งจำเป็นต่อการดำรงชีพและการเจริญเติบโต การเติมเกลือแกงลงในสูตรอาหารควรระวังถึงวัตถุดิบอาหารสัตว์บางชนิด เช่น ปลาป่น แกลบกึ่ง ซึ่งมักจะมีเกลือปนมาแล้วในระดับสูง จึงควรลดเกลือแกงให้น้อยลงในสูตรอาหาร สุนัขสามารถใช้เกลือไม่เกิน 0.35 เปอร์เซ็นต์ สัตว์ปีกใช้เกลือไม่เกิน 0.5 เปอร์เซ็นต์ ของสูตรอาหาร สามารถใช้เกลือผสมไอโอดีนเลี้ยงสัตว์ได้ สำหรับไก่หากใช้เกลือแกงมากจะทำให้สัตว์ดื่มน้ำมาก มูลและ อาจใช้โซเดียมในรูปแบบอื่นเช่น โซเดียมไบคาร์บอเนตแทนบางส่วนก็ได้



ภาพที่ 3.31 แสดงเกลือแกง

3.3.5 พรีเม็กซ์ (premix) หรือหัววิตามินและแร่ธาตุ

เนื่องจากสุกรมีความต้องการวิตามินและแร่ธาตุชนิดต่าง ๆ ในจำนวนเพียงเล็กน้อย แต่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตจึงไม่สะดวกในการที่จะนำมาผสมกับอาหารผสม แต่ปัจจุบันได้มีผู้ผลิตและจำหน่ายตามท้องตลาด ซึ่งมีทั้งวิตามินและแร่ธาตุเรียกรวมกันว่า พรีเม็กซ์ (premix) แต่จากการที่นำแร่ธาตุและวิตามินมาผสมรวมกัน ทำให้วิตามินบางชนิดมีการเสื่อมสลายไปบางส่วน ฉะนั้นพรีเม็กซ์จึงไม่สามารถเก็บไว้ได้นาน นอกจากนี้พรีเม็กซ์จะถูกทำลายได้ง่ายด้วยความร้อน ความชื้นและแสงสว่าง การอัดเม็ดอาหารก็เป็นอีกขบวนการหนึ่งที่ทำให้พรีเม็กซ์เสื่อมสลาย ฉะนั้นควรเติมพรีเม็กซ์ให้สูงขึ้นอีก 10-15 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหาร



ภาพที่ 3.32 แสดงพรีเม็กซ์

3.4 แหล่งสารเสริมในอาหาร (feed additive)

สารเสริมในอาหารเป็นสารที่เติมเพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตหรือทำลายจุลินทรีย์ที่เป็นโทษ ซึ่งทำให้สัตว์มีอัตราการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารดีขึ้น นอกจากนี้ยังมีสารกันหืน สารโชนชนิดต่าง ๆ ได้แก่

3.4.1 ยาปฏิชีวนะ (antibiotic)

จะยับยั้งการเจริญเติบโตหรือทำลายจุลินทรีย์ที่เป็นโทษซึ่งจะเป็นการเพิ่มปริมาณจุลินทรีย์ที่ก่อประโยชน์ในทางเดินอาหาร การใช้ยาปฏิชีวนะจะได้ผลดีในสภาพการสุขภาพที่เลว ในสุกรและไก่จะ

เพิ่มการเจริญเติบโตถึง 5-10 เปอร์เซ็นต์ เพิ่มประสิทธิภาพการใช้อาหาร 1-5 เปอร์เซ็นต์ ส่วนแม่สุกรจะเพิ่มขนาดครอก อัตราการรอดชีวิต น้ำหนักแรกคลอดและน้ำหนักหย่านมลูกสุกร การให้ยาปฏิชีวนะในอาหารสัตว์ขึ้นอยู่กับชนิดยา อายุของสัตว์ ในสัตว์อายุน้อยจะมีประสิทธิภาพสูงกว่าสัตว์อายุมาก สัตว์ในภาวะเครียดจะตอบสนองต่อยาปฏิชีวนะดีกว่าสัตว์ปกติ ไม่ควรเสริมยาชนิดใดชนิดหนึ่งในสัตว์ตัวหนึ่งติดต่อกันเป็นเวลานาน ก่อนส่งโรงฆ่าสัตว์ให้คงใช้ยาระยะหนึ่ง สัตว์ระยะขุนซึ่งแข็งแรงอยู่แล้วจะตอบสนองต่อยาประเภทนี้น้อยมาก ควรให้ยาในปริมาณกำหนดตาม วัตถุประสงค์เช่นเพื่อกระตุ้นการเจริญเติบโตให้ออกซีเตตราไซคลินใช้ขนาด 7.5-50 กรัม/ตันอาหาร สเตรปโตมัยซิน 27.5 กรัม/ตันอาหาร สารหนู (Arsenical) 50-99 กรัม/ตันอาหาร รักษาโรคลำไส้อักเสบ เพราะเชื้อแบคทีเรีย ใช้ยาซัลฟาควิโนออกซาไลน์ (Sulphaquinoxaline) ในระดับ 0.25-0.50 เปอร์เซ็นต์ ของสูตรอาหารนาน 2-5 วัน และสามารถใช้ร่วมกับยาปฏิชีวนะอื่น ๆ ฯลฯ

3.4.2 ฮอร์โมน (hormone)

ฮอร์โมนที่นิยมใช้ในอาหาร เช่น ไทโรโปรตีน (Thyroprotein) หรือ Protamone มีคุณสมบัติเหมือนฮอร์โมนจากต่อมไทรอยด์ ช่วยในการเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตและความสมบูรณ์พันธุ์ของโคนม ไข่และสุกร การเสริมด้วยฮอร์โมนเอสโตรเจน (Estrogen) หรือ ไดเอทิลstilbestrol (Diethylstilbestrol) ซึ่งเป็นฮอร์โมนเพศเมียใช้ฝังใต้ผิวหนังโคเพศผู้ โคเพศผู้จะมีผลทำให้โคสะสมไขมันใต้ผิวหนังมากขึ้น

3.4.3 สารกันหืน (Antioxidant) การหืน (Rancidity)

เกิดจากการทำปฏิกิริยาของไขมันกับอากาศ แสง ความร้อน ปกติแล้ววิตามินอีจะมีฤทธิ์เป็นสารกันหืนตามธรรมชาติ (Natural Antioxidant) อยู่แล้ว แต่บางครั้งอาจจะไม่เพียงพอจึงมักจะเติมสารกันหืนเพิ่มเติมในอาหารที่มีระดับไขมันสูง เพื่อรักษาคุณภาพ และความน่ากินของอาหาร เช่น BHT (Butylated Hydroxy Toluence) , BHA (Butylated Hydroxy Anisole) ในระดับ 125 กรัม/ตันอาหาร

3.4.4 เอนไซม์ต่าง ๆ (Enzyme , Co-enzyme)

ลูกสัตว์อายุน้อยยังมีระบบการย่อยอาหารไม่พัฒนาเพียงพอ อาจเสริมเอนไซม์เพื่อช่วยให้การย่อยอาหารดีขึ้น แต่อย่างไรก็ตามถ้าวัตถุดิบอาหารได้รับการเตรียมมาอย่างถูกวิธีมีอัตราการย่อยได้สูงการเติมสารช่วยย่อยเหล่านี้ก็ไม่จำเป็น

3.4.5 ยาถ่ายพยาธิ (Anthelmintic)

เป็นสารเสริมในอาหารสัตว์ชนิดหนึ่งเพื่อขจัดพยาธิภายในระบบทางเดินอาหาร เช่น เปปเปอร์ราซีน (Piperazine) ไธอาเบนดาโซล (Thiabendazole) ฯลฯ

3.4.6 จุนลี (Copper Sulphate)

เป็นสารประกอบจำพวกทองแดงชนิดหนึ่ง ใช้เพื่อเร่งการเจริญเติบโตและเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้อาหารของสุกร แต่ไม่เหมาะที่จะเติมลงในอาหารของแกะ

3.4.7 สารให้สี (Pigment)

ในการเลี้ยงไก่เนื้อ ไก่ไข่และเป็ดไข่ ผู้บริโภคต้องการให้ผลผลิตมีสีตามต้องการเพื่อความน่ากิน ใบกระถิน ใบมันสำปะหลัง ดอกดาวเรือง ข้าวโพด แกลบกุ้งมักมีสารแซนโทฟิล (Xanthophyll) เป็นองค์ประกอบอยู่สูง จัดเป็นสารให้สีตามธรรมชาติ ถ้าผลผลิตยังไม่มีสีตามที่ต้องการผู้เลี้ยงสัตว์อาจเติมสารสังเคราะห์ ได้แก่ สารแคนต้าแซนทิน (Canthaxanthin) สารซิทรานาแซนทิน (Citranaxanthin) หรือสารแคโรทีโนอิก แอซิด (Carotinoic acid) อย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลายอย่างรวมกัน ในอัตรา 2-8 กรัม/ตันอาหาร

3.5 คุณภาพวัตถุดิบและผลเสียต่อคุณภาพอาหาร

คุณภาพของวัตถุดิบสำหรับการผสมอาหารเป็นปัจจัยที่สำคัญมากต่อคุณภาพอาหาร เนื่องด้วยสภาพภูมิอากาศที่ร้อนชื้นของประเทศ การเสื่อมของอาหารเกิดขึ้นได้เสมอโดยเริ่มจากการปลุก การเก็บเกี่ยว ขั้นตอนในการผลิต การแปรรูป การประกอบ การบรรจุ การขนส่งและการเก็บรักษา ก่อนใช้ ดังนั้น จึงควรมีการตรวจคุณภาพของวัตถุดิบก่อนการผลิตและคุณภาพอาหารหลังการผลิต

3.5.1 การปลอมปนของวัตถุดิบ

การปลอมปนของวัตถุดิบที่มีราคาแพง เช่น ปลาป่น กากถั่วเหลือง ถ้าตรวจสอบ ไม่ได้ จะเกิดปัญหาติดตามมาถึงตัวสัตว์ เกิดโรคขาดสารอาหารบางชนิด เช่น โปรตีน สำหรับวัสดุที่นำมาปลอมปน ได้แก่

ก) ทรายละเอียด มักปนในพวกปลาป่น กากถั่วลิสง ใบกระถิน รำสดและรำสกัด มันสำปะหลังบด กระจุกป่น และไดแคลเซียมฟอสเฟตที่ทำจากกระจุกและหินภูเขา

ข) เปลือกหอยบดและเปลือกหอยผุ มักปนในปลาป่น กุ้งป่น และไดแคลเซียมฟอสเฟต ที่ทำจากกระจุกและหินภูเขา

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2563 ประเภทวิชาเกษตรกรรม สาขาวิชาสัตวศาสตร์

Principles of Animal Nutrition 30503-2002

ค) ยูเรียและสารไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน มักปลอมปนในปลาป่น กากถั่วเหลือง เพื่อทำให้ผลการวิเคราะห์โปรตีนมีค่าสูงขึ้น และมีการพ่นยูเรียป้องกันการตรวจสอบความสุกดิบของกากถั่วเหลืองไม่ได้ผล

ง) เปลือกกุ้งป่น เปลือกปูป่นและหัวปลาป่น นำมาปนในปลาป่น

ค) ขนไก่ป่นและขนไก่ไฮโดรไลซ์ เนื่องจากเป็นวัตถุดิบที่มีโปรตีนสูง แต่คุณภาพของโปรตีนและการย่อยได้ต่ำ นิยมมาปลอมปนในปลาป่นและเนื้อป่น เพื่อปรับระดับโปรตีน

ง) โปรตีนจากถั่วและเมล็ดธัญพืชที่สกัดแป้งออก เช่น กากวุ้นเส้น โปรตีนข้าวโพด นิยมนำมาปนในปลาป่นและกากถั่วเหลือง เพื่อปรับระดับโปรตีนให้สูงขึ้น

จ) เศษหัวปลา ไข่ปลา และกากน้ำมันหมู มักนิยมนำมาปนในปลาป่น และเนื้อป่น

3.5.2 ความผันแปรของสารอาหารในวัตถุดิบ

ความผันแปรของสารอาหารอาจเกิดจากการแปรรูป การผลิตและการเก็บวัตถุดิบ ได้แก่

ก) ปลาป่นไม่สุก ใช้ความร้อนต่ำเกินไป มีสารยับยั้งทำให้วิตามินบี 1 ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

ข) ปลาป่นไหม้ เกิดขึ้นได้ระหว่างการผลิตและการเก็บ ทำให้คุณภาพของโปรตีนต่ำ นอกจากนี้ยังพบสารกิสซาโรซิน เกิดจากความร้อนที่สูงทำให้กรดอะมิโนฮิสทีดินแตกตัวไปจับกับกรดอะมิโนไลซีน ทำให้ไก่มีอาการของโรคอาเจียนเป็นสีดำและกินเป็นแผล การใช้อาหารที่มี ไลซีนสูงหรือโปรตีนสูงช่วยแก้ปัญหานี้ได้

ค) ความสุกดิบของถั่วเหลืองและกากถั่วเหลือง สารยับยั้งน้ำย่อยทริปซินในถั่วเหลืองที่ผ่านความร้อนไม่พอ ทำให้สัตว์โตช้า สัตว์ระยะวัยอ่อนและระยะเล็กจะมีตับขยายใหญ่ แต่ถ้าใช้ความร้อนสูงเกินไปจะทำลายกรดอะมิโน โดยเฉพาะไลซีนจะถูกทำลายได้ง่าย

ง) ไคแคลเซียมฟอสเฟต ที่ทำมาจากกระดูกและหินภูเขา มีความผันแปรของแคลเซียมและฟอสฟอรัสมาก และการนำไปใช้ประโยชน์ของฟอสฟอรัสผันแปรมากในสัตว์ และอาจมีโลหะหนักที่เป็นพิษและฟลูออรีนในระดับสูง ต้องกำจัดออกก่อน ถ้ามีระดับสูงเกินไปทำให้เขาอ่อน กระดูกเปราะเดินไม่ได้

จ) การเกิดสีน้ำตาล ในระหว่างการอัดเม็ดอาหารหรือการเก็บในสภาวะที่ร้อนนานติดต่อกัน อาจก่อให้เกิดการจับตัวกันของกรดอะมิโนไลซีนและน้ำตาลกลูโคสหรือฟรุกโตส ทำให้อาหารมีลักษณะเป็นสีน้ำตาล

3.5.3 สารพิษในวัตถุดิบ

ส่วนใหญ่มีมากในพืชมากกว่าสัตว์ บางชนิดอาจทำให้สัตว์ถึงตาย บางชนิดทำให้ ต้องใช้สารอาหารเพิ่มขึ้น บางชนิดทำให้เกิดโรคขาดอาหารได้ การเกิดสารพิษนั้นอาจเกิดจาก เชื้อจุลินทรีย์เข้าไปทำลายและคายพิษออกมา หรือมีสารพิษที่เกิดขึ้นเองในวัตถุดิบ ตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 สารพิษในวัตถุดิบอาหารสัตว์

ชนิดสารพิษ	วัตถุดิบอาหารสัตว์
1. กรดไฮโดรไซยานิก (hydrocyanic acid ,HCN)	ใบและรากมันสำปะหลัง และกากเมล็ดขางพารา ข้าวฟ่าง และกล้วยดิบ
2. แทนนิน (tannin)	ใบกระถิน
3. มิโมซีน (mimosine)	กากเมล็ดฝ้าย
4. กอกลีบพอล (gossypol)	ถั่วเหลือง
5. สารยับยั้งทริปซิน (trypsin inhibitor)	ถั่วลิสง
6. กลูโคซิโนเลต	กากเรพซิด
7. ไซยาโนเจนิกกลูโคไซด์ (cyanogenic glucoside)	เมล็ดขางและกากเมล็ดขาง
8. ออกซาเลต (oxalate)	กากงา
9. ซาโปนิน (saponin)	ถั่วเหลือง อัลฟัลฟา
10. ลิโมนิน (limonin)	กากส้ม
11. สารระบาย (laxative agent)	กากน้ำตาล
12. เฮแมกกลูทีนิน (haemagglutinine)	กากถั่วเหลือง ทำให้เม็ดเลือดตกตะกอน
13. ไอโซฟลาเวอน (isoflavon)	ถั่วเหลืองดิบ
14. สารก่อกอหอยพอก (goitrogen)	มีผลต่อมดลูกและความสมบูรณ์พันธุ์ ถั่วเหลืองดิบ
15. สารไซโคลโพรพินอยด์ (cyclopropinoid)	กากเมล็ดงุ่น

ที่มา: นงเยาว์ (2547)

สรุป

วัตถุดิบที่นำมาใช้เป็นอาหารสัตว์เพื่อใช้ในกิจกรรมในการดำรงชีพ การเจริญเติบโตและการสร้างผลผลิตของสัตว์นั้น วัตถุดิบที่เป็นแหล่งพลังงาน โปรตีนส่วนใหญ่ได้มาจากพืชและสัตว์เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งมีทั้งที่ผลิตขึ้นมาโดยตรงและได้มาจากผลิตผลพลอยได้หรือที่เหลือจากการใช้ของมนุษย์ เช่น ข้าวโพด กากถั่วเหลือง กากปาล์ม ส่าเบียร์ กากน้ำตาล เปลือกถั่วปัด ซึ่งวัตถุดิบแต่ละอย่างมีคุณค่าแตกต่างกัน ทางส่วนประกอบของสารอาหารและลักษณะทั้งกายภาพ มีข้อจำกัดในการใช้ การปลอมปน อาหารหลักของสัตว์ปีกและสุกรมาจากพวกเมล็ดธัญพืชต่าง ๆ ส่วนแร่ธาตุได้มาจากธรรมชาติ เช่น กระดูกป่น เปลือกแกง หินปูน แต่ส่วนหนึ่งเป็นสารอินทรีย์เช่นเดียวกับวิตามินที่สัตว์ได้รับจากธรรมชาติ จากการสังเคราะห์ของจุลินทรีย์ในร่างกาย และสารอินทรีย์สังเคราะห์ ได้แก่ สารเสริมลงในอาหารสัตว์ เป็นสารอาหารที่ใช้จำนวนน้อยและมีการเสื่อมสภาพได้ง่าย

แบบทดสอบบทที่ 3

จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว

<p>1. วัตถุประสงค์ต่อไปนี้เป็นผลพลอยได้จากข้าวโพด</p> <p>ก. รำข้าว ข. Corn germ meal</p> <p>ค. Corn gluten meal ง. ชังข้าวโพด</p> <p>2. วัตถุประสงค์ที่เป็นผลพลอยได้จากข้าวโพดเหมาะสำหรับใช้เลี้ยง</p> <p>ก. ไก่ ข. ปลา</p> <p>ค. โค ง. สุกร</p> <p>3. วัตถุประสงค์ต่อไปนี้เป็นถ้าสัตว์กินมากเกินไปท้องผูก</p> <p>ก. ข้าวโพด ข. ปลาช่อนแห้ง</p> <p>ค. รำ ง. มันสำปะหลัง</p> <p>4. วัตถุประสงค์อาหารที่มีความฟอสฟอรัสสูง</p> <p>ก. ข้าวโพด ข. ปลาช่อนแห้ง</p> <p>ค. รำ ง. มันสำปะหลัง</p> <p>5. วัตถุประสงค์อาหารที่มีความเสี่ยงต่อยาฆ่าแมลง</p> <p>ก. ข้าวโพด ข. ปลาช่อนแห้ง</p> <p>ค. รำ ง. มันสำปะหลัง</p> <p>6. วัตถุประสงค์ต่อไปนี้อาจเป็นสาเหตุให้สุกรมีไขมันแข็ง</p> <p>ก. กากขางพารา ข. กากถั่วเหลือง</p> <p>ค. กากมะพร้าว ง. กากถั่วลิสง</p> <p>7. มันสำปะหลังสดมีสารพิษ</p> <p>ก. Mimosine ข. Hydrochloric acid</p> <p>ค. Aflatoxin ง. Tannin</p> <p>8. ข้าวฟ่างบางชนิดมีรสขาคิดไม่อร่อยเนื่องจากมีสาร</p> <p>ก. Mimosine ข. Gossypol</p> <p>ค. Lysine ง. Tannin</p> <p>9. อาหารสัตว์ต่อไปนี้เป็นชนิดใดมีโปรตีนต่ำสุด</p> <p>ก. มันสำปะหลัง ข. ปลาช่อน</p> <p>ค. รำข้าว ง. ข้าวโพด</p>	<p>10. สารพิษ Gossypol มีอยู่ในเมล็ด</p> <p>ก. ถั่วเหลือง</p> <p>ข. มันสำปะหลัง</p> <p>ค. กากเมล็ดฝ้าย</p> <p>ง. ข้าวฟ่าง</p> <p>11. พิษชนิดใดมีสาร Mimosine</p> <p>ก. ข้าวฟ่าง ข. กระจับ</p> <p>ค. มันเทศ ง. มันสำปะหลัง</p> <p>12. สัตว์ชนิดใดที่ไม่มีอันตรายจากโบรอะดิน</p> <p>ก. ไก่ ข. สุกร</p> <p>ค. เป็ด ง. ไก่</p> <p>13. Sesame meal คือ</p> <p>ก. ข้าวฟ่าง - ข. กากงา</p> <p>ค. กากถั่ว ง. กากเมล็ดฝ้าย</p> <p>14. สารประกอบฮอร์โมนที่นิยมใช้ขุนสัตว์</p> <p>ก. Relaxin</p> <p>ข. Landon</p> <p>ค. Diethyl Stilbestrol</p> <p>ง. L.H.</p> <p>15. สารที่ใช้ป้องกันการเหม็นหืน</p> <p>ก. Vitamin D,Cu</p> <p>ข. Vitamin E,B,H.T.</p> <p>ค. Ergosterol,NaOH</p> <p>ง. Calciferol,CaOH</p> <p>16. Sorghum คือ</p> <p>ก. กากงา ข. ข้าวฟ่าง</p> <p>ค. กากเมล็ดถั่ว ง. กากเมล็ดฝ้าย</p>
---	---

<p>17. โดยปกติแล้วปลาปนจืดอัดน้ำมันมีโปรตีนประมาณ</p> <p>ก. 20-30% ข. 30-40%</p> <p>ค. 40-50% ง. 50-60%</p> <p>18. กากถั่วเหลืองมีโปรตีนอยู่ระหว่าง</p> <p>10-20% ข. 20-30%</p> <p>ค. 30-40% ง. 40-50%</p> <p>19. วัตถุประสงค์ต่อไปนี้อาจเป็นสาเหตุให้สุกรมีไขมันเหลว</p> <p>ก. น้ำมันถั่ว ข. น้ำมันมะพร้าว</p> <p>ค. น้ำมันปาล์ม ง. น้ำมันหมู</p> <p>20. วัตถุประสงค์อาหารที่ใช้น้ำมันมากเกินไปอาจทำให้สุกรเป็นจืดเร็วขึ้นได้</p> <p>ก. ปลาปน ข. แกลบกึ่ง</p> <p>ค. เนื้อป่น ง. ขนไก่ป่น</p> <p>21. Cyclopropanoid พบใน</p> <p>ก. ข้าวฟ่าง -ข. กากงา</p> <p>ค. กากนุ่น ง. กากเมล็ดฝ้าย</p> <p>22. คุณสมบัติของเลือดปนข้อใดผิด</p> <p>ก. มีโปรตีน 25-30% -</p> <p>ข. โปรตีนคุณภาพต่ำ</p> <p>ค. ในสุกรและไข่ไข่เพียง 5%</p> <p>ง. ใช้น้ำมันทองเสียบ</p> <p>23. Trypsin inhibitor พบใน</p> <p>ก. ข้าวฟ่างดิบ ข. กากงาดิบ</p> <p>ค. กากถั่วเหลืองดิบ ง. กากถั่วลิสงดิบ</p>	<p>24. เชื้อรา <i>Aspergillus flavus</i> พบมากใน</p> <p>ก. ข้าวฟ่าง ข. กากงา</p> <p>ค. กากถั่วเหลือง ง. กากถั่วลิสง</p> <p>25. กากยางพารามีสารพิษ</p> <p>ก. Mimosine ข. Hydrochloric acid</p> <p>ค. Aflatoxin ง. Tannin</p> <p>26. การสืบพันธุ์ลด เป็นหมันอาจเกิดจาก</p> <p>ก. ข้าวฟ่าง ข. กระจิน</p> <p>ค. มันเทศ ง. มันสำปะหลัง</p> <p>27. ยูเรียมีโปรตีนประมาณ</p> <p>ก. 6-8% ข. 60-80%</p> <p>ค. 160-180% ง. 260-280%</p> <p>28. ยูเรียในทางปฏิบัติควรใช้ในอาหาร</p> <p>ก. ไก่ ข. โค</p> <p>ค. สุกร ง. ปลา</p> <p>29. ยูเรียในทางปฏิบัติใช้ไม่เกิน</p> <p>ก. 1-3% ข. 4-6%</p> <p>ค. 7-9% ง. 10-12%</p> <p>30. Canthaxanthin คือ</p> <p>ก. สารให้สี ข. ยาปฏิชีวนะ</p> <p>ค. ฮอร์โมน ง. ยาถ่ายพยาธิ</p>
---	---

แบบฝึกหัด บทที่ 3

จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ สมบูรณ์

1. การแบ่งประเภทอาหารสัตว์ได้ 2 ประเภท คือ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. วัตถุประสงค์อาหารสัตว์เป็นแหล่งให้สารอาหารหรือโภชนทั้ง 6 ประเภท คือ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

บทที่ 4

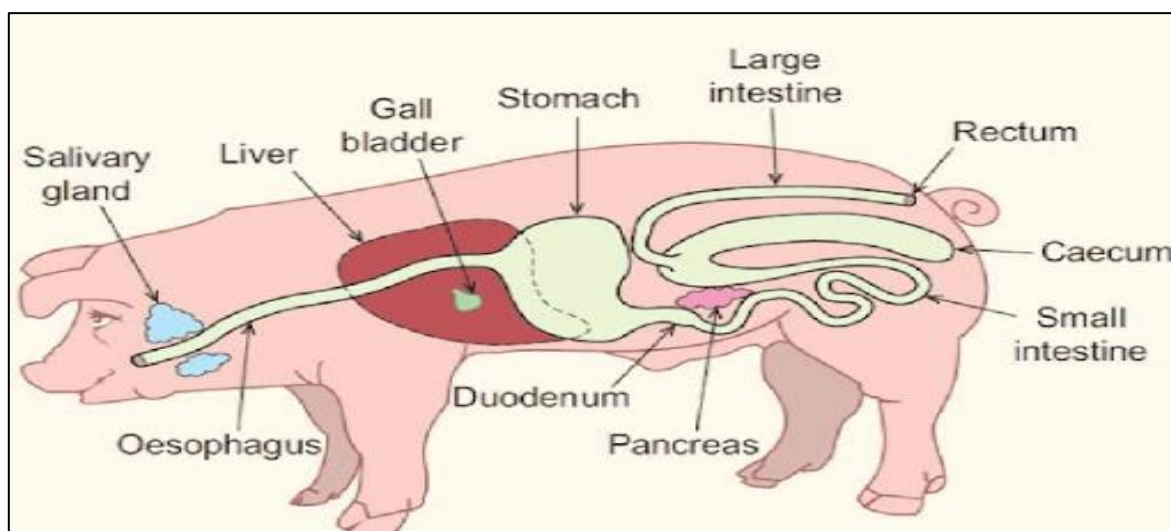
ระบบทางเดินอาหารของสัตว์ การย่อยอาหารและการดูดซึม

การย่อยอาหาร (Digestion) คือ กระบวนการที่อาหารถูกเปลี่ยนแปลงในทางเดินอาหารจากสารโมเลกุลใหญ่ให้มีโมเลกุลขนาดเล็กลง เพื่อจะได้ดูดซึมผ่านผนังลำไส้เข้าไปในน้ำเลือดและน้ำเหลืองได้ การเคลื่อนย้ายโภชนที่มีโมเลกุลขนาดเล็กที่ผ่านการย่อยแล้วเข้าสู่ลำเลือดและน้ำเหลืองเรียกว่า การดูดซึม (Absorption) การย่อยอาหารจะมีขบวนการต่าง ๆ 3 วิธี คือ

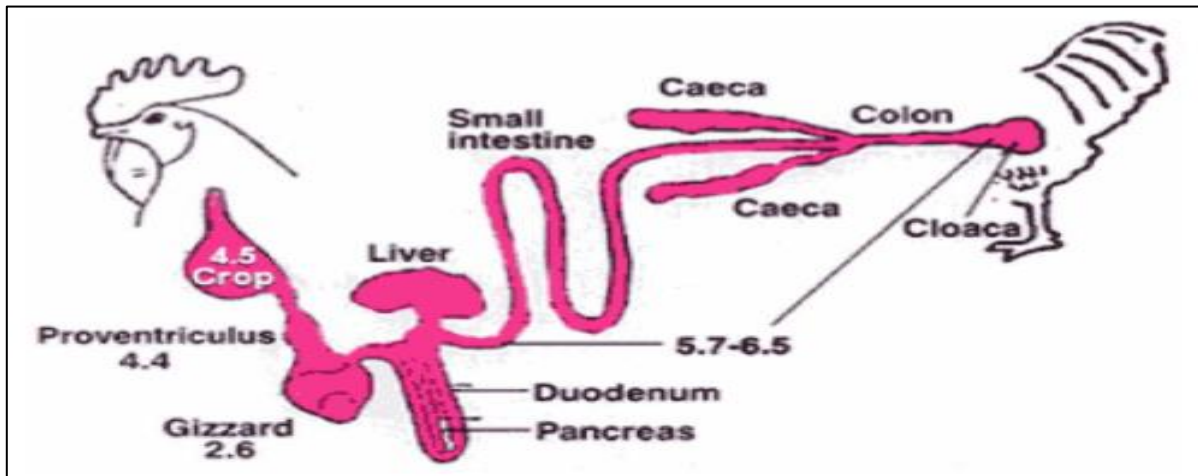
1. การย่อยทางวิธีกล (mechanical method) ได้แก่การเคี้ยว การบีบรัดกล้ามเนื้อ
2. การย่อยทางเคมี (chemical method) ได้แก่การย่อยของน้ำย่อยในกระเพาะอาหารและลำไส้เล็กโดยน้ำย่อย
3. การย่อยทางจุลินทรีย์ (microbial action) ได้แก่การย่อยที่เกิดที่กระเพาะรวม ลำไส้ใหญ่หรือไส้ตั้งของสัตว์ โดยการกระทำของจุลินทรีย์และโปรโตซัว

4.1 ระบบการย่อยอาหารของสัตว์

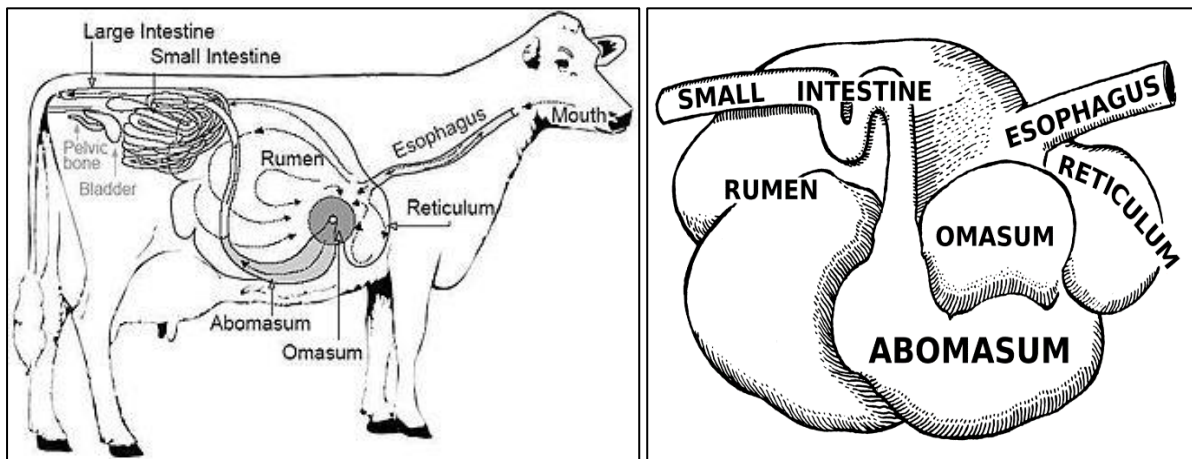
ระบบการย่อยอาหารของแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนใหญ่ ๆ คือ ระบบท่อทางเดินอาหาร (Alimentary tract) และอวัยวะประกอบของระบบย่อยอาหาร (Accessory organs)



ภาพที่ 4.1 แสดงระบบทางเดินอาหารของสุกร



ภาพที่ 4.2 แสดงระบบทางเดินอาหารของสัตว์ปีก



ภาพที่ 4.4 แสดงระบบทางเดินอาหารของโค

4.1.1 ท่อทางเดินอาหาร

ท่อทางเดินอาหาร ประกอบด้วย

ก) ปาก (Mouth)

ปากเริ่มจากส่วนที่ถัดเข้าไปจากริมฝีปากและฟันจนถึงบริเวณที่ติดต่อกับคอหอยฟันสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมมี 2 ชุด คือ ฟันแท้และฟันน้ำนม ส่วนบนตอนหน้าของช่องปากเป็นเพดานแข็ง และส่วนท้ายเป็นเพดานอ่อน ด้านข้างของช่องปากเป็นส่วนของแก้ม ด้านล่างเป็นที่อยู่ของลิ้น (Tongue) ลิ้นของสัตว์ทั่วไปจะมีปุ่มรับรส มีหน้าที่ตวัดอาหารและคลุกเคล้าอาหาร

ภายในปากมีต่อมสำหรับผลิตน้ำย่อย Ptyalin หรือ Amylase ออกมาช่วยย่อยอาหารพวกคาร์โบไฮเดรต และมีต่อมน้ำลาย (Salivary gland) ซึ่งมีอยู่ 3 คู่ ทำหน้าที่ผลิตน้ำลาย (Saliva) ออกมาช่วยคลุกเคล้าอาหารให้สะดวกต่อการกลืนลงหลอดอาหาร

ไก่ไม่มีริมฝีปาก ไม่มีแก้ม ไม่มีฟัน ไก่จะใช้จอยปากในการจิกและฉีกอาหารเข้าปาก แล้วใช้ลิ้นช่วยตัวค้ำอาหารลงสู่หลอดอาหาร ภายในปากมีต่อมสำหรับผลิตน้ำย่อย Amylase ออกมาช่วยย่อยอาหารพวกคาร์โบไฮเดรต แค่มีบดบดน้อยมาก และมีต่อมน้ำลาย (Salivary gland) ทำหน้าที่ผลิตน้ำลาย (Saliva) ออกมาช่วยคลุกเคล้าอาหารให้สะดวกต่อการกลืน

สัตว์เคี้ยวเอื้องไม่มีขากรรไกรบนเหมือนสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมอื่น ๆ จึงไม่มีฟันบน การกินอาหารจึงอาศัยขากรรไกรและฟันล่างทำงานร่วมกับริมฝีปากและลิ้นเพื่อตัวค้ำอาหารเข้าปาก การเคลื่อนไหวของปากและการเคี้ยวของสัตว์เคี้ยวเอื้องแต่ละชนิดแตกต่างกันขึ้นกับลักษณะอาหารที่กิน ในปากมีต่อมน้ำลายซึ่งจะผลิตน้ำลายออกมาได้เป็นจำนวนมาก ในน้ำลายจะเป็นแหล่งไนโตรเจนด้วยคือยูเรียและมิวโคโพรตีน นอกจากนี้มี P และ Na ซึ่งจุลินทรีย์จะนำไปใช้ได้ นอกจากนี้ น้ำลายจะทำหน้าที่เป็น Buffer รักษาระดับ pH ในรูเมนและกระเพาะอื่น ๆ ต่อไป

ข) หลอดคอ (Pharynx)

หลอดคอกมีลักษณะเป็นหลอดปลายบนกว้าง ข้างล่างแคบ ผนังของคอหอยเป็นกล้ามเนื้อลาย มีเยื่อเมือกหุ้มไว้ ที่คอหอยมีต่อมน้ำเหลือง เรียกว่าต่อมทอนซิล (Tonsil) มีกลไกจัดระเบียบอาหารให้ผ่านหลอดอาหารและอากาศผ่านสู่กล่องเสียง

ค) หลอดอาหาร (Esophagus)

เป็นกล้ามเนื้อลายลักษณะเป็นท่อเริ่มต้นจากคอหอย (Pharynx) ด้านบนเป็นกล้ามเนื้อหูรูด หลอดอาหารนี้จะยืดขยายตัวได้มาก ผ่านทะเลาะกระดูกบังลม (Diaphragm) จนถึงกระเพาะจริง (Stomach, Proventriculus) สำหรับไก่จะขยายออกกลายเป็น กระเพาะพัก (Crop) ทำหน้าที่เป็นที่พักอาหารชั่วคราว เพื่อให้อาหารอ่อนตัวลงด้วยน้ำลายที่คลุกเคล้ามาจากปาก

ง) กระเพาะอาหาร (Stomach)

กระเพาะอาหารสุกรแบ่งออกเป็น ส่วน ๆ ได้ 4 ส่วน (ศึกษาเพิ่มเติม) นอกจากย่อยอาหารแล้วยังต้องเก็บอาหารด้วย ผนังด้านในของกระเพาะจะเป็นรอยพับเพื่อเพิ่มพื้นที่และเต็มไปด้วยเซลล์ที่จับน้ำย่อย น้ำย่อยประกอบด้วยเกลืออนินทรีย์ เมือก และกรดเกลือ (HCL) น้ำย่อยที่สำคัญในกระเพาะคือ

pepsinogen ซึ่งจะเปลี่ยนเป็น pepsin ในภายหลัง ทำหน้าที่ย่อยโปรตีนในอาหารและโปรตีนในนม เช่นเดียวกับ rennin

ในสัตว์ปีกเริ่มจาก กระเพาะพัก (Crop) เป็นส่วนปลายของหลอดอาหารใกล้กับ กระเพาะจริงซึ่งขยายตัวออกเป็นรูปกระเปาะ ทำหน้าที่เป็นที่พักอาหารชั่วคราวเพื่อให้อาหารอ่อนตัวลงด้วย น้ำลายที่คลุกเคล้ามาจากปาก

A) กระเพาะจริง (Proventriculus)

มีตำแหน่งอยู่ระหว่างปลายสุดของหลอดอาหารกับกระเพาะบด (Gizzard) ผนัง หนามาก ภายในมีต่อมสำหรับผลิตน้ำย่อย Pepsin ซึ่งจะย่อยอาหารพวกโปรตีน นอกจากนี้ยังมีการผลิต กรดไฮโดรคลอริก(Hydrochloric acid) ซึ่งช่วยให้การย่อยอาหารพวกโปรตีนเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ มากขึ้น

B) กระเพาะบด (Gizzard)

อยู่ถัดจากกระเพาะจริง ปลายข้างหนึ่งเปิดติดต่อกับลำไส้เล็ก ประกอบด้วย กล้ามเนื้อที่แข็งแรงช่วยให้มีกำลังบดย่อยอาหารให้มีขนาดเล็กลงทำให้สะดวกต่อการย่อยของน้ำย่อยใน อวัยวะส่วนต่อไป

C) กระเพาะ (Compound stomach)

ในสัตว์เคี้ยวเอื้องมี 4 กระเพาะ ได้แก่ กระเพาะผ้าจี๊รว (Rumen) รังผึ้ง (Reticulum) สามสิบกลีบ (Omasum) และกระเพาะแท้ (Abomasum) 3 กระเพาะแรกไม่มีน้ำย่อย ยกเว้น กระเพาะที่ 4 ที่ทำหน้าที่เหมือนกระเพาะแท้

กระเพาะรูเมนและเรติคิวลัมไม่ได้แยกจากกันอย่างสมบูรณ์เพียงแต่ทำงานต่างกันเท่านั้น โดยที่เรติคิวลัมจะมีหน้าที่เคลื่อนอาหารที่มีขนาดใหญ่ให้กลับไปยังรูเมน และส่งอาหารขนาดเล็กไปยังโอม่าซัม และไม่ให้สิ่งแปลกปลอมผ่านต่อไป ส่วนรูเมนจะทำหน้าที่หมักอาหารโดยจุลินทรีย์และส่งอาหาร บางส่วนกลับออกไปเคี้ยวเอื้อง กระเพาะสามสิบกลีบทำหน้าที่ดูดซึมน้ำและโภชนาบางตัวออกจากอาหารทำ ให้อาหารเล็กและชื้นพอที่จะส่งไปยังกระเพาะที่สี่หรือกระเพาะแท้ซึ่งทำหน้าที่เหมือนกระเพาะแท้ของสัตว์ อื่น ๆ เอนไซม์ของร่างกายสัตว์ที่ขับเข้าสู่บริเวณนี้นอกจากย่อยอาหารแล้วยังทำหน้าที่ย่อยจุลินทรีย์ที่ตาย ด้วย ทำให้สัตว์ได้รับกรดอะมิโนตลอดจนวิตามินต่าง ๆ จากซากเซลล์จุลินทรีย์

ในลูกวัวที่ยังกินนมเป็นอาหารหลัก สามกระเพาะแรกจะยังไม่ทำงาน อาหารจะไหลตรงไปยังกระเพาะที่สี่เพื่อย่อยและดูดซึม และส่งต่อไปยังลำไส้เล็กต่อไป น้ำย่อยในกระเพาะในช่วงนี้เป็นน้ำย่อยจากตัวสัตว์เอง เมื่อลูกโคเริ่มกินอาหารแข็ง กระเพาะทั้งสามจะเริ่มขยายใหญ่ขึ้นและเริ่มทำงาน ยิ่งทำให้ลูกวัวกินอาหารแข็งเร็วเท่าใดลูกวัวจะได้ลดการกินนมเร็วเท่านั้น จุลินทรีย์สำหรับตัวลูกวัวมีอยู่ในธรรมชาติจากอาหารที่กินและจากการเลียตัวแม่

ค) ลำไส้เล็ก (Small intestine)

ลำไส้เล็กแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ลำไส้เล็กตอนต้น (Duodenum) ส่วนกลาง (Jejunum) และส่วนปลาย (Ileum) หน้าที่ของลำไส้เล็กคือ ย่อยและดูดซึมอาหารที่ย่อยแล้วเข้าสู่กระแสเลือด ซึ่งลำไส้เล็กส่วนต้นจะมีบทบาทมากที่สุดเพราะจะมีติ่งยื่นออกมาเรียก Villi เพื่อเพิ่มพื้นที่ผิว

ในช่วง 2-3 วันแรกคลอดลูกสัตว์จะมีผนังลำไส้ที่สามารถดูดซึมโปรตีนตามธรรมชาติได้ดียิ่ง จึงเป็นช่วงที่สัตว์สามารถถ่ายทอดภูมิคุ้มกันจากแม่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (γ -globulin) ผ่านทางน้ำนมสู่ลูกที่เกิดใหม่ และความสามารถนี้จะลดลงอย่างรวดเร็ว การทำงานของเอนไซม์เปปซิน แอลฟาอิมิลเลส มอลเทส และซูเครส จะมีบทบาทน้อย ในขณะที่เอนไซม์แลคเตสจะมีบทบาทสูงและค่อย ๆ ลดบทบาทการทำงานลง เมื่อสัตว์โตขึ้นเรื่อย ๆ จนโตเต็มวัย

ง) ไส้ติ่ง (Cecum , Ceca)

อยู่ตรงรอยต่อระหว่างลำไส้ใหญ่กับลำไส้เล็ก สัตว์ทั่วไปจะมีเพียงข้างเดียว ในสัตว์ที่กินหญ้าเป็นอาหารไส้ติ่งจะมีขนาดใหญ่และช่วยในการหมักอาหาร ในไก่ไส้ติ่งมีลักษณะเป็นถุงคู่ยาวประมาณ 6 นิ้ว แยกออกสองข้างภายในจะมีของเหลวและอาหารที่ยังไม่ย่อย หน้าที่ที่แท้จริงยังไม่ทราบชัด เพราะสามารถตัดทิ้งได้โดยไม่ทำให้เกิดผลเสียแก่ร่างกาย การย่อยอาหารในส่วนนี้เกิดขึ้นโดยการหมักของจุลินทรีย์ (Fermentation) ทำให้กากอาหารที่ถูกขับถ่ายออกมาจากในส่วนนี้มีกลิ่นเหม็น

จ) ลำไส้ใหญ่ (Large intestine)

ลำไส้ใหญ่แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ Colon กับ Rectum อยู่ระหว่างลำไส้เล็กกับส้วทวารหนัก มีขนาดใหญ่กว่าลำไส้เล็กประมาณ 2 เท่า ในสัตว์ที่กินหญ้าเป็นอาหารลำไส้ใหญ่จะยาวกว่าสัตว์กินเนื้อเพราะในช่วงนี้ยังคงมีการหมักและดูดซึมอาหารได้อีกเล็กน้อย ลำไส้ใหญ่ทำหน้าที่หลักคือรับกากอาหารจากลำไส้เล็กส่งไปยังส้วทวารหนัก และทำหน้าที่ดูดซึมน้ำกลับ ในไก่มีขนาดใหญ่กว่าลำไส้เล็กประมาณ 2 เท่า มีความยาวประมาณ 4-5 นิ้ว

ในสัตว์เคี้ยวเอื้อง ก็แบ่งออกเป็นสองส่วน ทำหน้าที่ดูดซึมน้ำ และให้จุลินทรีย์ย่อยอาหารพวกเชื้อโพรทิสไป และยังมีสารสังเคราะห์วิตามิน จุลินทรีย์สังเคราะห์วิตามินบีรวมและวิตามินเค มากน้อยตามระดับวิตามินที่มีในอาหาร วิตามินบี 12 จะสังเคราะห์ได้เมื่อในอาหารมีธาตุ Co อยู่ด้วย เพราะ Co เป็นส่วนประกอบสำคัญของบี 12

ฉ) ส้วงทวารหนัก (Cloaca)

ส้วงทวารหนักเป็นท่อทางเดินอาหารที่ขยายขนาดขึ้นในไก่ ซึ่งเป็นทางร่วมระหว่างอุจจาระจากลำไส้ใหญ่ ปัสสาวะจากไต ไช้จากท่อนำไข่และน้ำเชื้อและน้ำเชื้อจากท่อสุจิ สิ่งต่าง ๆ เหล่านี้จะผ่านส้วงทวารหนักไปสู่ทวารหนัก

ช) ทวารหนัก (Anus)

ทวารหนักประกอบด้วยกล้ามเนื้อหูรูด เป็นส่วนปลายสุดของท่อทางเดินอาหาร ทำหน้าที่ปล่อยสิ่งต่าง ๆ ที่ผ่านส้วงทวารหนักออกไปสู่นอกร่างกาย ในไก่ก่อนถึงทวารหนักจะเป็นส้วงทวารหนัก (Cloaca) เป็นท่อทางเดินอาหารที่ขยายขนาดขึ้น ซึ่งเป็นทางร่วมระหว่างอุจจาระจากลำไส้ใหญ่ ปัสสาวะจากไต ไช้จากท่อนำไข่และน้ำเชื้อจากท่อสุจิ สิ่งต่าง ๆ เหล่านี้จะผ่านส้วงทวารหนักไปสู่ทวารหนัก

4.1.2 อวัยวะประกอบระบบย่อยอาหาร

เป็นอวัยวะที่มีหน้าที่ช่วยในการย่อยอาหาร โดยที่อาหารซึ่งสัตว์กินเข้าไปไม่ได้ผ่านอวัยวะเหล่านี้โดยตรง ประกอบด้วยอวัยวะต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

ก) ตับ (Liver)

มี 2 ชิ้น ในไก่จะอยู่ข้างกึ่งกับบ่วงลำไส้เล็ก เป็นที่สร้างน้ำดีซึ่งมีสีเขียว มีฤทธิ์เป็นด่าง นอกจากนี้ตับยังมีหน้าที่กักสำรองอาหารที่ย่อยแล้วก่อนผ่านเข้าสู่กระแสเลือด เป็นที่เก็บ glycogen หรือแป้งในสัตว์ และเป็นที่ย่อยสลายโปรตีนให้เป็นกรดอะมิโน รวมทั้งจากสิ่งต่าง ๆ อีก เพื่อให้สะดวกต่อการขับถ่ายของไต

ข) ตับอ่อน (Pancreas)

มีลักษณะเป็นแผ่นเล็กเรียวยาว ในไก่อยู่ที่บ่วงลำไส้เล็กทำหน้าที่สร้างน้ำย่อย Amylase , Trypsin , และ Lipase ส่งไปยังลำไส้เล็กส่วนต้น เพื่อย่อยอาหารพวกแป้ง โปรตีน และไขมัน นอกจากนี้ตับอ่อนยังสร้างฮอร์โมน Insulin ซึ่งเป็นฮอร์โมนที่ช่วยรักษาระดับของการใช้ประโยชน์จากน้ำตาล (Sugar metabolism)

ค) ถุงน้ำดี (Gall bladder)

ทำหน้าที่เก็บน้ำดีที่สร้างขึ้นโดยตับ แล้วส่งไปช่วยย่อยอาหารในลำไส้เล็กส่วนต้น โดยทำให้อาหารไขมันเกิดการแตกตัว ทำให้การย่อยอาหารไขมันเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

ง) ม้าม (Spleen)

มีลักษณะเป็นก้อนกลมสีน้ำตาลแกมแดง ทำหน้าที่แยกเม็ดเลือดแดงที่เสีย เป็นที่เก็บธาตุเหล็กและเม็ดเลือดเสียในตัวไก่ หน้าที่ที่เกี่ยวข้องกับระบบย่อยอาหารนั้นยังไม่ทราบแน่ชัด

4.2 การย่อยอาหาร

การย่อยอาหาร (Digestion) คือ กระบวนการที่อาหารถูกเปลี่ยนแปลงในทางเดินอาหารจากสารโมเลกุลใหญ่ให้มีโมเลกุลขนาดเล็กลง เพื่อจะได้ดูดซึมผ่านผนังลำไส้เข้าไปในน้ำเลือดและน้ำเหลืองได้ การเคลื่อนย้ายโภชนาที่มีโมเลกุลขนาดเล็กที่ผ่านการย่อยแล้วเข้าสู่ น้ำเลือดและน้ำเหลืองเรียกว่า การดูดซึม (Absorption) การย่อยอาหารจะมีกระบวนการต่าง ๆ 3 วิธีคือ 1) การย่อยทางวิธีกล (mechanical method) ได้แก่ การเคี้ยว การบดอัดกล้ามเนื้อ 2) การย่อยทางเคมี (chemical method) ได้แก่ การย่อยของน้ำย่อยในกระเพาะอาหารและลำไส้เล็กโดยน้ำย่อย 3) การย่อยทางจุลินทรีย์ (microbial action) ได้แก่ การย่อยที่เกิดที่กระเพาะรวม ลำไส้ใหญ่หรือไส้ติ่งของสัตว์ โดยการกระทำของจุลินทรีย์และโปรโตซัว

4.2.1 เอนไซม์ที่สำคัญที่เกี่ยวข้องกับการย่อยอาหารในร่างกายสัตว์

เอนไซม์ที่ทำหน้าที่ในสัตว์ต่าง ๆ ส่วนใหญ่จะมีแหล่งผลิตและหน้าที่ที่เหมือนกัน (ตารางที่ 4.1)

ตารางที่ 4.1 เอนไซม์ที่สำคัญที่เกี่ยวข้องกับการย่อยอาหารในร่างกายสัตว์

ชนิดเอนไซม์	แหล่งผลิต	สารที่ถูกย่อย	บริเวณที่ทำงาน	ผลที่ได้จากการย่อย
น้ำย่อยคาร์โบไฮเดรต				
Salivary amylase	ต่อมน้ำลาย	แป้ง, โกลโคเจน	ปาก	มอลโทส
Pancreatic amylase	ตับอ่อน	แป้ง	ลำไส้เล็กส่วนต้น	มอลโทส
Maltase	ลำไส้เล็ก	มอลโทส	ลำไส้เล็กส่วนต้น	กลูโคสและกลูโคส
Lactase	ลำไส้เล็ก	แลคโตส	ลำไส้เล็กส่วนต้น	กลูโคสและกาแลคโตส
Sucrase	ลำไส้เล็ก	ซูโครส	ลำไส้เล็กส่วนต้น	กลูโคสและฟรุกโตส
น้ำย่อยไขมัน				
Salivary Lipase	ต่อมน้ำลาย	ไตรกลีเซอไรด์		กรดไขมันอิสระ
Pancreatic Lipase	ตับอ่อน	โมโนกลีเซอไรด์, กรดไขมัน	ลำไส้เล็กส่วนต้น	กรดไขมันอิสระ/กลีเซอไรด์
น้ำย่อยโปรตีน				
Pepsin	กระเพาะอาหาร	เปปซินโนเจน (โปรตีน)	กระเพาะอาหาร	พอลิเปปไทด์
Renin	กระเพาะอาหาร	ช่วยทำให้นมที่เป็นลิม	กระเพาะอาหาร	แคลเซียมเคซิเนต
Trypsin	ตับอ่อน	พอลิเปปไทด์ (โปรตีน)	ลำไส้เล็กส่วนต้น	เปปไทด์ขนาดสั้น
Chymotrypsin	ตับอ่อน	ไคโมทริปซินโนเจน (โปรตีน)	ลำไส้เล็กส่วนต้น	กรดอะมิโน
Carboxypeptidase	ตับอ่อน	พอลิเปปไทด์, กรดอะมิโน	ลำไส้เล็กส่วนต้น	กรดอะมิโน
Aminopeptidase	ลำไส้เล็ก	ไคโมเปปไทด์ (โปรตีน)	ลำไส้เล็กส่วนต้น	เปปไทด์, กรดอะมิโน
Dipeptidase	ลำไส้เล็ก	ไคโมเปปไทด์	ลำไส้เล็กส่วนต้น	กรดอะมิโน
Nuclease	ตับอ่อน	RNA, DNA	ลำไส้เล็กส่วนต้น	นิวคลีโอไทด์
Nucleotidase	ลำไส้เล็ก	นิวคลีโอไทด์	ลำไส้เล็กส่วนต้น	พิวรีน/ไพริมิดีน/น้ำตาลเพนโตส
Deoxyribonuclease	ตับอ่อน	ดี.เอ็น.เอ. (โปรตีน)	ลำไส้เล็กส่วนต้น	พิวรีน/ไพริมิดีน/น้ำตาลเพนโตส
Phosphatase	ลำไส้เล็ก	นิวคลีโอไทด์ (ในน้ำตาล)	ลำไส้เล็กส่วนต้น	พิวรีน/ไพริมิดีน/น้ำตาลเพนโตส
Enterokinase	ลำไส้เล็ก	เปลี่ยนทริปซินโนเจนที่ใช้งานไม่ได้	ลำไส้เล็กส่วนต้น	เป็นเปปซินที่ใช้งานได้

ที่มา: ปรับปรุงจากกรมอาชีวศึกษา (2535)

4.3 การย่อยอาหารของไก่

ก่อนที่สัตว์จะสามารถใช้ประโยชน์จากอาหารได้ จะต้องผ่านขบวนการย่อยอาหาร ในเบื้องต้นจะย่อยอาหารที่มีโมเลกุลใหญ่ ๆ เช่น โปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต โดยขบวนการเกิดจะเกิดโดยมีน้ำร่วมอยู่ด้วย ซึ่งจะทำให้เกิดการขยายตัวของสาร ในขบวนการย่อยนั้นขบวนการที่สำคัญที่สุด คือ การรวมกับน้ำ (Hydrolysis)

อวัยวะการย่อยอาหารของไก่แตกต่างไปจากสัตว์อื่น ๆ หลายประการ ไก่ไม่มีฟัน แต่มีจอยปากแหลมใช้จิกอาหาร ไก่มีลิ้นปลายแหลมและแยกเป็นสองแฉกทางด้านหลังสำหรับใช้จิกอาหาร และส่งอาหารไปยังลำคอและหลอดอาหาร ซึ่งหลอดอาหารมีขนาดใหญ่ และตอนล่างของหลอดอาหารขยายใหญ่เป็นถุงใช้สำหรับเป็นที่พักอาหาร เรียกระเพาะพัก (Crop) มีต่อมขับน้ำเมือกเพื่อให้อาหารเปียก และอ่อนนุ่ม ขณะที่อาหารอยู่ในกระเพาะพักจะเกิดการหมักจากการกระทำของจุลินทรีย์ กระเพาะพักจะส่งอาหารเข้าไปในกระเพาะหน้า (Proventriculus) ซึ่งทำหน้าที่เหมือนกระเพาะจริงของสัตว์อื่น ๆ คือมีการหลั่งน้ำย่อยกระเพาะ ถัดจากกระเพาะหน้าเป็นกระเพาะหลัง หรือกระเพาะบด หรือกิน (Gizzard) ซึ่งประกอบด้วยกล้ามเนื้อแข็งและหนาเป็นแถบ ไม่มีต่อมขับน้ำย่อย มีกรวด (Grit) อยู่ภายในเพื่อทำหน้าที่บดแทนฟัน อาหารที่ยังหยาบอยู่ เช่น เมล็ดพืช จะถูกบดให้ละเอียดก่อนที่จะถูกส่งเข้าลำไส้เล็ก กรวดจะอยู่ในก้นจนกระทั่งสึกจนเรียบและมีขนาดเล็กก็จะผ่านออกไปจากก้นไปยังลำไส้เล็ก

ลำไส้เล็กเป็นส่วนสำคัญในการย่อยอาหารของไก่ อาหารจำพวกแป้งจะเริ่มถูกย่อยที่ปากเรื่อยไปจนถึงกระเพาะพัก และถูกย่อยโดยสมบูรณที่ลำไส้เล็ก ผลผลิตขั้นสุดท้ายของการย่อยแป้งจะได้กลูโคสซึ่งถูกดูดซึมในส่วนลำไส้เล็ก น้ำตาลพวก Disaccharides ได้แก่ Maltose และ Lactose ถูกย่อยเป็นน้ำตาลอย่างง่ายในลำไส้เล็ก

ไขมัน ถูกย่อยในลำไส้เล็ก การย่อยไขมันจำเป็นต้องอาศัยน้ำดี ซึ่งผลิตจากตับ แล้วเก็บอยู่ที่ถุงน้ำดี เอนไซม์ Lipase จากตับอ่อนจะย่อย Triglycerides ให้เป็น Fatty acid และ Monoglycerides

เอนไซม์ที่ใช้ในการย่อยโปรตีนมีมาก เพราะเอนไซม์แต่ละตัวมีความจำเพาะต่อการ Hydrolyze ในโมเลกุลของโปรตีน

การย่อยโดยเอนไซม์ในระบบทางเดินอาหาร จะเปลี่ยนแปลงไปได้โดยขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความเป็นกรดต่างของร่างกาย ในการย่อยโปรตีนในห้องปฏิบัติการต้องใช้เวลาหลาย ๆ ชั่วโมงในการต้มกับกรด ในขณะที่การย่อยในร่างกายใช้เวลาที่สั้นกว่า

ตอนที่ลำไส้เล็กต่อกับลำไส้ใหญ่มีไส้ติ่ง (Ceca) ขนาดใหญ่กว่าธรรมดา 2 อัน เป็นอวัยวะที่ช่วยดูดซึมน้ำและย่อยเยื่อใยแต่ไม่มีความสำคัญในไก่ ซึ่งปกติจะกินอาหารที่มีเยื่อใยต่ำ เช่นอาหารขี้้น ลำไส้ใหญ่มีขนาดโตแต่สั้นมาก ต่อไปอาหารจะเปิดออกทางทวารหนัก

4.4 การย่อยอาหารของสุกร

ในช่วง 2-3 วันแรกคลอดลูกสุกรจะมีผนังลำไส้ที่สามารถดูดซึมโปรตีนตามธรรมชาติได้ดียิ่ง จึงเป็นช่วงที่สุกรสามารถถ่ายทอดภูมิคุ้มกัน (γ -globulin) จากแม่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผ่านทางน้ำนมสู่ลูกที่เกิดใหม่ และความสามารถนี้จะลดลงอย่างรวดเร็ว การทำงานของเอนไซม์เปปซิน แอลฟาอะไมเลส มอลเทส และซูเครส จะมีบทบาทน้อย ในขณะที่เอนไซม์แลคเตสจะมีบทบาทสูง และค่อย ๆ ลดบทบาทการทำงานลง เมื่อสัตว์โตขึ้นเรื่อย ๆ จนโตเต็มวัย

น้ำลายสุกรมีเอนไซม์ไทอะลินหรือแอลฟาอะไมเลส ทำให้อาหารถูกย่อยในปากเป็นอย่างมาก แต่อาหารจะถูกกลืนอย่างรวดเร็วลงสู่กระเพาะ ซึ่ง pH ในกระเพาะไม่เหมาะแก่การย่อยแป้ง แต่อะไมเลสส่วนหนึ่งจะยังทำหน้าที่ได้บ้างในกระเพาะ ก่อนที่อาหารจะถูกคลุกเคล้ากับน้ำย่อยกระเพาะอย่างทั่วถึง

กระเพาะอาหารสุกรนอกจากย่อยอาหารแล้วยังต้องเก็บอาหารด้วย ผนังด้านในของกระเพาะจะเป็นรอยพับเพื่อเพิ่มพื้นที่และเต็มไปด้วยเซลล์ที่ขับน้ำย่อย น้ำย่อยประกอบด้วยเกลืออนินทรีย์ เมือก และกรดเกลือ น้ำย่อยที่สำคัญในกระเพาะคือ pepsinogen ซึ่งจะเปลี่ยนเป็น pepsin ในภายหลัง ทำหน้าที่ย่อยโปรตีนในอาหารและโปรตีนในนมเช่นเดียวกับ rennin ซึ่งเป็นน้ำย่อยที่พบมากในลูกสัตว์อ่อน ลูกโคและลูกสัตว์เคี้ยวเอื้องอื่น ๆ รวมทั้งลูกสุกรและทารกด้วย สัตว์กระเพาะเคี้ยวอื่น ๆ ไม่มีเอนไซม์ชนิดนี้ เอนไซม์นี้จะทำให้โปรตีนในนมที่เรียกว่า casein เปลี่ยนเป็นรูปลิ่ม ซึ่งจะทำให้ผ่านกระเพาะช้าลง จนทำให้ pepsin ได้ย่อยโปรตีนนี้ได้นานขึ้น

ในลำไส้เล็กจะมีติ่งยื่นออกมาเรียก Villi เพื่อเพิ่มพื้นที่ผิว น้ำย่อยที่ถูกขับเข้ามามี 4 ชนิด คือ Duodenal juice ผลิตจากผนังลำไส้เล็กมีฤทธิ์เป็นด่างเพื่อทำหน้าที่ปรับ pH ของอาหาร

Bile salt ผลิตที่ตับเก็บไว้ที่ถุงน้ำดีเพื่อทำหน้าที่กระตุ้นเอนไซม์ไลเปส และทำให้ไขมันมีขนาดเล็กลงเพื่อเอนไซม์จะได้เข้าย่อยสะดวกขึ้น

Pancreatic juice ได้แก่ Proenzyme , Trypsinogen , Chymotrypsinogen , Procarboxypeptidase , ∞ -amylase , Lipase , Lecithinase , Nuclease

Succus entericus (น้ำย่อยที่หลั่งจากลำไส้เล็ก) ผลิตในลำไส้เล็กประกอบด้วยเอนไซม์ย่อยคาร์โบไฮเดรตและโปรตีน เช่น Sucrase , Maltase , Lactase , Aminopeptidase , และ Dipeptidase

การย่อยในลำไส้ใหญ่ อาหารที่ย่อยแล้วจะถูกซึมที่ลำไส้เล็กเป็นส่วนใหญ่ ส่วนกากจะถูกส่งต่อมายังลำไส้ใหญ่ กากพวกนี้เป็นส่วนที่ทนต่อน้ำย่อยอื่น ๆ ได้แก่ Cellulose เช่น กระดาษ ฟ้าย , Hemicellulose เช่น ผิวเมล็ดถั่ว ในฝัก (Hemicellulose ย่อยง่ายกว่า Cellulose แต่ยากกว่าแป้ง) ส่วน Mucilace และ Gum ซึ่งเป็นส่วนของเปลือกไม้ ไม่มีน้ำย่อย หรือจุลินทรีย์ชนิดไม่ใช้ออกซิเจนที่อยู่ในร่างกายย่อยได้ แต่รา และจุลินทรีย์ในอากาศสามารถย่อยจนสลายเน่าเปื่อยได้) ต่อมาที่ฝังอยู่ในผนังลำไส้ส่วนใหญ่จะขับแต่เยื่อเมือก ดังนั้นการย่อยที่ลำไส้ใหญ่จึงมีแต่น้ำย่อยที่ติดมากับอาหารจากลำไส้เล็ก และจุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหาร

อาหารพวกโปรตีนเมื่อถูกย่อยโดยจุลินทรีย์จะได้เป็น Indole , Skatole , Phenole , Hydrogen sulfide (สารเหล่านี้ทำให้เกิดกลิ่นเหม็น) กรดไขมัน และกรดอะมิโนชนิดต่าง ๆ

ผลจากการย่อยแป้งหรือเยื่อใยของจุลินทรีย์จะได้กรดไขมันระเหยได้ (Volatile fatty acid) ได้แก่ Acetic Propionic และ Butyric เป็นหลัก จะไม่ได้น้ำตาล การย่อยอาหารเยื่อใยในม้าจะทำให้ดีที่สุดในสุกร นอกจากนี้การหมักจุลินทรีย์ในลำไส้ใหญ่ยังเกิดการสังเคราะห์วิตามินบี และถูกดูดซึมทันทีที่ลำไส้ใหญ่

4.5 การย่อยอาหารในสัตว์เคี้ยวเอื้อง

เริ่มจากปาก ปากของสัตว์เคี้ยวเอื้องไม่มีขากรรไกรบนเหมือนสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมอื่น ๆ จึงไม่มีฟันบน การกินอาหารจึงอาศัยขากรรไกรและฟันล่างทำงานร่วมกับริมฝีปากและลิ้นเพื่อตัวอาหารเข้าปาก การเคลื่อนไหวของปากและการเคี้ยวของสัตว์เคี้ยวเอื้องแต่ละชนิดแตกต่างกันขึ้นกับลักษณะอาหารที่กิน ในปากมีต่อมน้ำลายซึ่งจะผลิตน้ำลายออกมาได้เป็นจำนวนมาก ในน้ำลายจะเป็นแหล่งไนโตรเจนด้วยคือยูเรียและมิวโคโปรตีน นอกจากนี้มี P และ Na ซึ่งจุลินทรีย์จะนำไปใช้ได้ นอกจากนี้ น้ำลายจะทำหน้าที่เป็น Buffer รักษาระดับ pH ในรูเมนและกระเพาะอื่น ๆ ต่อไป

กระเพาะ สัตว์เคี้ยวเอื้องมี 4 กระเพาะ ได้แก่ กระเพาะผ่าจี่วัว (Rumen) รั้งผึ่ง (Reticulum) สามสิบกลีบ (Omasum) และกระเพาะแท้ (Abomasum) 3 กระเพาะแรกไม่มีน้ำย่อย ยกเว้นกระเพาะที่ 4 ที่ทำหน้าที่เหมือนกระเพาะแท้

กระเพาะรูเมนและเรติคิวลัมไม่ได้แยกจากกันอย่างสมบูรณ์เพียงแต่ทำงานต่างกันเท่านั้น โดยที่เรติคิวลัมจะมีหน้าที่เคลื่อนอาหารที่มีขนาดใหญ่ให้กลับไปยังรูเมน และส่งอาหารขนาดเล็กไปยังโอมาสัม และ

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2563 ประเภทวิชาเกษตรกรรม สาขาวิชาสัตวศาสตร์

Principles of Animal Nutrition 30503-2002

ไม่ให้สิ่งแปลกปลอมผ่านต่อไป ส่วนรูเมนจะทำหน้าที่หมักอาหารโดยจุลินทรีย์และส่งอาหารบางส่วนกลับออกไปเคี้ยวเอื้อง กระเพาะสามลิบกลีบทำหน้าที่ดูดซึมน้ำและโภชนบางตัวออกจากอาหารทำให้อาหารเล็กและชื้นพอที่จะส่งไปยังกระเพาะที่สี่หรือกระเพาะแท้ซึ่งทำหน้าที่เหมือนกระเพาะแท้ของสัตว์อื่น ๆ เอนไซม์ของร่างกายสัตว์ที่จับเข้าสู่บริเวณนี้นอกจากย่อยอาหารแล้วยังทำหน้าที่ย่อยจุลินทรีย์ที่ตายด้วย ทำให้สัตว์ได้รับกรดอะมิโนตลอดจนวิตามินต่าง ๆ จากซากเซลล์จุลินทรีย์

ในลูกวัวที่ยังกินนมเป็นหลัก สามกระเพาะแรกจะยังไม่ทำงาน อาหารจะไหลตรงไปยังกระเพาะที่สี่เพื่อย่อยและดูดซึม และส่งต่อไปยังลำไส้เล็กต่อไป น้ำย่อยในกระเพาะในช่วงนี้เป็นน้ำย่อยจากตัวสัตว์เอง เมื่อลูกโคเริ่มกินอาหารแข็ง กระเพาะทั้งสามจะเริ่มขยายใหญ่ขึ้นและเริ่มทำงาน ยิ่งทำให้ลูกวัวกินอาหารแข็งเร็วเท่าใดลูกวัวจะได้ลดการกินนมเร็วเท่านั้น จุลินทรีย์สำหรับตัวลูกวัวมีอยู่ในธรรมชาติจากอาหารที่กินและจากการเลียตัวแม่

การย่อยคาร์โบไฮเดรตของสัตว์เคี้ยวเอื้อง คาร์โบไฮเดรตที่สัตว์เคี้ยวเอื้องกินจะมีพวก Cellulose และ Hemicellulose ซึ่งเอนไซม์จากสัตว์ย่อยได้น้อยมากต้องอาศัยเอนไซม์จากตัวจุลินทรีย์เป็นตัวช่วยย่อย โดยอาศัยการหมักนั่นเอง ส่วนแป้งและน้ำตาลเอนไซม์จากตัวสัตว์สามารถย่อยได้เอง แต่ต้องกลายเป็นอาหารให้จุลินทรีย์เช่นกัน การย่อยหรือหมักคาร์โบไฮเดรตของจุลินทรีย์ขั้นสุดท้ายจะได้ Volatile fatty acid ได้แก่ Acetic, Propionic, Butyric, Valeric acid และแก๊สมีเทน และ คาร์บอนไดออกไซด์ และในระหว่างการหมักจะมีสาร Succinic และ Lactic acid ขึ้น มากน้อยตามสัดส่วนอาหารที่ได้รับ เช่น ถ้าสัตว์ได้รับหญ้ามากจะเกิด Acetic มากเป็นผลดีต่อนม ถ้าสัตว์ได้รับอาหารข้นมากจะเกิด Propionic มากเป็นผลดีต่อเนื้อ

กรดไขมันที่ระเหยได้จะถูกดูดซึมผ่านผนังรูเมนและผนังกระเพาะต่าง ๆ และผนังลำไส้เล็กทันทีที่เกิดขึ้นการย่อยโปรตีนของสัตว์เคี้ยวเอื้อง จุลินทรีย์ช่วยย่อยโปรตีนและสารประกอบ NPN (Non-protein nitrogen) ได้เป็น Peptide, Amino acid กรดอะมิโนจะถูกย่อยสลายต่อให้แก๊สแอมโมเนีย (NH_3) กรดอินทรีย์ และคาร์บอนไดออกไซด์ แอมโมเนียที่เกิดขึ้นส่วนหนึ่งจะถูกจับเพื่อไปสร้างเซลล์ อีกส่วนหนึ่งจะถูกดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือด (ถ้ามีปริมาณมากอาจเป็นอันตรายต่อสัตว์ได้) ไปยังตับ ตับจะเปลี่ยนให้เป็นยูเรียเพื่อขับออกทางไต ยูเรียบางส่วนถูกส่งไปยังต่อมน้ำลาย และถูกขับออกมาพร้อมกับน้ำลายคลุกเคล้ากับอาหารใหม่

การย่อยไขมันในสัตว์เคี้ยวเอื้อง ไขมันในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องส่วนมากจะมีลักษณะนุ่ม และเป็นกรด Linoleic, Linolenic มาก แต่จะเกิดขบวนการ Hydrogenation ของกรดไขมันไม่อิ่มตัวจากการหมัก

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2563 ประเภทวิชาเกษตรกรรม สาขาวิชาสัตวศาสตร์

Principles of Animal Nutrition 30503-2002

ของจุลินทรีย์ ทำให้ได้กรดไขมันอิ่มตัว คือ Stearic acid ไขมันจึงมีลักษณะแข็งกว่าไขมันสัตว์กระเพาะเดี่ยวที่กินหญ้าเป็นอาหาร ตามปกติสูตรอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องจะมีไขมันประกอบอยู่ต่ำ เนื่องจากไขมันไปชะงักการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

การสังเคราะห์วิตามิน จุลินทรีย์สังเคราะห์วิตามินบีรวมและวิตามินเค มากน้อยตามระดับวิตามินที่มีในอาหาร วิตามินบี 12 จะสังเคราะห์ได้เมื่อในอาหารมีธาตุ Co อยู่ด้วย เพราะ Co เป็นส่วนประกอบสำคัญของบี 12

4.6 การดูดซึมโภชน (Absorption)

ในสัตว์มีการดูดซึมที่กระเพาะน้อยมาก (ในสัตว์กระเพาะรวมมีการดูดซึมที่กระเพาะรูเมนด้วย) โภชนส่วนใหญ่จะถูกดูดซึมที่ลำไส้เล็ก ในสัตว์กระเพาะเดี่ยวที่ Cecum และ Colon ทำงานได้ดี มีบ้างที่โปรตีนและกรดอะมิโนอาจจะถูกดูดซึมในส่วน Cecum และ Colon แต่ส่วนใหญ่การดูดซึมในลำไส้ใหญ่จะดูดซึมเฉพาะน้ำ และสารอิเล็กโทรไลต์ (สารประกอบอาหารที่มีประจุไฟฟ้า บวกหรือลบอยู่ด้วย)

ลำไส้เล็กจึงเป็นอวัยวะที่สำคัญในการดูดซึมโภชนที่ย่อยแล้ว โดยลักษณะที่ปรับตัวพิเศษ สำหรับการดูดซึมเพราะมีการเพิ่มพื้นที่ผิวโดยเป็นรอยหยักและมีวิลไล (Villi) อยู่ กลไกของการดูดซึมโภชนมีหลายชนิดขึ้นอยู่กับขนาดทางกายภาพของอนุภาค

4.6.1 คุณสมบัติทางเคมีของโภชนและตำแหน่งที่ดูดซึมแยกได้ดังนี้

4.6.1.1 Passive transport หรือ Simple diffusion หรือการแพร่ เป็นกลไกที่โมเลกุลในสารละลาย 2 ชนิด (อาจเป็นแก๊ส ของเหลว หรือของแข็ง) ถูกกั้นด้วยเนื้อเยื่อผนังเซลล์ซึ่งยอมให้สารบางอย่างซึมผ่านได้ โดยสารที่อยู่นอกเซลล์มีความเข้มข้นทางเคมีหรือประจุสูงกว่าสารละลายที่อยู่ในเซลล์ การ diffusion จึงเกิดขึ้น อย่างช้า ๆ อัตราการดูดซึมมากขึ้นกับขนาด รูปร่าง ประจุ จนกระทั่งสารละลายทั้งสองด้านเท่ากัน (ส่วน osmosis เป็นกลไกที่สารละลาย 2 ชนิด มีความเข้มข้นไม่เท่ากัน ถูกกั้นด้วยเนื้อเยื่อที่เลือกให้สารซึมผ่าน การเคลื่อนที่เป็นเพียงด้านเดียว เกิดที่ใดก็ได้)

4.6.1.2 Active transport ในขบวนการ diffusion ไม่มีพลังงาน แต่ขบวนการนี้โภชนหลายชนิดสามารถเคลื่อนย้ายข้ามผนังเซลล์สวนทางกับความเข้มข้นของสาร ซึ่งต้องมีพลังงานเข้ามาช่วย ส่วนใหญ่เป็นการเคลื่อนที่ในรูปของประจุไฟฟ้า

4.6.1.3 Pinocytosis หรือ Cell drinking เป็นขบวนการที่เซลล์สามารถจะกลืนโมเลกุลขนาดใหญ่ในสารละลาย ขบวนการนี้มีความสำคัญมากในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมแรกเกิด เป็นวิธีที่ภูมิคุ้มโรค (immunoglobulin) ในต่อมน้ำเหลืองถูกดูดซึม

4.7 การขนส่งโภชน

เมื่อโภชนถูกย่อยและถูกดูดซึม จะถูกขนส่งไปยังเนื้อเยื่อที่สัตว์ต้องการจะเก็บสะสม หรือไว้ใช้งาน ได้ 2 เส้นทาง คือ

4.7.1 การขนส่งทางเลือด

ส่วนใหญ่โภชนจากการย่อยที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำจะถูกดูดซึม และขนส่งเข้าสู่เลือด โภชนเหล่านี้ ได้แก่ น้ำ เกลือ กลิเซอรอล กรดไขมันที่มีความยาวโซ่คาร์บอนสั้น น้ำตาลmonosaccharide และวิตามิน โภชนเหล่านี้จะถูกดูดซึมเข้าไปใน capillary system (ระบบเส้นโลหิตฝอย) ของลำไส้เล็กไหลเข้าสู่ระบบเลือดดำของตับ และเข้าสู่ระบบเลือดดำหลัก (Posterior vena cava) ไปยังปอด และหัวใจต่อไป

4.7.2 การขนส่งทางน้ำเหลือง

ภายในเซลล์ mucosa ของลำไส้จะมี Lacteal (ต่อมน้ำเหลือง) อยู่ โภชนหลายชนิด เช่น cholesterol น้ำ กรดไขมันที่มีความยาวโซ่คาร์บอน และโปรตีนบางชนิด สารอาหารเหล่านี้จะผ่านจากผนังลำไส้เข้าสู่ Lacteal ภายใน Villi และเข้าสู่ท่อน้ำเหลือง (Lymph duct) ที่มีขนาดใหญ่ขึ้น และเข้าสู่ระบบเลือดส่วนหน้า (Thoracic duct) เข้าสู่หัวใจ

4.8 ลักษณะโภชนที่ดูดซึม

4.8.1 การดูดซึมคาร์โบไฮเดรต

การย่อยคาร์โบไฮเดรตในสัตว์กระเพาะเดี่ยวจะได้ monosaccharides พวก Hexose เช่น glucose , fructose , galactose , mannose เป็นต้น ส่วนน้ำตาล Pentose มีบ้าง แต่น้อย น้ำตาลเหล่านี้จะถูกดูดซึมผ่านผนังลำไส้เล็กที่ Jejunum เข้าสู่เลือดแล้วส่งต่อไปยังตับ น้ำตาลที่ไม่ใช่ glucose จะเปลี่ยนเป็น glucose ที่ตับ

4.8.2 การดูดซึมโปรตีน

การย่อยโปรตีนจะได้กรดอะมิโน จะถูกดูดซึมผ่านผนังลำไส้เล็กส่วน Duodenum และ Jejunum ส่วน Ileum จะดูดซึมได้ต่ำ ที่ผนังลำไส้เล็กของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมขณะคลอดใหม่มีความสามารถดูดซึม

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2563 ประเภทวิชาเกษตรกรรม สาขาวิชาสัตวศาสตร์

Principles of Animal Nutrition 30503-2002

โปรตีนบางชนิด เช่น γ -globulin ในน้ำนมเหลืองทั้งโมเลกุลได้โดย โดยขบวนการ Pinocytosis เข้าไปในระบบน้ำเหลือง แต่ความสามารถนี้จะหมดลงอย่างรวดเร็วใน 2-3 วัน หลังคลอด

4.8.3 การดูดซึมไขมัน

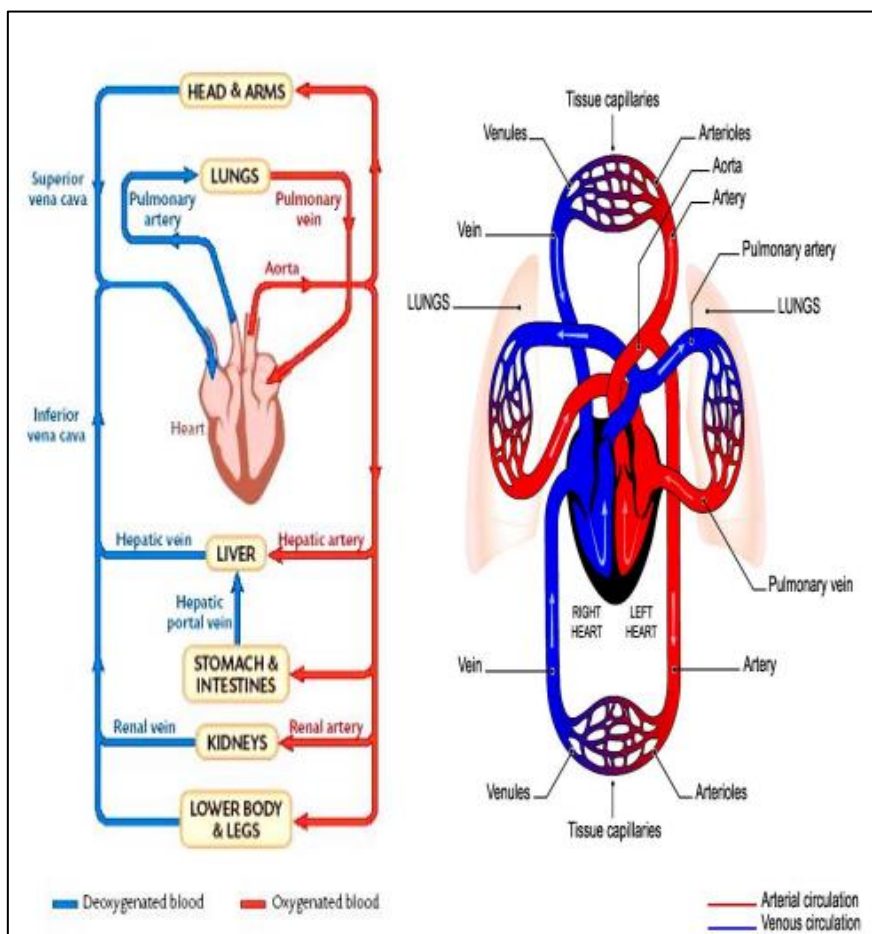
ไขมันส่วนใหญ่ถูกดูดซึมในลำไส้เล็ก ส่วน Jejunum อาหารไขมันหลังจากถูกย่อยในขั้นสุดท้ายจะได้กรดไขมันอิสระ monoglyceride , glycerol ,lysolecithin และ cholesterol พบว่ากรดไขมันที่อิ่มตัวดูดซึมได้ช้ากว่ากรดไขมันไม่อิ่มตัว (กรดไขมันไม่อิ่มตัวรวมตัวกับน้ำได้ดีกว่า) กรดไขมันที่มีความยาวโซ่คาร์บอนยาวดูดซึมได้ช้ากว่ากรดไขมันที่มีความยาวโซ่คาร์บอนสั้น

4.8.4 การดูดซึมวิตามิน

ส่วนใหญ่วิตามินจะถูกดูดซึมที่ลำไส้เล็กตอนบน ยกเว้นวิตามินบี 12 ถูกดูดซึมที่ Ileum วิตามินจะต้องอยู่ในรูปสารละลายก่อนจึงจะดูดซึมได้ วิตามินที่ละลายในไขมัน เช่น เอ ดี อี และ เค ถูกดูดซึมโดยรวมเป็นองค์ประกอบใน mixed micelle (การรวมตัวของสารที่ละลายในไขมัน) เมื่ออยู่ภายในเซลล์ของลำไส้เล็กจะรวมกับโปรตีน และผ่านเข้าสู่ระบบหมุนเวียนเลือดในรูป Lipoprotein วิตามินที่ละลายน้ำจะถูกดูดซึมโดย Simple diffusion การดูดซึมวิตามินบี 12 ต้องอาศัย intrinsic factor (สารพวกโปรตีนที่ผลิตที่กระเพาะมาทำหน้าที่ที่ Ileum) โดยเมื่อจับกันแล้วดูดซึมที่ ileum จากนั้นก็จะแยกจากกัน

4.8.5 การดูดซึมแร่ธาตุ

เกิดขึ้นตลอดทั้งลำไส้เล็กและลำไส้ใหญ่ อัตราการดูดซึมขึ้นกับหลายปัจจัย เช่น pH ตัวพา เป็นต้น กลไกการดูดซึมเป็นแบบ active transport และ simple diffusion ในสัตว์โตเต็มวัยการดูดซึมจะมีน้อยกว่าสัตว์อ่อน เมื่อสัตว์ป่วย เสียเลือด ตั้งครรภ์ ความต้องการแร่ธาตุเพิ่มขึ้น การดูดซึมจะเพิ่มขึ้น



ภาพที่ 4.5 การไหลเวียนของโลหิต ลำเลียงสารอาหาร

สรุป

ระบบการย่อยอาหารของแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนใหญ่ ๆ คือ ระบบท่อทางเดินอาหาร (Alimentary tract) และอวัยวะประกอบของระบบย่อยอาหาร (Accessory organs)

การย่อยอาหาร (Digestion) คือ กระบวนการที่อาหารถูกเปลี่ยนแปลงในทางเดินอาหารจากสารโมเลกุลใหญ่ให้มีโมเลกุลขนาดเล็กลง เพื่อจะได้ดูดซึมผ่านผนังลำไส้เข้าไปในน้ำเลือดและน้ำเหลืองได้ การเคลื่อนย้ายโภชนที่มีโมเลกุลขนาดเล็กที่ผ่านการย่อยแล้วเข้าสู่้ำเลือดและน้ำเหลืองเรียกว่า การดูดซึม (Absorption)

ลำไส้เล็กจึงเป็นอวัยวะที่สำคัญในการดูดซึมโภชนที่ย่อยแล้ว โดยลักษณะที่ปรับตัวพิเศษ สำหรับการดูดซึมเพราะมีการเพิ่มพื้นที่ผิวโดยเป็นรอยหยักและมีวิลไล (Villi) อยู่ กลไกของการดูดซึมโภชนมีหลายชนิดขึ้นอยู่กับขนาดทางกายภาพของอนุภาค

แบบทดสอบบทที่ 4

จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว

<p>1. สัตว์ต่อไปนี้ชนิดใดที่ไม่เป็นสัตว์กระเพาะรวม</p> <p>ก. โค ข. กระบือ</p> <p>ค. ม้า ง. แพะ</p> <p>2. สัตว์กระเพาะเดี่ยว (Simple stomach) ได้แก่</p> <p>ก. สุกร ม้า ข. โค ไก่</p> <p>ข. แกะ กระบือ ง. แพะ แกะ</p> <p>3. กิ่น ตรงกับภาษาอังกฤษว่า</p> <p>ก. Crop</p> <p>ข. Proventriculus</p> <p>ค. Gizzard</p> <p>ง. Cecum</p> <p>4. ข้อใดมีกรด หิน ทราซ ช่วยในการทำหน้าที่ย่อยด้วย</p> <p>ก. Crop</p> <p>ข. Proventriculus</p> <p>ค. Gizzard</p> <p>ง. Cecum</p> <p>5. หน้าที่ย่อยไส้ตั้งทั้งสองอันของไก่ คือ</p> <p>ก. เป็นที่พักเศษอาหาร</p> <p>ข. ช่วยย่อยอาหาร</p> <p>ค. อาจจะมีหน้าที่ช่วยย่อยอาหารเอื้อย</p> <p>ง. ถูกทั้งข้อ ก และ ค</p> <p>6. กระเพาะที่ผลิตน้ำย่อยออกมาย่อยอาหารเป็นครั้งแรกสุดในไก่</p> <p>ก. Crop ข. Proventriculus</p> <p>ค. Gizzard ง. Cecum</p>	<p>7. กระเพาะพัก (Crop) ในไก่มีหน้าที่</p> <p>ก. เป็นที่พักของอาหาร</p> <p>ข. ทำให้อาหารอ่อนนุ่ม</p> <p>ค. เป็นที่บดอาหารด้วยก้อนกรวด</p> <p>ง. ถูกทั้งข้อ ก และ ข</p> <p>8. กระเพาะที่มีความจุมากที่สุดของสัตว์กระเพาะรวมคือ</p> <p>ก. Abomasum ข. Reticulum</p> <p>ค. Omasum ง. Rumen</p> <p>9. กระเพาะย่อยหญ้าของสัตว์กระเพาะรวมคือ</p> <p>ก. Rumen ข. Reticulum</p> <p>ค. Omasum ง. Abomasum</p> <p>10. น้ำย่อยที่ย่อย Protein ได้ พอลิเพปไทด์, ไคโมทริปซินเจน คือ</p> <p>ก. Trypsin ข. Lipase</p> <p>ค. Esterase ง. Rennin</p> <p>11. ข้อใดผิด เกี่ยวกับการย่อยโปรตีนของสัตว์เคี้ยวเอื้อง</p> <p>ก. จุลินทรีย์ช่วยย่อยโปรตีนและสารประกอบ NPN</p> <p>ข. โปรตีนและสารประกอบ NPN ถูกย่อยได้ Peptide และกรดอะมิโน</p> <p>ค. กรดอะมิโนจะถูกย่อยต่อให้แก๊สแอมโมเนีย กรดอินทรีย์และCO₂</p> <p>ง. แอมโมเนียที่เกิดขึ้นทั้งหมดจะถูกนำไปสร้างเซลล์</p>
---	--

<p>12. น้ำย่อยที่ทำให้โปรตีนในนมแข็งตัว คือ</p> <p>ก. Pepsin ข. Trypsin ค. Rennin ง. Chymotrypsin</p> <p>13. กรด HCL ผลิตที่ ถุงน้ำดี ข. กระเพาะอาหาร ค. ตับ ง. ลำไส้เล็ก</p> <p>14. กรด HCL มีหน้าที่</p> <p>ก. ย่อยโปรตีน ข. เสริมการย่อยโปรตีน ค. ย่อยไขมัน ง. เสริมการย่อยไขมัน</p> <p>15. Bile salt มีหน้าที่</p> <p>ก. ย่อยโปรตีน ข. เสริมการย่อยโปรตีน ค. ย่อยไขมัน ง. เสริมการย่อยไขมัน</p> <p>16. Bile salt ผลิตที่ ถุงน้ำดี ข. กระเพาะอาหาร ค. ตับ ง. ลำไส้เล็ก</p> <p>17. แป้ง Glycogen และ Dextrin ถูกย่อยด้วย Amylase ผลที่ได้ คือ</p> <p>ก. Maltose + Glucose ข. Proteose + Glucose ค. Glycerol + Fatty acid ง. Glucose + Galactose</p> <p>18. สมการต่อไปนี้ ข้อใดถูกต้องที่สุด</p> <p>ก. Lactose ย่อยด้วย Lactase = Glucose + Fructose ข. Sucrose ย่อยด้วย Sucrase = Glucose + Maltose ค. Sucrose ย่อยด้วย Sucrase = Glucose + Fructose ง. Lactose ย่อยด้วย Amylase = 2 Glucose</p>	<p>19. Lipid ถูกย่อยด้วย Lipase ผลที่ได้ คือ</p> <p>ก. Polypeptide, Fatty acid ข. Peptide, Amino acid ค. Monoglyceride, Glycerol, Fatty acid ง. Glycerol, Amino acid</p> <p>20. อาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตที่เก็บสำรองไว้ใน ร่างกายสัตว์ในรูป</p> <p>ก. Glucose ข. Glycogen ค. Maltose ง. Lactose</p> <p>21. น้ำย่อยใดจะค่อยๆ หมดไป</p> <p>ก. Glucose ข. Glycogen ค. Maltose ง. Lactose</p> <p>22. แหล่งที่สำรองคาร์โบไฮเดรตในสัตว์มากที่สุด</p> <p>ก. ตับ ข. ไต ค. ม้าม ง. ลำไส้เล็ก</p> <p>23. ข้อใดผิดเกี่ยวกับการดูดซึม</p> <p>ก. คาร์โบไฮเดรตถูกดูดซึมแต่ในรูปน้ำตาล Glucose ข. โปรตีนส่วนใหญ่ถูกดูดซึมในรูปกรดอะมิโน ค. กรดไขมันถูกดูดซึมในรูปกรดไขมัน ง. การดูดซึมวิตามินจะดูดซึมในรูปสารละลาย เท่านั้น</p> <p>24. การดูดซึมไขมันส่วนใหญ่เกิดที่</p> <p>ก. Stomach ข. Jejunum ค. Cecum ง. Colon</p> <p>25. โภชนส่วนใหญ่จะถูกดูดซึมที่</p> <p>ก. Stomach ข. Duodenum ค. Cecum ง. Colon</p>
--	---

บทที่ 5

การวัดค่าอาหารสัตว์และการวิเคราะห์อาหารสัตว์

การประเมินคุณค่าทางอาหารสัตว์หมายถึง การตรวจสอบหรือวัดคุณค่าของ โภชนที่มีอยู่ในอาหาร ซึ่งสัตว์นั้นสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างแท้จริง ดังนั้นการประเมินคุณค่าทางอาหารสัตว์ นอกจากจะพิจารณาถึงชนิดและปริมาณของโภชนที่มีอยู่ในอาหารแล้ว ยังต้องพิจารณาถึงการนำโภชนที่มีอยู่ในอาหารนั้นไปใช้ประโยชน์ได้จริง เมื่อสัตว์นั้นกินอาหารเข้าไป เนื่องจากอาหารชนิดเดียวกันเมื่อนำไปใช้เลี้ยงสัตว์ต่างชนิดหรือต่างประเภทหรือต่างตัวกันอาจให้คุณค่าทางอาหารได้ไม่เท่ากัน เพราะสัตว์ต่างชนิดหรือต่างประเภทหรือต่างตัวกัน สามารถนำโภชนที่มีอยู่ในอาหารนั้นไปใช้ประโยชน์ได้ต่างกัน ทั้งนี้อาจมีสาเหตุมาจากความแตกต่างของระบบการย่อยอาหาร อายุ ขนาดและสุขภาพของสัตว์ ตลอดจนสภาพการจัดการเลี้ยงดู ฯลฯ

5.1 การประเมินคุณค่าอาหารสัตว์

การประเมินคุณค่าทางอาหารสัตว์ทำได้ 3 ทาง คือ คุณสมบัติทางกายภาพของอาหาร คุณสมบัติทางชีวภาพของอาหาร และคุณสมบัติทางเคมีของอาหาร

5.1.1 การประเมินทางกายภาพของอาหาร

การประเมินทางกายภาพของอาหาร ได้แก่ การสังเกตรูปร่าง สี การดมกลิ่น ฯลฯ

5.1.2 การประเมินคุณค่าทางอาหารสัตว์ทางชีวภาพ

ได้แก่ การประเมินจากค่าการย่อยได้ การประเมินจากการใช้ประโยชน์ได้ การประเมินโดยใช้สัตว์ทดลอง

5.1.3 การคำนวณหาการย่อยได้ของโภชน

อาหารหรือโภชนที่กินเข้าไปส่วนที่ย่อยได้จะถูกดูดซึม ส่วนที่ย่อยไม่ได้จะถูกขับออกในมูล ดังนั้นเมื่อนำโภชนในมูลมาหักออกจากโภชนในอาหารแล้วคำนวณเป็นร้อยละของโภชนในอาหารนั้น ก็จะเป็นค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้หรือเรียกสั้น ๆ ว่าการย่อยได้ มีหลายสูตร ยกตัวอย่างสูตรที่สามารถเข้าใจได้ง่าย

$$\% \text{การย่อยได้หรือสัมประสิทธิ์การย่อยของโภชน} = \frac{\text{ปริมาณโภชนที่กิน} - \text{ปริมาณโภชนในมูล}}{\text{ปริมาณโภชนที่กิน}} \times 100$$

สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของ โภชนทุกตัวคำนวณได้โดยการใช้สูตรดังกล่าวนี้เช่นกัน เทคนิคการดำเนินการทดลอง เพื่อการคำนวณหาค่าโภชนที่ย่อยได้ในอาหารสัตว์ สามารถจะกระทำได้ใน 2 วิธี

ก. การทดลองกับตัวสัตว์โดยตรง (In vivo technique) เป็นวิธีการและขั้นตอนในการหาการย่อยได้ของ โภชนโดยให้สัตว์กินอาหารแล้วเก็บตัวอย่างอาหาร มูล และปัสสาวะมาเพื่อวิเคราะห์หาค่าโภชนแล้วจึงคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ต่อไป วิธีการทดลองในลักษณะนี้ เรียก Feeding experiment (การทดลองการให้อาหาร) มีหลายลักษณะเช่น

1) การทดลองเปรียบเทียบ (Comparative feeding trial) เช่น การทดลองเปรียบเทียบการย่อยได้ระหว่างอาหารสัตว์ชนิดต่าง ๆ เปรียบเทียบข้อแตกต่างระหว่างเพศ เป็นต้น

2) การทดลองโดยใช้สัตว์เล็กในห้องปฏิบัติการ (Feeding trial with laboratory animal) การศึกษาทดลองโดยใช้หนูเป็นสัตว์ทดลอง กระจาย เป็นต้น

3) การทดลองโดยใช้อาหารสังเคราะห์บริสุทธิ์ (Purified diet method)

4) การทดลองแบบ Germfree Techniques สัตว์ที่จะนำมาทดลองเลี้ยงในสภาพที่ปราศจากจุลินทรีย์ทุกชนิด นอกจากนี้ยังมีการทดลองแบบอื่น ๆ เช่น Slaughter Experiment, Group Feeding

ข. การทดลองในห้องปฏิบัติการ (In vitro Technique) เป็นวิธีการและขั้นตอนในการหาการย่อยได้ของ โภชนภายนอกร่างกายสัตว์ เช่น การหาการย่อยได้ของหญ้า โดยนำมาแช่ในของเหลวที่แยกมาจากรูเมน หรือการสกัดเอาเอ็นไซม์มาย่อยตัวอย่างอาหาร เป็นต้น รายละเอียดในการดำเนินการทดลองให้อาหารทดลองแก่สัตว์นั้น เราจะต้องให้สัตว์คุ้นเคยต่ออาหารทดลองเสียก่อนระยะหนึ่ง เพื่อให้ภายในระบบทางเดินอาหารปราศจากอาหารชนิดอื่น ๆ ที่ไม่ต้องการ ระยะนี้เราเรียก preliminary period จากนั้นจึงเริ่มรวบรวมข้อมูล และเก็บตัวอย่างเพื่อนำไปวิเคราะห์ค่าทางเคมี เช่น ตัวอย่างอาหารสัตว์ ตัวอย่างมูล ตัวอย่างปัสสาวะ แล้วจึงคำนวณหาค่าการย่อยได้ของอาหารหรือสัมประสิทธิ์การย่อยได้

5.2 การประเมินคุณภาพโปรตีนในอาหารสัตว์

ก. โปรตีนรวม

ปริมาณโปรตีนรวมในอาหารหรือที่เรียกสั้น ๆ ว่าโปรตีน นิยามหาโดยการวิเคราะห์ไนโตรเจน แล้วคูณด้วย 6.25 ดังสูตร

$$\% \text{โปรตีนรวม (CP)} = \% \text{ไนโตรเจน} \times 6.25$$

ทั้งนี้ถือหลักว่าไนโตรเจนทั้งหมดในอาหารอยู่ในรูปของโปรตีน และโปรตีนในอาหารทุกชนิดมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบโดยอนุโลมประมาณร้อยละ 16

ข. โปรตีนที่ย่อยได้

เนื่องจากค่าโปรตีนในอาหารไม่ได้ระบุว่าโปรตีนนั้นจะถูกใช้ให้เป็นประโยชน์แก่สัตว์ได้มากน้อยเพียงใด ดังนั้นการที่จะทราบค่าดังกล่าวในขั้นแรกจึงต้องหาปริมาณโปรตีนที่ย่อยได้เสียก่อน ซึ่งมีหลายทฤษฎี ตัวอย่างเช่น ทฤษฎีการสมดุลไนโตรเจน (nitrogen balance) ทำโดยวัดปริมาณไนโตรเจนที่กินเข้าไปในอาหารแล้วหักลบด้วยไนโตรเจนที่ถูกขับออกทางมูล ปัสสาวะ และผลผลิต (ถ้ามี) ฯลฯ เรียกค่าที่ได้นี้ว่าค่าชีวภาพ (biological value) (BV) เป็นค่าที่บ่งว่าไนโตรเจนหรือโปรตีนที่ถูกดูดซึมเข้าไปจะถูกสะสมไว้ในร่างกายร้อยละเท่าใด ถ้าสะสมได้มาก (ค่า BV สูง) แสดงว่าโปรตีนนั้นคุณภาพดี ดังสูตร

$$\text{ค่าชีวภาพ (BV)} = \frac{\text{ไนโตรเจนที่ถูกสะสมไว้}}{\text{ไนโตรเจนที่ถูกดูดซึมได้}} \times 100$$

ถ้าปริมาณไนโตรเจนที่กินเข้าไปมีมากกว่าที่ขับออกมาสัตว์จะมีสมดุลของไนโตรเจนเป็นบวก คือมีการสะสมไนโตรเจนไว้ในร่างกาย

$$\text{ค่าชีวภาพที่แท้จริง (true BV)} = \frac{N_{\text{ที่กิน}} - (N_{\text{ในมูล}} - MFN) - (N_{\text{ในปัสสาวะ}} - EUN)}{N_{\text{ที่กิน}} - (N_{\text{ในมูล}} - MFN)} \times 100$$

หมายเหตุ ไนโตรเจนที่ถูกสะสมไว้คือไนโตรเจนที่กินเข้าไปไนโตรเจนที่ถูกดูดซึมไว้ไม่มีค่าไนโตรเจนในปัสสาวะมาหักลบ เพราะส่วนใหญ่ของไนโตรเจนในปัสสาวะจะถูกขับทิ้งอย่างเดียวไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้แล้ว

MFN คือ ไนโตรเจนที่เกิดจากเซลล์และเนื้อเยื่อที่พบในมูลไม่รวม N จากอาหาร

EUN คือ ไนโตรเจนที่เกิดจากเซลล์ เนื้อเยื่อและเมทาบอลิซึมที่พบในปัสสาวะไม่รวม N จากอาหาร

5.3 การวัดค่าพลังงานในอาหารสัตว์

ก. Gross Energy (GE)

คือค่าพลังงานที่มีอยู่ในอาหารทั้งสิ้น ได้จากการนำตัวอย่างอาหารไปวัดค่าใน Bomb calorimeter การวัดค่าพลังงานในอาหารสัตว์เป็นค่าต่าง ๆ ออกมาได้ นั้น โดยการนำตัวอย่างต่าง ๆ ไปวัดค่าพลังงานใน Bomb calorimeter แล้วอ่านค่าความร้อนที่เกิดขึ้น นำไปคำนวณออกมาในรูปของพลังงานความร้อน มีหน่วยเป็นแคลอรี (Calorie) กิโลแคลอรี (Kilocalorie) จูลและ B.T.U

1) แคลอรี (Calorie) คือปริมาณของพลังงานในรูปของความร้อน ที่ทำให้น้ำ 1 กรัม มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1 องศาเซลเซียส (ณ 14.5 องศาเซลเซียส เป็น 15.5 องศาเซลเซียส)

2) กิโลแคลอรี (Kilocalorie) คือปริมาณของพลังงานในรูปของความร้อน ที่ทำให้น้ำ 1 กิโลกรัม มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1 องศาเซลเซียส

3) B.T.U คือพลังงานความร้อนที่ทำให้น้ำ 1 ปอนด์ ร้อนขึ้น 1 องศาฟาเรนไฮต์

4) จูล (Joule) คือหน่วยพลังงานที่ใช้กันอยู่ในประเทศอังกฤษ ฯลฯ ซึ่งทำการวัดด้วยไฟฟ้าโดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำ

1 กิโลแคลอรี	=	1,000 แคลอรี
1 เมกะแคลอรี	=	1,000 กิโลแคลอรี
1 B.T.U	=	1,000,000 แคลอรี
1 B.T.U	=	252 แคลอรี
1 จูล	=	0.233 แคลอรี

ข. พลังงานที่ย่อยได้ (Digestible Energy) (DE)

คือค่าพลังงานที่ย่อยได้ของอาหาร ได้จากการนำค่าพลังงานที่ขับออกนอกร่างกายในรูปของอุจจาระ (Fecal Energy) (FE) ไปหักออกจากพลังงานทั้งหมดที่มีอยู่ในอาหาร พลังงานที่ขับออกในรูปของอุจจาระ วัดค่าได้โดยนำตัวอย่างของอุจจาระไปวัดค่าใน Bomb calorimeter แล้วคูณด้วยปริมาณของอุจจาระที่ขับออกทั้งหมด ก็จะทราบค่า F.E

$$\text{เพราะฉะนั้น } DE = GE - FE$$

ค. พลังงานใช้ประโยชน์ได้ (Metabolizable energy) (ME)

คือค่าพลังงานของอาหารที่ร่างกายนำไปใช้ประโยชน์ภายในร่างกาย คำนวณได้จากการนำค่าพลังงานที่สูญเสียออกมาในรูปของปัสสาวะ ไปหักออกจากพลังงานที่ย่อยได้ของอาหาร (DE) พลังงานที่สูญเสีย หรือถูกขับออกมาในรูปของปัสสาวะ UE หรือ Urinary Energy วัดได้จากการนำเอาตัวอย่างของปัสสาวะไปวัดค่าใน Bomb calorimeter แล้วคูณด้วยปริมาณปัสสาวะทั้งหมดที่ขับออกมาก็จะได้ค่า UE ที่สูญเสียออกไป

$$\text{เพราะฉะนั้น } ME = DE - UE$$

$$\text{หรือ } ME = GE - FE - UE$$

ง. พลังงานสุทธิ (Net Energy) (NE)

เป็นค่าพลังงานแท้จริงที่สัตว์นำไปใช้ประโยชน์ภายในร่างกายเพื่อการดำรงชีพ การเจริญเติบโต การสร้างผลผลิต การสืบพันธุ์ และการทำงาน พลังงานในอาหารที่สัตว์กินเข้าไปนอกเหนือ จะสูญเสียออกไปในรูปของอุจจาระ (FE) และปัสสาวะ (UE) แล้วยังสูญเสียออกไปในลักษณะของความร้อนแฝง (Heat increment) (HI) เช่น เนื่องมาจากการทำงานของระบบย่อยอาหารในการบิบริด การกลั่นสร้างน้ำย่อย และยังสูญเสียออกไปในรูปของแก๊ส (Gaseous energy) (GE) เช่น ในสัตว์เคี้ยวเอื้องที่เรอแก๊สมีเทน (CH_4) คาร์บอนไดออกไซด์ ออกมาจากรูเมน สูตรคำนวณพลังงานสุทธิ คือ

$$\text{พลังงานสุทธิ} = \text{พลังงานที่กิน} - \text{พลังงานที่มีในมูล} - \text{พลังงานในปัสสาวะ} - \text{พลังงานในก๊าซ} - \text{ความร้อน}$$

5.4 การวัดค่าระบบพลังงาน

ก. ระบบยอดโภชนที่ย่อยได้ (Total Digestible Nutrients) (TDN)

เป็นระบบที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง ทั้งในสหรัฐอเมริกาและไทย TDN หมายถึง ปริมาณโภชนที่ย่อยได้ทั้งหมดที่มีในอาหาร ซึ่งคำนวณได้จากสูตร

$$TDN = \text{โปรตีนที่ย่อยได้} + \text{เยื่อใยที่ย่อยได้} + \text{คาร์โบไฮเดรตที่ย่อยง่ายที่ย่อยได้ (NFE)} + (\text{ไขมันที่ย่อยได้} \times 2.25)$$

หมายเหตุ โปรตีนที่ย่อยได้ = จำนวนโปรตีนในอาหาร \times สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีน

คาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ = ปริมาณการย่อยได้ของสารเยื่อใย + ปริมาณการย่อยได้ของ N.F.E

ค่า 2.25 ที่นำมาคูณปริมาณการย่อยได้ของไขมัน เพราะไขมันให้ค่าพลังงานสูงกว่า คาร์โบไฮเดรตและโปรตีน 2.25 เท่า

มิใช่เป็นการวัดค่าพลังงานในอาหารสัตว์โดยตรง แต่เป็นการคำนวณหาค่าโภชนที่ย่อยได้แล้วนำมาประเมินในลักษณะของค่าพลังงาน TDN มีหน่วยเป็น กิโลกรัมหรือปอนด์ หรือถ้าหารด้วย 100 ก็จะมีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์

ข. ระบบพลังงานสุทธิ (Net Energy) (NE)

เป็นค่าพลังงานแท้จริงที่สัตว์นำไปใช้ประโยชน์ภายในร่างกาย ในโคเนื้อจะมี 2 ค่า คือ เพื่อการดำรงชีพ (NE_m) และเพื่อการเจริญเติบโต (NE_g) เพราะโคเนื้อและโคที่ไม่ให้นมจะใช้พลังงานเพื่อการดำรงชีพ และเพื่อการเจริญเติบโตได้มีประสิทธิภาพไม่เท่ากัน NE_m จะสูงกว่า NE_g เสมอ ในโคนมมีเพียงค่าเดียวคือ NE_l เพราะโคที่ให้นมใช้พลังงานเพื่อการดำรงชีพ เพื่อการเจริญเติบโตและเพื่อการให้นมได้มีประสิทธิภาพเท่า ๆ กัน

5.5 การวัดค่า SE (Starch Equivalent)

เป็นวิธีการวัดคุณค่าอาหาร โดยถือเอาแป้ง (Starch) บริสุทธิ์เป็นมาตรฐานเพื่อการเปรียบเทียบ เมื่อใช้แป้งเลี้ยงวัวขุนในปริมาณเกินกว่าค่าดำรงชีพนั้น พบว่า 1 กรัม ของแป้งจะเกิดการสะสมไขมัน 0.248 กรัม ดังนั้นถ้าในการทดลองเลี้ยงวัวด้วยข้าวบาร์เลย์ เกิดมีการสะสมไขมันวัดได้ 0.2 กรัม

$$\text{ค่า } SE \text{ ของข้าวบาร์เลย์จะมีค่า} = \frac{0.2}{0.248} \times 100 = 81 \text{ ค่านี้คือ } SE \text{ ของข้าวบาร์เลย์}$$

ดังนั้นสูตรหา

$$SE = \frac{\text{น้ำหนักไขมันสะสมในร่างกายต่อหน่วยน้ำหนักอาหาร}}{\text{น้ำหนักไขมันสะสมในร่างกายต่อหน่วยน้ำหนักแป้ง}} \times 100$$

5.6 การประเมินคุณค่าทางอาหารสัตว์โดยวิธีเคมี

วิธีการประเมินคุณสมบัติทางเคมี หรือเคมีวิเคราะห์ของอาหารเพื่อหาส่วนประกอบของ โภชนาขั้นพื้นฐาน วิธีที่นิยมใช้ เช่น การกรอง การกลั่น การใช้โครมาโทกราฟี (การแยกของผสมที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกันออกจากกัน โดยอาศัยการดูดซับและการคายออก) คัลเลอร์มิเตอร์ สเปกโตรโฟโตเมทรี (การแยกสารโดยอาศัยคุณสมบัติการดูดหรือผ่านของแสงในสารละลายที่ต้องการตรวจสอบ) หรือ เนียร์ อินฟราเรดรีเฟล็กแทนซ์สเปกโทรสโกปี (การแยกสารโดยอาศัยการสะท้อนกลับของแสงอินฟราเรดหรือใกล้อินฟราเรด ใช้วิเคราะห์ของแข็ง) ฯลฯ

วิธีการและเทคนิคทางเคมีวิเคราะห์ที่นิยมใช้ในการประเมินคุณค่าทางอาหารสัตว์ เช่นการวิเคราะห์แบบพรอกซิเมท (Proximate analysis) ซึ่งประกอบด้วยการหาค่าของความชื้น เถ้า โปรตีนไขมัน เยื่อใยและคาร์โบไฮเดรตที่ง่าย แม้ว่าการวิเคราะห์แบบพรอกซิเมทจะให้ผลการวิเคราะห์โดยประมาณ แต่เป็นวิธีที่ปฏิบัติกันโดยทั่วไป

5.6.1 วิธีวิเคราะห์อาหารสัตว์โดยประมาณ

การวิเคราะห์อาหารสัตว์โดยวิธีประมาณ (proximate analysis) มีดังนี้

ก. การวิเคราะห์ความชื้น การวิเคราะห์หาความชื้นทำได้หลายวิธี เช่น

1) การอบ โดยนำตัวอย่างอาหารใส่ในถ้วยอบที่ทราบน้ำหนักแล้ว บันทึกน้ำหนักถ้วยและตัวอย่างอาหารแล้วนำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิประมาณ 102-105 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ ชั่งน้ำหนักอีกครั้ง นำมาหักลบกับน้ำหนักเมื่อเริ่มต้น น้ำหนักที่หายไปคือ น้ำหนักน้ำหรือความชื้น ซึ่งสามารถนำมาคำนวณหาปริมาณวัตถุแห้งได้โดยใช้สูตร

$$\% \text{วัตถุแห้ง (DM)} = \frac{\text{น้ำหนักก่อนอบ} - \text{น้ำหนักหลังอบ}}{\text{น้ำหนักก่อนอบ}} \times 100$$

ในการวิเคราะห์ดังกล่าว น้ำหนักที่หายไปอาจไม่ใช่ความชื้นทั้งหมด แต่อาจมีสารที่ระเหยได้ง่าย เช่น กรดไขมันระเหยได้ หรือแอมโมเนียปนอยู่ด้วย อย่างไรก็ตามก็ตีพบว่าอาหารโดยทั่วไปมีสารเหล่านี้อยู่น้อย ยกเว้นบางชนิด เช่น พืชหมัก ฟางหมักด้วยยูเรีย หรือของเหลวจากกระเพาะหมัก เป็นต้น นอกจากนี้ตัวอย่างบางชนิดที่มีน้ำตาลสูงอาจเกิดปฏิกิริยาระหว่างน้ำตาลกับโปรตีนได้สารสีน้ำตาล ซึ่งทำให้คุณค่าทางอาหารลดลง เพราะสัตว์ไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้ ในกรณีเช่นนี้ควรเลี่ยงไปหาความชื้นโดยวิธีอื่น

2) อบในตู้อบสูญญากาศ (vacuum oven) น้ำจะกลายเป็นไอที่อุณหภูมิต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียส ทำให้สารอื่นไม่ระเหยไปด้วย ค่าที่ได้จึงถูกต้องมากกว่า

3) ทำให้แห้งโดยวิธีแช่แข็ง (freeze drying) วิธีนี้ได้รับความนิยมมากขึ้นเรื่อย ๆ เพราะได้ค่าที่ถูกต้อง แต่เนื่องจากต้องใช้เครื่องมือที่มีราคาแพง จึงนิยมใช้เฉพาะในการวิจัยที่ต้องการความถูกต้องสูง หลักของวิธีการนี้ก็คือ ตัวอย่างจะถูกทำให้เย็นจนเป็นน้ำแข็ง (freeze) แล้วน้ำแข็งจะถูกทำให้เปลี่ยนสถานะให้กลายเป็นไอโดยการระเหิด สารระเหยได้อื่น ๆ ที่อยู่ในตัวอย่างจะไม่ระเหยไปด้วย น้ำหนักที่หายไปจึงเป็นน้ำหนักของน้ำอย่างแท้จริง นอกจากวิธีการดังกล่าวยังป้องกันการออกซิเดชันซึ่งมักเกิดขึ้นเนื่องจากการทำแห้งโดยใช้ความร้อนสูงด้วย

4) อบที่อุณหภูมิต่ำไม่เกิน 70 องศาเซลเซียส ทำให้น้ำถูกระเหยไปอย่างช้า ๆ อุณหภูมิต่ำสามารถลดการระเหยของสารบางชนิดที่ระเหยได้ และช่วยป้องกันการเกิดสารสีน้ำตาลได้ วิธีนี้นิยมทำในห้องปฏิบัติการทั่วไป เพราะไม่ต้องใช้เครื่องมือพิเศษ

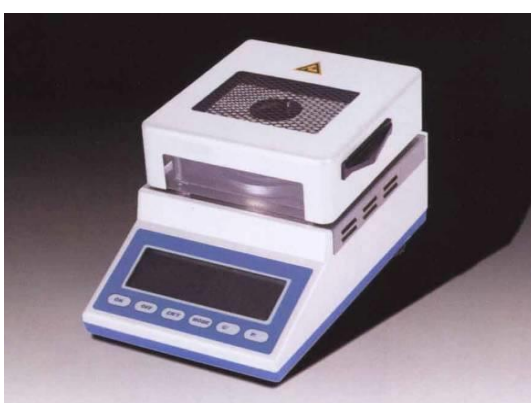
5) ใช้เครื่องวิเคราะห์หาความชื้นในอาหารระดับเปอร์เซ็นต์ ด้วยเทคนิค volumetric โดยใช้หลักการของ Karl Fischer ซึ่งการวิเคราะห์หาความชื้นโดยวิธีนี้สามารถทำได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำ แต่เหมาะกับวัตถุดิบที่ละลายได้หรือเกิดปฏิกิริยาข้างเคียง ถ้าเป็นวัตถุดิบทั่วไปจะยังคงใช้ตู้อบ



ภาพที่ 5.1 แสดงเครื่องชั่งไฟฟ้า



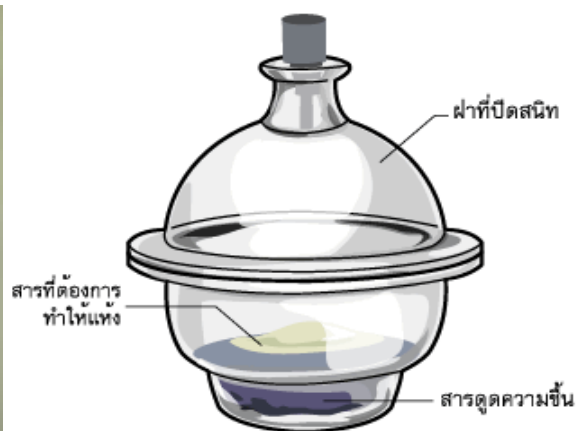
ภาพที่ 5.2 แสดงตู้อบ



ภาพที่ 5.3 แสดงเครื่องวัดความชื้นแบบอินฟราเรด



ภาพที่ 5.4 แสดงโถดูดความชื้น



ภาพที่ 5.5 แสดงเครื่องทำแห้งภายใต้ความเย็นและสุญญากาศ



ภาพที่ 5.6 แสดงเครื่องมือวิเคราะห์หาความชื้นในอาหารระดับเปอร์เซ็นต์ ด้วยเทคนิค volumetric

ข. การวิเคราะห์เถ้า

แร่ธาตุที่นิยมทำการวิเคราะห์ในอาหาร คือ แคลเซียมและฟอสฟอรัส ในบางครั้งอาจวิเคราะห์หาปริมาณโซเดียม โพแทสเซียมและแมกนีเซียมด้วย ในกรณีที่ต้องการทราบปริมาณแร่ธาตุหลายชนิดมักนิยมวิเคราะห์โดยวิธีอะตอมมิกแอบซอร์ชันสเปกโทรโฟโตเมทรี ทำโดยนำตัวอย่างอาหารใส่ในถ้วยทนไฟที่ทราบน้ำหนักแล้ว บันทึกน้ำหนักด้วยพร้อมตัวอย่าง นำไปเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิสูงประมาณ 500-600 องศาเซลเซียส จนตัวอย่างกลายเป็นเถ้า ทิ้งไว้ให้เย็นชั่งน้ำหนักอีกครั้ง ส่วนของอินทรีย์สารจะสลายตัวไป ส่วนที่เหลือคืออนินทรีย์สารหรือเถ้า ซึ่งมีแร่ธาตุเป็นองค์ประกอบอยู่ ดังนั้นจึงสามารถนำไปวิเคราะห์หาปริมาณแร่ธาตุต่อไปได้ ยกเว้นไอโอดีนและซีลีเนียม ซึ่งจะถูกลดปล่อยออกไปในขณะที่เผา ส่วนค่าอินทรีย์วัตถุคำนวณได้จากสูตร

$$\% \text{อินทรีย์วัตถุ (OM)} = \frac{\text{น้ำหนักก่อนเผา} - \text{น้ำหนักหลังเผา}}{\text{น้ำหนักก่อนเผา}} \times 100$$



ภาพที่ 5.7 แสดงเตาเผา

ค. การวิเคราะห์โปรตีนรวม

การวิเคราะห์หาโปรตีนรวมทำโดยวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจน โดยชั่งตัวอย่างใส่ลงในหลอดแก้ว นำไปย่อยด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้นในสภาพที่มีความร้อนและสารเร่งปฏิกิริยา จนกระทั่งได้สารละลายใส ส่วนของอินทรีย์วัตถุจะสลายตัวไป สารประกอบไนโตรเจนทั้งที่เป็นส่วนของโปรตีนแท้และ

ไม่ใช่โปรตีน (ยกเว้นที่อยู่ในรูปของไนเตรตและไนไตรต์) จะถูกเปลี่ยนให้เป็นแอมโมเนียมซัลเฟต หลังจากทิ้งไว้ให้เย็นแล้วเติมสารละลายต่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้น 30 เปอร์เซ็นต์ลงไป แล้วทำการกลั่น แอมโมเนียจะถูกไล่ออกมา ทำการจับไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ด้วยกรดบอริกที่มีความเข้มข้น 2-4 เปอร์เซ็นต์ แล้วนำไปไตเตรทกับกรดเกลือมาตรฐานที่มีความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล จะสามารถคำนวณหาความเข้มข้นของไนโตรเจนได้เนื่องจากโปรตีนมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบโดยเฉลี่ย 16 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นจึงคำนวณหาค่าโปรตีนรวมได้โดย

$$\% \text{โปรตีนรวม (CP)} = \% \text{ไนโตรเจน} \times 6.25$$

เช่น ปลาป่นมีไนโตรเจน 9.24%

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้นมีโปรตีนรวม} &= 9.24 \times 6.25 \\ &= 57.75\% \end{aligned}$$

วิธีวิเคราะห์โปรตีนรวมเรียกว่า วิธีคเจลดาล (kjeldahl method) ค่าโปรตีนที่ได้นี้รวมส่วนของโปรตีนแท้และสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน เช่น ยูเรีย ด้วย



ภาพที่ 5.8 แสดงอุปกรณ์วิเคราะห์โปรตีนที่เรียกว่า kjeldahl method ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ บล็อกย่อยและเครื่องกลั่น

ง. การวิเคราะห์หาปริมาณไขมัน

ไขมันเป็นสารประกอบพวกอินทรีย์ ซึ่งเป็นส่วนประกอบของพืชอาหารสัตว์ สามารถละลายได้ใน ether , benzene ,acetone และ chlorofome แต่ไม่สามารถละลายได้ในน้ำ ไขมันประกอบด้วยธาตุคาร์บอน ,ไฮโดรเจน และออกซิเจน เช่นเดียวกับคาร์โบไฮเดรต และบางครั้งยังมีธาตุอื่น ๆ เป็นองค์ประกอบ อยู่ด้วยเช่นไนโตรเจน และฟอสฟอรัส ส่วนคาร์โบไฮเดรตไม่มีธาตุอื่นเลย สารประกอบประเภทไขมัน เมื่ออยู่ในสภาพของเหลว ที่อุณหภูมิปกติเรียกว่า น้ำมัน (Oil) ได้แก่ น้ำมันรำ น้ำมันมะพร้าว ถ้าอยู่ในสภาพครึ่งเหลวที่อุณหภูมิปกติเรียกว่า ไขมัน (Fat) ได้แก่ไขมันจากสัตว์ แต่ถ้าเป็นของแข็งที่อุณหภูมิ ปกติเรียกว่า ไข (Wax) เช่น ไขผึ้ง การวิเคราะห์หาไขมันในอาหารสัตว์ทำได้โดยใช้ตัวทำละลายที่เป็นสารอินทรีย์เป็นตัวสกัด ซึ่งคุณสมบัติที่สำคัญของตัวทำละลาย ที่ใช้คือ ต้องระเหยง่ายและไวไฟ ตัวทำละลายที่นิยมใช้กันมากมี 4 ชนิด คือ diethyl ether petroleum ether dichloromethane หรือ chloroform ด้วยเครื่องมือที่เรียกว่าซอกเลท (soxhlet) หรือซอกเทค (soxtech) สารสกัดด้วยตัวสกัดในกลุ่มอีเทอร์นี้เรียกอีกชื่อว่า Ether extract (EE) สารที่ถูกสกัดได้แบ่งเป็น 2 พวกคือ

สารพวกไขมัน คือกลีเซอไรด์ของกรดไขมัน ,กรดไขมันอิสระ ,สเตอรอล ,เลคซิทิน และไขมันที่ระเหยได้ และสารพวกที่ไม่ใช่ไขมัน แต่ตัวทำละลายสามารถสกัดออกมาได้ด้วยคือ เม็ดสีต่าง ๆ เรซิน สารประกอบพวกอัลคาไล และพวกวิตามินที่ละลายในไขมัน ได้แก่ A D E และ K เนื่องจากสารที่ไม่ใช่ไขมันนี้มีปริมาณน้อยมาก เมื่อเทียบกับสารพวกไขมัน ดังนั้น สารพวกที่ไม่ใช่ไขมัน จึงไม่มีผลต่อการวิเคราะห์หาปริมาณไขมันจากการที่สารที่ถูกสกัดมีทั้งพวกที่เป็นไขมันและไม่ใช่ไขมัน จึงเรียกลักษณะของพวกนี้ว่า Crude fat ไขมันและสารที่ละลายได้ในตัวทำละลายอินทรีย์ เช่น วิตามินที่ละลายได้ในไขมัน ฮอร์โมนจำพวกสเตอรอยด์และสารสี เช่น คลอโรฟิลล์ และแคโรทีนอยด์ ตลอดจนลิพิดประเภทอื่น ๆ จะถูกชะออกมาในขวดที่รองรับ เมื่อกลับแยกเอาตัวทำละลายนี้ออกไปแล้ว ส่วนที่เหลืออยู่ถือว่าเป็นไขมัน

การวิเคราะห์หาลิพิดมีขั้นตอน ดังนี้

- 1) ชั่งตัวอย่างอาหารที่ต้องการวิเคราะห์ (ปกติจะใช้น้อยกว่า 5 กรัม)
- 2) ทำการไล่น้ำที่มีอยู่ในอาหารออกโดยการนำไปอบใน Oven
- 3) ทำการสกัดด้วยอีเทอร์ใน Soxhlet extractor เป็นเวลา 16 ชั่วโมง
- 4) ทำการระเหยอีเทอร์ออกจากตัวอย่างหลังจากได้ทำการสกัดเสร็จแล้ว ชั่งน้ำหนักตัวอย่างที่เหลือ ก็จะได้น้ำหนักของ ลิพิด
- 5) คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของลิพิด จากสูตร

$$\% \text{ลิติด} = \frac{\text{น้ำหนักของลิติด}}{\text{น้ำหนักของตัวอย่างอาหารที่ใช้}} \times 100$$



ภาพที่ 5.9 แสดงเครื่องวิเคราะห์ไขมัน และขั้นตอนการวิเคราะห์ไขมัน

จ. การวิเคราะห์หาปริมาณคาร์โบไฮเดรตอย่างง่าย

1) การแบ่งคาร์โบไฮเดรตในทางวิเคราะห์

ในทางวิเคราะห์แบ่งคาร์โบไฮเดรต ออกเป็น 2 กลุ่ม คือ เยื่อใย (crude fiber, CF) และไนโตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรก (nitrogen free extract, NFE)

- เยื่อใย หมายถึงคาร์โบไฮเดรตที่เป็นโครงสร้างย่อยได้ยาก เป็นส่วนของผนังเซลล์พืช ประกอบด้วย เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน (แต่ลิกนินไม่ใช่คาร์โบไฮเดรต) แต่มักอยู่รวมกับคาร์โบไฮเดรต ในผนังเซลล์พืช ช่วยสร้างความแข็งแรงให้กับพืช สารเหล่านี้ทนต่อการย่อยด้วยกรดและด่าง ดังนั้นการวิเคราะห์จึงทำโดยนำตัวอย่างที่สกัดเอาไขมันออกแล้วมาต้มกับสารละลายกรดซัลฟิวริกเจือจางภายในเวลาที่กำหนดให้ (10 นาที) ทำการกรองแล้วล้างเอากรดออก จากนั้นนำไปต้มกับด่างโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เจือจาง กรอง และล้างเอาด่างออก กากที่เหลืออยู่คือส่วนของเยื่อใยและเถ้า นำส่วนนี้ไปอบให้แห้งในตู้อบให้ความชื้นระเหยไป ชั่งน้ำหนักไว้แล้วนำไปเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส ส่วนของเยื่อใยซึ่งเป็นสารอินทรีย์จะสลายตัวไป เหลือเพียงเถ้า ชั่งน้ำหนักอีกครั้งนำมาหักลบกับของเดิมจะสามารถคำนวณหาปริมาณเยื่อใย (CF) ได้

- ไนโตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรก (NFE) เป็นคาร์โบไฮเดรตพวกน้ำตาล, แป้ง, เฮมิเซลลูโลส ที่ย่อยได้ง่าย แต่อาจมีส่วนของเฮมิเซลลูโลสและลิกนิน ปนอยู่บ้าง การวิเคราะห์หา NFE ทำได้หลายวิธี แต่เป็นการยุ่งยากและสิ้นเปลืองเวลาและเงินทอง ฉะนั้นการวิเคราะห์หา NFE จึงใช้วิธีอ้อม คือ ไปทำการวิเคราะห์หา % น้ำ, % โปรตีนรวม, % ไขมันรวม, % เยื่อใย และ % เถ้า เสียก่อน จากนั้น นำเปอร์เซ็นต์ที่วิเคราะห์ได้ดังกล่าวรวมกัน ลบออกจาก 100 ก็จะได้ % NFE

$$\% \text{ NFE} = 100 - (\% \text{ น้ำ} + \% \text{ โปรตีนรวม} + \% \text{ ไขมันรวม} + \% \text{ เยื่อใยรวม} + \% \text{ เถ้า})$$

สูตรที่แสดงมาทั้งหมดนี้เป็นการคำนวณปริมาณโภชนของตัวอย่างในสภาพแห้งตามปกติ (air dry basis) ถ้าต้องการคำนวณเป็นค่าร้อยละของวัตถุแห้ง (dry matter basis) คือไม่มีความชื้นอยู่ในตัวอย่างเลย ให้แทนค่า%วัตถุแห้งด้วย 100 และค่าของโภชนอื่น ๆ ที่นำมาเข้าสูตรก็ต้องคำนวณไว้เป็นร้อยละของวัตถุแห้งเช่นกัน

ตัวอย่างเช่น หญ้าเนเปียร์มีโภชนาคิดเป็นร้อยละของวัตถุแห้งดังนี้

โภชน	เถา	โปรตีน	ไขมัน	เยื่อใย
วัตถุดิบ				
หญ้าเนเปียร์	5.3	7.8	1.1	39.0

ดังนั้นมี NFE = $100 - 5.3 - 7.8 - 1.1 - 39.0 = 46.8\%$ ของวัตถุแห้ง

2) ประโยชน์ของ NFE และ เยื่อใย

NFE เป็นอาหารคาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้ จึงเรียกว่า soluble carbohydrates ประกอบด้วย น้ำตาล, แป้ง, เซมิเซลลูโลส และบางส่วนของ เซลลูโลส และ เพนโตแซน (pentosan) ที่ละลายได้ ฉะนั้น เมื่อสัตว์กินอาหารดังกล่าวเข้าไป ก็จะถูกย่อยด้วยน้ำย่อยต่าง ๆ ในทางเดินอาหาร แปรสภาพของ NFE ให้เป็น monosaccharide ก่อนจะถูกดูดซึมจากทางเดินอาหารเข้าสู่ร่างกาย สำหรับใช้เป็นประโยชน์ให้เป็นพลังงานและความร้อน ในการทำงานต่าง ๆ ของร่างกายให้เป็นปกติ เนื่องจาก NFE เป็นคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ง่าย เมื่อมีมากในอาหารใดก็จะทำให้อาหารนั้นมีพลังงานสูง คาร์โบไฮเดรตกลุ่มนี้มีมากใน เมล็ดธัญพืช เช่น ข้าวเจ้า ข้าวฟ่าง ข้าวโพด ในข้าวโพดและข้าวฟ่างมี NFE อยู่ประมาณ 70% นอกจากนี้ NFE มีอยู่ในรากและหัวของพืช หญ้าแห้งและอาหารหยาบอื่น ๆ มี NFE ต่ำ ส่วนใบและต้นพืชทั้งถั่วและหญ้า มี NFE ต่ำ จึงไม่เหมาะที่จะใช้เป็นอาหารหลักของสัตว์พวกเป็ด ไก่ และสุกร

เยื่อใย เป็นคาร์โบไฮเดรตที่ประกอบด้วย เซลลูโลส และคาร์โบไฮเดรต ส่วนอื่น ๆ ที่มีความทนทาน ไม่ละลายในกรดและด่างอย่างจาง ในกลุ่มอาหารหยาบ จะมีเยื่อใยสูงกว่าเมล็ดพืช อาหารกลุ่มเยื่อใยจึงจัดเป็นอาหารที่ย่อยได้ยากและเป็นประโยชน์ต่อสัตว์น้อย แต่ในสัตว์บางกลุ่มจะย่อยเยื่อใยได้โดยอาศัยจุลินทรีย์ เช่นแบคทีเรีย จึงสามารถนำเยื่อใยไปใช้เป็นประโยชน์

5.6.2 วิธีวิเคราะห์อาหารสัตว์โดยวิธีอื่น ๆ

ก. การวิเคราะห์หาเยื่อใยโดยวิธีการของ Van Soest

NDF (Neutral Detergent Fiber) เป็นส่วนของเยื่อใยที่อยู่ตามผนังเซลล์ (cell wall) NDF ไม่ละลายใน detergent ที่เป็นกลาง NDF ประกอบด้วย เซลลูโลส, ลิกนิน, Silica, เซมิเซลลูโลส และโปรตีนอยู่บ้าง การวิเคราะห์หา NDF โดยวิธีการของ Van Soest หรือ detergent method ทำได้เป็นขั้น ๆ ดังนี้

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2563 ประเภทวิชาเกษตรกรรม สาขาวิชาสัตวศาสตร์

Principles of Animal Nutrition 30503-2002

- 1) ชั่งอาหารที่ต้องการวิเคราะห์ซึ่งได้ตากแห้งแล้วจำนวน 1 กรัม
- 2) นำตัวอย่างอาหารไปต้มกับ acid detergent solution (49.04 กรัม conc. H_2SO_4 และ 20 กรัม cetyl trimethyl ammonium bromide /ลิตร) เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วทำการกรอง นำตะกอนที่กรองได้ใส่ลงใน crucible (ที่ทราบน้ำหนักแน่นอน) แล้วนำไปทำให้แห้ง ชั่งน้ำหนัก จะได้น้ำหนัก crucible + NDF (น.น.คงที่)
- 3) ล้างตะกอนที่อยู่ใน crucible ให้หมด แล้วนำ crucible ไปอบ ที่อุณหภูมิ 1000C นาน 8 ชั่วโมง นำ crucible ออกมาทิ้งให้เย็น แล้วชั่งน้ำหนักคงที่
- 4) คำนวณหา NDF จากสูตร

$$\%NDF = \frac{(A - B)}{S} \times 100$$

A = น.น. crucible + NDF

B = น.น. crucible

S = น.น. ตัวอย่างอาหารแห้ง

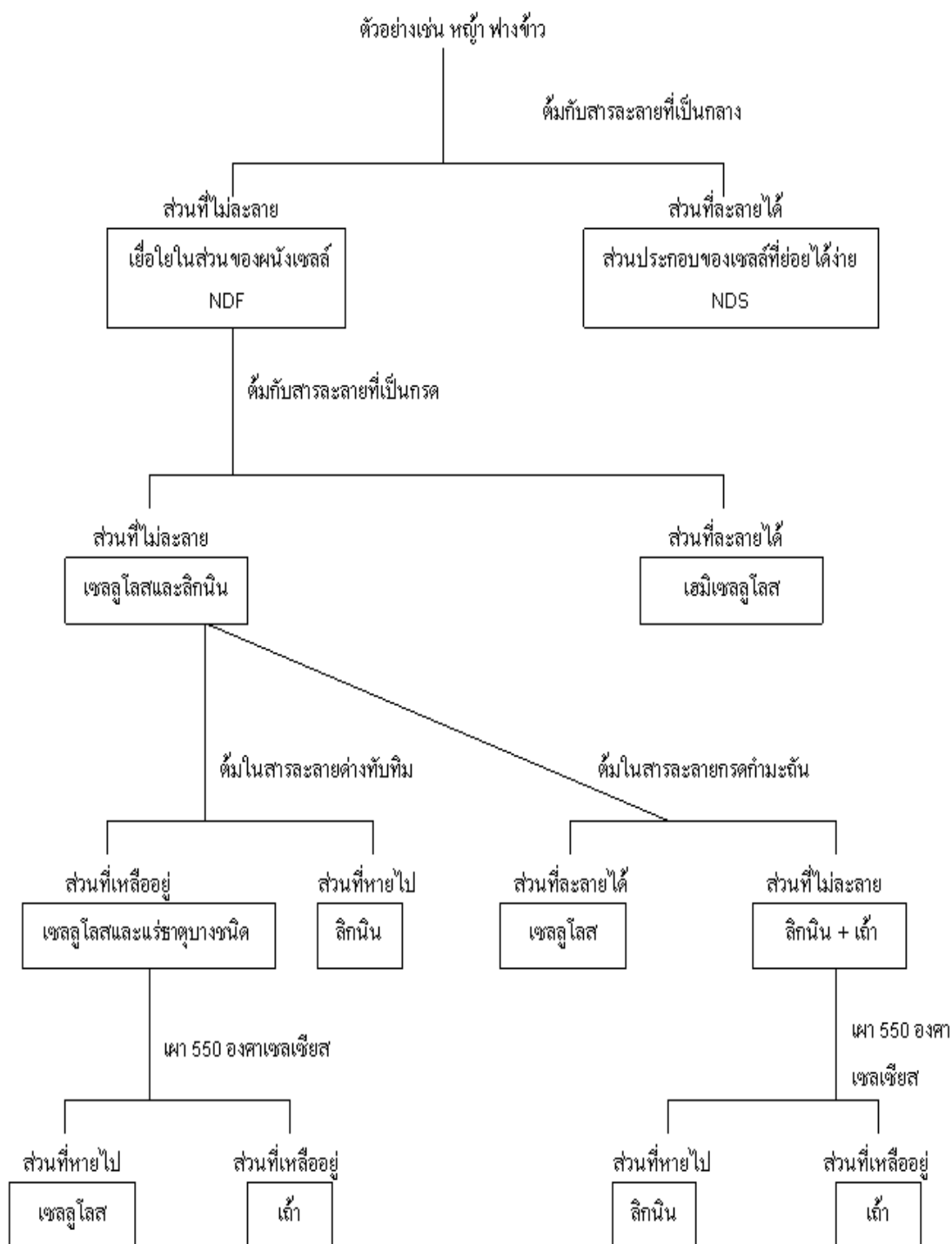
เมื่อได้ % NDF แล้วก็สามารถคำนวณหา % NDS ได้จากสูตร $\% NDS = 100 - \% NDF$

NDS = Neutral Detergent Solubles เป็นส่วนที่อยู่ภายในเซลล์ (cell contents) NDS ประกอบด้วย ลิพิด, Sugars, Starches และ โปรตีน



ภาพที่ 5.10 แสดงอุปกรณ์วิเคราะห์เยื่อใย ตามวิธีดีเทอร์เจนท์ (detergent method)

และเครื่องวิเคราะห์เยื่อใยแบบอัตโนมัติ



ภาพที่ 5.11 ขั้นตอนการวิเคราะห์เยื่อใยตามวิธีของ Van Soest

ที่มา: <http://coursewares.mju.ac.th:81/e-learning47/section2/an431/content/lesson07.htm>

ข. วิธีการหาเยื่อใยด้วยเครื่องอัตโนมัติ

เนื่องจากวิธีการหาเยื่อใยตามวิธีที่กล่าวมาแล้วใช้เวลานาน จึงมีการผลิตเครื่องมือวัดหาปริมาณแป้งโดยตรงออกมาเพื่อความสะดวกและรวดเร็วในการซื้อขายวัตถุดิบประเภทแป้ง

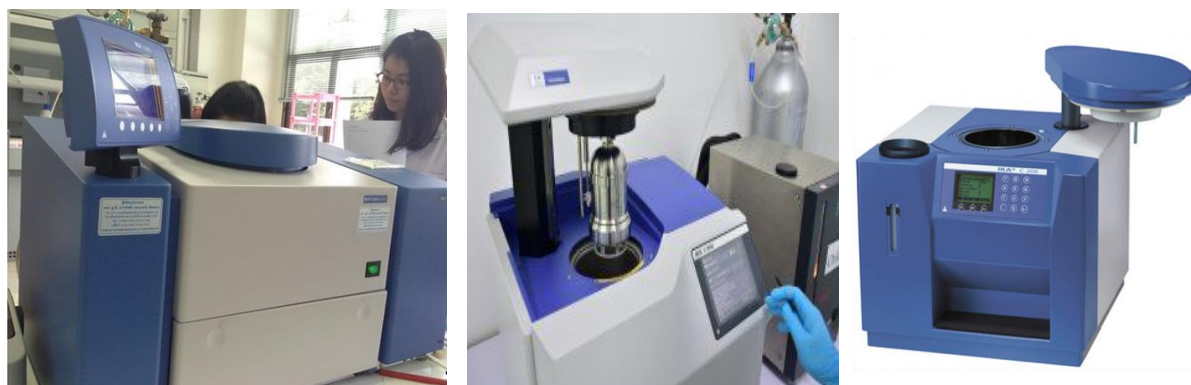


ภาพที่ 5.12 แสดงเครื่องวัดความหนืดของสารอาหารที่มีแป้งเป็นส่วนประกอบหลัก

ที่มา: http://cste.sut.ac.th/lsu/index.php?option=com_content&view=category&id=60

ค. การวิเคราะห์หาพลังงานในอาหาร

โดยใช้เครื่องบอมบ์แคลอริมิเตอร์ (Bomb Calorimeter)



ภาพที่ 5.13 แสดงอุปกรณ์วิเคราะห์หาพลังงานในอาหารด้วยเครื่องบอมบ์แคลอริมิเตอร์

ง. การวิเคราะห์หาโภชนชั้นสูง

ในบางครั้งการวิเคราะห์หาค่าโภชนในอาหารอาจต้องวิเคราะห์หาค่าอื่น ๆ ด้วย เช่น การวิเคราะห์หาโปรตีน ต้องหาค่ากรดอะมิโนด้วย เพื่อให้ทราบถึงคุณภาพของโปรตีน การวิเคราะห์หาไขมัน ต้องวิเคราะห์หาค่ากรดไขมันด้วย รวมทั้งในบางครั้งต้องวิเคราะห์หาปริมาณวิตามินหรือสารตั้งต้นของวิตามิน เช่น แคลโรทีน หรืออาจหาปริมาณสารสี เช่น คลอโรฟิลล์ หรือแซนโทฟิลล์ ใช้วิธีการคัลเลอรีเมทรี โครมาโทกราฟีหรือสเปกโทรโฟโตเมทรี การวิเคราะห์หากรดอะมิโนแอสิดใช้เครื่องอะมิโนแอสิดอะนาไลเซอร์ (amino acid analyzer)



ภาพที่ 5.19 แสดงอุปกรณ์วิเคราะห์หากรดอะมิโนแอสิดในอาหาร

จ. การวิเคราะห์หาปริมาณแร่ธาตุ

เช่น แคลเซียม ฟอสฟอรัส ฯลฯ โดยใช้เครื่อง อะตอมมิกแอบซอร์ชันสเปกโทรโฟโตเมทรี

ฉ. การวิเคราะห์หาสารเคมีที่เจือปนในอาหาร

สารเคมีดังกล่าวไม่ใช่องค์ประกอบของโภชน แต่เป็นสารที่เจือปนในอาหารแล้วส่งผลกระทบต่อคุณค่าอาหาร เช่น สารเคมีที่ใช้ฆ่าแมลง โลหะหนักบางชนิด สารหนู ฯลฯ วิธีการที่ใช้ในการตรวจวิเคราะห์ส่วนใหญ่อาศัยโครมาโทกราฟี หรือสเปกโทรโฟโตเมทรี ฯลฯ

สรุป

สัตว์ต้องได้รับสารอาหารต่าง ๆ จากอาหารที่กินเข้าไป เพื่อนำไปใช้สร้างเนื้อเยื่อ เพื่อการเจริญเติบโต เพื่อเพิ่มน้ำหนักระหว่างการขุนหรือการอ้วนท้วน และการสร้างน้ำนมหรือการผลิตไข่ ปริมาณของสารอาหารที่ถูกนำไปใช้เพื่อกิจกรรมต่าง ๆ เหล่านี้ หมายถึง ความต้องการเกี่ยวกับน้ำ พลังงาน โปรตีน กรดอะมิโนที่จำเป็น แร่ธาตุและวิตามิน ความต้องการเหล่านี้และปริมาณอาหารที่กินได้ขึ้นกับชนิดของสัตว์และชนิดอาหารที่กิน ตลอดจนสภาพแวดล้อมและการจัดการต่าง ๆ และผันแปรตามสภาพสรีระและสุขภาพของสัตว์ ปริมาณอาหารที่สัตว์กินมีส่วนเกี่ยวข้องกับการย่อยได้ การเปลี่ยนแปลงอาหาร และการนำไปใช้ประโยชน์ ความรอบรู้เกี่ยวกับปริมาณของสารอาหารแต่ละอย่างเพื่อการนำไปใช้ในสถานะต่าง ๆ ของสัตว์กระเพาะเดี่ยวและสัตว์กระเพาะรวม ได้มีกำหนดไว้ด้วยผลจากการศึกษาค้นคว้าวิจัยเป็นตารางมาตรฐานที่แสดงเป็นความเข้มข้นของสารอาหารแต่ละชนิดในสูตรอาหาร ซึ่งจะพบว่าเมื่อสัตว์เติบโตขึ้นมักใช้สารอาหารเป็นปริมาณน้อยลง เนื่องจากกินอาหารได้มากขึ้น ทำให้ปริมาณสารอาหารที่ได้รับมีปริมาณพอเพียง นอกจากนี้ ยังมีปัจจัยหลาย ๆ ประการที่มีผลต่อความต้องการอาหารของสัตว์ เช่น ตัวสัตว์เอง สภาพภูมิอากาศ อาหารสัตว์ที่ได้รับการจัดการฟาร์ม และความต้องการของน้ำด้วย

แบบทดสอบบทที่ 5

จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุด

1. การทดลองโดยใช้สัตว์ต่างเพศให้กินอาหารสูตรเดียวกันแล้ววัดอัตราการเจริญเติบโต เป็นการทดลองแบบใด

ก. Comparative feeding trial	ข. Germ Technique
ค. Purified diet method	ง. Slaughter experiment
2. ค่าใดที่ใช้ค่ามาตรฐานจากการสะสมไขมันในร่างกายจากแป้งเป็นมาตรฐานการเปรียบเทียบ

ก. T.D.N	ข. S.E
ค. D.E	ง. N.F.E
3. ค่าใดที่ได้จากการใช้ Bomb Calorimeter เป็นเครื่องมือช่วยวัด

ก. C.P	ข. G.E
ค. D.E	ง. N.F.E
4. ค่าพลังงานที่มีอยู่ในอาหารทั้งสิ้น คือ

ก. Digestible Energy	ข. Gross Energy
ค. Net Energy	ง. Urinary Energy
5. ข้อใดไม่ใช่การประเมินทางกายภาพของอาหาร

ก. รูปทรง	ข. สี
ค. การดมกลิ่น	ง. การชั่ง
6. ข้อใดไม่ใช่ Proximate analysis

ก. การวิเคราะห์หาปริมาณเถ้าด้วยเตาเผา	
ข. การวิเคราะห์หาโปรตีน kjeldahl method	
ค. การวิเคราะห์หาพลังงานด้วยเครื่อง Bomb calorimeter	
ง. การวิเคราะห์ไขมันด้วยเครื่องมือที่เรียกว่าซอกเลท (soxhlet)	
7. เครื่องอะตอมมิคแอบซอร์ชันสเปกโทรโฟโตเมทรีใช้หาอะไร

ก. เม็ดสี	ข. แคลเซียม ฟอสฟอรัส
ค. ยาฆ่าแมลง	ง. กรดอะมิโนแอซิด

8. เครื่อง amino acid analyzer ใช้วิเคราะห์หาค่าอะไร
- ก. เม็ดสี
 - ข. แคลเซียม ฟอสฟอรัส
 - ค. ยาฆ่าแมลง
 - ง. กรดอะมิโนแอซิด
9. EE คือ
- ก. การวิเคราะห์หาปริมาณเถ้าด้วยเตาเผา
 - ข. การวิเคราะห์หาโปรตีน kjeldahl method
 - ค. การวิเคราะห์หาพลังงานด้วยเครื่อง Bomb calorimeter
 - ง. การวิเคราะห์ไขมันด้วยเครื่องมือที่เรียกว่าซอกเลท (soxhlet)
10. ค่าใดหาได้โดยใช้วิธีคำนวณไม่ต้องวิเคราะห์
- ก. การวิเคราะห์หา NFE
 - ข. การวิเคราะห์หาเยื่อใย
 - ค. การวิเคราะห์หาไขมัน
 - ง. การวิเคราะห์โปรตีน
11. ข้อใดเป็นคุณสมบัติของ NFE
- ก. ประกอบด้วยเซลลูโลสเป็นหลัก
 - ข. ประกอบด้วยลิกนินเป็นหลัก
 - ค. ประกอบด้วยแป้งและน้ำตาลเป็นหลัก
 - ง. ประกอบด้วยเยื่อใยเป็นหลัก
12. การหา NFE ตัวอย่างเช่น หนุ้าเนเปียร์มีโภชนาคิดเป็นร้อยละของวัตถุแห้งดังนี้
- | | เถ้า | โปรตีน | ไขมัน | เยื่อใย |
|---------------|------|--------|-------|---------|
| หนุ้าเนเปียร์ | 5.3 | 7.7 | 1.0 | 39.0 |
- ดังนั้นมี NFE = เท่าไร
- ก. -25%
 - ข. 25%
 - ค. 47%
 - ง. 53%

บทที่ 6

ความต้องการโภชนของสัตว์ชนิดต่าง ๆ

การที่สัตว์จะมีการสร้างอวัยวะต่าง ๆ เพื่อการเจริญเติบโตได้นั้น จะต้องได้รับโภชนได้แก่ น้ำ โปรตีน วิตามินและแร่ธาตุ ในปริมาณที่เพียงพอแก่ความต้องการ นอกจากนี้ยังต้องการโภชนที่ให้พลังงาน เพื่อช่วยในการประกอบโภชนต่าง ๆ ข้างต้น เพื่อเป็นอวัยวะตามที่สัตว์ต้องการอีกด้วย หากมีพลังงาน เหลือ สัตว์ก็จะเก็บสะสมพลังงานเหล่านี้ไว้ในรูปของไขมัน โดยทั่ว ๆ ไปความต้องการโภชนของสัตว์ แตกต่างกัน

6.1 ปัจจัยที่มีผลต่อความต้องการโภชนของสัตว์

ปัจจัยที่มีผลต่อความต้องการ โภชนของสัตว์โดยทั่วไปขึ้นอยู่กับเหตุผลที่คล้ายคลึงกันเช่น

6.1.1 ชนิดของสัตว์ เช่น สุนัขต้องการชนิดและปริมาณอาหารแตกต่างจากวัว

6.1.2 ประเภทของสัตว์ เช่น วัวนมต้องการอาหารต่างจากวัวเนื้อ

6.1.3 ขนาดหรือน้ำหนัก คือ สัตว์ตัวใหญ่ต้องการอาหารมากกว่าสัตว์ตัวเล็ก

6.1.4 อายุของสัตว์ คือ สัตว์อ่อนต้องการอาหารที่มีคุณภาพดี หรือมีปริมาณน้อยกว่าสัตว์โตเต็ม

วัย

6.1.5 สัตว์ท้องหรือไม่ท้อง คือ สัตว์อุมท้องต้องการอาหารเพิ่มเพื่อลูกอ่อนด้วย

6.1.6 ระยะของการให้นม วัวอยู่ในระยะปลายของการให้นมต้องการอาหารน้อยกว่าระยะเริ่มให้

นม

6.1.7 ระดับการผลิต เช่น วัวให้นมสูงก็ต้องการอาหารมาก วัวให้ไขมันสูงก็ต้องการอาหารเพิ่มขึ้น
ไก่ไข่คอกต้องกินอาหารมาก

6.1.8 สภาพความอ้วนผอมของสัตว์ ตามปกติสัตว์อ้วนกินอาหารมากกว่าสัตว์ผอม

6.1.9 การเคลื่อนไหวของสัตว์ สัตว์อยู่นิ่งกินอาหารน้อยกว่าสัตว์ที่เคลื่อนไหว แต่สัตว์ที่อยู่ใน
ระหว่างเคลื่อนย้ายหรือขนส่ง กลับไม่ยอมกินอาหาร

6.1.10 ปริมาณและคุณภาพของอาหารหยาบ เช่น ถั่วดีกว่าหญ้า ดังนั้นวัวกินถั่วจึงได้โภชนมากกว่ากินหญ้า

6.1.11 ปริมาณและคุณภาพของอาหารชั้น เช่น กากถั่วเหลืองมีคุณค่าสูงกว่ากากมะพร้าวเมื่อใช้ผสมอาหารกากถั่วเหลือง จะใช้ในปริมาณที่น้อยกว่ากากมะพร้าว

6.1.12 เพศของสัตว์ เช่น ในบางกรณีสัตว์ตัวผู้กินอาหารมากกว่าสัตว์ตัวเมีย

6.1.13 โรคและพยาธิสัตว์ สัตว์ที่มีโรคและพยาธิรบกวนจะกินอาหารได้น้อยลง

6.1.14 อากาศและความร้อนหนาว คือถ้าอากาศภายในคอกร้อนมากสัตว์จะกินอาหารได้น้อยลง (ต้องให้อาหารมีโปรตีนสูง)

6.1.15 ปัจจัยต่อต้านอื่น ๆ เช่น ถ้าแร่ธาตุชนิดหนึ่งมีมากเกินไปอาจจะทำให้การใช้แร่ธาตุชนิดอื่นลดลง หรือความต้องการแร่ธาตุชนิดอื่นลดลง

6.2. ประเภทของความต้องการโภชนของสัตว์

ความต้องการโภชนของสัตว์แบ่งเป็น 2 ประเภท ดังนี้

6.2.1 ความต้องการเพื่อการดำรงชีพ (maintenance requirement)

ความต้องการเพื่อการดำรงชีพ หมายถึง ความต้องการอาหารเพื่อการรักษาชีวิตสัตว์ให้อยู่ในสภาพที่ดีหรือมีสุขภาพดี อาหารที่สัตว์ต้องการเพื่อการดำรงชีพเป็นจำนวนโภชนที่น้อยที่สุด ซึ่งจำเป็นต่อการทำงานของระบบต่าง ๆ ภายในร่างกายให้ดำเนินไปอย่างปกติ เพื่อให้ร่างกายมีชีวิตอยู่ได้โดยที่สัตว์ไม่มีการสร้างผลผลิตเพิ่มขึ้นเป็นพิเศษ เช่น ไม่มีการผลิตลูกสัตว์ ไม่มีการเจริญเติบโต ไม่มีการสะสมไขมัน ไม่มีการผลิตน้ำนมหรือผลิตผลอื่นใด โดยเฉลี่ยประมาณครึ่งหนึ่งของอาหารที่ให้สัตว์กินจะถูกนำไปใช้เพื่อการดำรงชีพ โภชนที่ความต้องการมากที่สุดจะเป็นพลังงาน ส่วนโปรตีนและแร่ธาตุจะต้องการรองลงมาสามารถจำแนกโภชนต่าง ๆ ที่ถูกนำไปใช้ในด้านการดำรงชีพ ได้ดังต่อไปนี้

6.2.1.1 เป็นพลังงานเพื่อทำหน้าที่สำคัญต่าง ๆ

พลังงานเพื่อการดำรงชีพแบ่งเป็น 2 ค่า คือ

ก. พลังงานพื้นฐาน เป็นจำนวนพลังงานต่ำสุดที่สัตว์ต้องการเพื่อดำรงกิจกรรมในสภาพที่สัตว์มีสุขภาพปกติ ไม่เจ็บป่วย ภาวะทางสรีระเป็นปกติ เช่น ไม่เป็นสัตว์ อยู่ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมไม่มีการดึงเอาพลังงานมาสร้างความอบอุ่น อยู่ในสภาพมีการทำงานของกล้ามเนื้อน้อยที่สุด และสามารถตรวจสอบจำนวนพลังงานนี้ได้ภายหลังการกินอาหารไม่น้อยกว่า 12 ชั่วโมง (เพื่อให้แน่ใจว่า

พลังงานที่เกิดจากการย่อยและการดูดซึมหมดแล้ว) สัตว์ต้องการพลังงานพื้นฐานนี้ไปใช้ในการหายใจ การหมุนเวียนโลหิต และการทำงานของระบบประสาท

ข. พลังงานใช้ในการเคลื่อนไหว เป็นพลังงานที่นอกเหนือจากพลังงานพื้นฐาน แต่จำเป็นต้องใช้เพื่อการดำรงชีพซึ่งเป็นปกติวิสัยของสัตว์เลี้ยง ได้แก่ เพื่อการกินอาหาร การเคี้ยวเอื้อง การเดินหาอาหาร การลุกขึ้นหรือนอน ค่านี้จะประมาณ 1 ใน 3 ของพลังงานที่ใช้ในการดำรงชีพ

ดังนั้น ความต้องการพลังงานเพื่อดำรงชีพนั้น ผันแปรไปตามปัจจัยหลายอย่าง ได้แก่ พลังงานที่ใช้เมื่อมีการอดอาหาร พลังงานที่ใช้ในกระบวนการเมแทบอลิซึมของร่างกาย ซึ่งผันแปรไปตามขนาด กิริยาอาการของสัตว์ และสภาพอากาศ ตลอดจนขนาดหรือน้ำหนักของสัตว์ สัตว์ที่มีน้ำหนักมากมักต้องการพลังงานเพื่อดำรงชีพสูงกว่าสัตว์ที่มีน้ำหนักต่ำกว่า อาจเป็นเพราะมีเนื้อเยื่อของร่างกายที่ต้องดำรงกิจกรรมของร่างกายมากกว่า พลังงานที่ใช้ทำหน้าที่สำคัญต่าง ๆ เหล่านี้ในที่สุดจะถูกขับออกมาเป็นความร้อนเพื่อนำไปใช้รักษาอุณหภูมิของร่างกาย พลังงานที่ต้องการจะอยู่ในรูปของพลังงานสุทธิ (net energy) การทำงานของหน้าที่ที่สำคัญต่าง ๆ มักกล่าวเป็น basal metabolism ซึ่งวัดหรือคำนวณจากการแลกเปลี่ยนระหว่าง O_2 และ CO_2 ค่าที่ได้เป็นค่าที่แสดงถึงความเป็นปฏิกิริยา (สอดรับ) กับพื้นที่ผิวของร่างกายสัตว์ (body surface) ไม่ได้เป็นปฏิกิริยากับน้ำหนักสัตว์

6.2.1.2. เป็นความร้อนเพื่อรักษาอุณหภูมิของร่างกายให้คงที่

สัตว์เลี้ยงเป็นสัตว์เลือดอุ่น ฉะนั้นจึงต้องมีความต้องการความร้อนเพื่อใช้รักษาอุณหภูมิของร่างกายให้คงที่ อุณหภูมิปกติของร่างกายสัตว์ มีดังนี้ ม้า 100.2° F โค 101.5° F สุกร 102.6° F และ 103.5° F และสัตว์ปีก 105° F

ความร้อนที่ใช้รักษาอุณหภูมิของร่างกายให้เป็นปกติมาจากแหล่งต่าง ๆ คือ

- ก. ความร้อนจากการทำงานของอวัยวะที่สำคัญต่าง ๆ
- ข. ความร้อนจากการใช้ประโยชน์จากโภชนา
- ค. ความร้อนจากการทำงานของกิจกรรมต่าง ๆ
- ง. ความร้อนจากการหนาวสั่นของสัตว์

ขณะที่สัตว์มีการ oxidation ภายในร่างกายสัตว์ต้องใช้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นเพื่อรักษาอุณหภูมิของร่างกายให้เป็นปกติ เรียกอุณหภูมินั้นว่าอุณหภูมิวิกฤติ (critical temperature) ปกติอุณหภูมิวิกฤติจะไม่ค่อยเกิดกับสัตว์ เว้นเสียแต่ว่าจะมีอากาศหนาวเย็นมาก อุณหภูมิวิกฤติจะผันแปรได้มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับ

- ก. ชนิดของสัตว์ (species of animal)

- ข. ขนที่ห่อหุ้มตัวสัตว์ (hair or wool coat of animal)
- ค. การสะสมไขมันของสัตว์ (fatness of animal)
- ง. ระดับของอาหาร (level of feed animal)
- จ. กิจกรรมของสัตว์ (activity of animal)
- ฉ. การเคลื่อนไหวของอากาศ (air movement)
- ช. ความชื้น (humidity)

6.2.1.3 โพรตีนเพื่อการซ่อมแซมเนื้อเยื่อของร่างกาย

โพรตีนเพื่อการซ่อมแซมเนื้อเยื่อของร่างกายเป็นมีความสำคัญและจำเป็นเพราะโพรตีนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของเนื้อเยื่อ ซึ่งจะมีการชำรุดเสียหายและสูญเสียอยู่ตลอดเวลา เช่น สูญเสียทางมูลทางปัสสาวะ ทางฮอร์โมน น้ำย่อย ผิวหนังลำไส้ที่สึกกร่อน ขน เล็บที่ร่วงหลุด ฯลฯ ร่างกายจึงจำเป็นต้องซ่อมแซมใหม่โดยใช้โพรตีนที่มีคุณภาพดีที่ได้รับจากอาหาร และโพรตีนนั้นต้องมีสัดส่วนของกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อสัตว์อยู่อย่างเพียงพอความต้องการ โพรตีนสำหรับการดำรงชีพของสัตว์จะเท่ากับจำนวนไนโตรเจนที่ขับออกทางปัสสาวะ ทางมูล ในระหว่างที่สัตว์อดอาหาร และสูญเสียทาง ขน หนัง และกึบ ไม่ว่าจะสัตว์จะอดอาหารหรือไม่ก็ตาม ปริมาณไนโตรเจนทั้ง 3 ส่วนนี้ เมื่อรวมกันแล้วคูณด้วย 6.25 จะเป็นปริมาณของโพรตีนเพื่อการดำรงชีพ โพรตีนเพื่อการดำรงชีพเป็นปฏิภาคกับพื้นที่ผิวของร่างกาย (Body surface area)

6.2.1.4 แร่ธาตุและวิตามินต่าง ๆ เพื่อการดำรงชีพ

ในการดำเนินชีวิตประจำวันสัตว์จำเป็นต้องใช้แร่ธาตุไปจำนวนหนึ่ง ร่างกายจึงมีความต้องการแร่ธาตุเพื่อชดเชยแร่ธาตุที่สูญเสียไปแร่ธาตุที่จำเป็นต่าง ๆ ที่สูญเสียและจำเป็นต้องได้รับกลับคืนเพื่อให้อยู่ในระดับคงที่ เช่น แคลเซียมและฟอสฟอรัส เพราะถูกเปลี่ยนไปเป็นส่วนประกอบของกระดูก โซเดียมสูญเสียไปกับเหงื่อ เป็นต้นอาหารที่สัตว์ต้องการเพื่อการดำรงชีพจึงต้องมีแร่ธาตุที่จำเป็นอยู่อย่างเพียงพอเพื่อชดเชยจำนวนแร่ธาตุที่สูญเสียไป อาหารของสัตว์โดยทั่วไปจะมีจะมีแร่ธาตุอยู่อย่างเพียงพอ ยกเว้นเพียงเกลือที่จะต้องให้เพิ่มเติมแก่สัตว์เคี้ยวเอื้องเป็นพิเศษอีกสำหรับวิตามินทุก ๆ อย่างจำเป็นสำหรับชีวิตสัตว์ วิตามินทุกชนิดมีการถูกทำลายหรือสูญเสียไปจากร่างกายในระดับค่อนข้างคงที่ ต้องให้วิตามินแก่สัตว์เพื่อชดเชยจำนวนที่สูญเสียไป

อนึ่ง ความต้องการสารอาหารสองประเภทดังกล่าวนี้ มักถูกกล่าวรวมไปกับความต้องการของการให้ผลผลิต เนื่องจากแร่ธาตุหลายชนิดเมื่อใช้แล้วจะไม่ถูกขับถ่ายทิ้งไปหมด มีบางส่วนถูก

ดูดซึมกลับไปใช้ได้ อีก จึงเป็นการยากที่จะหาปริมาณเพื่อการดำรงชีพจริง ๆ นอกจากนี้ สัตว์บางชนิดยังสะสมแร่ธาตุและสังเคราะห์วิตามินบางอย่างในร่างกายได้อีก

6.2.1.5 กรดไขมันบางชนิดเพื่อการดำรงชีพ

สัตว์ต้องการกรดไขมันที่จำเป็นสำหรับการดำรงชีพ เพื่อรักษาสุขภาพ กรดไขมันที่สัตว์ต้องการเป็นประเภทกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัว เช่น linoleic, linolenic และ arachidonic

6.2.1.6 น้ำเพื่อการดำรงชีพ

น้ำมีความจำเป็นแก่สัตว์ที่สุดเพราะสัตว์เมื่อขาดน้ำจะตายได้อย่างรวดเร็วกว่าการขาดโภชนาการอื่น ๆ สัตว์ต้องการน้ำเพื่อการทำงานที่สำคัญต่าง ๆ ภายในร่างกาย การสูญเสียน้ำจากร่างกายสัตว์ค่อนข้างคงที่ เช่น การสูญเสียผ่านทางปัสสาวะ มูล เหงื่อ และการหายใจ

6.2.2 ความต้องการสารอาหารเพื่อการให้ผลผลิต (Production requirement)

ผลผลิตที่เกิดขึ้นจากสัตว์มีหลายชนิด ได้แก่ เนื้อ นม ไข่ ขน การเจริญเติบโต การให้กำลังงาน ตลอดจนการสืบพันธุ์ โดยทั่วไปปริมาณสารอาหารที่ต้องให้คิดได้จากปริมาณที่ต้องการเพื่อดำรงชีพ รวมกับปริมาณของสารอาหารที่มีในผลผลิตนั้นและปริมาณของสารอาหารที่สูญเสียไปในระหว่างมีกิจกรรมการกิน การย่อย การดูดซึมอาหารและการเปลี่ยนแปลงอาหารเป็นผลผลิตด้วย ดังนั้น ความต้องการสารอาหารสำหรับการให้ผลผลิตจึงแตกต่างกันไปตามชนิดของผลผลิตที่ให้หรือตามจุดประสงค์ของการผลิต ซึ่งความต้องการสารอาหารเหล่านี้ขึ้นกับจุดประสงค์ของการผลิตด้วยเช่นกัน ซึ่งได้แก่

6.2.2.1 ความต้องการเพื่อการเจริญเติบโต (growth requirement)

ความต้องการโภชนาการเพื่อการเจริญเติบโต หมายถึง กระบวนการทางสรีรวิทยาในการเพิ่มกล้ามเนื้อ กระดูก อวัยวะต่าง ๆ (organs) และเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (connective tissue) การทำให้สัตว์มีอัตราการเจริญเติบโตสูงเป็นกุญแจสำคัญในการเลี้ยงสัตว์

$$\text{อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ย} = \frac{W_2 - W_1}{t_2 - t_1}$$

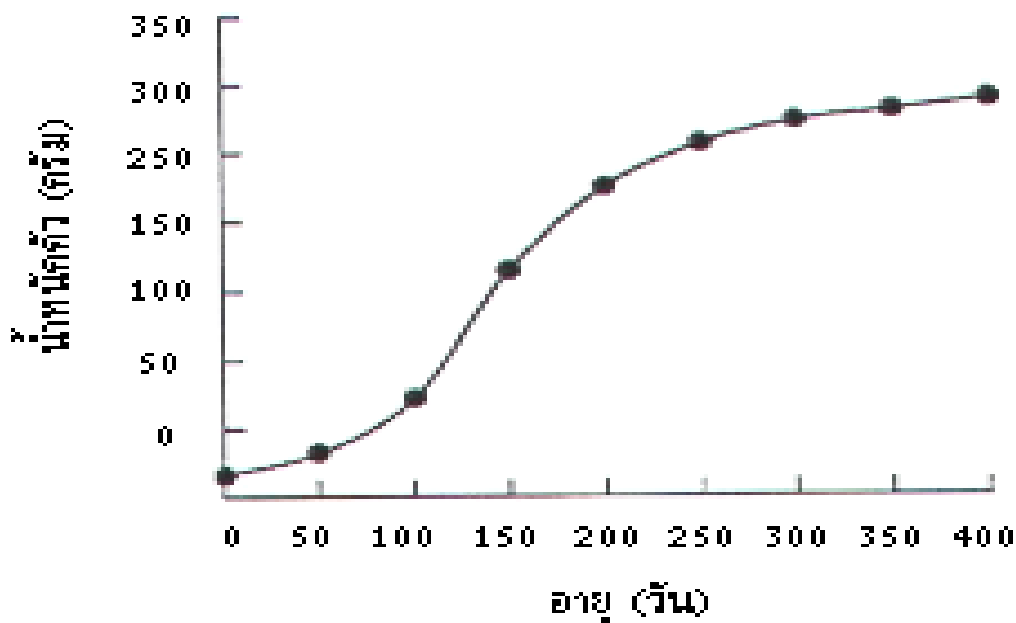
W_1 = นน. เริ่มต้นของสัตว์ W_2 = นน. สิ้นสุดของสัตว์

t_1 = เวลาเริ่มการทดสอบ t_2 = เวลาสิ้นสุดการทดลอง

$$\text{เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเจริญเติบโต} = \frac{W2 - W1}{W2} \times 100$$

สัตว์จะใช้อาหารที่เหลือจากการดำรงชีพไปใช้เพื่อการเจริญเติบโต โดยปกติสัตว์อ่อนมักจะมีประสิทธิภาพการใช้อาหาร (feed efficiency) ดีกว่าสัตว์ที่โตแล้ว เพราะสัตว์อ่อนกำลังอยู่ในวัยที่กำลังเจริญเติบโต (ภาพที่ 6.1) ประสิทธิภาพการใช้อาหารคำนวณได้จากสูตร

$$\text{ประสิทธิภาพการใช้อาหาร} = \frac{\text{นน. ที่เพิ่มตลอดการศึกษา}}{\text{จำนวนอาหารที่กินทั้งหมด}} \times 100$$



ภาพที่ 6.1 ลักษณะเส้นกราฟการเจริญเติบโตของสัตว์
ที่มา: บุญเสริม และบุญล้อม (2542)

โภชนต่าง ๆ ที่สัตว์ต้องการเพื่อการเจริญเติบโต มีดังต่อไปนี้

ก. โปรตีนเพื่อการเจริญเติบโต

เนื่องจากกล้ามเนื้อ เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน และกระดูก มีโปรตีนเป็นองค์ประกอบ ดังนั้น โปรตีนจึงเป็นโภชนที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโต และต้องเป็นโปรตีนที่มีคุณภาพดี มีสัดส่วนของกรดอะมิโนที่จำเป็นอยู่เพียงพอตามความต้องการของสัตว์

ข. พลังงานเพื่อการเจริญเติบโต

การสร้างเนื้อเยื่อเพื่อการเจริญเติบโตตามปกติ ต้องการพลังงานสุทธิ

ค. แร่ธาตุต่าง ๆ เนื่องจากการสร้างกระดูกเป็นกิจกรรมขั้นแรกของการเจริญเติบโต กระดูกมีธาตุแคลเซียม และธาตุฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบอยู่สูง ดังนั้นแร่ธาตุทั้งสองจึงจำเป็นสำหรับการเจริญเติบโต ส่วนแร่ธาตุอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการย่อยอาหารและการใช้ประโยชน์จากอาหารก็มีความจำเป็นสำหรับการเจริญเติบโต

ง. วิตามินต่าง ๆ เพื่อการเจริญเติบโต

วิตามิน ดี สำคัญสำหรับการสร้างกระดูก วิตามินอื่น ๆ มีหน้าที่สำคัญในขบวนการ metabolism ซึ่งเกี่ยวข้องสัมพันธ์กับการใช้โภชนอื่น ๆ สำหรับการเจริญเติบโต

จ. น้ำเพื่อการเจริญเติบโต

เนื้อเยื่อของกล้ามเนื้อที่ปราศจากไขมัน มีน้ำเป็นองค์ประกอบประมาณ 79 - 80 % ดังนั้นน้ำจึงเป็นโภชนที่สำคัญสำหรับการเจริญเติบโต

6.2.2.2 ความต้องการเพื่อการสืบพันธุ์ (reproductive requirement) การพัฒนาลูกสัตว์ในท้อง (fetal development)

เป็นการเพิ่มหรือทวีจำนวนสัตว์ให้มากขึ้น การสืบพันธุ์เป็นการผลิตรูปหนึ่ง ก่อนที่สัตว์จะสืบพันธุ์ได้ สัตว์จะต้องสร้างความเป็นหนุ่มเป็นสาว แล้วจึงผลิตไข่และน้ำเชื้อมาผสมกัน โภชนเป็นปัจจัยที่สำคัญปัจจัยหนึ่งที่จะทำให้สัตว์โตเป็นหนุ่มเป็นสาว (puberty) เพื่อพร้อมที่จะผสมพันธุ์ให้ลูกสืบไป ฉะนั้นจึงจำเป็นที่สัตว์ในระยะผสมพันธุ์ต้องได้รับอาหารตรงความต้องการของร่างกาย และต้องมีจำนวนอาหารเพียงพอที่จะใช้สร้างลูกสัตว์ การให้อาหารไม่ถูกต้องแก่แม่พันธุ์ที่อยู่ในระยะผสมพันธุ์ ทำให้ลูกสัตว์ที่เกิดออกมาไม่สมบูรณ์ เลี้ยงยาก สำหรับการให้อาหารแก่พ่อพันธุ์ก็ต้องจัดให้เพียงพอและถูกต้องเพื่อให้พ่อพันธุ์มีความสมบูรณ์พันธุ์สูง (high fertility)

โภชนสำหรับแม่พันธุ์

ก. โปรตีนเพื่อการสืบพันธุ์

ความต้องการโปรตีนระหว่างการอุม้ท้องมักเพิ่มขึ้น ทั้งนี้ก็เนื่องจาก ลูกสัตว์ประกอบไปด้วยโปรตีน ความต้องการโปรตีนมีมากที่สุดระหว่างช่วงที่สามของการตั้งท้อง เพราะในระยะนี้ลูกสัตว์มีการเจริญเติบโตเร็วมากที่สุด โปรตีนที่ต้องการสำหรับการตั้งท้องนอกจากจะมีจำนวนเพียงพอแล้วต้องเป็นโปรตีนที่มีคุณภาพดี

ข. แคลเซียมและฟอสฟอรัสเพื่อการสืบพันธุ์

ต้องมีจำนวนอย่างเพียงพอ เพราะลูกสัตว์กำลังเจริญเติบโตต้องการใช้แคลเซียมและฟอสฟอรัสเป็นส่วนประกอบของกระดูก

ค. วิตามินและแร่ธาตุเพื่อการสืบพันธุ์

วิตามิน เอ หรือแคโรทีน เพื่อการสืบพันธุ์ ต้องมีจำนวนเพียงพอแก่ความต้องการ เพราะเป็นวิตามินที่จำเป็นต่อการสร้างไข่ และสร้างลูกสัตว์ การขาดวิตามิน เอ นอกจากจะกระทบกระเทือนต่อลูกสัตว์ในท้องแล้วยังกระทบกระเทือนต่อมน้ำเหลือง (colostrum) จะทำให้มน้ำเหลืองขาดวิตามิน เอ หรือแคโรทีน วิตามิน ดี วิตามิน อี และวิตามินอื่น ๆ ซึ่งจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของ embryo แร่ธาตุอื่น ๆ เช่น ไอโอดีน เหล็ก ทองแดง และโคบอลต์ จำเป็นสำหรับบางท้องที่ซึ่งอาจขาดธาตุใดธาตุหนึ่ง ผู้เลี้ยงจะต้องจัดธาตุที่ขาดให้แก่สัตว์

โภชนสำหรับพ่อพันธุ์

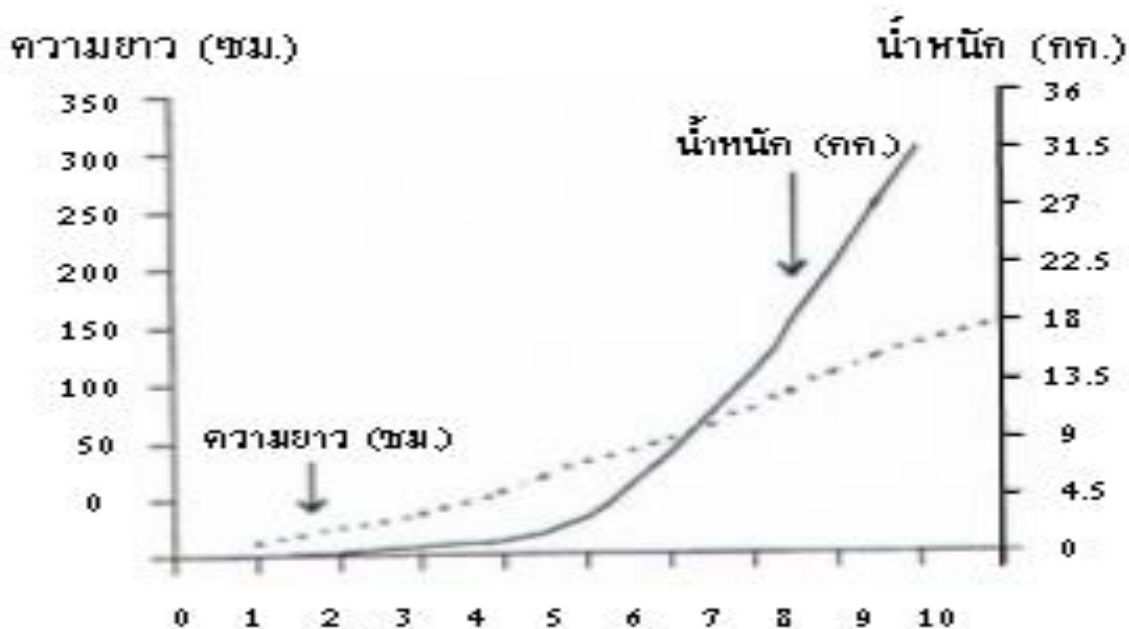
สัตว์ที่ใช้เป็นพ่อพันธุ์ควรได้รับการเลี้ยงดูให้อยู่ในสภาพที่ดี มีอำนาจในการผสมพันธุ์ หรือมีความสมบูรณ์พันธุ์สูง ฉะนั้นต้องจัดให้พ่อพันธุ์ได้รับอาหารตรงตามความต้องการและมีจำนวนอาหารเพียงพอ อาหารที่พ่อพันธุ์ต้องการเช่น โปรตีน แร่ธาตุ และวิตามินต่าง ๆ

โภชนสำหรับลูกสัตว์ในท้อง

ก. ควรจัดโภชนเพียงพอสำหรับการพัฒนาของลูกสัตว์และการพัฒนาของเนื้อเยื่อ การพัฒนาของลูกสัตว์ในท้องเป็นการเจริญเติบโตก่อนที่จะคลอดออกมา ความต้องการโภชนเพื่อพัฒนาลูกสัตว์ใกล้เคียงกับการเจริญเติบโต โภชนที่ต้องการ ได้แก่ โปรตีน แคลเซียม ฟอสฟอรัส และวิตามิน ดี รวมทั้งโภชนอื่น ๆ ปริมาณความต้องการโภชนเพื่อพัฒนาลูกสัตว์เป็นจำนวนไม่มากมายนัก ลูกโคที่เกิด

ออกมาใหม่ ๆ มีน้ำหนักประมาณ 37 กิโลกรัม จะมีส่วนประกอบที่เป็นวัตถุแห้งเพียง 25 % (ซึ่งเท่ากับ น้ำหนักแห้งต่ำกว่า 10 กก.) หรือเท่ากับน้ำหนักเพียง 75 กิโลกรัมเท่านั้น ถ้าสัตว์ได้รับโปรตีน และ/หรือ พลังงาน แคลเซียม ฟอสฟอรัส ไม่เพียงพอสัตว์จะดึงเอาโภชนาดังกล่าว จากร่างกายไปเพื่อพัฒนาลูกสัตว์ ถ้าสัตว์ที่ตั้งท้องใหม่ ๆ (ภาพที่ 6.2) ได้รับโภชนาไม่เพียงพอ ลูกสัตว์ที่อยู่ในท้องจะไม่พัฒนาหรือหยุดพัฒนา ร่างกายของแม่จะดูดซึมตัวอ่อนกลับคืนหรือเกิดแท้งลูก

ข. ควรจัดอาหารให้แก่สัตว์ระหว่างการอุ้มท้องให้เพียงพอ เพื่อสัตว์จะได้นำเอาโภชนาต่าง ๆ ไปเก็บสำรองไว้ในร่างกาย แล้วสัตว์จะนำอาหารที่เก็บสำรองไว้นั้นมาผลิตเป็นน้ำนมภายหลังคลอดลูก สัตว์เลี้ยงบางตัวมีความสามารถกินอาหาร ย่อยอาหารและใช้อาหาร ให้เพียงพอแก่ความต้องการระหว่างการให้น้ำนมมาก ๆ แต่สัตว์ส่วนมากแล้วมักจะดึงเอาอาหารที่เก็บสำรองไว้ในร่างกายในรูปของไขมัน โปรตีน แคลเซียม ฟอสฟอรัส วิตามิน เอ และโภชนาอื่น ๆ มาใช้สร้างผลิตผลดังกล่าว ดังนั้นการให้อาหารแก่แม่สัตว์ระหว่างการตั้งท้อง ต้องให้อาหารไว้ให้สัตว์ได้เก็บสำรองไว้ใช้ในช่วงปลายของระยะการให้นม โภชนาที่เหลือใช้จะถูกนำไปเก็บสำรองไว้ แต่การให้อาหารแก่สัตว์มากเกินไปในระยะปลาย ๆ ของการให้นม มีผลทำให้ลูกสัตว์ในท้องมีขนาดใหญ่เกินไป ซึ่งเป็นปัญหาทำให้คลอดยาก



ภาพที่ 6.2 การเจริญเติบโตของลูกโคในท้องแม่

ที่มา: บุญเสริม และ บุญล้อม (2542)

6.2.2.3 ความต้องการเพื่อการสร้างนม (lactation requirement)

การผลิตนม (milk production) น้ามนส่วนใหญ่ได้มาจากโคนม แต่สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมทุกชนิดมีการผลิตนมเพื่อใช้เลี้ยงลูกสัตว์ บางชนิดมีประสิทธิภาพในการผลิตได้ดีพอ ๆ กับโคนม น้ามนสัตว์ประกอบด้วย 2 ส่วนใหญ่ ๆ คือ น้ำ (water) และวัตถุแห้ง (dry matter) ส่วนที่เป็นวัตถุแห้ง บางทีเรียกว่าส่วนที่เป็นของแข็ง (solids) ส่วนนี้จะประกอบไปด้วย ไขมันนม (milk-fat) โปรตีน น้ำตาลแลคโตส และแร่ธาตุ โดยทั่วไปน้ามนประกอบด้วยสิ่งต่าง ๆ ดังนี้ น้ำ 87.25 % และวัตถุแห้ง 12.75 % โดยวัตถุแห้งประกอบด้วยไขมัน 3.80 % โปรตีน 3.50 % แลคโตส 4.80 % และแร่ธาตุ 0.65 % (ตารางที่ 6.1)

ก. โปรตีนเพื่อการสร้างนม

ต้องเป็นโปรตีนมีคุณภาพดี ตรงตามความต้องการในการผลิตน้ามน หากอาหารมีโปรตีนไม่เพียงพอ โปรตีนที่เก็บไว้ตามเนื้อเยื่อจะถูกนำไปสร้างเป็นน้ามนแทน การขาดโปรตีนเป็นเวลานาน ๆ จะทำให้การผลิตน้ามนลดลง

ข. พลังงานเพื่อการสร้างนม

ต้องเป็นพลังงานสุทธิ (net energy) พลังงานอาจได้มาจากอาหารคาร์โบไฮเดรต ไขมัน หรือจากโปรตีนที่เหลือใช้ภายในร่างกาย สัตว์จะไม่ผลิตนมหรือผลิตน้อยถ้าได้รับพลังงานไม่เพียงพอ ถ้าอาหารที่ได้รับมีพลังงานต่ำ สัตว์จะใช้พลังงานที่เก็บสะสมไว้ในร่างกายไปผลิตน้ามน การขาดพลังงานเป็นเวลานาน ๆ จะทำให้การผลิตนมลดน้อยลง

ค. แคลเซียมและฟอสฟอรัสเพื่อการสร้างนม

ได้จากอาหารหรือจากอาหารเสริม สัตว์จะไม่ผลิตนมถ้ามีธาตุทั้งสองนี้ต่ำ ถ้าสัตว์ได้รับแคลเซียมและฟอสฟอรัสไม่เพียงพอ สัตว์จะถอนเอาแคลเซียมและฟอสฟอรัสที่อยู่ในกระดูกมาใช้เป็นส่วนประกอบของน้ามน ซึ่งจะทำให้กระดูกเปราะหักง่าย การขาดแคลเซียมและ / หรือฟอสฟอรัส เป็นเวลานาน ๆ ทำให้การผลิตนมต่ำลง

ง. วิตามินและแร่ธาตุเพื่อการสร้างนม

วิตามิน เอ และ / หรือแคโรทีนอาจไม่สำคัญเป็นพิเศษสำหรับการผลิตน้ามน สัตว์สามารถผลิตน้ามนได้ แม้จะได้รับวิตามินดังกล่าวต่ำ นมที่มีวิตามิน เอ และ / หรือแคโรทีนสูงเป็นที่ต้องการของตลาด แคโรทีน และ / หรือวิตามิน เอ สำหรับการผลิตนมได้มาจากอาหาร หรือจากการสะสมไว้ในร่างกาย จำนวนวิตามิน เอ และแคโรทีนในน้ามนจะเพิ่มขึ้นโดยการเพิ่มวิตามิน เอ และแคโร

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2563 ประเภทวิชาเกษตรกรรม สาขาวิชาสัตวศาสตร์

Principles of Animal Nutrition 30503-2002

ทินให้แก่สัตว์วิตามิน ดี จากหลักฐานบางแห่งเชื่อได้ว่าวิตามิน ดี จำเป็นสำหรับการดูดซึมแคลเซียมและฟอสฟอรัสเพื่อใช้เป็นส่วนประกอบของน้ำนม วิตามิน ดี ในน้ำนมสามารถเพิ่มได้โดยการเพิ่มวิตามินให้แก่สัตว์ทางอาหาร โซเดียมและคลอรีน (เกลือ) สำคัญสำหรับการย่อยโภชน เพื่อใช้เป็นส่วนประกอบของน้ำนม ตามปกติน้ำนมจะมีเกลือบางชนิดอยู่แร่ธาตุและวิตามินอื่น ๆ แร่ธาตุหลายอย่างเกี่ยวข้องกับการใช้ประโยชน์จากโภชน แร่ธาตุและวิตามินอื่น ๆ ที่จำเป็นสำหรับสร้างนมได้มาจากอาหาร น้ำ หรือจากการสังเคราะห์ของกระเพาะผ้าชีวรีหรือจากการสังเคราะห์ของร่างกาย

ตารางที่ 6.1 เปรียบเทียบส่วนประกอบของน้ำนมสัตว์ชนิดต่าง ๆ

	% น้ำ	% วัตถุแห้ง
น้ำนมโค	87.2	12.8
น้ำนมแกะ	80.8	19.2
น้ำนมแพะ	86.8	13.2
น้ำนมม้า	90.6	9.4
น้ำนมสุกร	79.9	20.1
น้ำนมกระบือ	81.6	18.4
น้ำนมคน	87.8	12.2

ที่มา: ทองเลียน (2551)

6.2.2.4 ความต้องการเพื่อการผลิตไข่ (egg requirement)

สัตว์ปีกมีความต้องการสารอาหารในการสร้างไข่สูงมาก เนื่องจากองค์ประกอบของไข่มีสารอาหารอยู่ในรูปเข้มข้นมาก โดยเฉพาะพลังงานที่เก็บไว้ในรูปของไขมันมีประมาณ 11.5–14.3 เปอร์เซ็นต์ และยังมีปริมาณสารอาหารอื่น ๆ สูงด้วย เพื่อนำออกมาใช้ในระหว่างการฟักออกเป็นตัว

ไก่ต้องการพลังงานมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับอัตราการผลิตไข่ ไข่แต่ละฟอง มีพลังงานประมาณ 90 กิโลแคลอรี ไก่ไข่จะกินอาหารเหมือนไก่เล็ก คือ กินตามระดับพลังงาน ดังนั้น จึงกินอาหารที่มีพลังงานสูงในปริมาณที่น้อยกว่าการกินอาหารที่มีพลังงานต่ำ ประมาณว่าถ้ามีการเพิ่มหรือลดพลังงานลง 1 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้อัตราการกินอาหารลดลงหรือเพิ่มขึ้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตาม ถ้ากินอาหารที่มีพลังงานต่ำก็ไม่อาจกินอาหารให้มีปริมาณสูงขึ้นได้ตามสัดส่วนเนื่องจากความจุของกระเพาะมีจำกัด การให้พลังงานในอาหารสูงกว่าปกติจะทำให้น้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นมากกว่าที่จะทำให้อัตราการไข่สูงขึ้น

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2563 ประเภทวิชาเกษตรกรรม สาขาวิชาสัตวศาสตร์

Principles of Animal Nutrition 30503-2002

แม้ว่าไข่อาจมีขนาดใหญ่ขึ้นก็ตาม นอกจากนี้ ถ้าได้รับอาหารที่มีพลังงานสูงจะกินอาหารได้น้อยลงทำให้ได้รับสารอาหารอื่นต่ำลง จนอาจเป็นปัญหาการขาดสารอาหารชนิดอื่น ๆ ได้ จึงต้องมีการปรับสมดุลของสารอาหารอื่น ๆ ให้สอดคล้องกับปริมาณที่กินได้อีกด้วย

ความต้องการอาหารโปรตีนสำหรับการผลิตไข่ ควรใช้แหล่งโปรตีนจากสัตว์ ไม่น้อยกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ มิฉะนั้นอัตราการไข่อาจลดลง ถ้าเป็นไก่พันธุ์ไข่อาจฟักออกไม่ดี ปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็นต้องพอเพียงและทำให้ลดเปอร์เซ็นต์โปรตีนในสูตรอาหารลงได้ ยังมีผู้พบว่าการให้กรดอะมิโนที่พอเพียงโดยเฉพาะเมทไทโอนีนและไลซีน ทำให้ลดเปอร์เซ็นต์โปรตีนในสูตรอาหารลงโดยไม่ทำให้อัตราการไข่ลดลง แต่อาจมีแนวโน้มทำให้น้ำหนักไข่ลดลง ส่วนระดับของธาตุฟอสฟอรัสมีอิทธิพลต่อคุณภาพเปลือกไข่และการผลิตไข่ โดยที่สมรรถภาพการผลิตไข่ลดลงและมีอัตราการตายเพิ่มขึ้น ถ้าไก่ได้รับอาหารมีแคลเซียมพอเพียงแต่ระดับของฟอสฟอรัสต่ำ

6.2.2.5 ความต้องการเพื่อการเพิ่มไขมันของสัตว์ (fattening requirement)

ความต้องการเพื่อการเพิ่มไขมันของสัตว์ หมายถึงการสะสมไขมันไว้ในเซลล์หรือระหว่างเซลล์ของร่างกาย ทำให้สัตว์อ้วนขึ้น การสะสมไขมันของสัตว์มี 2 ประเภท คือ

ก. Abdominal, intramuscular and subcutaneous deposition เป็นการสะสมไขมันไว้ตามท้องระหว่างกล้ามเนื้อ และตามใต้ผิวหนัง

ข. Intramuscular deposition เป็นไขมันที่แทรกอยู่ตามเนื้อสัตว์ เรียกว่า marbling จุดประสงค์ในการทำให้สัตว์อ้วนหรือที่เรียกว่าการขุนสัตว์นั้น ก็เพื่อทำให้เนื้อนุ่มชุ่ม และมีรสดี แต่เนื่องจากการเพิ่มไขมันในสัตว์สิ้นเปลืองเงินทองมาก ฉะนั้น ในการขุนสัตว์ควรขุนให้สัตว์อ้วนอยู่ในขอบเขตเพียงเพื่อให้เนื้อมีไขมันแทรกเพียงพอสำหรับความนิยมของผู้บริโภคเท่านั้น ไม่ควรขุนสัตว์ให้อ้วนมากเกินไป ความต้องการอาหารเพื่อขุนสัตว์ มีดังนี้

ก. พลังงานที่ต้องการเป็นพลังงานสุทธิ (net energy) ซึ่งจะได้อาจมาจากอาหารที่ให้พลังงานต่าง ๆ เช่น แป้ง น้ำตาล เซลลูโลส โปรตีน และไขมัน

ข. การขุนสัตว์เป็นการเพิ่มความต้องการโปรตีนให้มากกว่าความต้องการโปรตีนสำหรับการดำรงชีพและการเจริญเติบโต

ค. การขุนสัตว์อาจเพิ่มความต้องการวิตามินต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องสัมพันธ์กับenergy metabolism

ง. อาหารต้องมีโปรตีนเพียงพอ โดยเฉพาะเวลาขุนสัตว์อ่อน

จ. อาหารต้องมีแร่ธาตุเพียงพอแก่ความต้องการเปรียบเทียบการขุนสัตว์กับการเจริญเติบโตน้ำหนักเพิ่มของสัตว์ได้มาจากการเจริญเติบโต การขุนสัตว์ และจากน้ำหนักของอาหาร และน้ำที่สัตว์ได้รับ การผลิตสัตว์เพื่อให้ได้น้ำหนักเพิ่มไปจากเดิมนั้น พบว่าน้ำหนักเพิ่มที่ได้จากการเจริญเติบโตผลิตได้ในราคาถูกกว่าน้ำหนักเพิ่มที่ได้จากการขุนสัตว์ (เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักเพิ่มที่เท่ากัน) น้ำหนักเพิ่มจากการเจริญเติบโตจะอยู่ในรูปเนื้อเยื่อ โปรตีน และกระดูก ส่วนน้ำหนักเพิ่มจากการขุนสัตว์อยู่ในรูปของไขมัน

เนื้อเยื่อโปรตีนประกอบด้วยโปรตีน 25 % และน้ำ 75 % โภชนโปรตีนมีราคาแพง แต่น้ำมีราคาถูก ดังนั้นจึงทำให้น้ำหนักเพิ่มที่ผลิตได้จากการเจริญเติบโตมีราคาถูก การเติบโตของกระดูกต้องการธาตุแคลเซียมและฟอสฟอรัสมาก แต่ธาตุทั้งสองมีราคาถูกจึงทำให้น้ำหนักเพิ่มที่ผลิตได้สิ้นเปลืองเงินทองน้อย น้ำหนักเพิ่มจากไขมันโดยทั่วไปผลิตได้ในราคาที่แพง เนื่องจากการสร้างไขมัน 1 กิโลกรัมต้องใช้พลังงานมากกว่าการสร้างโปรตีน 1 กิโลกรัม ถึง 2.25 เท่า เนื่องจากการเพิ่มน้ำหนักที่ได้จากการเจริญเติบโตมีประสิทธิภาพมากกว่าและผลิตได้ในราคาถูกกว่าเพิ่มน้ำหนักจากการขุนสัตว์ และสัตว์มีอายุน้อยมีการเจริญเติบโตดีที่สุด ผู้ที่ผลิตสัตว์เพื่อหวังให้ได้น้ำหนักเพิ่มมากควรกระทำขณะสัตว์อายุน้อย เพราะสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายต่าง ๆ น้อยกว่าการผลิตสัตว์ที่มีอายุมาก แต่สัตว์ที่มีอายุมากจะขุนให้อ้วนได้เร็วกว่าสัตว์อายุน้อย เพราะว่าพลังงานส่วนใหญ่ที่เหลือจากการดำรงชีพถูกนำไปเก็บสะสมเป็นไขมันได้ง่าย

6.2.2.6 ความต้องการเพื่อการผลิตขนสัตว์ (wool production)

ขนสัตว์ประกอบด้วย

ก. Wool fiber เป็นส่วนที่ประกอบด้วยโปรตีนบริสุทธิ์ ซึ่งเป็นโปรตีนที่มีธาตุกำมะถันเป็นองค์ประกอบ ส่วนที่เป็น wool fiber มีอยู่ประมาณ 20–75 % องค์ประกอบทางเคมี มีดังนี้ C 50 %, N 18 %, S 3 %, H 7 % และ O 22 %

ข. Yolk or grease ประกอบด้วย

1) Suint คือสารประกอบของโปแตสเซียมกับกรดอินทรีย์ละลายในน้ำได้มีอยู่ประมาณ 15–50 %

2) Wool fat ส่วนนี้รู้จักในชื่อของ lanolin ซึ่งเป็นสารพวกขี้ผึ้งไม่สามารถละลายในน้ำ มีอยู่ประมาณ 8–30 % องค์ประกอบมี C H และ O

ความต้องการอาหารสำหรับการผลิตขนสัตว์

ก. โพรตีน

โพรตีนเพื่อการผลิตขนเป็นโพรตีนที่มีธาตุกำมะถัน หรือโพรตีนที่มีการสังเคราะห์ภายในกระเพาะผ้าชีรีว สัตว์จะเอาโพรตีนไปสร้าง yolk และ wool

ข. พลังงาน

ต้องจัดพลังงานให้แก่แกะมากและเกินความต้องการ พลังงานต้องเป็นพลังงานสุทธิซึ่งได้มาจากอาหารต่าง ๆ ที่ให้พลังงาน

ค. แร่ธาตุและวิตามิน

ธาตุโปแตสเซียม เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของ suint ในขนสัตว์ แต่ในอาหารสัตว์โดยทั่วไปมีธาตุโปแตสเซียมเพียงพอแก่ความต้องการ

แร่ธาตุและวิตามินอื่น ๆ อีกหลายอย่าง สำคัญโดยตรงและทางอ้อมในการผลิตขนสัตว์

6.2.2.7 ความต้องการเพื่อการทำงาน (work production requirement)

การผลิตแรงงานจากสัตว์ (Work Production) ยังมีความจำเป็นสำหรับประเทศที่มีอาชีพทางการเกษตร แรงงานของสัตว์เป็นการเคลื่อนไหวของสัตว์

ประเภทของแรงงานมีดังนี้

ก. Involuntary เช่นการทำงานของหัวใจและอวัยวะที่สำคัญ involuntary เป็นส่วนสำคัญส่วนหนึ่งของการดำรงชีพ

ข. Voluntary เช่นแรงงานที่ใช้สำหรับการพักผ่อน

โภชนาการที่ต้องการสำหรับแรงงานมีดังนี้

ก. พลังงานเพื่อการทำงาน

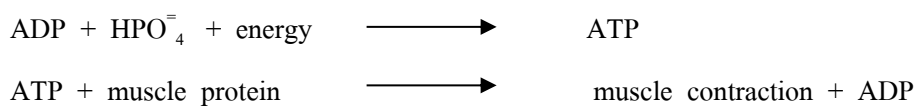
ต้องเป็นพลังงานที่อยู่ในรูปของพลังงานสุทธิ พลังงานสำหรับแรงงานต้องมากกว่าและเหนือกว่าพลังงานที่ต้องการเพื่อวัตถุประสงค์อื่น ๆ พลังงานสำหรับแรงงานได้มาจากอาหารพวกคาร์โบไฮเดรต ไขมัน และ / หรือ โพรตีนที่เหลือใช้ ถ้าพลังงานที่ได้รับจากอาหารไม่เพียงพอ สัตว์จะดึงเอาไขมันที่เก็บไว้ในร่างกายมาใช้

ข. โปรตีน แร่ธาตุและวิตามิน

ความต้องการโปรตีน แร่ธาตุและวิตามินสำหรับการทำงานของสัตว์เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย โปรตีนจำเป็นในการสร้างน้ำย่อย และฮอร์โมน สัตว์ที่ใช้แรงงานจึงขาดโปรตีนไม่ได้ สัตว์ต้องการธาตุโซเดียม คลอรีน ซึ่งจะสูญเสียทางเหงื่อ ธาตุเหล็กสูญเสียเนื่องจากเม็ดเลือดมีการแตกสลาย ฟอสฟอรัสเป็นส่วนประกอบของน้ำย่อย

วิตามิน ต้องมีเพียงพอ เพราะถูกใช้เป็นส่วนประกอบของน้ำย่อย ส่วนวิตามิน เอ ดี และ เค ต้องการเพิ่มไม่มากนักการยึดหดตัวของกล้ามเนื้อสัตว์ (muscle contraction) เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงาน ดังนี้

เซลล์ของสัตว์จับพลังงานน้ำตาลกลูโคส (glucose) ในรูปของ adenosine triphosphate (ATP) โดย ATP ได้มาจากการทำปฏิกิริยาทางเคมีของ ADP (adenosine diphosphate) กับ inorganic phosphate (HPO_4^-) ดังสมการ



โดยสรุป ความต้องการโภชนของสัตว์ชนิดต่าง ๆ มากน้อยแตกต่างกันตามบทบาทและหน้าที่ แต่ก็มีเพื่อวัตถุประสงค์หลัก 2 อย่างคือ เพื่อการดำรงชีพและการสร้างผลผลิต ในวัตถุประสงค์เพื่อการสร้างผลผลิตยังประกอบด้วย เพื่อเจริญเติบโต การขุน การผลิตนม การพัฒนาลูกสัตว์ การผลิตขนสัตว์ และการผลิตแรงงาน ดังตารางที่ 6.2

ตารางที่ 6.2 สรุปความต้องการโภชนสำหรับการผลิตสัตว์

	พลังงาน	โปรตีน	แคลเซียม	ฟอสฟอรัส	วิตามิน เอ	วิตามิน ดี	แร่ธาตุอื่น ๆ	วิตามินอื่น ๆ
การดำรงชีพ	/	/	/	/	/	/	/	/
การเจริญเติบโต	ส่วนใหญ่จากโปรตีน	/	/	/	/	/	/	/
การขุน	/	ต้องการเพียงเพื่อการย่อย	□	□	possibly	□	probably	probably
การผลิตนม	/	/	/	/	ไม่ต้องการแต่อยากให้มีในน้ำนม	ต้องการน้อยมาก	ต้องการน้อยมาก	ต้องการน้อยมาก
การพัฒนาลูกสัตว์	ส่วนใหญ่จากโปรตีน	/	/	/	/	/	probably	probably
การผลิตขนสัตว์	/	□	□	□	□	□	โดยเฉพาะธาตุคอกและ P	probably
การผลิตแรงงาน	/	เล็กน้อย	□	□	Possibly	□	/	/

หมายเหตุ / = ต้องการ □ = ไม่ต้องการ

ที่มา: ทองเลี่ยน (2551)

6.2.3. ความต้องการสารอาหารของสัตว์

ความต้องการสารอาหารของสัตว์แต่ละชนิดในตารางมาตรฐานมีการแสดงค่าต่างกัน แบ่งออกเป็น 2 อย่าง คือ

6.2.3.1 แสดงค่าเป็นความต้องการสารอาหารที่แท้จริง (Absolute nutrient requirement)

เป็นการแสดงค่าความต้องการที่สัตว์ควรได้รับทุก ๆ ด้านในแต่ละวัน เพื่อการเจริญเติบโตหรือการให้ผลผลิตตามปกติ เนื่องจากการกินอาหารได้ของสัตว์ในแต่ละวันจำนวนไม่เท่ากัน จึงมีผลทำให้ได้รับสารอาหารไม่เท่ากันด้วย ดังนั้น จึงกำหนดเป็นปริมาณสารอาหารที่ต้องได้รับในแต่ละวัน แต่ในทางการนำไปใช้จะมีปัญหายุ่งยากมากเพราะต้องตรวจสอบกันเป็นรายวันในแง่ของการเตรียมอาหารและการกินอาหารได้ของสัตว์

6.2.3.2 แสดงความต้องการเป็นความเข้มข้นของสารอาหาร (Practical nutrient requirement)

หรือคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหาร เป็นการระบุระดับความเข้มข้นของสารอาหารชนิดต่าง ๆ เพื่อให้การสร้างสูตรอาหารมีสารอาหารเป็นเปอร์เซ็นต์ตามที่กำหนด เมื่อสัตว์กินเข้าไปสามารถเจริญเติบโตและให้ผลผลิตได้ตามเป้าหมาย ทำให้ง่ายต่อการนำไปใช้เลี้ยงสัตว์ ง่ายต่อการเตรียมอาหารตามสูตรต่าง ๆ ที่คำนวณไว้ความต้องการของสารอาหารในสัตว์แต่ละชนิด ได้แสดงไว้ใน ตารางที่ 6.1-6.10 ในการศึกษาจากตารางเหล่านี้ เมื่อพิจารณาแล้วจะพบว่า เมื่อสัตว์มีอายุมากขึ้น ความเข้มข้นของสารอาหารในสูตรน้อยลง ทั้งนี้เป็นเพราะเมื่อสัตว์เติบโตขึ้นจะกินอาหารมากขึ้นทำให้ได้รับสารอาหารเพียงพอ แม้ว่าในสูตรอาหารมีความเข้มข้นน้อยกว่าในสูตรอาหารที่กินเมื่อสัตว์อายุน้อย วิธีนี้ค่อนข้างนิยมใช้มากกว่า แต่ถ้ามักกินอาหารของสัตว์ผิดปกติอาจมากกว่าหรือน้อยกว่าที่ควรจะเป็นต้องมีการปรับระดับสารอาหารให้เหมาะสม เพื่อให้สัตว์นำไปใช้ประโยชน์ได้พอเพียงและประหยัด

ตารางที่ 6.1 ความต้องการพลังงาน โปรตีน กรดอะมิโนและแร่ธาตุของสุกร

	ระยะการเจริญเติบโต					
	ลูกสุกร	ลูกหย่านม	สุกรรุ่น	สุกรขุน	สุกรพันธุ์	สุกรเลี้ยงลูก
น้ำหนัก (กก.)	5-10	10-20	20- 50	50-110		
อายุ (วัน)	21-40	40-70	70-130	130-180		
ความต้องการพลังงาน ME (กก. แคลอรี/กก.)*	3220	3240	3250	3260	3210	3210
ความต้องการโปรตีน (%)	20	18	15	13	12	13
กรดอะมิโน						
ไลซีน	1.15	0.95	0.75	0.60	0.43	0.63
เมทไธโอนีน + ซีสทีน	0.58	0.48	0.41	0.34	0.23	0.36
ทรีโอนีน	0.68	0.56	0.48	0.40	0.30	0.43
ลูซีน	0.85	0.70	0.60	0.50	0.30	0.48
ไอโซลูซีน	0.65	0.53	0.46	0.38	0.30	0.39
วาเลิน	0.68	0.56	0.48	0.40	0.32	0.60
ฮีสทีดีน	0.31	0.25	0.22	0.18	0.15	0.25
อาร์จินีน	0.50	0.40	0.25	0.10	-	0.40
เฟนิลอะลานีน + ไทโรซีน	0.94	0.77	0.66	0.55	0.45	0.70
แร่ธาตุ						
แคลเซียม	0.80	0.70	0.60	0.50	0.75	0.75
ฟอสฟอรัสรวม	0.65	0.60	0.50	0.40	0.60	0.60
ฟอสฟอรัสใช้ประโยชน์	0.40	0.32	0.23	0.15	0.35	0.35
โซเดียม	0.10	0.10	0.10	0.10	0.15	0.20
คลอรีน	0.08	0.08	0.08	0.08	0.12	0.16
โพแทสเซียม	0.28	0.26	0.23	0.17		

* หรือใช้ ME เท่ากับ 0.95 เท่าของ DE

ที่มา: ธาตรี (มปท.)

ตารางที่ 6.2 ความต้องการแร่ธาตุปดิกย่อยและวิตามินของสุกร

	ระยะการเจริญเติบโต					
	ลูกสุกร	ลูกหย่านม	สุกรรุ่น	สุกรขุน	สุกรพันธุ์	สุกรเลี้ยงลูก
แร่ธาตุปดิกย่อย (มิลลิกรัม)						
เหล็ก	100	80	60	40	80	80
ทองแดง	6.0	5.0	4.0	3.0	5.0	5.0
สังกะสี	100	80	60	40	50	50
แมงกานีส	4.0	3.0	2.0	2.0	10	10
ซีลีเนียม	0.3	0.25	0.15	0.1	0.15	0.15
ไอโอดีน	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14
วิตามินที่ละลายในไขมัน						
วิตามินเอ (หน่วยสากล)	2200	1750	1300	1300	4000	2000
วิตามินดี (หน่วยสากล)	220	200	150	150	200	200
วิตามินอี (มก.)	16	11	11	11	22	22
วิตามินเค (มก.)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
วิตามินที่ละลายในน้ำ (มิลลิกรัม)						
วิตามินบี 1	1.5	1.5	1.5	1.5	1.0	1.0
วิตามินบี 2	4.0	4.0	4.0	4.0	3.75	3.75
แคลเซียมแพนโททีนัท	10.0	9.0	0.3	0.3	0.3	0.3
วิตามินบี 12 (ไมโครกรัม)	17.5	15.0	10.0	5.0	15.0	15.0
โคลีนคลอไรด์ (กรัม)	0.5	0.4	0.3	0.3	1.25	1.0

ที่มา: ชาตรี (มปท.)

ตารางที่ 6.3 ความต้องการโปรตีน พลังงาน และแร่ธาตุของไก่กระทง

อายุ	0-3 อาทิตย์	3-6 อาทิตย์	6-8 อาทิตย์
ระดับพลังงาน (กิโลแคลอรี/กิโลกรัม)	3200	3200	3200
โปรตีน (%)	23	20.0	18.0
กรดอะมิโน			
ไลซีน %	1.10	1.00	0.85
เมทไธโอนีน %	0.50	0.38	0.32
กรดอะมิโนที่มีกำมะถัน %	0.90	0.72	0.60
ทริปโตเฟน %	0.20	0.18	0.16
ทรีโอนีน %	0.80	0.74	0.68
ไกลซีน + เซอรีน %	1.25	1.14	0.97
ลูซีน %	1.20	1.09	0.93
ไอโซลูซีน %	0.80	0.73	0.62
วาเลีน %	0.90	0.82	0.70
ฮิสทีดีน %	0.35	0.32	0.27
อาร์จินีน %	1.25	1.10	1.00
เฟนิลอะลานีน+ไทโรซีน %	1.34	1.22	1.04
แร่ธาตุ			
แคลเซียม %	1.00	0.90	0.80
ฟอสฟอรัสรวม %	0.45	0.40	0.34
โซเดียม %	0.20	0.15	0.12
โปแตสเซียม %	0.30	0.30	0.30
คลอไรด์ %	0.20	0.15	0.12
แมกนีเซียม (มก./กก.)	600	600	600
เหล็ก (มก./กก.)	80	80	80
ทองแดง (มก./กก.)	8	8	8
สังกะสี (มก./กก.)	40	40	40
ซีลีเนียม (มก./กก.)	0.15	0.15	0.15

ที่มา: ชาตรี (มปท.)

ตารางที่ 6.4 ความต้องการวิตามินของไก่กระทง

อายุ	0-3 อาทิตย์	3-6 อาทิตย์	6-8 อาทิตย์
ระดับพลังงาน (กิโลแคลอรี/กิโลกรัม)	3200	3200	3200
วิตามินที่ละลายในไขมัน			
วิตามินเอ (หน่วยสากล)	1500	1500	1500
วิตามินดี (หน่วยสากล)	200	200	200
วิตามินอี (มก.)	10	10	10
วิตามินเค (มก.)	0.5	0.5	0.5
วิตามินที่ละลายน้ำ (มิลลิกรัม)			
วิตามินบี 1	1.80	1.80	1.80
วิตามินบี 2	3.60	3.60	3.60
แคลเซียมแพนโททีนท	10	10	10
ไนอาซิน	35	30	25
ไบโอติน	0.15	0.15	0.12
โฟลาซิน	0.55	0.55	0.50
วิตามินบี 12	0.01	0.01	0.007
โคลีนคลอไรด์	1300	1000	750
ไพรีดอกซิน	3.5	3.5	3.0

ที่มา: ชาตรี (มปท.)

ตารางที่ 6.5 ความต้องการโปรตีน พลังงานและแร่ธาตุของไก่ไข่และไก่พันธุ์

	ไก่ไข่และไก่พันธุ์ไข่ของ		ไก่พันธุ์ของไก่กระทง		ไก่ไข่ เขตร้อน
	กระทงขนาดเล็ก		ขนาดใหญ่		
ระดับพลังงาน (กิโลแคลอรี/กิโลกรัม)	2600	2800	2600	2800	2800
โปรตีน (%)	14.0	15.0	12.0	13.0	18.5
กรดอะมิโน					
ไลซีน %	0.63	0.68	0.51	0.55	0.93
เมทไธโอนีน %	0.28	0.30	0.24	0.26	0.41
แร่ธาตุ					
แคลเซียม %	3.4	3.6	2.8	3.0	4.0
ฟอสฟอรัสรวม %	0.56	0.58	0.53	0.56	0.65
ฟอสฟอรัสใช้ประโยชน์ %	0.31	0.33	0.28	0.31	0.40
โซเดียม %	0.13	0.14	0.10	0.12	0.15
คลอไรด์ %	0.13	0.14	0.10	0.12	0.15
เหล็ก (มก./กก.)	40	40	40	40	40
ทองแดง (มก./กก.)	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
สังกะสี (มก./กก.)	40	40	40	40	40
ซีลีเนียม (มก./กก.)	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
ไอโอดีน (มก./กก.)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
กรดลิโนเลอิก (%)	0.80	0.90	0.60	0.70	1.0
แซนโทฟิลล์ (มก./กก.)	23	25			30
ปริมาณที่คาดว่าจะกินได้ต่อวัน (กรัม) ที่อุณหภูมิ 18 °ซ	127	120	170	160	

ที่มา: ธาตรี (มปท.)

ตารางที่ 6.6 ความต้องการวิตามินของไก่ไข่และไก่พันธุ์

	ไก่ไข่และไก่พันธุ์ไก่ของ		ไก่พันธุ์ของไก่กระทง		ไก่ไข่
	กระทงขนาดเล็ก		ขนาดใหญ่		เขตร้อน
ระดับพลังงาน (กิโลแคลอรี/กิโลกรัม)	2600	2800	2600	2800	2800
วิตามินละลายในไขมัน					
วิตามินเอ (หน่วยสากล)	10000	10000	10000	10000	8000
วิตามินดี (หน่วยสากล)	1500	1500	1500	1500	1000
วิตามินอี (มก.)	15	15	15	15	5
วิตามินเค (มก.)	4	4	4	4	2
วิตามินละลายในน้ำ					
วิตามินบี 2	4	4	4	4	4
แคลเซียมแพนโททีน	8	8	8	8	4
ไนอาซิน	0.1	0.1	0.1	0.1	0
โฟลาซิน	0.2	0.2	0.2	0.2	0
วิตามินบี 12	0.008	0.008	0.008	0.008	0.004
โคลีนคลอไรด์	500	500	500	500	250
ไพริดอกซิน	1	1	1	1	0

ที่มา: ชาตรี (มปท.)

ตารางที่ 6.7 ความต้องการวิตามินของไก่กระตัง

อายุ	0-3 อาทิตย์	3-6 อาทิตย์	6-8 อาทิตย์
ระดับพลังงาน (กิโลแคลอรี/กิโลกรัม)	3200	3200	3200
วิตามินที่ละลายในไขมัน			
วิตามินเอ (หน่วยสากล)	1500	1500	1500
วิตามินดี (หน่วยสากล)	200	200	200
วิตามินอี (มก.)	10	10	10
วิตามินเค (มก.)	0.5	0.5	0.5
วิตามินที่ละลายน้ำ (มิลลิกรัม)			
วิตามินบี 1	1.80	1.80	1.80
วิตามินบี 2	3.60	3.60	3.60
แคลเซียมแพนโททีนท	10	10	10
ไนอาซิน	35	30	25
ไบโอติน	0.15	0.15	0.12
โฟลาซิน	0.55	0.55	0.50
วิตามินบี 12	0.01	0.01	0.007
โคลีนคลอไรด์	1300	1000	750
ไพริดอกซิน	3.5	3.5	3.0

ที่มา: ชาตรี (มปท.)

ตารางที่ 6.8 ความต้องการโปรตีน พลังงานและแร่ธาตุของไก่ไข่และไก่พันธุ์

	ไก่ไข่และไก่พันธุ์ไข่ของ		ไก่พันธุ์ของไก่กระทง		ไก่ไข่
	กระทงขนาดเล็ก	ขนาดใหญ่	ขนาดใหญ่	กระทง	เขตร้อน
ระดับพลังงาน (กิโลแคลอรี/กิโลกรัม)	2600	2800	2600	2800	2800
โปรตีน (%)	14.0	15.0	12.0	13.0	18.5
กรดอะมิโน					
ไลซีน %	0.63	0.68	0.51	0.55	0.93
เมทไธโอนีน %	0.28	0.30	0.24	0.26	0.41
แร่ธาตุ					
แคลเซียม %	3.4	3.6	2.8	3.0	4.0
ฟอสฟอรัสรวม %	0.56	0.58	0.53	0.56	0.65
ฟอสฟอรัสใช้ประโยชน์ %	0.31	0.33	0.28	0.31	0.40
โซเดียม %	0.13	0.14	0.10	0.12	0.15
คลอไรด์ %	0.13	0.14	0.10	0.12	0.15
เหล็ก (มก./กก.)	40	40	40	40	40
ทองแดง (มก./กก.)	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
สังกะสี (มก./กก.)	40	40	40	40	40
ซีลีเนียม (มก./กก.)	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
ไอโอดีน (มก./กก.)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
กรดลิโนเลอิก (%)	0.80	0.90	0.60	0.70	1.0
แซนโทฟิลล์ (มก./กก.)	23	25			30
ปริมาณที่คาดว่าจะกินได้ต่อวัน (กรัม) ที่อุณหภูมิ 18 °ซ	127	120	170	160	

ที่มา: ชาติรี (มปท.)

ตารางที่ 6.9 ความต้องการวิตามินของไก่ไข่และไก่พันธุ์

	ไก่ไข่และไก่พันธุ์ไก่ของ		ไก่พันธุ์ของไก่กระทง		ไก่ไข่
	กระทงขนาดเล็ก		ขนาดใหญ่		เขตร้อน
ระดับพลังงาน (กิโลแคลอรี/กิโลกรัม)	2600	2800	2600	2800	2800
วิตามินละลายในไขมัน					
วิตามินเอ (หน่วยสากล)	10000	10000	10000	10000	8000
วิตามินดี (หน่วยสากล)	1500	1500	1500	1500	1000
วิตามินอี (มก.)	15	15	15	15	5
วิตามินเค (มก.)	4	4	4	4	2
วิตามินละลายในน้ำ					
วิตามินบี 2	4	4	4	4	4
แคลเซียมแพนโททีน	8	8	8	8	4
ไนอาซิน	0.1	0.1	0.1	0.1	0
โฟลาซิน	0.2	0.2	0.2	0.2	0
วิตามินบี 12	0.008	0.008	0.008	0.008	0.004
โคลีนคลอไรด์	500	500	500	500	250
ไพรีดอกซิน	1	1	1	1	0

ที่มา: ชาตรี (มปท.)

ตารางที่ 6.10 ความต้องการโภชนของโคนม

ความต้องการ โภชนะ	เพื่อการดำรงชีพ			เพื่อการผลิตน้ำนม 1กก. และมีไขมัน (%)				เพื่อเพิ่ม น้ำหนัก ตัว 1 กก.
	นน.ตัว 400 กก.	นน.ตัว 450 กก.	นน.ตัว 500 กก.	3.0	3.5	4.0	4.5	
โปรตีน (ก./วัน)	318	341	364	78	84	90	96	320
โภชนะที่ย่อยได้ ทั้งหมด (กก./วัน)	3.13	3.42	3.07	0.280	0.301	0.322	0.343	2.26
พลังงานที่ใช้ ประโยชน์ได้ (Mcal/วัน)	12.01	13.12	14.20	1.07	1.15	1.24	1.32	8.56
แคลเซียม (ก./วัน)	16	18	20	2.73	2.97	3.21	3.45	-
ฟอสฟอรัส (ก./วัน)	11	13	14	1.68	1.83	1.98	2.13	-

ที่มา: ทองเลียน (2551)

6.2.4 ปริมาณการกินอาหารของสัตว์

แม้ว่าจะได้มีการกล่าวถึงความสำคัญของสารอาหารต่าง ๆ ที่มีผลต่อการดำรงชีพ ตลอดจนการเจริญเติบโตและการสร้างผลผลิตแล้ว ปัจจัยที่สำคัญอันหนึ่ง คือ ปริมาณอาหารที่สัตว์กินได้ในขณะนั้น ซึ่งเป็นการให้อาหารแบบปล่อยให้กินเต็มที่ (ad libitum) สัตว์กินอาหารได้มากมักจะสร้างผลผลิตได้มาก ยกเว้นสัตว์บางพวกที่กินอาหารมากจะมีไขมันมาก ผลที่ได้ คือ เพิ่มไขมัน ทำให้ราคาผลผลิตต่ำ เป็นการสูญเสียทางเศรษฐกิจ การให้อาหารสัตว์ตามปริมาณที่กินได้จึงเป็นประโยชน์มากกว่า เป็นการให้ที่เหมาะสม ทำให้สัตว์กินได้หมด อาหารไม่ค้างรัง และไม่ปนเปื้อนกับสิ่งอื่น เพราะถ้าเหลือสัตว์อาจคุ้ยเขี่ยเล่นตกหล่นหรือเหลือเป็นเศษ เป็นการสิ้นเปลืองอาหารทำให้ต้นทุนสูงขึ้น

6.2.4.1 ปริมาณการกินอาหารของวัวนม

ปริมาณของการกินอาหารของวัวนม ถ้าคิดจากวัตถุแห้งจะกินประมาณ 2–3 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว หรืออาจคิดจากน้ำหนักตัวและปริมาณการให้นม มีสูตรดังนี้

$$\text{ปริมาณการกินอาหาร} = 10.7 \times (\text{น้ำหนักตัว} - 1000) + 0.058 \times (\text{น้ำหนักตัว}) + 0.33 \times (\text{ปริมาณการให้นม}) + .53$$

6.2.4.2 ปริมาณการกินอาหารของลูกโคนม

ปริมาณการกินอาหารของลูกโคนมจะกินอาหารประมาณ 3.2–3.4 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว เมื่ออายุประมาณ 2 เดือน และประมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว เมื่ออายุประมาณ 3 เดือน

6.2.4.3 ปริมาณการกินอาหารของโคเนื้อ

ปริมาณการกินอาหารของโคเนื้อประมาณ 2.1–2.7 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว

6.2.4.4 ปริมาณการกินอาหารของแกะ

ปริมาณการกินอาหารของแกะประมาณ 4.3 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว เมื่อน้ำหนักตัวน้อยกว่า 30 กิโลกรัม แต่ลดลงเหลือประมาณ 3.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว เมื่อน้ำหนักเพิ่มขึ้น

6.2.4.5 ปริมาณการกินอาหารของสุกร

ปริมาณการกินอาหารของสุกรประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว แต่อาจมากกว่านี้เมื่อเป็นสุกรเล็กและกินน้อยลงเมื่ออายุมากขึ้น (ตารางที่ 6.11)

ตารางที่ 6.11 ปริมาณการกินอาหารของสุกรในระยะต่าง ๆ

น้ำหนักตัว (กก.)	25	30	40	50	60	70	80	90	100-110
น้ำหนักอาหาร (กก.ต่อวัน)	1.3	1.55	1.9	2.2	2.5	2.75	2.9	3.0	3.1
สุกรอ้วนท้อง	2.5								
สุกรเลี้ยงลูก	4.5-5.5								

ที่มา: (ดัดแปลงจาก Wiseman, 1987, p. 45)

6.2.4.6 ปริมาณการกินอาหารของไก่

ปริมาณการกินอาหารของไก่ในระยะต่าง ๆ ดังตารางที่ 6.12

ตารางที่ 6.12 ปริมาณการกินอาหารของไก่ในระยะต่าง ๆ

อายุ (อาทิตย์)	เทศผู้		เทศเมีย		คละเพศ		ไก่ไข่ (อาหาร) (กรัม/ตัว/วัน)
	อาหาร	น้ำ	อาหาร	น้ำ	อาหาร	น้ำ	
1	120	200	120	200	120	200	เริ่มที่
2	235	375	230	365	232	370	เริ่มที่
3	425	640	400	600	410	620	เริ่มที่
4	670	975	560	810	615	890	เริ่มที่
5	750	1090	730	1050	740	1070	เริ่มที่
6	910	1395	780	1130	845	1265	48-50
7	990	1435	790	1150	890	1292	50-55
8	1060	1530	980	1420	1020	1475	55-60
9	990	1430	950	1380	970	1405	60-65
10	985	1420	870	1260	930	1340	65-70
11-12							70-75
13-14							75-80
15-16							80-85
17-18							85-90
19-20							90-100
21							100-105
22							105-110
23-27							ให้กินเท่ากับเมื่อไข่ได้ 25%

ตารางที่ 6.12 ปริมาณการกินอาหารของไก่ในระยะต่าง ๆ (กรัมต่อตัวต่ออาทิตย์)

ที่มา: (ดัดแปลงจาก Wiseman, 1987, p. 71 , 81)

จะเห็นได้ว่า ในการให้อาหารสัตว์จะต้องคำนึงถึงปริมาณที่สัตว์กินได้ การให้อาหารมากหรือน้อยกว่าที่ควรจะทำให้ผู้เลี้ยงได้กำไรขาดทุนต่างกัน นอกจากนี้การกินอาหารได้มากหรือน้อยกว่านี้จะเป็นการบ่งบอกถึงสุขภาพของสัตว์ด้วย

6.3. มาตรฐานการให้อาหารสัตว์

มาตรฐานการให้อาหารสัตว์ (feeding standard) เป็นตารางแสดงถึงปริมาณอาหารและสารอาหารชนิดต่าง ๆ สำหรับสัตว์เลี้ยงแต่ละชนิดที่ต้องการนำไปใช้ในแต่ละช่วงอายุ เพื่อการสร้างผลผลิตได้มาจากการรวบรวมข้อแนะนำหรือรายงานต่าง ๆ อันเป็นผลจากการค้นคว้าหรือวิจัยของนักวิชาการอาหารสัตว์ เพื่อช่วยแนะแนวทางการให้อาหารแก่สัตว์แต่ละชนิดให้เจริญเติบโต ให้เนื้อ ไขมัน หรือไข่ได้ตามปกติ มาตรฐานการให้อาหารสัตว์ในปัจจุบันที่นิยม มีดังนี้

6.3.1 มาตรฐานการให้อาหารสัตว์ของสหรัฐอเมริกา (NRC)

มาตรฐานการให้อาหารสัตว์ของสหรัฐอเมริกา จัดทำโดยคณะกรรมการของสถาบันวิจัยแห่งชาติสหรัฐอเมริกา (National Research Council) ซึ่งได้รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณความต้องการสารอาหารของสัตว์เลี้ยงชนิดต่าง ๆ เช่น การให้อาหารของสัตว์ปีก สุกร วัวเนื้อ วัวนม แกะ และม้า มีการปรับปรุงแก้ไขมาตรฐานการให้อาหารสัตว์ทุก ๆ ระยะ 5 ปี และมีการขยายขอบข่ายชนิดของสัตว์ตลอดจน รายละเอียดของชนิดสารอาหารที่แนะนำการใช้ จัดว่าเป็นมาตรฐานการให้อาหารสัตว์ที่สมบูรณ์โดยใช้ชื่อเอกสารว่า ความต้องการสารอาหารของสัตว์เลี้ยง (Nutrient Requirement for Domestic Animals) ซึ่งแต่ละเล่มจะแยกเป็นสำหรับสัตว์แต่ละชนิด

6.3.2 มาตรฐานการให้อาหารสัตว์ของประเทศอังกฤษ (ARC)

มาตรฐานการให้อาหารสัตว์ของประเทศอังกฤษ จัดทำโดยคณะกรรมการของสถาบันวิชาการเกษตรของประเทศอังกฤษ (Agricultural Research Council) ซึ่งพิมพ์เอกสารมาตรฐานการให้อาหารสัตว์ ชื่อ ความต้องการสารอาหารของปศุสัตว์ (Nutrient Requirements of Farm Livestock) โดยมากเป็นการแนะนำในการให้อาหารสัตว์ปีก สุกรและสัตว์เคี้ยวเอื้องเป็นหลัก เนื่องจากมาตรฐานการให้อาหารสัตว์ที่กล่าวมานั้น เป็นการให้อาหารแก่สัตว์ที่อยู่ในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างจากประเทศในแถบร้อน ดังนั้นจึงจำเป็นที่ประเทศในแถบร้อนควรมีมาตรฐานการให้อาหารสัตว์เป็นของตนเอง เพราะการได้รับสภาพแวดล้อมต่างกันย่อมมีผลให้ความต้องการสารอาหารบางชนิดของสัตว์แตกต่างกันไปด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งสัตว์ในเขตร้อนและชื้นจะกินอาหารในปริมาณที่ต่ำกว่าสัตว์ในแถบหนาว เพราะการระบายความร้อนจากร่างกายทำได้ยากกว่า การประกอบสูตรอาหารสัตว์ตามมาตรฐานของประเทศตะวันตกจึงต้องมีการพิจารณาความเหมาะสมของการนำไปใช้

สำหรับประเทศไทยยังไม่มีจัดทำมาตรฐานการให้อาหารสัตว์อย่างจริงจัง ส่วนใหญ่ใช้การดัดแปลงจากแนวทางการให้อาหารตามมาตรฐานของประเทศสหรัฐอเมริกา (NRC) เนื่องจากเป็น

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2563 ประเภทวิชาเกษตรกรรม สาขาวิชาสัตวศาสตร์
Principles of Animal Nutrition 30503-2002

ประเทศที่มีสภาพภูมิอากาศหลายแบบ ความต้องการสารอาหารที่กำหนดไว้จึงน่าจะครอบคลุมความต้องการสารอาหารของสัตว์ในเขตร้อนได้ โดยนำมาเป็นแนวความคิดทางการให้อาหารสัตว์ ช่วยให้ผู้เลี้ยงสัตว์ไม่ต้องสูญเสียสารอาหารอันเนื่องจากการให้อาหารไม่เหมาะสมและไม่ก่อให้เกิดการขาดสารอาหารในสัตว์ การประกอบสูตรอาหารจึงไม่จำเป็นต้องทำตามคำแนะนำทั้งหมด ควรปรับให้เข้ากับสภาพของวัตถุดิบอาหารสัตว์และสภาวะแวดล้อม ตลอดจนอาศัยรายงานการวิจัยจากประเทศแถบร้อน เพื่อช่วยให้อัตนทุนการผลิตลดลง แม้ว่าจะมีผลกระทบต่อผลผลิตของสัตว์บ้าง แต่อาจก่อให้เกิดกำไรสุทธิสูงสุดได้

สรุป

สัตว์ต้องได้รับสารอาหารต่าง ๆ จากอาหารที่กินเข้าไปเพื่อนำไปใช้สร้างเนื้อเยื่อ เพื่อการเจริญเติบโต เพื่อเพิ่มน้ำหนักระหว่างการขุนหรือการอ้วนท้วน และการสร้างน้ำนมหรือการผลิตไข่ ปริมาณของสารอาหารที่ถูกนำไปใช้เพื่อกิจกรรมต่าง ๆ เหล่านี้ หมายถึงความต้องการเกี่ยวกับน้ำ พลังงาน โปรตีน กรดอะมิโนที่จำเป็น แร่ธาตุและวิตามิน ความต้องการสารอาหารและปริมาณอาหารที่กินได้ขึ้นกับชนิดของสัตว์และชนิดอาหารที่กิน ตลอดจนสภาพแวดล้อมและการจัดการต่าง ๆ และผันแปรตามสภาพสรีระและสุขภาพของสัตว์ ปริมาณอาหารที่สัตว์กินมีส่วนเกี่ยวข้องกับการย่อยได้ การเปลี่ยนแปลงอาหารและการนำไปใช้ประโยชน์

ความรู้เกี่ยวกับปริมาณของสารอาหารแต่ละอย่างเพื่อนำไปใช้ในสภาวะต่าง ๆ ของสัตว์ กระเพาะเดี่ยวและสัตว์กระเพาะรวม ได้มีกำหนดไว้ด้วยผลจากการศึกษาค้นคว้าวิจัยเป็นตารางมาตรฐานที่แสดงเป็นความเข้มข้นของสารอาหารแต่ละชนิดในสูตรอาหาร ซึ่งจะพบว่าเมื่อสัตว์เติบโตขึ้นมักใช้สารอาหารเป็นปริมาณน้อยลง เนื่องจากกินอาหารได้มากขึ้น ทำให้ปริมาณสารอาหารที่ได้รับมีปริมาณพอเพียง นอกจากนี้ ยังมีปัจจัยหลาย ๆ ประการที่มีผลต่อความต้องการอาหารของสัตว์ เช่น ตัวสัตว์เอง สภาพภูมิอากาศ และคุณภาพอาหารสัตว์ที่ได้รับ

แบบทดสอบบทที่ 6

เลือกข้อที่ถูกที่สุดเพียงคำตอบเดียว

- | | |
|--|---|
| <p>1. ข้อใดผิดเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อความต้องการ โภชนของสัตว์</p> <p>ก. ชนิดของสัตว์ เช่น สุนัขต้องการชนิดและปริมาณอาหารแตกต่างจากวัว</p> <p>ข. ประเภทของสัตว์ เช่น วัวนมต้องการอาหารเหมือนกับวัวเนื้อ</p> <p>ค. ขนาดหรือน้ำหนัก คือ สัตว์ตัวใหญ่ต้องการอาหารมากกว่าสัตว์ตัวเล็ก</p> <p>ง. อายุของสัตว์ คือ สัตว์อ่อนต้องการอาหารที่มีคุณภาพดีกว่าสัตว์โตเต็มวัย</p> <p>2. ข้อใดผิดเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อความต้องการ โภชนของสัตว์</p> <p>ก. สัตว์ท้องหรือไม่ท้อง คือ สัตว์อุ้มท้องต้องการอาหารเพิ่มเพื่อลูกอ่อนด้วย</p> <p>ข. ระยะของการให้นม วัวอยู่ในระยะปลาย ๆ ของการให้นมต้องการอาหารน้อยกว่าระยะเริ่มให้นม</p> <p>ค. ระดับการผลิต เช่น วัวให้นมสูงก็ต้องการอาหารมาก วัวให้ไขมันสูงก็ต้องการอาหารเพิ่มขึ้น ไก่ไข่สดต้องกินอาหารมาก</p> <p>ง. สภาพความอ้วนผอมของสัตว์ ตามปกติสัตว์อ้วนกินอาหารน้อยกว่าสัตว์ผอม</p> | <p>3. ข้อใดผิดเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อความต้องการ โภชนของสัตว์</p> <p>ก. การเคลื่อนไหวของสัตว์ สัตว์อยู่นิ่งกินอาหารน้อยกว่าสัตว์ที่เคลื่อนไหว</p> <p>ข. ปริมาณและคุณภาพของอาหารหยาบ เช่น วัวกินถั่วได้โภชนมากกว่ากินหญ้า</p> <p>ค. ปริมาณและคุณภาพของอาหารข้น เช่น กากถั่วเหลืองมีคุณค่าสูงกว่ากากมะพร้าวเมื่อใช้ผสมอาหาร กากถั่วเหลืองจะใช้ในปริมาณที่มากกว่ากากมะพร้าว</p> <p>ง. เพศของสัตว์ เช่น ในบางกรณีสัตว์ตัวผู้กินอาหารมากกว่าสัตว์ตัวเมีย</p> <p>4. ข้อใดผิดเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อความต้องการ โภชนของสัตว์</p> <p>ก. โรคและพยาธิสัตว์ สัตว์ที่มีโรคและพยาธิรบกวนจะกินอาหารได้น้อยลง</p> <p>ข. อากาศและความร้อนหนาว คือ ถ้าอากาศภายในคอกร้อนมากสัตว์จะกินอาหารได้น้อยลง(ต้องให้อาหารมีโปรตีนสูง)</p> <p>ค. การเดินทางหรือการย้ายถิ่นฐานด้วยการขนส่งทำให้สัตว์กินอาหารได้</p> <p>ง. ปัจจัยต่อต้านอื่น ๆ เช่น ถ้าแร่ธาตุชนิดหนึ่งมีมากเกินไปอาจจะทำให้การใช้แร่ธาตุชนิดอื่นลดลงหรือความต้องการแร่ธาตุชนิดอื่นลดลง</p> |
|--|---|

5. ข้อใดคิดเกี่ยวกับความต้องการโภชนของสัตว์
- เพื่อการดำรงชีพ (maintenance)
 - เพื่อการเจริญเติบโต (growth)
 - เพื่อการสืบพันธุ์ (reproductive)
 - เพื่อการสร้างนม (Fattening)
6. ข้อใดคิดเกี่ยวกับ โภชนเพื่อการดำรงชีพ
- ร่างกายมีชีวิตอยู่ได้โดยที่สัตว์ไม่มีการสร้างผลผลิตเพิ่มขึ้นเป็นพิเศษ
 - ไม่มีการเจริญเติบโต ไม่มีการสะสมไข
 - โดยเฉลี่ยประมาณหนึ่งในสามของอาหารที่ให้สัตว์กินจะถูกนำไปใช้เพื่อการดำรงชีพ
 - โภชนที่ต้องการมากที่สุดจะเป็นพลังงาน
7. ข้อใดคิดเกี่ยวกับพลังงานพื้นฐาน
- เป็นจำนวนพลังงานต่ำสุดที่สัตว์ต้องการเพื่อดำรงกิจกรรม
 - ไม่รวมแม้พลังงานที่เกิดจากการย่อยและการดูดซึม
 - ไม่มีการดึงเอาพลังงานมาสร้างความอบอุ่น
 - สามารถตรวจสอบจำนวนพลังงานนี้ได้หลังการกินอาหารไม่น้อยกว่า 2 ชั่วโมง
8. กิจกรรมข้อใดใช้พลังงานพื้นฐาน
- การสร้างความอบอุ่น
 - การหายใจ
 - การหมุนเวียนโลหิต
 - การทำงานของระบบประสาท
9. ข้อใดคิดเกี่ยวกับพลังงานที่ใช้ในการเคลื่อนไหว
- จำเป็นต้องใช้เพื่อการดำรงชีพซึ่งเป็นปกติวิสัยของสัตว์เลี้ยง
 - ค่านี้อยู่ประมาณ 1 ใน 3 ของพลังงานสุทธิ
 - เป็นพลังงานที่นอกเหนือจากพลังงานพื้นฐาน
 - ใช้เพื่อการเคลื่อนไหว การเดินหาอาหาร
10. อุณหภูมิร่างกายของสัตว์ในข้อใด 105°F
- สัตว์ปีก ข. โค
 - สุกร ง. แกะ
11. โปรตีนเพื่อการดำรงชีพของสัตว์ข้อใดคิด
- เท่ากับจำนวนไนโตรเจนที่ขับออกทางปัสสาวะทางมูล ในระหว่างที่สัตว์อดอาหาร
 - โปรตีนที่สูญเสียทาง ขน หนั่ง และกิบ ไม่ว่าสัตว์จะอดอาหารหรือไม่ก็ตาม
 - โปรตีนเพื่อการดำรงชีพเป็นปฏิภาคส่วนกลับกับพื้นที่ผิวของร่างกาย
 - ปริมาณไนโตรเจนทั้ง 3 ส่วนนี้ เมื่อรวมกันแล้วคูณด้วย 6.25 จะเป็นปริมาณของโปรตีนเพื่อการดำรงชีพ
12. ความต้องการอาหารเพื่อขุนสัตว์ข้อใดคิด
- น้ำหนักเพิ่มจากไขมันมีต้นทุนสูง
 - การเพิ่มน้ำหนักที่ได้จากการเจริญเติบโตมีประสิทธิภาพมากกว่าและผลิตได้ในราคาถูกกว่า
 - การผลิตสัตว์เพื่อหวังให้ได้น้ำหนักเพิ่มมากควรกระทำขณะสัตว์อายุมาก
 - พลังงานส่วนใหญ่ที่เหลือจากการดำรงชีพถูกนำไปเก็บสะสมเป็นไขมันได้ง่าย

บทที่ 7

การคำนวณสูตรอาหารสัตว์เบื้องต้น

การผสมอาหารใช้เองในฟาร์มเป็นสิ่งจำเป็นในการเลี้ยงสัตว์ปัจจุบัน เพราะค่าใช้จ่ายในการเลี้ยงสัตว์ 70 เปอร์เซ็นต์เป็นค่าอาหารสัตว์ การสร้างสูตรอาหารที่เหมาะสม ให้มีคุณภาพอาหารสูง ราคาถูก ใช้วัสดุที่หาได้ง่ายในท้องถิ่น สามารถลดต้นทุนในการเลี้ยงสัตว์ได้

7.1 หลักเกณฑ์ประกอบในการคำนวณสูตรอาหาร

ในการคำนวณสูตรอาหาร ควรจะได้พิจารณาถึงหลักเกณฑ์ต่างๆ ดังต่อไปนี้

7.1.1 ต้องทราบความต้องการอาหารของสัตว์แต่ละชนิดตามขนาด อายุ น้ำหนัก และกำลังผลิต ว่ามีความต้องการโภชนต่าง ๆ เท่าไร จากข้อมูลของกองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ แสดงให้เห็นว่าสัตว์แต่ละ

ชนิดมีความต้องการแตกต่างกัน

7.1.2 ในการคำนวณสูตรอาหารมักคำนวณวัตถุแห้ง (Dry matter) โปรตีน (Protein) พลังงาน (Energy) แคลเซียม (Calcium) ฟอสฟอรัส (Phosphorus) และแคโรทีน หรือวิตามิน เอ (Carotene or Vitamin

A) สำหรับสุกรและไก่ควรคำนวณกรดอะมิโนที่จำเป็น (Essential amino acids) และวิตามินอื่น ๆ ด้วย

7.1.3 ต้องทราบค่าโภชนต่าง ๆ ที่มีอยู่ในอาหารว่าอาหารแต่ละชนิดที่จะใช้มีโปรตีน พลังงาน ฯลฯ อยู่เป็นจำนวนเท่าไร ยกตัวอย่างเช่น กากถั่วเหลืองมีโปรตีน 44 % ถ้าเราต้องใช้กากถั่วเหลืองจำนวน 15 กิโลกรัม ในสูตรอาหาร ก็สามารถคำนวณหาว่ากากถั่วเหลือง 15 กิโลกรัม ให้โปรตีนเท่าใด ดังนี้

$$\text{กากถั่วเหลือง 15 กิโลกรัม มีโปรตีน} = \frac{44 \times 15}{100} = 6.6\%$$

ดังนั้นโภชนาการอื่นก็สามารถคำนวณหาได้เช่นเดียวกัน

7.1.4 เลือกอาหารที่จะใช้ผสมในสูตรอาหารให้ถูกต้อง เช่น เป็นอาหารที่ให้โภชนสูง มีคุณภาพสูง เป็นอาหารที่หาง่าย ราคาถูก เมื่อเปรียบเทียบกับอาหารอื่น มีความน่ากิน และเป็นอาหารที่ไม่ทำให้โภชนอื่น ๆ เสื่อมค่า ในกรณีของราคาวัตถุดิบจะแปรผันตลอดเวลา ดังนั้นต้องใช้ราคาในช่วงเวลาปัจจุบัน

7.1.5 จัดสัดส่วนวัตถุดิบให้เหมาะสม เช่น ให้มีอาหารพลังงาน 70–75 % โปรตีน 20 % แร่ธาตุ วิตามินอื่น ๆ 5–10 % โปรตีนนั้นควรเป็นโปรตีนจากสัตว์ไม่น้อยกว่า 10 %

7.1.6 จะต้องมีส่วน essential amino acid ครอบคลุมความต้องการของสัตว์

7.1.7 จะต้องมีส่วนวิตามินอยู่ครบโดยเฉพาะวิตามิน เอ ดี อี และเค

7.1.8 จะต้องมีส่วนพลังงานเพียงพอ

7.1.9 จะต้องมีส่วนแร่ธาตุเพียงพอ โดยเฉพาะแคลเซียมและฟอสฟอรัส

7.1.10 เมื่อคำนวณสูตรอาหารออกมาแล้วต้องมีโภชนต่าง ๆ ตรงตามความต้องการของสัตว์

เช่น

ก. ควรมีโภชนต่าง ๆ ไม่ต่ำกว่าระดับ minimum ที่สัตว์ต้องการมากกว่า 3 %

ข. ควรมีพลังงานไม่เกินกว่าความต้องการมากกว่า 5 % เพราะสัตว์มีความสามารถใช้พลังงานได้จำกัด

ค. โปรตีนถ้ามีมากเกินไปเกินความต้องการ ไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสัตว์ แต่เป็นการสิ้นเปลืองเงินทองโดยใช่เหตุ

ง. แคลเซียมและฟอสฟอรัส เมื่อคำนวณออกมาแล้วมีมากเกินไปเกินความต้องการถ้าจะให้ดี ควรคำนึงถึงอัตราส่วนระหว่างแคลเซียม : ฟอสฟอรัส ควรอยู่ระหว่าง 1 : 1 และ 2 : 1

จ. จำนวนแคลโรตีนที่คำนวณได้อาจมีมากเกินไปเกินความต้องการของสัตว์ บางครั้งไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ แต่แคลโรตีนถึงจะมีมากเกินไปก็ไม่เกิดอันตรายต่อสัตว์

7.2. การคำนวณสูตรอาหารสัตว์แบบต่าง ๆ

การคำนวณสูตรอาหารสัตว์ในระดับนิยามใช้กันอยู่ 3 วิธี คือ วิธีลองผิดลองถูก (Trial and error method) วิธีเพียร์สันสแควร์ (Pearson ' square method) และวิธีพีชคณิต (Algebraic method)

7.2.1 วิธีลองผิดลองถูก (Trial and error method)

ตัวอย่างที่ 1 การคำนวณสูตรแบบลองผิดลองถูก

โจทย์ จงคำนวณสูตรอาหารแพะรีดนม จำนวน 100 กก. ให้มีโปรตีน 16 % โดยใช้วัตถุดิบดังต่อไปนี้

มันเส้น	โปรตีน	3	%	ราคา/ก.ละ	4	บาท
กากมะพร้าว	โปรตีน	20	%	ราคา/ก.ละ	10	บาท
กากถั่วลิสง	โปรตีน	40	%	ราคา/ก.ละ	15	บาท
แร่ธาตุผสม	โปรตีน	0	%	ราคา/ก.ละ	50	บาท
เกลือ	โปรตีน	0	%	ราคา/ก.ละ	4	บาท
กากน้ำตาล	โปรตีน	0	%	ราคา/ก.ละ	8	บาท

วิธีทำ

วัตถุดิบ	%โปรตีน	จำนวน	คำนวณ	ได้โปรตีน	ราคา/ก.ก.	คำนวณ	เป็นเงิน
มันเส้น	3	40	$3 \times 40/100$	1.20			
		ใหม่		ใหม่			
		40.54	$3 \times 40.54/100$	1.22	4	40.54×4	162.16
กากมะพร้าว	20	35	$20 \times 35/100$	7.00 (คงเดิม)	10	35×10	350
กากถั่วลิสง	40	20	$40 \times 20/100$	8.00			
		ใหม่		ใหม่			
		19.46	$40 \times 19.46/100$	7.79	15	19.46×15	291.90
เกลือ(I)	0	1	-	-	4	1×4	4
แร่ธาตุผสม	0	2	-	-	50	2×50	100
กากน้ำตาล	0	2	-	-	8	2×8	16
รวม	-	100	-	เดิม 16.20	-	-	924.06
				ใหม่ 16.01			

หมายเหตุ

เมื่อนำผลลัพธ์รอบแรกไปเทียบกับผลการคำนวณสูตรอาหาร ตามตารางที่ 4.7 ถือว่าใช้ได้แล้ว แต่

ในที่นี้จะคำนวณต่อไปเพื่อปรับผลลัพธ์ให้ได้ค่าออกมาเป็น 16.00 ตามที่โจทย์ต้องการ ทำได้ดังนี้

โปรตีนรวมครั้งที่ 1 ได้ 16.20 % แสดงว่าโปรตีนเกินไป = $16.20 - 16.00 = .20$ %

ถ้าโปรตีนเกินลดวัตถุดิบโปรตีนเพิ่มวัตถุดิบคาร์โบไฮเดรต (ถ้าโปรตีนขาดก็ให้กลับกัน แต่ไม่มี
การติดลบ)

จับคู่วัตถุดิบตรงข้ามกัน 1 คู่ เตรียมไว้ ในที่นี้ลดกากถั่วลิสงเพิ่มมันเส้น (ถ้าโปรตีนขาดก็ให้
กลับกัน) ลดกากถั่วลิสง 100 ก.ก. เพิ่มมันเส้น 100 ก.ก. โปรตีนเปลี่ยนไปในทางลดลง = $40 - 3 = 37$ %

ต้องการให้โปรตีนลด 37 % จะต้องแทนกัน อย่างละ 100 ก.ก.

ถ้าต้องการให้โปรตีนลดลง .20 % จะต้องแทนกันอย่างละ $\frac{100 \times .20}{37} = 0.54$ ก.ก.

นั่นคือ ต้องคำนวณวัตถุดิบใหม่ 2 ตัว คือ มันเส้น จากเดิม $40 + .54$ เพิ่มขึ้น 40.54 ก.ก.

กากถั่วลิสง จากเดิม $20 - .54$ ลด

เหลือ 19.46 ก.ก.

ตัวอย่างที่ 2 การคำนวณสูตรแบบลองผิดลองถูก

โจทย์ จงคำนวณสูตรอาหารสุกรขุน จำนวน 100 ก.ก. ให้มีโปรตีน 16 % โดยใช้วัตถุดิบดังต่อไปนี้

ปลายข้าว	โปรตีน	8	%	ราคา กก. ละ	6	บาท
รำละเอียด	“	12	%	“	5	“
กากเนื้อในปาล์ม	“	15	%	“	3	“
กากถั่วเหลือง	“	45	%	“	12	“
กระถินป่น	“	20	%	“	3	“
กากมะพร้าว	“	20	%	“	3	“
แร่ธาตุ+พรีมิกซ์	“	-	-	“	50	“
เกลือ	“	-	-	“	1	“
ปลาป่นจืดอัดน้ำมัน	“	60	%	“	16	“

วิธีทำ

วัตถุดิบ	%โปรตีน	จำนวน	คำนวณ	ได้โปรตีน	ราคา/ก.ก.	เป็นเงิน
รำละเอียด	12	20	$\frac{12 \times 20}{100}$	2.40		
		20-1.06= 18.94	$\frac{12 \times 18.94}{100}$	ใหม่ 2.27	5	94.70
ปลายข้าว	8	45	$\frac{8 \times 45}{100}$	3.60	6	270
กากปาล์ม	15	10	$\frac{15 \times 10}{100}$	1.50	3	30
ปลาป่น	60	5	$\frac{60 \times 5}{100}$	3.00	16	80
กากถั่วเหลือง	45	7	$\frac{45 \times 7}{100}$	3.15		
		7+1.06 =8.06	$\frac{45 \times 8.06}{100}$	ใหม่ 3.63	12	103.56
กระถินป่น	20	5	$\frac{20 \times 5}{100}$	1.00	3	15
กากมะพร้าว	20	5	$\frac{20 \times 5}{100}$	1.00	3	15
แร่ธาตุ+วิตามินซ์	-	2.5	-	-	50	125
เกลือ	-	0.5	-	-	1	0.50

รวม		100		เดิม 15.65 ใหม่ 16.02		733.86
-----	--	-----	--	--------------------------	--	--------

หมายเหตุ

รวมครั้งที่ 1 ได้ 15.65 % แสดงว่าโปรตีนขาด = $16.00 - 15.65 = 0.35$ %

ถ้าโปรตีนขาด เพิ่มวัตถุดิบโปรตีนลดวัตถุดิบคาร์โบไฮเดรต

ในที่นี้เพิ่มถั่วเหลืองลดรำ

เพิ่มถั่วเหลือง 100 ก.ก. ลดรำ 100 ก.ก. โปรตีนเพิ่ม = $45 - 12 = 33$ %

ต้องการให้โปรตีนเพิ่ม 33 % จะต้องแทนกัน อย่างละ 100 ก.ก.

ถ้าต้องการให้โปรตีนเพิ่ม .35 % จะต้องแทนกันอย่างละ $\frac{100 \times .35}{33} = 1.06$ ก.ก.

7.2.2 วิธีเพียร์สันสแควร์(Pearson 'square method)

ตัวอย่างที่ 1 การคำนวณสูตรอาหารแบบเพียร์สันสแควร์

โจทย์ จงคำนวณสูตรอาหารโคขุนจำนวน 100 กก. ให้มีโปรตีน 14 % จากวัตถุดิบต่อไปนี้

หัวอาหารโคขุน โปรตีน 35 %

รำละเอียด โปรตีน 12 %

กากปาล์ม โปรตีน 14 %

วิธีทำ

ขั้นที่ 1

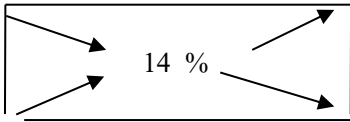
กำหนดสัดส่วนของวัตถุดิบคาร์โบไฮเดรต

ให้สัดส่วนของรำ : กากปาล์ม = 2 : 1

$$\begin{aligned} \text{หาโปรตีนเฉลี่ยของวัตถุดิบคาร์โบไฮเดรต} &= \frac{(12 \times 2) + (14 \times 1)}{2 + 1} \\ &= \frac{24 + 14}{3} \\ &= \frac{38}{3} = 12.67 \% \end{aligned}$$

ขั้นที่ 2

เข้าเพียร์สันสแควร์

โปรตีนเฉลี่ยของวัตถุดิบ	จำนวนส่วนของ	
หัวอาหาร = 35 %	หัวอาหาร	= 1.33 ส่วน
		
โปรตีนเฉลี่ยของวัตถุดิบ	จำนวนส่วนของ	
คาร์โบไฮเดรต = 12.67	คาร์โบไฮเดรต	= 21 ส่วน
	รวมส่วน	= 22.33 ส่วน

ขั้นที่ 3

แปลงส่วน

$$\begin{array}{l}
 \text{อาหาร 22.33 ส่วน คิดเป็นหัวอาหาร} \quad 1.33 \quad \text{ส่วน} \\
 \text{อาหาร 100 ส่วนคิดเป็นหัวอาหาร} \quad \frac{1.33 \times 100}{22.33} = 5.95 \text{ กก.} \\
 \\
 \text{ดังนั้นที่เหลือจึงเป็นอาหารคาร์โบไฮเดรต} = 100 - 5.95 = 94.05 \text{ กก.} \\
 \text{อาหารคาร์โบไฮเดรต 3 ส่วน คิดเป็น} \quad 94.05 \text{ กก.} \\
 \text{รำละเอียด} \quad 2 \text{ ส่วน คิดเป็น} \quad \frac{94.05 \times 2}{3} = 62.70 \text{ กก.} \\
 \\
 \text{ที่เหลือเป็นกากปาล์ม} \quad = 94.05 - 62.70 = 31.35 \text{ กก.}
 \end{array}$$

ขั้นที่ 4

พิสูจน์สูตร

วัตถุดิบ	%โปรตีน	จำนวน	คำนวณ	ได้โปรตีน	ราคา/กก.	รวมเงิน
หัวอาหาร	35 %	5.95	$\frac{35 \times 5.95}{100}$	2.08		
รำละเอียด	12 %	62.70	$\frac{12 \times 62.70}{100}$	7.52		
กากปาล์ม	14 %	31.35	$\frac{14 \times 31.35}{100}$	4.38		
รวม		100		13.98(=14)		

ตัวอย่างที่ 2 การคำนวณสูตรอาหารแบบเพียร์สันสแควร์

โจทย์ จงคำนวณสูตรอาหารไก่ไข่ จำนวน 100 ก.ก. ให้มีโปรตีน 16 % โดยใช้วัตถุดิบดังต่อไปนี้

รำละเอียด	โปรตีน	12	%	ราคา ก.ก. ละ	5	บาท
ปลายข้าว	โปรตีน	8	%	ราคา ก.ก. ละ	6	บาท
ข้าวโพดป่น	โปรตีน	8	%	ราคา ก.ก. ละ	4	บาท
กากถั่วเหลือง	โปรตีน	45	%	ราคา ก.ก. ละ	12	บาท
กากถั่วลิสง	โปรตีน	40	%	ราคา ก.ก. ละ	10	บาท
ปลาป่น	โปรตีน	60	%	ราคา ก.ก. ละ	16	บาท
กากปาล์ม	โปรตีน	18	%	ราคา ก.ก. ละ	2	บาท
กระถินป่น	โปรตีน	20	%	ราคา ก.ก. ละ	4	บาท
เปลือกหอย	โปรตีน	—	—	ราคา ก.ก. ละ	1	บาท
ฟอสเฟต	โปรตีน	—	—	ราคา ก.ก. ละ	50	บาท
เกลือป่น	โปรตีน	—	—	ราคา ก.ก. ละ	1	บาท

วิธีทำ

ขั้นที่ 1 หาโปรตีนเฉลี่ยของวัตถุดิบคาร์โบไฮเดรต

กำหนดให้สัดส่วนของรำ:ปลายข้าว:ข้าวโพดป่น = 2:1:1

$$\begin{aligned}
 \text{โปรตีนเฉลี่ย} &= \frac{(12 \times 2) + (8 \times 1) + (8 \times 1)}{2 + 1 + 1} \\
 &= \frac{24 + 8 + 8}{4} \\
 &= \frac{40}{4} = 10 \%
 \end{aligned}$$

ขั้นที่ 2 โปรตีนเฉลี่ยของวัตถุดิบโปรตีน

กำหนดให้สัดส่วนของ กากถั่วเหลือง : กากถั่วลิสง : ปลาป่น : ไบโกระถิน : กากปาล์ม

= 2 : 1 : 1 : 1 : 1

$$\begin{aligned} \text{โปรตีนเฉลี่ย} &= \frac{(45 \times 2) + (40 \times 1) + (60 \times 1) + (20 \times 1) + (18 \times 1)}{2 + 1 + 1 + 1 + 1} \\ &= \frac{90 + 40 + 60 + 20 + 18}{6} \\ &= \frac{228}{6} = 38 \% \end{aligned}$$

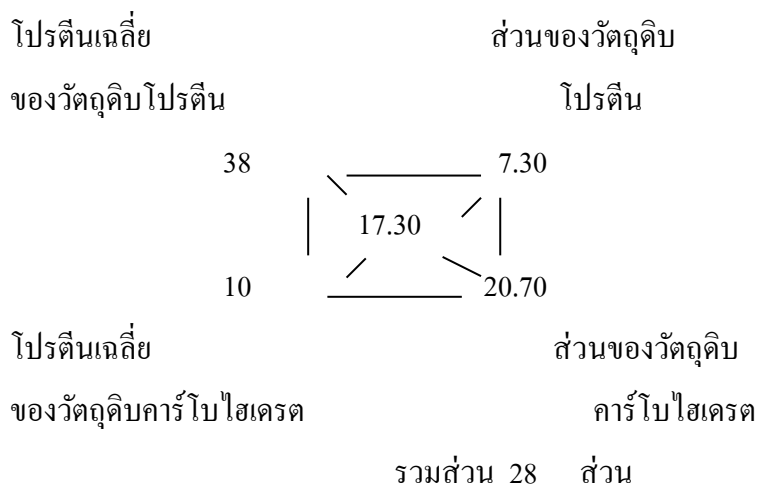
ขั้นที่ 3 กำหนดระดับวัตถุดิบแร่ธาตุ

ในที่นี้กำหนดให้ใช้	เปลือกหอย	2	ก.ก.
	เกลือ	0.50	ก.ก.
	ฟอสฟอรัส	5	ก.ก.
อาหารที่คงต้องคำนวณ	100 - 7.50	=	92.50 ก.ก.

ขั้นที่ 4 ปรับระดับ % โปรตีนในสูตรอาหาร

อาหาร	92.50	ก.ก.	ต้องการโปรตีน	16	%
อาหาร	100	ก.ก.	ต้องการโปรตีน	$16 \times \frac{100}{92.50}$	= 17.30 %

ขั้นที่ 5 เข้า Pearson's



ขั้นที่ 6 แทนค่าตามสัดส่วน

อาหาร	28	ส่วน	คิดเป็นน.น.	92.50	ก.ก.
คาร์โบไฮเดรต	20.72	ส่วน	คิดเป็นน.น.	$\frac{92.50 \times 20.70}{28} = 68.38$	ก.ก.
ที่เหลือเป็นอาหารโปรตีนคิดเป็น				$92.50 - 68.38 = 24.12$	ก.ก.

ขั้นที่ 7 เทียบกลับตามสัดส่วน

อาหารคาร์โบไฮเดรต	4	ส่วน	คิดเป็นน.น.	68.38	ก.ก.
รำละเอียด	2	ส่วน	คิดเป็นน.น.	$\frac{68.38 \times 2}{4} = 34.19$	ก.ก.
ปลายข้าว	1	ส่วน	คิดเป็นน.น.	$\frac{68.38 \times 1}{4} = 17.10$	ก.ก.
ข้าวโพด	1	ส่วน	คิดเป็นน.น.	$\frac{68.38 \times 1}{4} = 17.10$	ก.ก.
อาหารโปรตีน	6	ส่วน	คิดเป็นน.น.	24.12	ก.ก.
กากถั่วเหลือง	2	ส่วน	คิดเป็นน.น.	$\frac{24.12 \times 2}{6} = 8.04$	ก.ก.

กากถั่วลิสง	1	ส่วน	คิดเป็นน.น.	$24.12 \times 1 = 4.02$	ก.ก.
				6	
ปลาป่น	1	ส่วน	คิดเป็นน.น.	$24.12 \times 1 = 4.02$	ก.ก.
				6	
กากปาล์ม	1	ส่วน	คิดเป็นน.น.	$24.12 \times 1 = 4.02$	ก.ก.
				6	
กระถินป่น	1	ส่วน	คิดเป็นน.น.	$24.12 \times 1 = 4.02$	ก.ก.
				6	

พิสูจน์

วัตถุดิบ	%โปรตีน	จำนวนที่ใช้	คำนวณ	ได้โปรตีน	ราคา/ก.ก.	เป็นเงิน
รำละเอียด	12	34.19	$\frac{12 \times 34.19}{100}$	4.10	5	171
ปลายข้าว	8	17.10	$\frac{8 \times 17.10}{100}$	1.37	6	103
ข้าวโพดบ่น	8	17.10	$\frac{8 \times 17.10}{100}$	1.37	4	68
กากถั่วเหลือง	45	8.04	$\frac{45 \times 8.04}{100}$	3.62	12	97
กากถั่วลิสง	40	4.02	$\frac{40 \times 4.02}{100}$	1.61	10	40
ปลาป่น	60	4.02	$\frac{60 \times 4.02}{100}$	2.41	16	64
กากปาล์ม	18	4.02	$\frac{18 \times 4.02}{100}$	0.72	2	8
กระถินป่น	20	4.02	$\frac{20 \times 4.02}{100}$	0.80	4	16

เปลือกหอย	-	2	----	---	1	2
พรีมิกซ์	-	5	----	---	50	250
เกลือ	-	0.5	----	---	1	0.5
รวม		100.01		16.00		819

ตัวอย่างที่ 3 การคำนวณสูตรอาหารแบบเพียร์สันสแควร์

โจทย์ จงคำนวณสูตรอาหารไก่ไข่ จำนวน 500 ก.ก. ให้มีโปรตีน 16 % โดยใช้วัตถุดิบดังต่อไปนี้

รำละเอียด	โปรตีน	12	%	
ปลายข้าว	โปรตีน	8	%	
ข้าวโพดปน	โปรตีน	9	%	
กากถั่วเหลือง	โปรตีน	44	%	
ปลาป่น	โปรตีน	60	%	
กากปาล์ม	โปรตีน	18	%	
กระดิ่งปน	โปรตีน	20	%	ให้ใช้ 5 %
เปลือกหอยปน	โปรตีน	—	—	ให้ใช้ 2.5 %
ไคแคลเซียมฟอสเฟต				ให้ใช้ 0.5 %
พรีมิกซ์	โปรตีน	—	—	ให้ใช้ 0.5 %
เกลือปน	โปรตีน	—	—	ให้ใช้ 0.5 %

โดยกำหนดให้ ปลายข้าว:รำละเอียด:ข้าวโพดปน = 1:2:2

และ ปลาป่น:กากถั่วเหลือง = 1:2

อยากทราบว่าต้องใช้วัตถุดิบแต่ละชนิดอย่างไร

วิธีทำ

ขั้นที่ 1 หาจำนวนวัตถุดิบคงที่ ตามโจทย์กำหนด

1.1 วัตถุดิบแร่ธาตุ 4 ชนิด รวมกัน 4 กก.

1.2 กระถินป่น 100 กก. มีโปรตีน 20 %

$$\text{กระถินป่น 5 กก. มีโปรตีน } \frac{20 \times 5}{100} = 1 \%$$

1.3 ปรับระดับโปรตีนที่ต้องการหาใหม่

จากกำหนดให้

$$\text{ยังเหลือจำนวนวัตถุดิบที่ต้องการหาอีก} = 100 - 9 = 91 \text{ กก.}$$

$$\text{ยังเหลือจำนวนโปรตีนที่ต้องการหาอีก} = 16 - 1 = 15$$

คำนวณจำนวนโปรตีนใหม่

$$\text{วัตถุดิบอาหาร 91 กก. ต้องการโปรตีน 15 \%}$$

$$\text{ถ้าอาหาร 100 กก. ต้องการโปรตีนอีก} = \frac{15 \times 100}{91} = 16.48 \%$$

ขั้นที่ 2 หาโปรตีนเฉลี่ยของวัตถุดิบคาร์โบไฮเดรต

กำหนดให้สัดส่วนของ ปลายข้าว:รำละเอียด:ข้าวโพดป่น = 1:2:2

$$\begin{aligned} \text{โปรตีนเฉลี่ย} &= \frac{(8 \times 1) + (12 \times 2) + (9 \times 2)}{1 + 2 + 2} \\ &= \frac{8 + 24 + 18}{5} \\ &= \frac{50}{5} = 10 \% \end{aligned}$$

ขั้นที่ 3 โปรตีนเฉลี่ยของวัตถุดิบโปรตีน

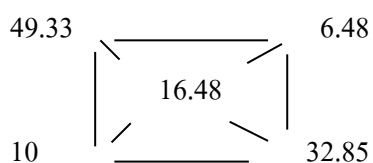
กำหนดให้สัดส่วนของ กากถั่วเหลือง : ปลาป่น

$$= 2 : 1$$

$$\begin{aligned} \text{โปรตีนเฉลี่ย} &= \frac{(44 \times 2) + (60 \times 1)}{2 + 1} \\ &= \frac{88 + 60}{3} \\ &= \frac{148}{3} = 49.33 \% \end{aligned}$$

ขั้นที่ 4 นำเข้า Pearson's

โปรตีนเฉลี่ย ส่วนของวัตถุดิบ
ของวัตถุดิบโปรตีน โปรตีน



โปรตีนเฉลี่ย ส่วนของวัตถุดิบ
ของวัตถุดิบคาร์โบไฮเดรต คาร์โบไฮเดรต

$$\text{รวมส่วน} = 6.48 + 32.85 = 39.33 \text{ ส่วน}$$

อาหารผสม 39.33 ส่วน ใช้วัตถุดิบคาร์โบไฮเดรต 32.85 ก.ก.

อาหารผสม 91 ส่วน ต้องใช้วัตถุดิบคาร์โบไฮเดรต $32.85 \times 91 = 76.00$ ก.ก.

$$\frac{32.85}{39.33}$$

ที่เหลือเป็นวัตถุดิบโปรตีน $= 91.00 - 76.00 = 15$ ก.ก.

ขั้นที่ 5 หาจำนวนวัตถุดิบแต่ละตัวตามสัดส่วน

5.1 วัตถุดิบคาร์โบไฮเดรต

อาหารผสม	5	ส่วน	ใช้ปลายข้าว	1	ส่วน
อาหารผสม	76	กก.	ใช้ปลายข้าว	$\frac{1 \times 76}{5}$	= 15.20 กก.
รำละเอียด	2	ส่วนคิดเป็น	น.น. =	$\frac{2 \times 76}{5}$	= 30.40 กก.
ข้าวโพดป่น	2	ส่วน	คิดเป็น น.น. =	$\frac{2 \times 76}{5}$	= 30.40 กก.

5.2 วัตถุดิบโปรตีน

อาหารผสม	3	ส่วน	ใช้ปลาป่น	1	ส่วน
อาหารผสม	15	กก.	ใช้ปลาป่น	$\frac{1 \times 15}{3}$	= 5 กก.
กากถั่วเหลือง	2	ส่วน	คิดเป็น น.น.	$\frac{2 \times 15}{3}$	= 10 กก.

ขั้นที่ 6 ทดสอบเปอร์เซ็นต์โปรตีน

วัตถุดิบ	% โปรตีน	จำนวนที่ใช้	คำนวณ	ได้โปรตีน
ปลายข้าว	8	15.20	$\frac{8 \times 15.20}{100}$	1.21
รำละเอียด	12	30.40	$\frac{12 \times 30.40}{100}$	3.65
ข้าวโพดป่น	9	30.40	$\frac{9 \times 30.40}{100}$	2.74
กากถั่วเหลือง	44	10	$\frac{44 \times 10}{100}$	4.40
ปลาป่น	60	5	$\frac{60 \times 5}{100}$	3.00

กระถินป่น	20	5	$\frac{20 \times 5}{100}$	1.00
เปลือกหอยป่น	-	2.5	----	---
ไคแคลเซียมฟอสเฟต	-	0.5	----	----
พรีมิคซ์	-	0.5	----	---
เกลือป่น	-	0.5	----	---
รวม		100.00		16.00

ขั้นที่ 7 ต้องการผสม 500 กก. ต้องใช้วัตถุดิบดังต่อไปนี้

1. ปลาขี้ขาว ใช้ 15.20 กก. = $\frac{15.20 \times 500}{100} = 76$ กก.
2. รำละเอียด ใช้ 30.40 กก. = $\frac{30.40 \times 500}{100} = 152$ กก.
3. ขี้วัวป่น ใช้ 30.40 กก. = $\frac{30.40 \times 500}{100} = 152$ กก.
4. กากถั่วเหลือง ใช้ 10 กก. = $\frac{10 \times 500}{100} = 50$ กก.
5. ปลาป่น ใช้ 5 กก. = $\frac{5 \times 500}{100} = 25$ กก.
6. กระถินป่น ใช้ 5 กก. = $\frac{5 \times 500}{100} = 25$ กก.
7. เปลือกหอยป่น ใช้ 2.5 กก. = $\frac{2.50 \times 500}{100} = 12.50$ กก.

8. ไคแคลเซียมฟอสเฟต	ใช้	0.5 กก.	=	$\frac{0.50 \times 500}{100}$	= 2.50 กก.
9. เกลือป่น	ใช้	0.5 กก.	=	$\frac{0.50 \times 500}{100}$	= 2.50 กก.
10. ฟริมิกซ์	ใช้	0.5 กก.	=	$\frac{0.50 \times 500}{100}$	= 2.50 กก.
รวม				500.00	

7.2.3 วิธีพีชคณิต (Algebraic method)

ตัวอย่างที่ 1 การคำนวณสูตรอาหารแบบพีชคณิต

โจทย์ จงคำนวณสูตรอาหารสุกรขุนจำนวน 100 กก. ให้มีโปรตีน 16 % โดยใช้วัตถุดิบดังต่อไปนี้

หัวอาหารสุกรขุน โปรตีน 40 % รำละเอียด โปรตีน 12 %

วิธีทำ

สมมติให้ x คือจำนวนของหัวอาหารที่เป็นคำตอบ

y คือจำนวนของรำที่เป็นคำตอบ

ดังนั้น สมการที่ 1 $x + y = 100$ กก.

และ สมการที่ 2 $\frac{(40x) + (12y)}{100} = 16$ %

$0.40x + 0.12y = 16$

(เอา 100 x 2 ตลอด) $40x + 12y = 1600$ เป็นสมการที่ 3

(เอา 40 x 1 ตลอด) $40x + 40y = 4000$ เป็นสมการที่ 4

เอาสมการที่ 4 - สมการที่ 3 $28y = 2400$

ย้ายข้าง $y = \frac{2400}{28}$

28

= 85.71

แทนค่า y ในสมการที่ 1 $x + 85.71 = 100$

$$\begin{aligned} \text{ย้ายข้าง} & \quad \quad \quad \times & = & 100 - 85.71 \\ & & & = & 14.29 \end{aligned}$$

นั่นคือ สูตรอาหารดังกล่าวประกอบด้วย

หัวอาหาร 14.29 กก.

รำละเอียด 85.71 กก.

พิสูจน์สูตร

วัตถุดิบ	%โปรตีน	จำนวน	คำนวณ	ได้โปรตีน	ราคา/กก.	เป็นเงิน
หัวอาหาร	40	14.29	$\frac{14.29 \times 40}{100}$	05.72		
รำละเอียด	12	85.71	$\frac{85.71 \times 12}{100}$	10.29		
รวม		100		16.01		

เมื่อให้อาหารสามชนิดหรือมากกว่าสามชนิด

โจทย์ที่ 1 ต้องการผสมอาหารจำนวน 100 กิโลกรัม โดยใช้ข้าวโพด (8.8 % โปรตีน) รำข้าว (12 % โปรตีน) และอาหารเสริม (40 % โปรตีน) เมื่อผสมอาหารทั้งสามชนิดเข้าด้วยกันแล้วให้ได้โปรตีน 14 % (ใช้ข้าวโพด : รำข้าว = 2 : 1) อยากทราบว่า จะต้องใช้อาหารแต่ละชนิดเป็นจำนวนเท่าใด

วิธีคำนวณ

$$X = \text{กิโลกรัมข้าวโพด} + \text{กิโลกรัมรำข้าว} / 100 \text{ กิโลกรัมอาหารผสม}$$

$$Y = \text{กิโลกรัมอาหารเสริม} / 100 \text{ กิโลกรัมอาหารผสม}$$

$$X + Y = 100 \text{ ----- (1)}$$

$$\left[\frac{(2 \times 8.8)}{3} + \frac{(1 \times 12)}{100} \right] X + 0.40 Y = 14 \text{ ----- (2)}$$

$$0.0987 X + 0.40 Y = 14 \text{ -----(3)}$$

(1) คูณด้วย 0.0987

$$0.0987 X + 0.0987 Y = 9.87 \text{ -----(4)}$$

$$(3) - (4) \quad 0.3013 Y = 4.13$$

$$Y = \frac{4.13}{0.3013}$$

$$= 13.71$$

$$X = 100 - 13.71$$

$$= 86.29$$

$$\therefore \text{ใช้ข้าวโพด } 2 \times \frac{86.29}{3} = 57.53 \text{ กิโลกรัม}$$

$$\text{ใช้รำข้าว } 1 \times \frac{86.29}{3} = 28.76 \text{ กิโลกรัม}$$

$$\text{ใช้อาหารเสริม} = 13.71 \text{ กิโลกรัม}$$

เมื่อกำหนดจำนวนอาหารบางชนิด

โจทย์ที่ 2 ต้องการผสมอาหารจำนวน 100 กิโลกรัม ให้มีโปรตีน 14 % โดยให้อาหารที่ผสมนั้นมีรำข้าว 17 % (11.7 % โปรตีน) และมีวิตามิน 3 % ส่วนที่เหลือเป็นข้าวโพด (8.8 % โปรตีน) และกากถั่วเหลือง (44 % โปรตีน) อยากทราบว่า จะใช้อาหารแต่ละชนิดเป็นจำนวนเท่าใด

วิธีคำนวณ

$$17 \text{ กิโลกรัมของรำข้าวให้โปรตีน } 17 \times 0.117 = 1.99$$

$$3 \text{ กิโลกรัมของวิตามินให้โปรตีน } 3 \times 0 = 0$$

$$\text{โปรตีน} / 20 \text{ กิโลกรัม} = 1.99$$

ต้องการให้มีโปรตีน 14 % ในอาหารผสม

14 กิโลกรัมโปรตีน / 100 กิโลกรัม อาหารผสม

โปรตีน 1.99 กิโลกรัม จากอาหารที่กำหนดให้ใช้

โปรตีน 12.01 กิโลกรัม จากอาหารที่เหลือ 80 กิโลกรัม

$$\text{หรือ } \frac{12.01}{80} = 15.0\% \text{ โปรตีนในอาหาร 80 กิโลกรัม}$$

X = กิโลกรัมข้าวโพด

80-X = กิโลกรัมถั่วเหลือง

X (0.088) + (80-X) (0.44) = 12.01

0.088 X - 44 + 35.2 = 12.01

- 352 X = - 23.19

X = 23.19

0.352

= 65.88 กิโลกรัม

∴ ใช้กากถั่วเหลือง = 80-65.88

= 14.12 กิโลกรัม

ตรวจสอบการคำนวณ

ใช้ข้าวโพด 65.88 กิโลกรัม ให้โปรตีน = 65.08 x 0.088 = 5.80

กากถั่วเหลือง 14.12 กิโลกรัม ให้โปรตีน = 14.12 x 0.44 = 6.21

รำข้าว 17 กิโลกรัม ให้โปรตีน = 17 x 0.117 = 1.99

วิตามิน 3 กิโลกรัม ให้โปรตีน = 3 x 0 = 0

รวม 100 กิโลกรัม 14 %

โจทย์ที่ 3 จงคำนวณสูตรอาหารเพื่อใช้เลี้ยงลูกสุกรหนัก 50 ปอนด์ จำนวน 2,000 ปอนด์

โดยกำหนดให้ใช้อาหารดังต่อไปนี้ข้าวโพด (8.8%โปรตีน) กากถั่วเหลือง (44% โปรตีน)

Dicalcium phosphate (22 % Ca , 18 % P) Calcium carbonate (38% Ca , 0 % P)

ในสูตรอาหารให้มี เกลือ 10 ปอนด์, Vitamin premix 5 ปอนด์, Mineral premix 1 ปอนด์ และ

ปฏิวินะสาร 2 ปอนด์

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2563 ประเภทวิชาเกษตรกรรม สาขาวิชาสัตวศาสตร์

Principles of Animal Nutrition 30503-2002

วิธีคำนวณ

ก่อนอื่นดูความต้องการของลูกสุกรหนัก 50 ปอนด์ พบว่ามีความต้องการดังนี้ โปรตีน 16 %
แคลเซียม 0.65 % และฟอสฟอรัส 0.50 %

ในสูตรอาหารให้ใช้

เกลือ	10 ปอนด์
Vitamin premix	5 ปอนด์
Mineral premix	1 ปอนด์
ปฏิชีวนะ	2 ปอนด์
รวม	18 ปอนด์

Dicalcium phosphate และ Calcium carbonate 42 ปอนด์ (สมมุติเอาเอง)
รวมเป็น 60 ปอนด์

$$\frac{60 \times 100}{2000} = 3 \% \text{ (อาหารไม่มีโปรตีน)}$$

$$100 - 3 = 97 \% \text{ (อาหารให้โปรตีน)}$$

$$X = \text{จำนวนข้าวโพดที่ใช้}$$

$$97 - X = \text{จำนวนกากถั่วเหลืองที่ใช้}$$

$$0.088 X + 0.44 (97 - X) = 16$$

$$0.088 X + 42.68 - 0.44 X = 16$$

$$0.088 X - 0.44 X = 16 - 42.68$$

$$-0.352 X = -26.68$$

$$X = 26.68$$

$$\frac{26.68}{0.352} = 75.79 \%$$

$$\begin{aligned} \therefore \text{ใช้ข้าวโพด} &= 75.79 \% \\ \therefore \text{ใช้กากถั่วเหลือง} &= 97 - 75.79 \\ &= 21.21 \% \end{aligned}$$

รายชื่ออาหาร	% ที่ใช้ในสูตรอาหาร	% แคลเซียม	% ฟอสฟอรัส
ข้าวโพด	75.79	0.0076	0.189
กากถั่วเหลือง	21.21	0.053	0.127
รวม	97.00	0.0606	0.316

$$\begin{aligned} \text{ความต้องการฟอสฟอรัสของลูกสุกร} &= 0.50 \% \\ \text{ข้าวโพดและกากถั่วเหลืองให้} &= 0.316 \% \\ \text{ยังขาดอยู่} &= 0.184 \% \end{aligned}$$

จากโจทย์กำหนดให้ Dicalcium phosphate มี 22 % Ca และ 18 % P ส่วน Calcium carbonate มี 38 % Ca และ 0 % P

ดังนั้น

$$\begin{aligned} 0.18 \times X &= 0.184 \\ X &= 0.184 \\ \hline &0.18 \\ &= 1.02 \% \end{aligned}$$

ต้องใช้ Dicalciumphosphate 1.02 % จึงจะได้ฟอสฟอรัสครบตามความต้องการ

$$\begin{aligned} \text{ความต้องการแคลเซียมของสุกร} &= 0.65 \% \\ \text{ข้าวโพดและกากถั่วเหลืองให้} &= 0.0606 \% \\ \text{ยังขาดอยู่} &= 0.5894 \% \\ \text{แต่ Dicalciumphosphate 1.02 \% ให้ Ca} &= 0.2244 \% \\ \text{ยังขาด Ca} &= 0.365 \% \\ 0.38 \times X &= 0.365 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 X &= 0.365 \\
 &\underline{\quad\quad\quad} \\
 &0.38 \\
 &= 0.96 \%
 \end{aligned}$$

ต้องใช้ Calcium carbonate 0.96 % จึงจะได้แคลเซียมครบตามความต้องการ
ดังนั้นโดยสรุปต้องใช้

เกลือ	0.5 %
Vitamin premix	0.25 %
Mineral premix	0.05 %
Antibiotics	0.10 %
Dicalcium phosphate	1.02 %
Calcium carbonate	0.96 %

รวม 2.88 % (อาหารที่ไม่ให้โปรตีน)

$$100 - 2.88 = 97.12 \% \text{ (อาหารให้โปรตีน)}$$

$$0.088 X + 0.44 (97.12 - X) = 16$$

$$0.088 X + 42.7328 - 0.44 X = 16$$

$$0.088 X - 0.44 X = 16 - 42.7328$$

$$-0.352 X = -26.7328$$

$$X = 26.7328$$

$$\underline{\quad\quad\quad} \\ 0.352$$

$$= 75.94 \%$$

$$\therefore \text{ใช้กากถั่วเหลือง} = 97.12 - 75.94$$

$$= 21.18 \%$$

สูตรอาหารสำหรับลูกสุกรหนัก 50 ปอนด์ มีดังต่อไปนี้

1. ข้าวโพด	= 75.94 %
2. กากถั่วเหลือง	= 21.18 %
3. เกลือ	= 0.5 %
4. Vitamin premix	= 0.25 %
5. Mineral premix	= 0.05 %
6. Antibiotics	= 0.10 %
7. Dicalcium phosphate	= 1.02 %
8. Calcium carbonate	= 0.96 %
100	

ตรวจสอบการคำนวณ	% โปรตีน	% Ca	% P
ข้าวโพด 75.94 %	6.68	0.0076	0.1898
กากถั่วเหลือง 21.18 %	9.32	0.0529	0.1271
เกลือ 0.5 %	-	-	-
Vit. premix 0.25 %	-	-	-
Mineral premix 0.05 %	-	-	-
Antibiotics 0.10 %	-	-	-
Dicalcium phosphate 1.02 %	-	0.2244	0.1836
Calcium carbonate 0.96 %	-	0.3648	-
รวม	16.00	0.65	0.50

สรุป

การประกอบสูตรอาหารสัตว์เป็นการนำเอาวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดต่าง ๆ ซึ่งมีสารอาหาร เช่น โปรตีน พลังงาน แคลเซียม ฟอสฟอรัส มารวมกันตามสัดส่วนที่ผสมรวมกันแล้วได้ สารอาหารเพียงพอตามมาตรฐานที่กำหนดเพื่อการเจริญเติบโต การสร้างผลผลิตและการสืบพันธุ์ ตามความต้องการของสัตว์แต่ละชนิด วัตถุดิบอาหารสัตว์ที่นำมาใช้มีคุณค่าทางสารอาหารและลักษณะทางกายภาพแตกต่างกัน การประกอบสูตรอาหารมีวิธีคำนวณหาสัดส่วนการใช้วัตถุดิบหลายแบบ ตั้งแต่มีวัตถุดิบเพียง 1-2 ชนิด ไปจนถึงการใช้วัตถุดิบหลายอย่างสำหรับใช้ประกอบสูตรอาหารที่คำนวณขึ้นเองหรือดัดแปลงให้เหมาะกับวัตถุดิบที่มีอยู่ สูตรอาหารนอกจากจะมีสารอาหารครบตามต้องการแล้ว ยังต้องมีความน่ากินและราคาเหมาะสมด้วย ส่วนการประกอบสูตรสารผสมล่วงหน้าหรือพรีมิกซ์ซึ่งได้แก่ กรดอะมิโนและยาปฏิชีวนะ แร่ธาตุปลีกย่อยและวิตามิน จำเป็นต้องรู้ลักษณะทางกายภาพ ความคงทนต่อการเสื่อมสลาย ความเข้มข้นที่แท้จริงของเนื้อสาร ข้อจำกัดในการใช้ต่าง ๆ อย่างระมัดระวัง