

**ตอนที่ 3**  
**โภชนศาสตร์สัตว์**

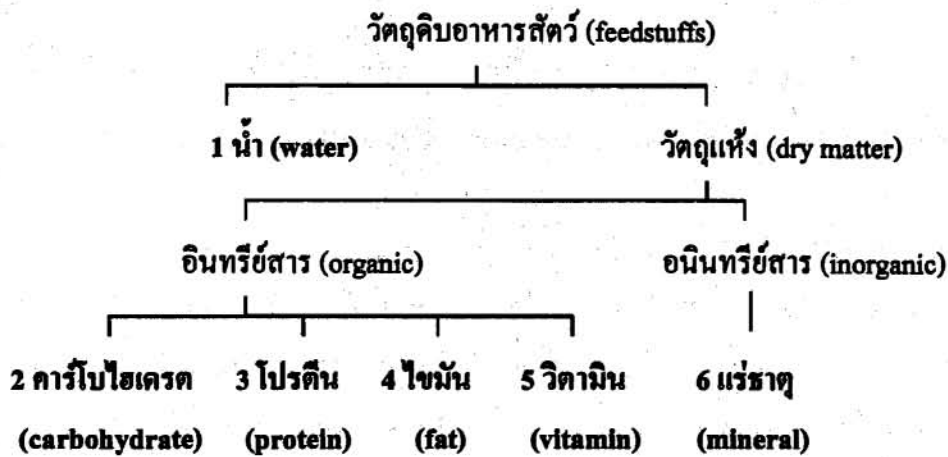
## บทที่ 5

### ส่วนประกอบทางเคมีของอาหารสัตว์

การเลี้ยงสัตว์ในปัจจุบันมีการพัฒนาอย่างมากทั้งด้านพันธุ์และด้านการจัดการ ทำให้สัตว์มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว มีประสิทธิภาพการใช้อาหารดี และให้ผลผลิตสูง เมื่อสัตว์มีการเจริญเติบโตเร็วหรือให้ผลผลิตสูง ย่อมต้องการอาหารที่มีคุณภาพดีและในปริมาณที่เพียงพอกับความต้องการของร่างกาย นอกจากนี้การเลี้ยงสัตว์ในปัจจุบันเสี่ยงต่อการขาดทุน เนื่องจากราคาสัตว์มีชีวิตมีความผันแปรตลอดเวลา และราคาวัตถุดิบอาหารสัตว์มีแนวโน้มสูงขึ้นเรื่อย ๆ การหาทางลดต้นทุนการผลิตลง ก็จะทำให้ลดความเสี่ยงลงไปได้ ต้นทุนการผลิตสัตว์ประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์เป็นค่าอาหาร ฉะนั้นผู้เลี้ยงสัตว์จึงควรมีความรู้ความเข้าใจทางด้านอาหารสัตว์เป็นอย่างดี เพื่อให้สามารถเลือกใช้วัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มีคุณภาพดีและราคาถูก มาประกอบเป็นสูตรอาหารให้เหมาะสมกับความต้องการของสัตว์ในแต่ละระยะ ทำให้ต้นทุนค่าอาหารต่ำลง ส่งผลให้ประสบผลสำเร็จในการเลี้ยงและสามารถทำกำไรได้สูงสุด

อาหารที่ใช้เลี้ยงสัตว์ส่วนใหญ่ประกอบด้วยวัตถุดิบที่ได้จากพืชและสัตว์ เช่น ปลายข้าว ข้าวโพด รำละเอียด ปลาป่น กากถั่วเหลือง เป็นต้น บางส่วนได้จากการสังเคราะห์ทางเคมี เช่น ไคแคลเซียมฟอสเฟต วิตามินสังเคราะห์ต่าง ๆ เป็นต้น วัตถุดิบอาหารสัตว์เหล่านี้ ประกอบด้วยสารอาหารหรือโภชนะ (nutrient) ที่เป็นส่วนประกอบทางเคมีที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิต การเจริญเติบโต และการให้ผลผลิตของสัตว์ สารอาหารที่เป็นส่วนประกอบอยู่ในวัตถุดิบอาหารสัตว์มี 6 ประเภทคือ น้ำ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน แร่ธาตุ และวิตามิน

## ส่วนประกอบทางเคมีของวัตถุดิบอาหารสัตว์ สามารถเขียนเป็นแผนภูมิได้ดังนี้



### 5.1 น้ำ (water)

น้ำประกอบด้วยธาตุไฮโดรเจน 2 อะตอมและธาตุออกซิเจน 1 อะตอม อาหารทุกชนิดมีน้ำเป็นส่วนประกอบอยู่ด้วย ปริมาณน้ำในอาหารขึ้นอยู่กับชนิดของอาหาร เช่น พืชสดมีน้ำอยู่ประมาณ 75-85 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณน้ำในพืชขึ้นอยู่กับอายุและฤดูกาล ในเมล็ดธัญพืช กากเมล็ดพืช และอาหารขั้นที่สัตว์ได้รับมีน้ำอยู่ประมาณ 10-15 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้น้ำยังเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของร่างกายประมาณ 50-90 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณน้ำในร่างกายสัตว์จะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอายุของสัตว์ สัตว์อ่อนมีน้ำมากกว่าสัตว์แก่ และการสะสมไขมันในร่างกาย สัตว์อ้วนจะมีน้ำน้อยไขมันมาก น้ำไม่ให้พลังงานแต่มีหน้าที่สำคัญต่อร่างกาย

#### 5.1.1 แหล่งที่มาของน้ำ

สัตว์จะได้รับน้ำจากแหล่งต่าง ๆ 3 แหล่งคือ

1. น้ำที่กินเข้าไปโดยตรง
2. น้ำที่อยู่ในอาหารที่สัตว์กิน อาหารสดจะมีน้ำมากกว่าอาหารแห้ง เช่น หญ้าสด
3. น้ำที่เกิดจากการสลายตัวของสารอาหารจำพวกอินทรีย์สาร ซึ่งมีไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบภายในร่างกาย เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมัน โดยขบวนการเมตาบอลิซึม (metabolism) การสลายตัวในขั้นสุดท้ายจะได้พลังงาน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ น้ำที่ได้นี้เรียกว่า เมตาบอลิกวอเตอร์ (metabolic water) หรือออกซิเดชันวอเตอร์ (oxidation water)

### 5.1.2 หน้าที่ของน้ำ

1. เป็นตัวพาสารอาหารต่าง ๆ ที่ได้จากขบวนการย่อยอาหาร ผ่านผนังของทางเดินอาหารเข้าสู่เส้นเลือดและเส้นน้ำเหลือง เพื่อนำไปเลี้ยงส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย และช่วยขับถ่ายของเสียที่ร่างกายไม่ต้องการออกนอกร่างกาย เพื่อไม่ให้เกิดความเป็นพิษ โดยอยู่ในรูปของปัสสาวะ
2. เป็นสื่อกลางที่ช่วยทำให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีต่าง ๆ ภายในร่างกาย เช่น การย่อย การดูดซึม และขบวนการเมตาบอลิซึมต่าง ๆ
3. ช่วยควบคุมอุณหภูมิของร่างกายให้คงที่
4. เป็นองค์ประกอบของเซลล์ ช่วยรักษารูปร่างของเซลล์ให้เป็นปกติ ทำให้เกิดการยึดหยุ่นและการพองตัวตามธรรมชาติ เพื่อป้องกันการกระทบกระเทือนทั้งระหว่างเซลล์และภายในเซลล์ของร่างกาย
5. เป็นส่วนประกอบของของเหลวตามข้อต่อต่าง ๆ ของร่างกาย ช่วยในการหล่อลื่นข้อกระดูก และช่วยป้องกันการกระทบกระเทือนของอวัยวะต่าง ๆ ของร่างกาย
6. เป็นส่วนประกอบของเลือดและน้ำเหลือง

### 5.1.3 ความต้องการน้ำของสัตว์

สัตว์มีความต้องการน้ำในปริมาณมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับ

- 1) อาหารที่สัตว์กิน ถ้าสัตว์กินอาหารแห้งจะกินน้ำมากกว่ากินอาหารจำพวกพืชสด
  - 2) ปริมาณอาหารที่กิน ถ้าสัตว์กินอาหารมากจะกินน้ำมาก
  - 3) สภาพอากาศและการออกกำลังกาย ถ้าอากาศร้อนหรือมีการเคลื่อนไหวมากจะต้องการน้ำมาก
  - 4) การให้ผลผลิต สัตว์ที่ให้ผลผลิตมาก เช่น โคนมที่ให้นมมากจะต้องการน้ำมาก
- เป็นต้น

ปริมาณน้ำที่สัตว์ต้องการ ดังนี้

โคนม	ต้องการน้ำ	40-50	ลิตรต่อวัน
โคเนื้อ	ต้องการน้ำ	20-30	ลิตรต่อวัน
สุกร แพะ แกะ	ต้องการน้ำ	8	ลิตรต่อวัน
ไก่ 100 ตัว	ต้องการน้ำ	16	ลิตรต่อวัน

## 5.2 คาร์โบไฮเดรต (carbohydrate)

คาร์โบไฮเดรตเป็นสารอินทรีย์ ประกอบด้วยธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน โดยมีสัดส่วนของไฮโดรเจนต่อออกซิเจน เท่ากับ 2:1 คาร์โบไฮเดรตเป็นสารอาหารที่ให้พลังงานและความร้อนแก่ร่างกาย พบมากในส่วนต่าง ๆ ของพืช เช่น ใบ เมล็ด และหัว วัตถุดิบอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรต ได้แก่ ปลายข้าว รำละเอียด ข้าวเปลือก ข้าวกล้อง ข้าวโพด ข้าวฟ่าง มันสำปะหลัง มันเทศ เป็นต้น

### 5.2.1 ประเภทของคาร์โบไฮเดรต

คาร์โบไฮเดรตแบ่งตามการวิเคราะห์ เป็น 2 ประเภทคือ

1. ไนโตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรก (nitrogen free extract, NFE) เป็นคาร์โบไฮเดรตที่ข่อยง่าย ไม่มีไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบ ได้แก่ แป้งและน้ำตาล เมื่อถูกย่อยสลายด้วยน้ำย่อยของสัตว์จะเปลี่ยนเป็นเด็คซ์ตริน (dextrin) และมอลโตส (maltose) จนในที่สุดจะได้กลูโคส (glucose) ซึ่งจะถูกเผาผลาญให้พลังงานแก่สัตว์ ส่วนใหญ่พบในเมล็ดธัญพืช เช่น ปลายข้าว ข้าวโพด ข้าวฟ่าง เป็นต้น และในพืชหัว เช่น มันเทศ มันสำปะหลัง เป็นต้น ส่วนใหญ่ใช้เป็นวัตถุดิบหลักผสมในอาหารของสัตว์กระเพาะเดี่ยว เช่น สุกร เป็ด ไก่ เป็นต้น

2. เยื่อใย (crude fiber) เป็นคาร์โบไฮเดรตที่ข่อยยาก ได้แก่ เซลลูโลส (cellulose) และเฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) สัตว์กระเพาะเดี่ยว เช่น ไก่ เป็ด สุกร เป็นต้น สามารถย่อยได้เพียงเล็กน้อย แต่สัตว์กระเพาะรวมสามารถใช้ประโยชน์จากเยื่อใยได้มาก โดยอาศัยจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน (rumen) จุลินทรีย์เหล่านี้สามารถย่อยเยื่อใยจนได้กรดไขมัน ซึ่งสัตว์นำไปใช้สร้างพลังงานได้ อาหารที่มีเยื่อใยยังช่วยทำให้อาหารมีลักษณะฟามและไปกระตุ้นระบบทางเดินอาหาร ทำให้อาหารเคลื่อนที่ผ่านระบบทางเดินอาหารได้เร็วขึ้น อาหารเยื่อใยจึงมีลักษณะเป็นขาระบายอย่างอ่อน ๆ วัตถุดิบที่มีเยื่อใยสูง ได้แก่ หญ้า ฟาง ต้นพืช และใบพืช เป็นต้น ส่วนใหญ่ใช้เป็นอาหารหลักของสัตว์กระเพาะรวม เช่น โค กระบือ แพะ แกะ เป็นต้น ส่วนมันเป็นสัตว์กระเพาะเดี่ยว แต่มีใช้ตั้งขนาดใหญ่มากในมีจุลินทรีย์ซึ่งสามารถย่อยสารเยื่อใยได้

## 5.2.2 หน้าที่ของคาร์โบไฮเดรต

1. เป็นแหล่งให้พลังงานในรูป ATP (adrenosine triphosphate) เพื่อใช้ในขบวนการต่าง ๆ ในร่างกาย เช่น การหายใจ การย่อยอาหาร เป็นต้น คาร์โบไฮเดรต 1 กรัมให้พลังงาน 4 แคลอรี
2. เป็นแหล่งให้ความร้อน เพื่อรักษาอุณหภูมิของร่างกายให้คงที่
3. เป็นพลังงานสำรองในรูปไกลโคเจนเก็บไว้ในตับและกล้ามเนื้อ เพื่อใช้ในเวลาจำเป็น
4. เป็นส่วนประกอบของสารเคมีที่สำคัญในร่างกาย เช่น น้ำตาลไรโบส (ribose) ซึ่งเป็นส่วนประกอบของสาร RNA (ribonucleic acid)

## 5.3 โปรตีน (protein)

โปรตีนเป็นสารอินทรีย์ ประกอบด้วยธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน และไนโตรเจน (มีไนโตรเจนประมาณ 16 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก) บางชนิดอาจมีกำมะถัน ฟอสฟอรัส เหล็ก สังกะสี ทองแดง โคบอลต์ และอื่น ๆ อยู่บางส่วน โปรตีนเป็นอาหารที่สัตว์ต้องการมาก ในการเจริญเติบโต ขุ่มท้อง และให้ผลผลิต

### 5.3.1 กรดอะมิโน (amino acid)

โปรตีนประกอบด้วยกรดอะมิโนหลาย ๆ โมเลกุล เชื่อมต่อกันเป็นสายยาว ๆ ด้วยพันธะเปปไทด์ (peptide bond) กรดอะมิโนที่ประกอบขึ้นเป็นโปรตีนในร่างกาย มี 20 ชนิด กรดอะมิโนแบ่งตามความสำคัญทางโภชนาการ ได้ 2 ชนิดคือ

1. กรดอะมิโนที่ไม่จำเป็น (nonessential amino acid) เป็นกรดอะมิโนที่ร่างกายสามารถสังเคราะห์ขึ้นได้เอง จากอาหารคาร์โบไฮเดรต ไขมัน และกรดอะมิโนชนิดอื่น ๆ จึงไม่จำเป็นต้องได้รับจากอาหาร ถ้าสัตว์ขาดก็ไม่แสดงอาการผิดปกติ ในการประกอบสูตรอาหารเลี้ยงสัตว์ไม่จำเป็นต้องคำนึงถึงปริมาณกรดอะมิโนเหล่านี้เป็นรายตัว เพียงแต่ให้ปริมาณรวมทั้งหมดมีครบตามความต้องการก็พอแล้ว มี 10 ชนิด คือ ไกลซีน (glycine) อะลานีน (alanine) ซีรีน (serine) ซิสเตอีน (cysteine) ไทโรซีน (tyrosine) โพรลีน (proline) แอสพาราจีน (asparagine) กลูตามีน (glutamine) และกรดกลูตามิก (glutamic acid) และกรดแอสพาร์ติก (aspartic acid).



2. กรดอะมิโนที่จำเป็น (essential amino acid) เป็นกรดอะมิโนที่ร่างกายไม่สามารถสังเคราะห์ขึ้นได้เองหรือสังเคราะห์ได้น้อยมากไม่เพียงพอ จำเป็นต้องได้จากอาหารที่กินเข้าไป ถ้าสัตว์ขาดหรือได้รับจากอาหารตัวใดตัวหนึ่งหรือหลายตัวไม่เพียงพอกับความต้องการของร่างกาย จะทำให้การใช้ประโยชน์ของโปรตีนหรือกรดอะมิโนทั้งหมดในสูตรอาหารเสียไป จึงมีผลกระทบกระเทือนต่อสุขภาพและการเจริญเติบโตของสัตว์ มี 10 ชนิด คือ ไลซีน (lysine) เมทไธโอนีน (methionine) ทริปโตเฟน (tryptophane) ทรีโอนีน (threonine) เฟนิลอะลานีน (phenylalanine) ไอโซลูซีน (isoleucine) ลูซีน (leucine) วาลีน (valine) อาร์จินีน (arginine) และฮิสทีดีน (histidine)

กรดอะมิโนที่จำเป็นทั้งหมดนี้เป็นกรดอะมิโนที่จำเป็นของสัตว์กระเพาะเดี่ยว เช่น สัตว์ปีก สุกร และหนู ในสัตว์ปีกเล็กต้องการกรดอะมิโนที่จำเป็นเพิ่มอีก 2 ชนิดคือ ไกลซีนและไทโรซีน สัตว์กระเพาะรวมเช่น โค กระบือ สามารถสังเคราะห์กรดอะมิโนที่จำเป็นขึ้นได้เอง โดยเกิดจากการทำงานของแบคทีเรียและจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน

โปรตีนจะมีคุณค่าทางอาหารสูงหรือต่ำ ขึ้นอยู่กับกรดอะมิโนที่เป็นส่วนประกอบของโปรตีนนั้น โปรตีนที่มีกรดอะมิโนที่จำเป็นอยู่เป็นจำนวนมากจะมีคุณค่าสูงกว่าโปรตีนที่มีกรดอะมิโนที่จำเป็นน้อย เช่น โปรตีนที่ได้จากสัตว์มีคุณค่าสูงกว่าโปรตีนที่ได้จากพืช โปรตีนที่ได้จากถั่วเหลืองหรือถั่วต่าง ๆ จะมีคุณค่าสูงกว่าโปรตีนที่ได้จากข้าว ข้าวโพด เป็นต้น

### 5.3.2 ประเภทของโปรตีน

โปรตีนแบ่งตามการวิเคราะห์ได้ 2 ชนิดคือ

1. โปรตีนแท้ (true protein) หมายถึง โปรตีนที่ประกอบด้วยกรดอะมิโนล้วน ๆ
2. โปรตีนรวม (crude protein) หมายถึง โปรตีนรวมที่ได้จากการวิเคราะห์ประกอบด้วยโปรตีนแท้และสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน

### 5.3.3 สารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน (nonprotein nitrogen , NPN)

เป็นสารประกอบที่มีไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบแต่ไม่ใช่โปรตีน มีอยู่ทั้งในเนื้อเยื่อของพืชและสัตว์ ได้แก่ อะมีน (amine) อะมิด (amide) ไนเตรท (nitrate) อัลคาลอยด์ (alkaloid) เพียวรีน (purine) ไพริมิดีน (pyrimidine) ยูเรีย (urea) และวิตามินบีที่มีไนโตรเจนเป็น



ส่วนประกอบ ในสัตว์กระเพาะเดี่ยวไม่สามารถนำสารประกอบในโตรเจนเหล่านี้ไปใช้ประโยชน์ได้ แต่สัตว์กระเพาะรวมสามารถใช้ประโยชน์จากสารประกอบในโตรเจนเหล่านี้ได้ โดยจะใช้เป็นประโยชน์ต่อจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนก่อน แล้วจึงเป็นประโยชน์ต่อสัตว์ต่อไป

#### 5.3.4 หน้าที่ของโปรตีน

1. สร้างเนื้อเยื่อและซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอของร่างกาย ร่างกายจะมีการสร้างเนื้อเยื่อขึ้นใหม่ตลอดเวลา เพื่อใช้ในระยะเวลาเจริญเติบโต อุ้มท้อง เลี้ยงลูก และซ่อมแซมเนื้อเยื่อของร่างกายที่ชำรุดสลายตัวไป
2. เป็นส่วนประกอบของสารโปรตีนที่จำเป็น เช่น เอนไซม์ (enzyme) ฮอโมน (hormone) แอนติบอดี (antibody) และฮีโมโกลบิน (hemoglobin)
3. ควบคุมออสโมติกเพรสเชอร์ (osmotic pressure) รักษาสมดุลของน้ำในร่างกาย และรักษาสมดุลของความเป็นกรด่างในร่างกาย
4. ให้พลังงานแก่ร่างกาย โปรตีน 1 กรัมให้พลังงาน 4 แคลอรี
5. สามารถเปลี่ยนเป็นสารอื่นได้ตามความต้องการของร่างกาย เช่น เปลี่ยนโปรตีนเป็นคาร์โบไฮเดรตหรือไขมัน เปลี่ยนกรดอะมิโนทริปโตเฟนเป็นไนอะซิน เมื่อมีวิตามินบี 6

#### 5.3.5 ความต้องการโปรตีนของสัตว์

สัตว์ต่างชนิดและต่างอายุมีความต้องการโปรตีนที่มีคุณภาพต่างกัน สัตว์กระเพาะรวมและม้าไม่จำเป็นต้องใช้โปรตีนคุณภาพสูง เพราะสามารถสร้างกรดอะมิโนที่จำเป็นขึ้นได้เอง สัตว์พวกไก่ เป็ด และสุกรต้องการ โปรตีนที่มีคุณภาพสูง สัตว์ที่กำลังเจริญเติบโตต้องการ โปรตีนที่มีคุณภาพสูง สัตว์ในระยะเล็กต้องการ โปรตีนคุณภาพสูงกว่าสัตว์ในระยะรุ่นและขุน

#### 5.4 ไขมันหรือไลปิด (lipid)

ไขมันหรือไลปิด หมายถึง ไขมันและสารที่มีลักษณะคล้ายไขมัน เป็นสารอินทรีย์ที่พบในพืชและสัตว์ ไม่ละลายน้ำแต่ละลายในตัวทำละลายที่เป็นสารอินทรีย์ (organic solvents) เช่น เบนซิน อีเทอร์ และคลอโรฟอร์ม

ไขมันเป็นสารอินทรีย์ ประกอบด้วยธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน คล้ายคาร์โบไฮเดรต แต่มีส่วนของธาตุคาร์บอนและไฮโดรเจนมากกว่าคาร์โบไฮเดรต ดังนั้นไขมันจึงสามารถ

ให้พลังงานมากกว่าคาร์โบไฮเดรต 2.25 เท่า ไขมันเป็นสารประกอบของกรดไขมันและกลีเซอรอล (glycerol) จึงเรียกว่า กลีเซอไรด์ (glyceride)

#### 5.4.1 กรดไขมัน (fatty acid)

กรดไขมันเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของไขมัน ประกอบด้วย คาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน โดยมีคาร์บอนอะตอมต่อกันเป็นสายยาว ตั้งแต่คาร์บอน 4 อะตอมถึง 24 อะตอม กรดไขมันมี 2 ชนิด คือ

1. กรดไขมันอิ่มตัว (saturated fatty acid) เป็นกรดไขมันที่มีพันธะเดี่ยว (single bond) ระหว่างคาร์บอนอะตอม เช่น กรดบิวทีริก (butyric acid) กรดคาโปรอิก (caproic acid) กรดคาปริลิก (caprylic acid) กรดคาปริก (capric acid) กรดลอริก (lauric acid) กรดไมริสติก (myristic acid) กรดปาล์มิติก (palmitic acid) กรดสเตียริก (stearic acid) เป็นต้น

2. กรดไขมันไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acid) เป็นกรดไขมันที่มีพันธะคู่ (double bond) ระหว่างคาร์บอนอะตอม เช่น กรดพาล์มิตอเลอิก (palmitoleic acid) กรดโอเลอิก (oleic acid) กรดลินอเลอิก (linoleic acid) กรดลินอเลนิก (linolenic acid) กรดอะราชิโดนิก (arachidonic acid) เป็นต้น กรดไขมันไม่อิ่มตัวที่จัดว่าเป็นกรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกาย (essential fatty acid) ได้แก่ กรดลินอเลอิก กรดลินอเลนิก และกรดอะราชิโดนิก ซึ่งกรดไขมันเหล่านี้ร่างกายไม่สามารถสังเคราะห์ขึ้นเองได้ จำเป็นต้องได้รับจากอาหารเท่านั้น

#### 5.4.2 หน้าที่ของไขมัน

1. เป็นแหล่งให้พลังงานแก่ร่างกาย ไขมัน 1 กรัมให้พลังงาน 9 แคลอรี เซลล์ในร่างกายใช้ไขมันเป็นแหล่งพลังงาน

2. ป้องกันการกระทบกระเทือนของอวัยวะภายใน และให้อวัยวะเหล่านั้นอยู่เป็นที่ เช่น เนื้อเยื่อไขมันในช่องอกและช่องท้อง ซึ่งเป็นไขมันที่สะสมไว้ในร่างกาย

3. ชั้นของไขมันใต้ผิวหนังจะช่วยรักษาและควบคุมอุณหภูมิของร่างกาย ไม่ให้สูญเสียออกไปมาก

4. เป็นตัวพาวิตามินชนิดละลายในไขมัน คือ วิตามินเอ วิตามินดี วิตามินอี และวิตามินเค

5. ป้องกันไม่ให้ร่างกายนำโปรตีนไปใช้เป็นแหล่งพลังงาน โดยร่างกายจะต้องมีคาร์โบไฮเดรตและไขมันอย่างเพียงพอ

6. ช่วยหล่อลื่นทางเดินอาหารและช่วยให้อาหารผ่านลำไส้เล็กได้ดีขึ้น ขณะเดียวกันจะลดการผลิตน้ำย่อยอาหาร ทำให้อาหารผ่านกระเพาะไปสู่ลำไส้ช้าลง ทำให้อิ่มนานและหิวช้า ภายหลังกินไขมันมาก ๆ

7. ไขมันเล็กน้อย ช่วยให้อาหารมีรสอร่อยและนำกินขึ้น

ตารางที่ 5.2 กรดไขมันที่เป็นส่วนประกอบของไขมันที่พบในธรรมชาติ

กรดไขมัน	สัญลักษณ์*	โครงสร้าง	จุดหลอมเหลว (°C)
<b>กรดไขมันอิ่มตัว</b>			
Butyric acid	C 4 : 0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$	- 44.3
Caproic acid	C 6 : 0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{COOH}$	- 2
Caprylic acid	C 8 : 0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_6\text{COOH}$	16.5
Capric acid	C 10 : 0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_8\text{COOH}$	31.4
Lauric acid	C 12 : 0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{COOH}$	44.2
Myristic acid	C 14 : 0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{COOH}$	52
Palmitic acid	C 16 : 0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$	63.1
Stearic acid	C 18 : 0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$	69.6
Arachidic acid	C 20 : 0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{18}\text{COOH}$	75.4
Behenic acid	C 22 : 0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{20}\text{COOH}$	81
Lignoceric acid	C 24 : 0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{22}\text{COOH}$	84.2
<b>กรดไขมันไม่อิ่มตัว</b>			
Palmitoleic acid	C 16 : 1	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	- 0.5
Oleic acid	C 18 : 1	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	13.4
Linoleic acid	C 18 : 2	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4(\text{CH}=\text{CHCH}_2)_2(\text{CH}_2)_6\text{COOH}$	- 9
Linolenic acid	C 18 : 3	$\text{CH}_3\text{CH}_2(\text{CH}=\text{CHCH}_2)_3(\text{CH}_2)_6\text{COOH}$	- 17
Arachidonic acid	C 20 : 4	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4(\text{CH}=\text{CHCH}_2)_4(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$	- 49.5

\* จำนวนคาร์บอนอะตอม : จำนวนพันธะคู่

## 5.5 วิตามิน (vitamin)

วิตามินเป็นสารอินทรีย์ที่มีโมเลกุลซับซ้อน ประกอบด้วย ธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน บางชนิดเป็นอะมีน วิตามินเป็นสารที่มีความจำเป็นต่อร่างกาย สัตว์ต้องการในปริมาณน้อย แต่ถ้าสัตว์ได้รับวิตามินตัวใดตัวหนึ่งหรือหลายตัว ในปริมาณไม่เพียงพอกับความต้องการ สัตว์จะแสดงอาการคือ การเจริญเติบโตช้า ประสิทธิภาพการใช้อาหารเลว และแสดงอาการขาดวิตามินชนิดนั้น ๆ ถ้าขาดเป็นระยะเวลาานสัตว์ก็จะตายได้ อาการขาดวิตามินเรียก avitaminosis (vitamin deficiency disease) แต่ถ้าสัตว์ได้รับวิตามินมากเกินไป ร่างกายจะสะสมไว้ในปริมาณที่มากจนทำให้เกิดอันตรายได้ อาการที่ได้รับวิตามินมากเกินไปเรียก hypervitaminosis

### 5.5.1 ประเภทของวิตามิน

วิตามินแบ่งตามคุณสมบัติในการละลายเป็น 2 ประเภท คือ

1. วิตามินที่ละลายในไขมัน (fat soluble vitamin) ได้แก่ วิตามินเอ วิตามินดี วิตามินอี และวิตามินเค
2. วิตามินที่ละลายในน้ำ (water soluble vitamin) ได้แก่ วิตามินบีรวม และวิตามินซี

### 5.5.2 หน้าที่ แหล่ง และอาการขาดวิตามินแต่ละชนิด

#### 1. วิตามินเอ (vitamin A หรือ antixerophthalmia vitamin หรือ retinol)

มีความจำเป็นต่อสัตว์ทุกชนิด โดยเฉพาะสัตว์ที่ไม่ได้กินพืชสดสีเขียว วิตามินเอ จะพบเฉพาะในเนื้อเยื่อของสัตว์เท่านั้น ไม่พบในพืช ส่วนในพืชจะพบในรูปแคโรทีน (carotene) ซึ่งเป็น provitamin หรือ precursor ของวิตามินเอ สัตว์สามารถเปลี่ยนแคโรทีนเป็นวิตามินเอได้ โดยนำย่อยในร่างกายสัตว์ วิตามินเอและแคโรทีนเสื่อมคุณสมบัติหรือสลายตัวโดยความร้อนและขบวนการออกซิเดชัน

#### ก. หน้าที่ของวิตามินเอ

1. ช่วยสร้างรงควัตถุโรดอปซิน (rhodopsin) ช่วยทำให้มัยน์ตามองเห็นหรือปรับตาตนเองได้ง่าย เมื่อเปลี่ยนจากที่สว่างมาซึ่งที่มีมืดหรือจากที่มีมืดมาซึ่งที่สว่าง
2. ช่วยป้องกันโรคที่เกี่ยวกับตา เช่น โรคตาแห้งหรือโรคตาบวมอักเสบ

(xerophthalmia หรือ dry eye)

3. ช่วยในการเจริญเติบโตของร่างกาย ช่วยสร้างกระดูกและฟัน โดยวิตามินเอช่วยในการสร้างเซลล์ใหม่และเซลล์กระดูกให้เป็นปกติ

4. ช่วยทำให้เยื่อเมือก (mucous membrane) ในระบบต่าง ๆ ของร่างกายอยู่ในสภาพปกติแข็งแรงและต้านทานโรค เช่น เยื่อบุลูกตา ผิวหนัง อวัยวะย่อยอาหาร อวัยวะหายใจ ท่อขับถ่าย และอวัยวะสืบพันธุ์ วิตามินเอช่วยให้เนื้อเยื่อดังกล่าวมีความชุ่มชื้น และมีลักษณะเป็นมันช่วยป้องกันหรือขัดขวางไม่ให้แบคทีเรียหรือเชื้อโรคเข้าไปได้ง่าย

5. ช่วยควบคุมเมตาบอลิซึมของธาตุกำมะถันและคาร์โบไฮเดรต

#### ข. แหล่งของวิตามินเอ

วิตามินเอ จากสัตว์อยู่ในรูปวิตามินเอ พบมากในน้ำมันตับปลา นม ไขมัน และไข่แดง จากพืชอยู่ในรูปแคโรทีน พบมากในพืชสีเขียว เหลือง แดง และส้ม เช่น มันเทศ ข้าวโพดเหลือง เป็นต้น

#### ค. อาการขาดวิตามินเอ

1. สัตว์เป็นโรคตาบอดกลางคืน (night blindness) แสดงอาการมองไม่เห็นในที่สลัวหรือที่มืด เนื่องจากรงควัตถุโรดอปซินมีปริมาณน้อย

2. สัตว์เป็นโรคตาบวมอักเสบหรือตาแห้ง แสดงอาการเยื่อตาและกระจกตาแห้งไม่มีน้ำหล่อเลี้ยง ตาอักเสบ ตาฟาง และความต้านทานโรคน้อยลง

3. สัตว์เป็นโรค Keratomalacia ของผิวหนัง แสดงอาการผิวหนังหยาบแห้ง ขรุขระ คล้ายหนังคางคก ความรู้สึกลามผิวหนังผิดปกติ บางครั้งรู้สึกชาและแสบคัน บางครั้งเป็นตะคริวตามมือเท้า เรียกอาการเหล่านี้ว่า keratinization

4. การเจริญเติบโตของสัตว์ผิดปกติ และความต้านทานโรคของร่างกายลดลง

5. เกิดความผิดปกติของอวัยวะย่อยอาหาร อวัยวะหายใจ ท่อขับถ่าย และอวัยวะสืบพันธุ์

#### 2. วิตามินดี (vitamin D)

เป็นสารพวกสเตอรอยด์ ไม่ละลายน้ำ แต่ละลายในไขมัน เป็นผลิตภัณฑ์จาก ไม่มีกลิ่น ทนความร้อน และทนต่อการออกซิเดชันได้ดี วิตามินดีที่สำคัญในอาหารมี 2 ชนิดคือ วิตามิน

ดี2 (ergocalciferol) พบในพืช ขีสต์ และรา และวิตามินดี3 (cholecalciferol) พบอยู่ได้ผิวหนังของ สัตว์และในน้ำมันตับปลา

#### ก. หน้าที่ของวิตามินดี

1. ช่วยในการดูดซึมแคลเซียมในหลอดอาหารและหลอดไต
2. ร่วมกับแคลเซียมและฟอสฟอรัสในการสร้างกระดูกและฟัน
3. ช่วยควบคุมเมตาบอลิซึมของแคลเซียมและฟอสฟอรัส
4. ช่วยควบคุมปริมาณแคลเซียมในเลือด
5. ช่วยในการแข็งตัวของเลือด เมื่อเกิดบาดแผล
6. ช่วยในการสร้างเปลือกไข่และทำให้ไขฟักออกดี

#### ข. แหล่งของวิตามินดี

วิตามินดีมีอยู่มากในน้ำมันตับปลา ไข่แดง นม เนย ตับ ขีสต์แห้ง เหง้าแห้ง

เป็นต้น

#### ค. อาการขาดวิตามินดี

1. การดูดซึมแคลเซียมลดลงและระดับแคลเซียมในเลือดต่ำลง
2. ขบวนการเมตาบอลิซึมของแคลเซียมและฟอสฟอรัสผิดปกติ
3. การเจริญเติบโตของกระดูกและฟันหยุดชะงักหรือดำเนินไปอย่างช้า ๆ เกิดเป็น โรคกระดูกอ่อนในสัตว์เล็ก และ โรคกระดูกเปราะในสัตว์โตเต็มที่
4. เลือดแข็งตัวช้าลง
5. ไข่เปลือกบางนุ่มและเปอร์เซ็นต์การฟักออกเป็นตัวลดลง
6. การเจริญเติบโตลดลง

### 3. วิตามินอี (vitamin E)

มีอยู่หลายชนิดแต่ที่สำคัญคือ แอลฟาโทโคเฟอรอล ( $\alpha$ -tocopherol) มีคุณสมบัติ เป็นน้ำมันสีเหลือง ไม่ละลายน้ำแต่ละลายในไขมันและสารละลายไขมัน ทนต่อกรดและความร้อน แต่ถูกทำลายด้วยแสงอัลตราไวโอเล็ต

### ก. หน้าที่ของวิตามินอี

1. เป็นสารต่อต้านการออกซิเดชัน คือ เป็นแอนตี้ออกซิแดนท์ (antioxidant) ป้องกันการหืนของไขมันทั้งภายนอกและภายในร่างกาย ทำให้วิตามินเอและกรดไขมันในร่างกายไม่ถูกทำลาย
2. จำเป็นต่อการสืบพันธุ์ ป้องกันการเป็นหมัน ช่วยในการพัฒนาเอมบริโอ ทำให้การตั้งท้องของสัตว์เป็นปกติ และช่วยในการสร้างอสุจิ
3. ช่วยป้องกันการสลายตัวหรือการเสื่อมของกล้ามเนื้อ ระบบประสาท และไขสันหลัง
4. ช่วยป้องกันการบวมน้ำ

### ข. แหล่งของวิตามินอี

วิตามินอีมีอยู่มากในน้ำมันพืช ไขมันสัตว์ เนย ผักใบเขียว ถั่ว และผักอื่น ๆ

### ค. อาการขาดวิตามินอี

1. ระบบสืบพันธุ์ล้มเหลว สัตว์ตัวผู้เป็นหมัน ผสมไม่ติด เบิร์เซนต์ไจฟักออกน้อย หรือลูกตายในท้องมาก
2. สัตว์เป็นโรคกล้ามเนื้อสลายตัว (muscular dystrophy, MD) โดยกล้ามเนื้อจะเกิดการสลายตัวเป็นสีขาวและเป็นอัมพาตได้ เช่น ในไก่ส่วนใหญ่จะเกิดที่กล้ามเนื้ออกและขา ในสุกรส่วนใหญ่จะเกิดที่กล้ามเนื้อหัวใจและกล้ามเนื้อที่อยู่ติดกระดูก
3. สัตว์เป็นโรค nutritional encephalomalacia (NE) แสดงอาการทางประสาทเนื่องจากมีเลือดคั่งในสมองส่วน cerebellum สัตว์จะยืนหลัง หัวบิดคคว่ำหรือหงาย โดยเฉพาะในลูกไก่จะแสดงอาการคอบิดไปด้านข้าง ยืนหลังอยู่กับที่เป็นเวลานาน เรียกโรคนี้ว่า crazy chick disease
4. สัตว์เป็นโรค exudative diathesis (ED) เนื่องจากเกิดความผิดปกติของผนังหลอดเลือด ซึ่งจะทำให้ของเหลวไหลออกมาสะสมใต้ผิวหนัง ผิวหนังจะบวมและเป็นตุ่มน้ำเหลือง

#### 4. วิตามินเค (vitamin K หรือ anti-haemorrhagic หรือ koagulation

vitamin)

ไม่ละลายน้ำ แต่ละลายในไขมันและสารประกอบไขมัน มีความคงทนต่ออากาศ ความชื้น และความร้อนได้พอสมควร แต่ไม่ทนต่อแสงสว่างในสภาพที่เป็นต่าง

##### ก. หน้าที่ของวิตามินเค

วิตามินเคมีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการแข็งตัวของเลือด โดยช่วยในการสร้าง โปรตีนโปรทรอมบิน (prothrombin) ซึ่งเป็นโปรตีนในพลาสมาของเลือดและเป็นสารตั้งต้นในการสร้างทรอมบิน (thrombin) ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่เปลี่ยนโปรตีนไฟบริโนเจน (fibrinogen) ของเลือดเป็นไฟбрิน (fibrin) ซึ่งเป็นโปรตีนเส้นใยที่ไม่ละลาย จึงทำให้เลือดแข็งตัว

##### ข. แหล่งของวิตามินเค

วิตามินเคมีอยู่มากในผักหลายชนิด เช่น ผักขม กะหล่ำปลี ผักที่มีใบสีเขียวมะเขือเทศ เป็นต้น ถั่วเหลือง เนื้อหมู ด้ับ โปรตีนนม (casein) และปลาหมึก

##### ค. อาการขาดของวิตามินเค

สัตว์ที่ขาดวิตามินเคจะทำให้การแข็งตัวของเลือดช้ากว่าปกติ เป็นต้นเหตุให้เลือดออกง่าย ซึ่งพบเสมอในสัตว์คลอดใหม่ หรือถ้ามีบาดแผลเลือดจะไหลไม่หยุด หรือทำให้เลือดไหลภายในร่างกายนอกเส้นเลือดได้ง่าย เช่น ภายในสมอง ไต และถุงน้ำดี

5. วิตามินบีรวม (vitamin B complex) ได้แก่ วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 ไนอาซิน วิตามินบี 6 กรดแพนโททินิก กรดโฟลิก วิตามินบี 12 ไบโอดีน และ โคลีน วิตามินกลุ่มนี้เป็นสารที่ถูกสลายตัวได้ง่าย เมื่อถูกความร้อน ค้าง หรือแสงสว่าง แต่จะคงตัวเมื่ออยู่ในสภาพเป็นกรด ละลายน้ำได้ วิตามินกลุ่มนี้มีความจำเป็นต่อร่างกายมาก ในสัตว์กระเพาะรวมสามารถสังเคราะห์ขึ้นเอง จากการทำงานของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน ในปริมาณที่เพียงพอกับความต้องการของร่างกาย ส่วนในสัตว์กระเพาะเดี่ยวสังเคราะห์ได้น้อยหรือไม่ได้ จึงต้องเสริมให้อาหารสัตว์

#### 5.1 วิตามินบี 1 (vitamin B 1, thiamine, ancurin)

##### ก. หน้าที่ของวิตามินบี 1

1. เป็นโคเอนไซม์ในขบวนการเมตาบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรต



2. ช่วยในการทำงานของระบบทางเดินอาหาร เกี่ยวกับการย่อยอาหาร และการขับถ่าย

3. ช่วยการทำงานของระบบประสาท กล้ามเนื้อ และหัวใจ เนื่องจากวิตามินบี 1 จำเป็นสำหรับการสังเคราะห์สารพวอะซิทิลโคลีน (acetylcholine) ซึ่งควบคุมการทำงานของระบบประสาท

4. ช่วยในการเจริญเติบโต การสืบพันธุ์ และการผลิตน้ำนม

#### ข. แหล่งของวิตามินบี 1

วิตามินบี 1 มีอยู่มากในยีสต์ เชื้อหมักเมล็ด เอมบริโอของเมล็ดธัญพืช เนื้อหมู ถั่วต่าง ๆ ไข่ และตับ ส่วนในผักสีเขียว เนื้อสัตว์อื่น ๆ นม และผลไม้สดพบน้อยมาก วัตถุประสงค์ที่พบมากที่สุดคือ ข้าวขาว และข้าวกล้อง

#### ค. อาการขาดวิตามินบี 1

1. ขบวนการเมตาบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรตผิดปกติ เกิดมีกรดไพรูวิก (pyruvic acid) ในเลือดมากขึ้น ทำให้เกิดความผิดปกติกับระบบประสาท เพราะเซลล์ประสาทต้องการพลังงานจากคาร์โบไฮเดรต

2. สัตว์เป็นโรคเหน็บชา (beri-beri) โรคประสาทชาหรือโรคสันนิบาต (polyneuritis) ผิวหนังไม่มีความรู้สึก กล้ามเนื้อล้า ปวดเมื่อย เป็นอัมพาตตามแขนและขา ขวมตามตัว แขน ขา และหัวใจพองโต ถ้าเป็นมากอาจถึงตายได้ ถ้าเป็นน้อยจะมีอาการเพียบ หงุดหงิด ซึม และเกียจคร้าน

3. ความอยากอาหารลดลง กล้ามเนื้อกระเพาะอาหารและลำไส้อ่อนแอ ในลูกไก่ ทำให้การเจริญเติบโตช้า มีอาการทางประสาท เรียกว่า โรคประสาทชาหรือสันนิบาต แสดงอาการเดินหมุน นั่งพับหัวหงายไปข้างหลัง และคอเป็นอัมพาต อาจเรียกว่า stargazing

ในไก่ไข่หรือไก่พันธุ์ ทำให้เปอร์เซ็นต์การไข่ลดลง หรือการสร้างอสุจิน้อยลง

ในสุกร ทำให้เกิดอาการเบื่ออาหาร การเจริญเติบโตลดลง หายใจขัด และอาเจียน

## 5.2 วิตามินบี 2 (vitamin B 2, riboflavin)

### ก. หน้าที่ของวิตามินบี 2

1. เป็นส่วนประกอบของโคเอนไซม์ ทำหน้าที่ถ่ายทอดไฮโดรเจนอะตอมในขบวนการสูกโซ่หายใจ และโคเอนไซม์ที่ควบคุมการใช้กรดไขมัน กรดอะมิโน และกรดไพริวิก
2. จำเป็นสำหรับสุขภาพของผิวหนังและระบบประสาท ป้องกันการอักเสบของผิวหนังและมุมปาก
3. ช่วยบำรุงสายตา

### ข. แหล่งของวิตามินบี 2

วิตามินบี 2 มีอยู่มากในยีสต์ นม (เรียก lactoflavin) ไข่ (เรียก ovaflavin) เนื้อสัตว์ พืชสีเขียว จมูกข้าว และถั่วต่าง ๆ วัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มีมากคือ ปลาป่น ส่วนเมล็ดธัญพืช น้อย จึงควรเสริมวิตามินบี 2 ในอาหารสุกรและสัตว์ปีก

### ค. อาการขาดวิตามินบี 2

1. สัตว์เป็นโรคปากนกกระชอก (angula stomatitis) ตามมุมปากแตก เปื่อย ลิ้นอักเสบมีสีแดงแถมม่วง
2. ตาอักเสบไม่กล้าสู้แสง
3. ผิวหนังอักเสบและแตก
4. การทำงานของระบบประสาทค่อยลง
5. สัตว์จะอ่อนเพลีย เบื่ออาหาร และน้ำหนักลด

ในลูกไก่ ทำให้เป็นโรคงอ (curled-toe paralysis) และเจริญเติบโตช้า ลูกไก่จะเดินด้วยข้อเท้า และนิ้วเท้าจะงอพับเข้าข้างใน

ในไก่ไข่ ทำให้เปอร์เซ็นต์การไข่ลดลง และเปอร์เซ็นต์ฟักออกน้อย

ในสุกร ทำให้เกิดลักษณะขาโก่งและชันขาแข็ง (crooked and stiff leg) ผิวหนังและปากเปื่อยเป็นแผล เบื่ออาหาร การเจริญเติบโตช้า อาเจียน และขนหยาบ

## 5.3 ไนอาซิน (niacin, nicotinic acid, nicotinamide, vitamin B3)

### ก. หน้าที่ของไนอาซิน

ไนอาซินมีหน้าที่เป็นส่วนประกอบของโคเอนไซม์ ช่วยในการเติมและ  
ถอดออกซิเจนในร่างกาย

### ข. แหล่งของไนอาซิน

ไนอาซินมีอยู่มากในรำข้าว ปลาป่น ยีสต์ เมล็ดธัญพืชและผลพลอยได้  
สำเหต้า และเมล็ดทานตะวัน ส่วนในผัก ผลไม้ ไข่ และนม พบน้อย ในร่างกายสัตว์สามารถ  
สังเคราะห์ขึ้นได้โดยแบคทีเรียในลำไส้ใหญ่ส่วน colon แต่ปริมาณที่สังเคราะห์ได้ไม่เพียงพอจึง  
จำเป็นต้องเสริมในอาหาร สูตรอาหารที่ใช้ข้าวโพดในระดับสูงมักจะขาดไนอาซิน เนื่องจาก  
ข้าวโพดมีไนอาซินน้อยและขาดทริปโตเฟนด้วย จึงต้องเสริมไนอาซินเป็นพิเศษ ในธรรมชาติ  
ไนอาซินอยู่ในรูปเกาะร่วมกับสารอื่น (bound form) จึงไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้ ดังนั้นจึงไม่  
คิดว่ามีไนอาซินในวัตถุดิบอาหารสัตว์นั้น

### ค. อาการขาดไนอาซิน

สัตว์ที่ขาดไนอาซินจะทำให้เป็นโรคเพลลากรา (pellagra) ซึ่งมักเกิด  
ร่วมกับการขาดวิตามินอื่นด้วย มีอาการแสดงออก 3 แบบเรียก 3'Ds คือ

1. Dermatitis คือ ผิวหนังที่มีการเสียดสีหรือถูกแสงแดดจะอักเสบ มี  
อาการผิวหนังเป็นผื่น คล้ำหยาบ และลอก
2. Diarrhea คือ ท้องร่วง อาเจียน เบื่ออาหาร ปากและลิ้นอักเสบ
3. Dementia คือ อาการผิดปกติทางระบบประสาท เช่น มึนงง หน้าที่คิด  
ความจำเสื่อม และซึม

ในลูกไก่ ทำให้การเจริญเติบโตช้า การงอกของขนไม่ดี ขี้เขี้ยววมโต  
และขาโค้ง มีอาการอักเสบในช่องปากและหลอดลม หรือลิ้นดำ เรียกว่า black tongue

ในสุกร ทำให้การเจริญเติบโตช้า ท้องร่วง และผิวหนังหยาบกร้าน มี  
อาการทางประสาท และโลหิตจาง

## 5.4 วิตามินบี 6 (vitamin B 6, pyridoxine)

### ก. หน้าที่ของวิตามินบี 6

1. เป็นส่วนประกอบของโคเอนไซม์ในขบวนการเมตาบอลิซึมของโปรตีน กรดอะมิโน และกรดไขมันในร่างกาย
2. เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในการสร้างไนอาซินจากทริปโตเฟน
3. จำเป็นต่อสุขภาพของผิวหนัง

### ข. แหล่งของวิตามินบี 6

วิตามินบี 6 มีอยู่มากในปลาป่น ตับ ไข่ เมล็ดธัญพืช พืชสีเขียว จมูกข้าว ผักต่าง ๆ และถั่วต่าง ๆ

### ค. อาการขาดวิตามินบี 6

ในสุกร ทำให้เกิดอาการเบื่ออาหาร การเจริญเติบโตช้า เกิด dermatitis ที่ตาและปาก ขนหยาบ โลหิตจาง และมีอาการชักกระตุก

ในไก่ ทำให้เปอร์เซ็นต์การไข่ลดลง และเปอร์เซ็นต์การฟักออกลดลง

## 5.5 กรดแพนโททินิก (pantothenic acid)

### ก. หน้าที่ของกรดแพนโททินิก

1. เป็นส่วนประกอบของโคเอนไซม์เอที่เกี่ยวกับเมตาบอลิซึมของโปรตีน คาร์โบไฮเดรต และไขมัน
2. จำเป็นในการสร้างพอร์ไฟริน (porphyrin) และเกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์โคเลสเตอรอล สังเคราะห์พวกสเตอรอยด์ (steroid) พวกฮอร์โมน กรดไขมัน และเป็นสารสำคัญในขบวนการเมตาบอลิซึมของเซลล์ต่าง ๆ
3. จำเป็นต่อระบบประสาทและผิวหนัง

### ข. แหล่งของกรดแพนโททินิก

กรดแพนโททินิกมีอยู่มากในรำข้าว กากน้ำตาล ถั่วต่าง ๆ เนื้อสัตว์ ตับ ไข่แดง ยีสต์ และแบคทีเรียในลำไส้สามารถสังเคราะห์ได้

### ก. อาการขาดกรดแพนโตทินิก

ในสุกร ทำให้การเจริญเติบโตช้า ท้องร่วง ขนร่วงหยาบ ผิวหนังตกระลอก และมีอาการ goose stepping คือ เดินคล้ายห่าน ยกเท้าสูง เกิดกับขาหลัง ถ้าเป็นมากจะยืนไม่ได้

ในสัตว์ปีก ทำให้การเจริญเติบโตช้า การงอกของขนไม่ดีและมีอาการ dermatitis คือ หนังตา มุมปากแตกตกระลอก แล้วลามไปที่เท้า ลูกไก่มักเป็นในอายุ 3 สัปดาห์ แล้วจะตายภายในสัปดาห์ที่ 4-5

ในไก่ไข่ ทำให้เปอร์เซ็นต์การฟักออกต่ำและลูกไก่ที่ฟักออกมาจะตายภายใน 2-3 วัน

## 5.6 ไบโอติน (biotin, vitamin H, Coenzyme R)

### ก. หน้าที่ของไบโอติน

1. เป็นโคเอนไซม์ในขบวนการเมตาบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน และเพียวรีน

2. ช่วยสังเคราะห์กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่มีโครงสร้างโมเลกุลยาว ๆ

3. ช่วยสังเคราะห์กรดแอสปาร์ติก (aspartic acid)

4. จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของพืชชั้นต่ำ (เห็ด รา และยีสต์) และของสัตว์ (ไก่ หนู กระต่าย และสุนัข)

5. เป็นสารช่วยป้องกันอันตรายจากไข่ขาวดิบ เนื่องจากไข่ขาวดิบมีโปรตีนชนิดหนึ่ง คือ อะวีดิน (avidin) จะไปรวมตัวกับไบโอติน เกิดเป็นสารซับซ้อน ทำให้ไบโอตินไม่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย สัตว์จะขาดไบโอติน ความร้อนจะทำลายสารอะวีดินได้ จึงเรียกไบโอตินว่า anti eggwhite injury vitamin

### ข. แหล่งของไบโอติน

ไบโอตินมีอยู่มากในตับ ยีสต์ ปลาป่น และพืชสีเขียว ส่วนเมล็ดธัญพืชมีน้อย ร่างกายสามารถสังเคราะห์ขึ้นเองจากแบคทีเรียในลำไส้ใหญ่ส่วน colon ยกเว้นสัตว์แรกคลอด

### ก. อาการขาดไบโอติน

สัตว์ขาดไบโอตินจะทำให้เกิดอาการ dermatitis ผิวหนังแตกเป็นแผลตกสะเก็ด เริ่มจากเท้าก่อนแล้วลามไปที่ปาก (คล้ายอาการขาดกรดแพนโดทินิก แต่อาการจะตรงกันข้าม) น้ำหนักลด และมีอาการทางระบบประสาทส่วนกลาง เช่น ชักกระตุกแล้วตายในที่สุด

ในลูกไก่ ทำให้เกิดเอ็นเคลื่อน (perosis หรือ stipped tendon) มีอาการคล้ายขาดแมงกานีสและโคลิน

ในสุกร ทำให้เกิดอัมพาตที่ขาหลัง

## 5.7 กรดโฟลิก (folic acid หรือ folacin)

### ก. หน้าที่ของกรดโฟลิก

1. เป็นโคเอนไซม์ในขบวนการเมตาบอลิซึมของโปรตีน
2. เป็นสารที่จำเป็นต่อการแบ่งตัวของเซลล์
3. มีส่วนร่วมในการสร้างฮีโมโกลบินของเซลล์เม็ดเลือดแดงในโพรง-

กระดูก

### ข. แหล่งของกรดโฟลิก

กรดโฟลิกมีอยู่มากในตับ ไต ไข่แดง นม เนย ปลาป่น ถั่วเหลือง และผักใบเขียว

### ค. อาการขาดกรดโฟลิก

สัตว์ขาดโฟลิกจะทำให้เกิดโรคโลหิตจาง มักเกิดร่วมกับการขาดวิตามินซีและวิตามินบี 12

ในลูกไก่ ทำให้เบื่ออาหาร การเจริญเติบโตช้า ท้องเสีย ขนไม่ค่อยงอก โลหิตจาง และเกิดโรคเอ็นเคลื่อนคล้ายขาดแมงกานีส ส่วนสัตว์อื่นไม่ค่อยพบอาการขาด เพราะในลำไส้ใหญ่สามารถสังเคราะห์ขึ้นเองได้โดยการทำงานของจุลินทรีย์

## 5.8 วิตามินบี 12 (vitamin B12 หรือ cobalamin หรือ cyanocobalamin)

### ก. หน้าที่ของวิตามินบี 12

1. ช่วยในการสร้างฮีโมโกลบิน และการเจริญเติบโตของเม็ดเลือดแดง
2. เป็นโคเอนไซม์ทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาในขบวนการเมตาบอลิซึมของโปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต
3. ช่วยในการเปลี่ยนไปมาของกรดอะมิโน เช่น โกลซีนเป็นซีรีน ซีสดีนเป็นเมทไธโอนีน
4. เกี่ยวข้องกับเมตาบอลิซึมของกรดโฟลิก
5. เกี่ยวข้องกับเมตาบอลิซึมของกรดนิวคลีอิก

### ข. แหล่งของวิตามินบี 12

มีอยู่มากในอาหารจำพวกสัตว์ เช่น ตับ ไข่ นม ปลาป่น และมูลสัตว์จากการหมักของจุลินทรีย์ ในพืชไม่มี

### ค. อาการขาดวิตามินบี 12

สัตว์ขาดวิตามินบี 12 สัตว์จะเบื่ออาหาร เนื่องจากลิ้นอักเสบ เชื้อราในปาก และเชื้อระบบย่อยอาหารอักเสบ การเจริญเติบโตช้า เป็นโรคโลหิตจาง และเปอร์เซ็นต์การฟักออกลดลง

## 5.9 โคลีน (cholin)

### ก. หน้าที่ของโคลีน

1. เป็นส่วนประกอบของเลซิทิน (lecithin) ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวพาไขมันออกจากตับ ป้องกันการสะสมไขมันในตับ จึงเรียกว่า lipotrophic factor
2. ให้กลุ่มเมทิล (methyl) ที่เปลี่ยนตำแหน่งได้ ทำให้เกิดปฏิกิริยาทรานสมเมทิลเลชัน (transmethylation) ซึ่งช่วยในการสร้างสารบางอย่าง เช่น ครีอาติน (creatin) ซึ่งจำเป็นต่อขบวนการเมตาบอลิซึมในกล้ามเนื้อ การสร้างเมทไธโอนีนจากซีสดีนและช่วยในการสังเคราะห์ฮอร์โมนบางชนิด เช่น อะดรีนาลีน (adrenaline) ซึ่งเป็นฮอร์โมนจากต่อมหมวกไต
3. เป็นส่วนประกอบของอะซิทิลโคลีน (acetylcholine) ซึ่งจำเป็น

สำหรับการทำงานของระบบประสาท

**ข. แหล่งของโคติน**

โคตินมีอยู่มากในตับ ไข่แดง ปลาป่น ถั่วเหลือง และรำข้าว

**ค. อาการขาดโคติน**

สัตว์ขาดโคตินจะทำให้การเจริญเติบโตช้า มีไขมันสะสมในตับในรูปของไตรกลีเซอไรด์ สุกสัตว์ขาดจะเป็นโรคเอ็นเคลิออน แสดงอาการข้อเข่าบวม ขามืดเขียว ซึ่งเกิดร่วมกับอาการขาดแมงกานีสและไบโอติน

**6. วิตามินซี (vitamin C, ascorbic acid)**

**ก. หน้าที่ของวิตามินซี**

1. ช่วยในการสร้างโปรตีนพวกคอลลาเจน ทำให้บาดแผลหายเร็วขึ้น
2. ช่วยให้เคลือบฟันแข็งแรงไม่เกิดฟันผุง่าย
3. ช่วยรักษาน้ำเส้นเลือดฝอยให้มีความเหนียวแน่นและยืดหยุ่นดี
4. ช่วยให้ประสาทหรือเนื้อเยื่อที่ซำรุดกลับคืนสู่สภาพเดิมได้รวดเร็วขึ้น
5. จำเป็นต่อการสร้างกระดูก
6. ช่วยป้องกันต้านทานโรคต่าง ๆ เช่น โรคหวัด ทำให้ร่างกายแข็งแรง
7. เป็นโคเอนไซม์ในปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดอะมิโนไทโรซีนและกรดอะมิโนฟีนิลอะลานีน
8. ช่วยในการเปลี่ยนโคเลสเตอรอลเป็นกรดน้ำดี (bile acid) ทำให้ลดระดับโคเลสเตอรอลในเลือดได้
9. ป้องกันการเกิดสารพวกไนโตรซามีน (nitrosamine)

**ข. แหล่งของวิตามินซี**

วิตามินซีมีอยู่มากในผักใบเขียว กะหล่ำปลี มะเขือเทศ และผลไม้เปรี้ยว ในสัตว์ยกเว้นพวก primate (คนและลิงต่าง ๆ) และหนูตะเภาสามารถสร้างวิตามินซีได้เอง ดังนั้นในอาหารสัตว์ไม่จำเป็นต้องเพิ่มวิตามินซี



## ก. อาการขาดวิตามินซี

1. สัตว์เป็นโรคเลือดออกตามไรฟัน
2. เส้นโลหิตฝอยมักแตกง่าย ทำให้เลือดไหลภายในร่างกายนอกเส้นเลือด
3. กระดูกอ่อน

## 5.6 แร่ธาตุ (mineral)

แร่ธาตุเป็นสารอนินทรีย์ที่จำเป็นต่อร่างกาย วัตถุประสงค์อาหารสัตว์จากธรรมชาติที่ใช้เลี้ยงสัตว์ โดยทั่วไปมีแร่ธาตุอยู่เกือบทุกชนิด แต่แร่ธาตุบางชนิดอาจมีไม่เพียงพอกับความต้องการของสัตว์หรืออยู่ในสภาพที่สัตว์ไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้อย่างเต็มที่ หากสัตว์ได้รับแร่ธาตุตัวใดตัวหนึ่งหรือหลายตัวไม่เพียงพอกับความต้องการของร่างกาย จะมีผลเสียต่อการเจริญเติบโต และการให้ผลผลิตของสัตว์ จากนั้นจะแสดงอาการเฉพาะแร่ธาตุที่ขาด ในทางปฏิบัติจึงมักจะเสริมแร่ธาตุสังเคราะห์ชนิดนั้น ๆ ในอาหารสัตว์ เพื่อให้สัตว์ได้รับประโยชน์จากแร่ธาตุได้อย่างเต็มที่ ตามความต้องการของร่างกาย

### 5.6.1 ประเภทของแร่ธาตุ

แร่ธาตุที่จำเป็นต่อสัตว์ (essential mineral element) มีอยู่ทั้งหมด 16 ชนิด แบ่งได้เป็น 2 พวกใหญ่ ๆ คือ

1. แร่ธาตุที่ร่างกายต้องการปริมาณมาก (macro element) เป็นแร่ธาตุที่สัตว์ต้องการในปริมาณมาก ความต้องการแสดงในรูปเปอร์เซ็นต์ในอาหาร มี 7 ชนิด ได้แก่ ธาตุแคลเซียม ฟอสฟอรัส โปแตสเซียม โซเดียม คลอรีน แมกนีเซียม และกำมะถัน

2. แร่ธาตุที่ร่างกายต้องการปริมาณน้อย (micro element หรือ trace element) เป็นแร่ธาตุที่สัตว์ต้องการในปริมาณน้อย ความต้องการแสดงในรูปมิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร หรือส่วนในล้านส่วน มี 9 ชนิด ได้แก่ ธาตุเหล็ก ทองแดง สังกะสี ไอโอดีน แมงกานีส โคบอลต์ โมลิบดีนัม โครเมียม และซีลีเนียม

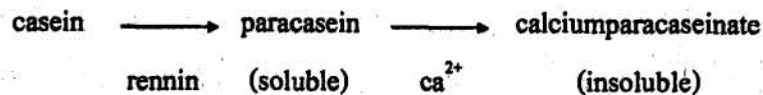
## 5.6.2 หน้าที่ของแร่ธาตุ แห้ง และอาการขาดแร่ธาตุแต่ละชนิด

### 1. ธาตุแคลเซียม (calcium, Ca)

เป็นแร่ธาตุที่ร่างกายต้องการในปริมาณมาก ประมาณ 99 เปอร์เซ็นต์ เป็นส่วนประกอบของกระดูกและฟัน ที่เหลืออีก 1 เปอร์เซ็นต์จะพบในเลือดและเนื้อเยื่อ

#### ก. หน้าที่ของธาตุแคลเซียม

1. เป็นส่วนประกอบของกระดูก ฟัน เปลือกไข่ และน้ำนม
2. ช่วยควบคุมสมดุลของกรดและด่างในร่างกาย ทำให้เลือดอยู่ในสภาพเป็นกลาง
3. ช่วยในการทำงานของระบบประสาทและกล้ามเนื้อให้เป็นปกติ เช่น ช่วยในการยึดหดตัวของกล้ามเนื้อ
4. ช่วยในการแข็งตัวของเลือด เนื่องจากธาตุแคลเซียมช่วยในการสร้างทรอมบิน (thrombin) จากโปรทรอมบิน (prothrombin) ทรอมบินเป็นเอนไซม์ที่เปลี่ยนไฟบริโนเจน (fibrinogen) ของเลือดให้เป็นไฟบริน (fibrin) ซึ่งเป็นโปรตีนเส้นใยที่ไม่ละลายน้ำ ทำให้เลือดจับตัวกันเป็นลิ่ม
5. ช่วยในการย่อยโปรตีนในน้ำนม (casein) ทำให้โปรตีนในน้ำนมตกตะกอนเป็นก้อนและเคลื่อนที่ผ่านกระเพาะอาหารช้าลง ช่วยให้น้ำย่อยเปปซินสามารถย่อยโปรตีนได้มากขึ้น



#### ข. แหล่งของธาตุแคลเซียม

ธาตุแคลเซียมมีอยู่มากในวัตถุคิบจำพวกปลาป่น เนื้อกระดูกป่น กระดูกป่น เปลือกหอย หินปูนบด โคแคลเซียมฟอสเฟต น้ำนม และพืชตระกูลถั่ว

#### ค. อาการขาดธาตุแคลเซียม

1. ในสัตว์เล็กระยะเจริญเติบโต ทำให้เกิดโรคกระดูกอ่อน (ricket)
2. ในสัตว์ใหญ่โตเต็มที่ ทำให้เกิดโรคกระดูกเปราะ (osteomalacia)
3. ในสัตว์ที่กำลังให้นม ทำให้เกิดโรคไข้นม (milk fever)

#### 4. ในไก่ไข่ ทำให้เปลือกไข่บางและแตกง่าย

### 2. ธาตุฟอสฟอรัส (phosphorus, P)

เป็นส่วนประกอบของกระดูกและฟันประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ ที่เหลืออีก 20 เปอร์เซ็นต์จะอยู่ในเนื้อเยื่อและของเหลวในร่างกาย โดยจะเป็นส่วนประกอบของโปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต ได้แก่ กรดนิวคลีอิก (nucleic acid) ฟอสโฟโปรตีน (phosphoprotein) ฟอสโฟไลปิด (phospholipid) และกลูโคสเฟสเฟต (glucophosphate)

#### ก. หน้าที่ของธาตุฟอสฟอรัส

1. เป็นส่วนประกอบของกระดูกและฟัน โดยทำงานร่วมกับธาตุแคลเซียม
2. มีความสำคัญในขบวนการเมตาบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมัน
3. ช่วยควบคุมการทำงานของระบบประสาท
4. ช่วยควบคุมสมดุลของกรดและด่างในร่างกาย ทำให้เลือดอยู่ในสภาพเป็นกลาง
5. ช่วยในการดูดซึมน้ำตาลจากลำไส้และกลูโคสจากไต
6. ช่วยในการทำงานของวิตามินและเอนไซม์ในร่างกาย

#### ข. แหล่งของธาตุฟอสฟอรัส

ธาตุฟอสฟอรัสมีอยู่มากในวัตถุดิบจำพวกปลาป่น เนื้อกระดูกป่น น้านม โดแคลเซียมฟอสเฟต และเมล็ดพืช สำหรับธาตุฟอสเฟตในพืชและเมล็ดพืชจะอยู่ในรูปไฟเตท (phytate) ซึ่งเป็นเกลือของกรดไฟติกหรือไฟดิน สัตว์กระเพาะเดี่ยวไม่สามารถใช้ประโยชน์จากฟอสฟอรัสได้เต็มที่ สามารถใช้ได้เพียง 1 ใน 3 เท่านั้น ส่วนในสัตว์กระเพาะรวมจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนสามารถสร้างเอนไซม์ไฟเตส (phytase) มาย่อยไฟเตนให้ธาตุฟอสฟอรัสได้ ดังนั้นพืชจึงเป็นแหล่งของธาตุฟอสฟอรัสที่สำคัญของสัตว์กระเพาะรวม ธาตุแคลเซียมและฟอสฟอรัสจะมีความเกี่ยวข้องกัน อัตราส่วนระหว่างธาตุแคลเซียมและฟอสฟอรัสในอาหารสัตว์ทั่วไปควรอยู่ระหว่าง 1:1 ถึง 1.5:1 หากธาตุตัวใดตัวหนึ่งมีปริมาณสูงมากเกินไป จะทำให้การใช้ประโยชน์ของธาตุอีกตัวหนึ่งลดลง และหากอัตราส่วนสูงกว่า 2.5:1 สัตว์จะแสดงอาการโรคกระดูกอ่อนหรือกระดูกเปราะ

### ก. อาการขาดธาตุฟอสฟอรัส

1. สัตว์เป็นโรคกระดูกอ่อนและกระดูกเปราะ เช่นเดียวกับอาการขาดแคลเซียม
2. สัตว์มีอาการอยากกินผิดปกติ เรียก pica เช่น กินไม้ กระดูก ขน หิน และวัสดุแปลก ๆ สิ่งที่ไม่ใช่อาหาร
3. สัตว์มีความอยากกินน้อยลง
4. การผสมติดต่ำและผลผลิตลดลง เช่น ให้น้ำนมลดลง

### 3. ธาตุโซเดียม ธาตุคลอรีน และธาตุโปแตสเซียม (sodium, chlorine และ potassium, Na, Cl, K)

ธาตุโซเดียม เป็นแคตไอออนที่มีมากในของเหลวภายนอกเซลล์ (extracellular fluid) ประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ โดยจะพบในกระดูก พลาสมา และของเหลวระหว่างเซลล์ (interstitial fluid)

ธาตุโปแตสเซียม เป็นแคตไอออนที่มีมากภายในเซลล์ (intracellular fluid) ประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์

ธาตุคลอรีน ทั้งหมดจะพบในของเหลวภายนอกเซลล์ และทำงานร่วมกับไบคาร์บอเนต (bicarbonate,  $\text{HCO}_3$ ) เพื่อให้โซเดียมที่อยู่ในของเหลวภายนอกเซลล์อยู่ในสภาวะสมดุลทางไฟฟ้า (electrically balance)

แร่ธาตุทั้ง 3 ตัวนี้ เป็นอิเล็กโทรไลต์ (electrolite) ภายในร่างกาย

### ก. หน้าที่ของธาตุโซเดียม ธาตุคลอรีน และธาตุโปแตสเซียม

1. ช่วยควบคุมสมดุลของกรดและด่างในร่างกาย ทำให้เลือดอยู่ในสภาพเป็นกลาง
2. ช่วยควบคุมสมดุลของปริมาณน้ำในร่างกาย เพื่อไม่ให้ร่างกายมีการเสียน้ำหรือสะสมน้ำ (บวม) มากเกินไป
3. ช่วยควบคุมสมดุลของอิเล็กโทรไลต์ในร่างกาย
4. ช่วยในการทำงานของกล้ามเนื้อและระบบประสาท

## ข. แหล่งของธาตุโซเดียม ธาตุคลอรีน และธาตุโปแตสเซียม

ธาตุโซเดียมและคลอรีนมีมากในปลาป่น เนื้อป่น และเกลือ ในพืชมีน้อย ส่วนธาตุโปแตสเซียมมีมากในพืช

### ก. อาการขาดธาตุโซเดียม ธาตุคลอรีน และธาตุโปแตสเซียม

1. สัตว์เบื่ออาหาร การเจริญเติบโตช้า และประสิทธิภาพการใช้อาหารเลวลง
2. การทำงานของกล้ามเนื้อและเนื้อเยื่อหลายชนิดผิดปกติ เกิดอาการเปลี่ยนของกล้ามเนื้อส่วนต่าง ๆ ถ้าขาดนาน ๆ กล้ามเนื้อพวกนี้จะหยุดทำงาน โดยเฉพาะกล้ามเนื้อหัวใจและกล้ามเนื้อที่เกี่ยวกับการหายใจ ซึ่งจะทำให้สัตว์ตายได้
3. สัตว์ปึก ทำให้เปอร์เซ็นต์การไข่ลดลง

## 4. ธาตุแมกนีเซียม (magnesium, Mg)

เป็นส่วนประกอบของกระดูกและฟันประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ ที่เหลืออีก 30 เปอร์เซ็นต์จะกระจายอยู่ตามเนื้อเยื่อและส่วนที่เป็นของเหลวในร่างกาย

### ก. หน้าที่ของธาตุแมกนีเซียม

1. เป็นส่วนประกอบของกระดูกและฟัน
2. ช่วยกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงาน
3. ช่วยให้ระบบประสาทและกล้ามเนื้อทำงานตามปกติ โดยร่วมกับธาตุโซเดียม ธาตุแคลเซียม และธาตุโปแตสเซียม ในการรักษาสมดุลของของเหลวภายนอกเซลล์ เพื่อการรับส่งสัญญาณประสาทและการทำงานของกล้ามเนื้อ
4. เกี่ยวข้องกับเมตาบอลิซึมของไขมัน

### ข. แหล่งของธาตุแมกนีเซียม

ธาตุแมกนีเซียมมีอยู่มากในรำข้าว ยีสต์แห้ง และแหล่งโปรตีนจากพืช เช่น กากฝ้าย หญ้า และพืชตระกูลถั่ว ในพืชตระกูลถั่วจะมีมากกว่าหญ้า

### ก. อาการขาดธาตุแมกนีเซียม

1. ความดันเลือดต่ำ (vasodilation)
2. ระบบประสาทไวต่อความรู้สึก มีอาการกระวนกระวาย
3. สัตว์มีอาการชักกระตุก

โรคขาดธาตุแมกนีเซียม เรียกว่า grass tetany หรือ lactation tetany ซึ่งมักเกิดกับสัตว์เคี้ยวเอื้อง เช่น โคและกระบือที่เลี้ยงในพื้นที่ที่มีแมกนีเซียมต่ำ หรือกินหญ้าต้นฤดูฝนช่วงที่กำลังเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว หญ้าขณะนั้นจะมีโปแตสเซียมและโปรตีนสูง จะมีผลทำให้การดูดซึมแมกนีเซียมต่ำลง ทำให้มีแมกนีเซียมในเลือดลดลง จึงดึงจากร่างกายออกมาใช้ แต่ก็ไม่เพียงพอ จึงอาจทำให้สัตว์ตายได้ แต่สัตว์ที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมมักไม่ขาดธาตุนี้

## 5. ธาตุกำมะถัน (sulfur, S)

ในร่างกายสัตว์มีธาตุกำมะถันอยู่ประมาณ 0.15 เปอร์เซ็นต์

### ก. หน้าที่ของธาตุกำมะถัน

1. เป็นส่วนประกอบของโปรตีนที่ประกอบด้วยกรดอะมิโน ซึ่งมีกำมะถันเป็นส่วนประกอบ ได้แก่ ซีสทีน ซีสเตอีน และเมทไธโอนีน พบในไซโตพลาสซึมของเซลล์ผม ขน เล็บ และเมลานิน ซึ่งเป็นเม็ดสีของผิวหนังและผม

2. เป็นส่วนประกอบของฮอร์โมนอินซูลิน (insulin)

3. เป็นส่วนประกอบของวิตามินบี 1 (thiamine) และไบโอติน (biotin)

4. เป็นส่วนประกอบของเอนไซม์โคคาร์บอกซีเลส (cocarboxylase) และ

โคเอนไซม์เอ

### ข. แหล่งของธาตุกำมะถัน

ธาตุกำมะถันมีอยู่มากในเนื้อป่นและนม

### ค. อาการขาดธาตุกำมะถัน

สัตว์ขาดธาตุกำมะถันจะทำให้การเจริญและการงอกของขนผิดปกติ โดยเฉพาะในไก่ ส่วนในสัตว์กระเพาะรวมทำให้ไม่สามารถสังเคราะห์กรดอะมิโนที่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบ

## 6. ธาตุเหล็ก (iron, Fe)

ร่างกายสัตว์มีธาตุเหล็กอยู่ประมาณ 0.004 เปอร์เซ็นต์ ประมาณ 60-70 เปอร์เซ็นต์ของธาตุเหล็กจะอยู่ร่วมกับโปรตีนในรูปฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดง ในกล้ามเนื้อและไมโอโกลบิน (myoglobin) อีกประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ถูกสะสมไว้ในตับ ม้าม ไชกระดูก (bone

marrow) และเนื้อเยื่อต่าง ๆ เพื่อใช้ในการสร้างฮีโมโกลบิน ที่เหลืออีก 10-20 เปอร์เซ็นต์จะเป็น ส่วนประกอบของไมโอซิน (myosin) และแอกโตไมโอซิน (actomyosin) ในกล้ามเนื้อ รวมทั้งเป็น ส่วนประกอบของเอนไซม์

### ก. หน้าที่ของธาตุเหล็ก

1. เป็นส่วนประกอบของฮีโมโกลบินในเม็ดเลือด ช่วยในการพาออกซิเจน จากปอดไปยังเซลล์ และพาคาร์บอนไดออกไซด์จากเซลล์ไปสู่ปอด เพื่อขับถ่ายออกนอกร่างกาย

2. เป็นส่วนประกอบของไมโอโกลบิน ไมโอซิน และแอกโตไมโอซิน ใน กล้ามเนื้อ

3. เป็นส่วนประกอบของเอนไซม์ที่สำคัญ เช่น แชนดินออกซิเดส (xanthine oxidase) ซึ่งเกี่ยวกับการปล่อยธาตุเหล็กออกจากเฟอริติน (ferritin) เป็นต้น

### ข. แหล่งของธาตุเหล็ก

ธาตุเหล็กมีอยู่มากในพืชสีเขียว พืชตระกูลถั่ว และเปลือกของเมล็ด

### ค. อาการขาดธาตุเหล็ก

สัตว์ที่ขาดธาตุเหล็กจะทำให้เกิดโรคโลหิตจางชนิดไมโครไซติก ไฮโปโคร- มิก อะนีเมีย (microcytic hypochromic anemia) โดยที่ขนาดเม็ดเลือดแดงจะเล็กกว่าปกติ และมี ฮีโมโกลบินน้อยกว่าปกติ สัตว์มีผิวซีด ผอมแคระแกรน ขนยาวหยาบ และติดโรคได้ง่าย มักเกิดกับ สัตว์ที่อยู่ในระยะขี้มท้อง สัตว์ในระยะเจริญเติบโตและไก่ที่กำลังไข่

ลูกสุกรคลอดออกมาใหม่ ๆ จะได้รับธาตุเหล็กจากน้ำนมของแม่ไม่เพียงพอ แก่ความต้องการ จึงควรฉีดสารละลายธาตุเหล็กไอรอนแดกตรา (iron dextran) แก่ลูกสุกรเมื่อ อายุ 3-7 วัน

## 7. ธาตุทองแดง (copper, Cu)

มีอยู่มากในตับ สมอง ไต หัวใจ ส่วนที่มีสีในลูกตา ผม และขน

### ก. หน้าที่ของธาตุทองแดง

1. ช่วยในการสร้างฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดง
2. เป็นส่วนประกอบของเอนไซม์ไซโตโครมออกซิเดส (cytochrom oxidase) ทำหน้าที่รับส่งอิเล็กตรอนในลูกโซ่หายใจและจำเป็นต่อการสร้างไมอีลิน (myelin) ของเซลล์สมองและไขสันหลัง
3. เป็นส่วนประกอบของเอนไซม์ไลซิลออกซิเดส (lysyl oxidase) ที่ทำให้เกิดการเชื่อมระหว่างโพลีเปปไทด์ในคอลลาเจน และอีลาสตินของผนังเส้นเลือดและเอ็น ทำให้มีความเหนียว เพื่อต้านทานแรงดันเลือด ทำให้เส้นเลือดไม่แตกง่าย
4. เป็นส่วนประกอบของเอนไซม์โพลีฟีนิลออกซิเดส (polyphenyl oxidase) ทำหน้าที่เปลี่ยนไทโรซีน (tyrosine) ให้เป็นเมลานิน (melanin) ในการสร้างสีของขนและขน ธาตุทองแดงยังรวมตัวกับกลุ่มไดซัลไฟด์ (disulfide group) เป็นเคราติน (keratin) ในการเจริญของขนและผม

### ข. แหล่งของธาตุทองแดง

ธาตุทองแดงมีอยู่มากในเมล็ดพืช ในอาหารสัตว์จะมีปริมาณทองแดงเพียงพอ กับความต้องการของสัตว์

### ค. อาการขาดธาตุทองแดง

1. สัตว์เป็นโรคโลหิตจาง ทำให้อายุการใช้งานของเม็ดเลือดแดงสั้นลง ลดการดูดซึมและการใช้ประโยชน์ของธาตุเหล็ก
2. การทำงานของกล้ามเนื้อไม่สัมพันธ์กัน เกิดการชักกระตุกเนื่องจากความล้มเหลวในการสร้างไมอีลิน
3. เส้นเลือดแดงเปราะ ทำให้มีจุดเลือดออกทั่วร่างกาย
4. การเจริญเติบโตของกระดูกผิดปกติ แดงง่าย และข้อต่อบวม
5. ผิวหนัง ขน และผม มีสีซีด

ในลูกแกะที่เลี้ยงในพื้นที่ขาดธาตุทองแดงจะทำให้เกิดโรคที่เรียกว่า sway back หรือ enzootic ataxia เนื่องจากความล้มเหลวในการสร้างไมอีลิน ป้องกันโดยให้จุนลี (copper sulfate) กับสัตว์



## 8. ธาตุสังกะสี (zinc, Zn)

เป็นธาตุที่มีอยู่ในเนื้อเยื่อของร่างกาย มีมากในผิวหนัง ผม ขน และกระดูก ดับ  
เป็นแหล่งสำรองของธาตุนี้

### ก. หน้าที่ของธาตุสังกะสี

1. ช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตของสัตว์ในครรภ์ และการเจริญเติบโตหลังคลอด เนื่องจากสังกะสีมีส่วนช่วยในการสร้างโปรตีนและเนื้อเยื่อที่เป็นส่วนประกอบของร่างกาย
2. ช่วยในการเจริญเติบโตของเยื่อเมือก เช่น เยื่อเมือกผิวหนังและเยื่อเมือกในลำไส้เล็ก
3. ช่วยในการเจริญเติบโตของกระดูก
4. เป็นส่วนประกอบของอินซูลิน (insulin) ซึ่งเกี่ยวข้องกับเมตาบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรต

### ข. แหล่งของธาตุสังกะสี

ธาตุสังกะสีมีอยู่มากในบิสต์ ส่วนที่เป็นรากและส่วนที่งอกได้ของเมล็ดธัญพืช

### ค. อาการขาดธาตุสังกะสี

1. การเจริญเติบโตลดลง
2. แสดงอาการที่เรื้อรังหรือพาราเคอราโตซิส (parakeratosis) เนื่องจากเซลล์ของเยื่อเมือกตายและมีส่วนสร้างขึ้นใหม่น้อย ทำให้สัตว์มีผิวหนังหยาบเป็นแผ่นมีลักษณะเป็นขุย
3. การเจริญเติบโตของกระดูกผิดปกติ เป็นโรคกระดูกอ่อน

## 9. ธาตุไอโอดีน (iodine, I)

ร่างกายพบมากในต่อมไทรอยด์ประมาณ 70-80 เปอร์เซ็นต์ นอกนั้นพบในกระเพาะ ลำไส้เล็ก ต่อมไทรอยด์ ผิวหนัง ต่อมสร้างน้ำนม รังไข่ และรก

### ก. หน้าที่ของธาตุไอโอดีน

เป็นส่วนประกอบของฮอร์โมนไทร็อกซิน (thyroxin) ซึ่งทำหน้าที่ควบคุมการเผาผลาญอาหารคาร์โบไฮเดรตในร่างกาย กระตุ้นการเจริญเติบโตของสัตว์ทั้งระยะที่เป็นตัว

อ่อนในครรภ์ และระยะเจริญเติบโตหลังคลอด นอกจากนี้ยังกระตุ้นการผลิตฮอร์โมนชนิดอื่น ๆ เพื่อการสืบพันธุ์

#### ข. แหล่งของธาตุไอโอดีน

ธาตุไอโอดีนมีอยู่มากในอาหารทะเล เช่น ปลาปน อาหารทั่วไปมีอยู่น้อย ควรเสริมในสูตรอาหารในรูปแบบโปแตสเซียมไอโอดีน

#### ค. อาการขาดธาตุไอโอดีน

1. สัตว์แสดงอาการคอพอก (ต่อมไทรอยด์ขยายใหญ่)
2. การเจริญเติบโตหยุดชะงัก สัตว์จะแคระแกรน
3. ในสุกรอ้วนท้อง ทำให้ลูกที่คลอดมีขนาดเล็กหรือตายในท้องมาก
4. ในไก่ไข่ ทำให้เปอร์เซ็นต์การไข่ลดลงและเปลือกไข่มีนิ่ม

#### 10. ธาตุแมงกานีส (manganese, Mn)

พบทั่วไปในเนื้อเยื่อ พบมากในกระดูก ตับ ตับอ่อน และต่อมใต้สมอง (pituitary gland)

#### ก. หน้าที่ของธาตุแมงกานีส

1. ช่วยในการพัฒนาและการสร้างกระดูก
2. มีความจำเป็นต่อการสืบพันธุ์ เช่น การเป็นสัด การตกไข่ การแสดง ความกำหนัด และการสร้างตัวอสุจิ
3. ช่วยเร่งปฏิกิริยาของเอนไซม์ในการเปลี่ยนแปลงคาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมันในร่างกาย

#### ข. แหล่งของธาตุแมงกานีส

ธาตุแมงกานีสมีอยู่มากในรำละเอียดและพืชสีเขียว ส่วนข้าวโพดและวัตถุดิบ ที่ได้จากสัตว์มีน้อย

#### ค. อาการขาดธาตุแมงกานีส

1. กระดูกผิดปกติ แสดงอาการกระดูกเปราะ กระดูกหน้าแข้งและหัวเข่าบวม โต เรียก โรคเอ็นเคลื่อน (perosis หรือ slipped tendon)

2. สมรรถภาพการสืบพันธุ์ลดลง
3. ในไก่ ทำให้เปอร์เซ็นต์การไข่ลดลงและเปอร์เซ็นต์การฟักออกลดลง
4. การเจริญเติบโตผิดปกติ

#### 11. ธาตุโคบอลต์ (cobalt, Co)

มีมากในเนื้อเยื่อ ตับ ไต กระจก และต่อมหมวกไต

##### ก. หน้าที่ของธาตุโคบอลต์

เป็นส่วนประกอบของวิตามินบี 12

##### ข. แหล่งของธาตุโคบอลต์

ธาตุโคบอลต์มีอยู่ปริมาณน้อยในวัตถุดิบเกือบทุกชนิด ในทุ่งหญ้าปกติมีธาตุโคบอลต์อยู่ระหว่าง 0.1-0.25 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของน้ำหนักแห้ง

##### ค. อาการขาดธาตุโคบอลต์

โรคโลหิตจาง เบื่ออาหาร ซบซอม ขนหยาบกระด้าง อ่อนแอ และตายในที่สุด สัตว์กระเพาะรวมถ้าขาดธาตุโคบอลต์ในอาหาร จะทำให้จุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนไม่สามารถสังเคราะห์วิตามินบี 12 ได้

#### 12. ธาตุโมลิบดีนัม (molybdenum, Mo)

พบในตับและเนื้อเยื่อของลำไส้เล็ก เป็นแร่ธาตุที่มีความจำเป็น แต่สัตว์ต้องการเพียงเล็กน้อย

##### ก. หน้าที่ของธาตุโมลิบดีนัม

ธาตุโมลิบดีนัมเป็นส่วนประกอบของเอนไซม์แซนทีนออกซิเดส (xanthine oxidase) มีความสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงเพียวรีน โดยเฉพาะไนท์ซึ่งต้องการเอนไซม์นี้ในการสร้างกรดยูริก (uric acid)

##### ข. แหล่งของธาตุโมลิบดีนัม

ธาตุโมลิบดีนัมมีอยู่ในวัตถุดิบอาหารสัตว์เกือบทุกชนิด แต่ในปริมาณน้อย

### ก. อาการขาดธาตุโมลิบดีนัม

สัตว์ขาดธาตุโมลิบดีนัมจะมีการเจริญเติบโตช้า น้ำหนักลด และซบพอม

ถ้ามีธาตุโมลิบดีนัมมากเกินไปในอาหารสัตว์จะระเหวรวม โดยเฉพาะลูกโคและแม่โคที่กำลังให้นม จะแสดงความเป็นพิษ สัตว์จะแสดงอาการท้องร่วงอย่างรุนแรง น้ำหนักและผลผลิตลดลง นอกจากนี้ยังขัดขวางการดูดซึมและรบกวนขบวนการเปลี่ยนแปลงของธาตุทองแดง ทำให้ความต้องการธาตุทองแดงมากขึ้น จึงจัดเป็นแร่ธาตุที่มีความสำคัญต่อสัตว์ โดยเฉพาะสัตว์กินหญ้า

### 13. ธาตุซีลีเนียม (selenium, Se)

จัดเป็นธาตุที่มีความเป็นพิษต่อสัตว์คล้ายธาตุโมลิบดีนัม ซึ่งมักเป็นพิษกับสัตว์กินหญ้า สัตว์ต้องการเพียงเล็กน้อย มีอยู่ในเซลล์ทุกเซลล์ พบมากในตับ ไต และกล้ามเนื้อ

#### ก. หน้าที่ของธาตุซีลีเนียม

1. เป็นส่วนประกอบของเอนไซม์กลูตาไทโอน เปอร์ออกซิเดส (glutathione peroxidase)
2. เกี่ยวข้องกับการทำงานและการเก็บรักษาวิตามินอี โดยทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้วิตามินอีถูกทำลายโดยการออกซิเดชันและป้องกันการหืนของกรดไขมันไม่อิ่มตัวในร่างกาย
3. ช่วยป้องกันการตายของเนื้อเยื่อในตับ (liver necrosis) และกล้ามเนื้อ (muscular dystrophy) ในสุกร สัตว์ปีก ลูกแกะ และลูกโค และความผิดปกติของผนังหลอดเลือด (exudative diathesis) ในลูกไก่

#### ข. แหล่งของธาตุซีลีเนียม

ธาตุซีลีเนียมมีอยู่ในพืชหลายชนิด

#### ค. อาการขาดธาตุซีลีเนียม

1. เกิดการตายของเนื้อเยื่อตับและทำให้ตับแข็ง
2. แสดงอาการขาดวิตามินอี คือ กล้ามเนื้อลีบ
3. น้ำซึมจากเนื้อและทำให้เกิดโรคสมองและน้ำ

ถ้าสัตว์ได้รับจำนวนมากจะเกิดความเป็นพิษ โดยเฉพาะสัตว์กระเพาะรวม จะเกิดโรค blind stagger หรือ alkali disease ลักษณะอาการคือ เชื่องซึม ข้อขาแข็ง ขาพิการ ขนร่วง ตามบริเวณแก้มคอและหาง ส่วนในสัตว์ปีกจะแสดงอาการเจริญเติบโตช้า ตัวอ่อนในไข่ฟักผิดปกติ และเปอร์เซ็นต์การฟักออกลดลง

#### 14. ธาตุโครเมียม (chromium, Cr)

##### ก. หน้าที่ของธาตุโครเมียม

1. จำเป็นต่อการใช้น้ำตาลกลูโคส
2. จำเป็นต่อการหมุนเวียนของไขมันและการสังเคราะห์โปรตีน
3. รักษาระดับของโคเลสเตอรอลในซีรัม (serum cholesterol homeostasis)

## คำถามท้ายบท

### ตอบคำถามต่อไปนี้

1. สารอาหารหมายถึงอะไร มีกี่ชนิด พร้อมทั้งยกตัวอย่างวัตถุดิบที่ให้สารอาหารแต่ละชนิด มาอย่างละ 3 ชนิด
2. กรดอะมิโนที่จำเป็นหมายถึงอะไร มีกี่ชนิด อะไรบ้าง
3. สัตว์ปีกมีความต้องการกรดอะมิโนที่จำเป็นชนิดใดเพิ่มจากสัตว์กระเพาะเดี่ยวนชนิดอื่น
4. สารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีนคืออะไร มีความสำคัญต่อสัตว์ชนิดใด
5. กรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกายได้แก่อะไรบ้าง
6. สารเยื่อใยได้แก่อะไรบ้าง สัตว์ประเภทใดสามารถใช้ประโยชน์จากสารเยื่อใยได้
7. วิตามินมีกี่ชนิด อะไรบ้าง
8. วิตามินชนิดใดมีผลต่อความต้านทาน โรคและความแข็งแรงของเนื้อเยื่อของระบบต่าง ๆ ในร่างกาย
9. แร่ธาตุและวิตามินชนิดใดมีส่วนเกี่ยวข้องกับการสร้างเม็ดเลือดแดง
10. สัตว์กระเพาะเดี่ยวนไม่สามารถใช้ประโยชน์จากธาตุฟอสฟอรัสได้เต็มที่ เนื่องจากอะไร และสามารถแก้ไขได้อย่างไร
11. โรคต่อไปนี้เกิดจากการขาดสารอาหารชนิดใด
  - ก. keratomalasia
  - ข. angula stomatitis
  - ค. pellagra
  - ง. parakeratosis
  - จ. anemia

## บรรณานุกรม

- กุลยา จันทร์อรุณ. 2533. เคมีอาหาร. หน่วยศึกษานิเทศก์ การฝึกหัดครู. โรงพิมพ์การศาสนา  
กรมศาสนา, กรุงเทพฯ.
- เชาวน์ ชีโนรักษ์ และ พรณี ชีโนรักษ์. 2519. ชีววิทยา. สำนักพิมพ์อักษรประเสริฐ. กรุงเทพฯ.
- ปานัน บุญหลง. 2527. โภชนาการ. บริษัทเชียงใหม่สหนวกิจ จำกัด, เชียงใหม่.
- ศรีสกุล วรจันทรา. 2528. การคำนวณสูตรอาหารและเทคโนโลยีอาหารสัตว์. ภาควิชา  
เทคโนโลยีการผลิตสัตว์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า  
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.
- สิรินทร์ วิโมกษ์สันต์, เจม เอ. โอลสัน, ยงยุทธ ยุทธวงศ์, สุวิทย์ เพ็ชรกิจการม, สกล พันธุ์ยิ้ม  
และ มนตรี จุฬาวังนทล. 2523. ชีวเคมี. ห้างหุ้นส่วนจำกัด ศ.ศ. การพิมพ์, กรุงเทพฯ.
- สุวรรณ กิจภากรณ์. 2530. อาหารสัตว์ขั้นพื้นฐาน. ภาควิชาสัตวบาล คณะสัตวแพทย์  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- สุวรรณ พรหมทอง. 2536. อาหารและการให้อาหารสัตว์. คณะเกษตรศาสตร์บางพระ  
(พระนครศรีอยุธยา หน้ตรา) สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล, พระนครศรีอยุธยา.
- อุทัย คันโช. 2529. อาหารและการผลิตอาหารเลี้ยงสุกรและสัตว์ปีก. เรียบเรียงครั้งที่ 2 ศูนย์วิจัย  
และฝึกอบรมการเลี้ยงสุกรแห่งชาติ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน, นครปฐม.
- Arthur, E.C. 1975. Feed and Feeding. Reston Publishing Company, Inc. Reston, Virginia.
- Church, D.C. and W.G. Pond. 1982. Basic Animal Nutrition and Feeding. Second Edition.  
John Wiley and Sons. New York, Chichester, Brisbane, Toronto, Singapore.
- Khajarem, J. , D. Sinchermsiri, A. Hanbunchong and U. Kanto. 1987. Manual of Feed  
Microscopy and Quality Control. Dhordhvaj Co. , LTD, Thailand.

## บรรณานุกรม (ต่อ)

Leonard, A.M. and K.L. John. 1973. Animal Nutrition. TaTa McGraw-Hill Publishing Company LTD, Bombay-New Delhi.

Lloyd, L.E. , B.E. McDonald and E.W. Crampton. 1978. Fundamentals of Nutrition. Second Edition, W.H. Freeman and Company, San-Francisco.

Maynard, L.A. and J.K. Loosli. 1969. Animal Nutrition. McGraw-Hill, Book Company, New York.

McDonald, P. , R.A. Edwards and J.F.D. Greenhalgh. 1984. Animal Nutrition. Third Edition, Longman, Inc, New York.