การตรวจเอกสาร

อาหารเป็นสิ่งที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิต เนื่องจากสิ่งมีชีวิตทุกชนิดต้องการอาหารเพื่อประโยชน์ 3 ประการ คือ การยังชีพประจำวัน เพื่อการเจริญเติบโต และเพื่อการสืบพันธุ์ อาหารที่ดีจึงต้องเป็นสิ่งที่สัตว์สามารถกินได้ ย่อยหรือใช้ประโยชน์จากอาหารได้ และสุดท้ายจะต้องไม่มีอันตรายที่เกิดขึ้นจากการกินอาหาร

อาหารนับว่าเป็นสิ่งที่จำเป็นมากสำหรับการเลี้ยงปลาน้ำจืดในปัจจุบัน เนื่องจากว่าต้นทุนการเลี้ยงปลา ประมาณ 80 % นั้นจะเป็นค่าใช้จ่ายในเรื่องของอาหาร ในการเลี้ยงปลา เราจะต้องมีความรู้เกี่ยวกับสารอาหารที่ปลาต้องการ และเข้าใจถึงผลกระทบจากการที่ปลาได้รับสารอาหารในปริมาณที่ไม่เหมาะสม เพื่อที่จะทำให้การเลี้ยงปลาประสบความสำเร็จมากขึ้น

ความหมายและความสำคัญของอาหาร

อาหาร ตามความหมายทางโภชนาการ (Maynard and Loosli, 1969 ; Halver, 1972 ; คณะแพทย์ศาสตร์, 2518 อ้างตาม เวียง เชื้อโพธิ์หัก, 2540) คือสิ่งที่สัตว์น้ำกินแล้วเกิดประโยชน์ต่อร่างกาย โดยช่วยสร้างและซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอ ให้พลังงานและช่วยควบคุมให้การปฏิบัติงานของกระบวนการต่าง ๆ ในร่างกายดำเนินไปตามหน้าที่ แล้วส่งผลให้สัตว์น้ำสามารถดำรงชีวิต มีการเจริญเติบโต และสืบพันธุ์ได้อย่างปกติ ส่วนคำว่า โภชนาการ เป็นกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับระบบการกินอาหารและการเปลี่ยนแปลงทางฟิสิกส์และเคมีของอาหารและสารอาหารในร่างกาย รวมทั้งที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาการของร่างกาย อันเกิดจากการใช้สารอาหารเพื่อหล่อเลี้ยงเซลล์และเนื้อเยื่อ เพื่อควบคุมการทำงานของอวัยวะต่าง ๆ ตลอดจนการขับถ่ายของเสียออกจากร่างกาย รวมถึงการจัดหาอาหารและกรรมวิธีต่าง ๆ ที่จะทำให้อาหารเข้าสู่ร่างกาย เพื่อให้ร่างกายรับสารอาหารอย่างครบถ้วนและเพียงพอ

อาหารคุณภาพดี หมายถึง อาหารที่สัตว์กินเข้าไปแล้ว โตเร็ว ให้ผลผลิตสูง มีคุณภาพดี มีการสืบพันธุ์ดี และจะต้องเหลือสารอาหารและกากอาหารตกค้างในมูลน้อยที่สุด (พันทิพา พงษ์เพียจันทร์, 2539)

ประเภทของอาหาร

อาหารสำหรับปลาแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ อาหารธรรมชาติ (Natural food) และอาหารที่จัดเตรียมขึ้น (Prepared feed) อาหารธรรมชาติ คือพืชและสัตว์ที่พบในบ่อทั้งที่มีชีวิตและตายแล้ว มีหลายชนิดและมีขนาดต่าง ๆ กัน ตั้งแต่ขนาดเล็กมองด้วยตาเปล่าไม่เห็นหรือเห็นได้ยาก จนถึงขนาดใหญ่ หากจะแบ่งออกเป็นกลุ่มตามขนาด แหล่งที่อยู่อาศัย และความสัมพันธ์ระหว่างกันแล้ว สามารถแบ่งออกได้เป็นกลุ่ม แบคทีเรีย และโปรโตซัว กลุ่มแพลงค์ตอน กลุ่มสัตว์ที่เกาะอาศัยอยู่ตามกลางน้ำกลุ่มสัตว์หน้าดิน กลุ่มพืชน้ำ กลุ่มกุ้ง ปู และหอย กลุ่มปลา เป็นต้น ส่วนอาหารที่จัดเตรียมขึ้นจะแยกเป็นอาหารสมบูรณ์ (Complete feed) และอาหารสมทบ (Supplemental feed) อาหารสมบูรณ์เป็นอาหารที่มีสารอาหารที่สัตว์น้ำต้องการครบถ้วนและเพียงพอกับระบบการเลี้ยงสัตว์น้ำแบบหนาแน่น ส่วนอาหารสมทบ เป็นอาหารที่ให้สัตว์น้ำกินเพิ่มเติมจากอาหารธรรมชาติ จึงไม่จำเป็นต้องมีสารอาหารครบถ้วนเหมือนอาหารสมบูรณ์ (เวียง เชื้อโพธิ์หัก, 2540)

สารอาหารที่ปลาต้องการ

ในการผลิตอาหารเลี้ยงสัตว์ ควรทำความรู้จักกับโภชนะที่ประกอบอยู่ในวัตถุดิบอาหารสัตว์ แต่ละกลุ่มวัตถุดิบอาหาร เพื่อป้องกันการสูญเสียโภชนะที่อาจเกิดขึ้นได้ ซึ่งโภชนะดังกล่าว ได้แก่ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน แร่ธาตุ น้ำและสารอื่น ๆ ซึ่งวัตถุดิบอาหารสัตว์แต่ละชนิดจะมีสารอาหารหรือโภชนะเหล่านี้อยู่เกือบครบถ้วน นอกจากว่าจะมีสารชนิดใดมากหรือน้อยเป็นพิเศษ ซึ่งเราสามารถตรวจสอบทางเคมี (พันทิพา พงษ์เฟียจันทร์, 2539)

สิ่งมีชีวิตทุกชนิดมีความต้องการสารอาหาร 5 ประเภท คือ โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต วิตามิน และแร่ธาตุ ซึ่งปริมาณความต้องการขึ้นอยู่กับชนิดของสัตว์ ขนาด อายุ ระบบการเลี้ยง อุณหภูมิ และสิ่งแวดล้อม สารอาหารแต่ละชนิดมีความสำคัญ ดังนี้

1.โปรตีน

ความสำคัญของโปรตีน

จากการรายงานของ พันทิพา พงษ์เพียรจันทร์ (2535) พบว่า โปรตีนมีบทบาทการทำงานหรือทำหน้าที่หลายอย่างในร่างกาย ได้แก่

1. เป็นส่วนประกอบหรือเป็นโครงสร้างที่สำคัญของร่างกาย เช่น อยู่ในรูปของกล้ามเนื้อ เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน ผิวหนัง ขน ผม กีบสัตว์ เล็บ เขา จะงอยปาก เอ็น ฯลฯ

2. เป็นส่วนประกอบในเลือด ได้แก่ โปรตีนที่ชื่อ albumin และ globulin จะช่วยรักษา homeostasis กำหนดเกี่ยวกับ osmotic perssue เป็นแหล่งที่ให้กรดอะมิโน

3. นอกจากนี้ยังมีโปรตีนอื่น ๆ อีกหลายตัว เช่น fibrinogen, thromboplastin และโปรตีนตัวอื่น ๆ โปรตีนเหล่านี้จะทำให้เม็ดเลือดแข็งตัว (blood clotting)

4. ในเลือดจะมีพวก conjugated protein คือ homoglobin เป็นตัวช่วยนำออกซิเจนไปยังเซลล์ของสัตว์ โปรตีนตัวนี้จัดเป็น protein metalo หมายถึง โปรตีนที่รวมตัวกับโลหะ เช่น เหล็ก ส่วน lipoprotein จะช่วยลำเลียงพวกไวตามินที่ละลายในไขมัน และสารพวก fatty metabolite ตัวอื่น ๆ (สารประกอบไขมันที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการ metabolism) liproprotein มักจะพบใน cell membrane เนื่องจากเป็นโครงสร้างที่จำเป็นมาก ส่วน conjugated protein ตัวอื่น ๆ ที่พบทั่วไปในร่างกายสัตว์ คือ nucleoproteins, glycoproteins และ enzyme ในไข่แดง จะมี phosphoprotein ที่ชื่อ Vitelline ประกอบอยู่

โปรตีนมีหน้าที่แตกต่างกันหลายอย่างในร่างกายสัตว์ โดยส่วนใหญ่จะเป็นส่วนประกอบของ cell membrane ในกล้ามเนื้อ และพวกที่ทำหน้าที่เป็นตัวยึด เช่น ผิวหนัง ผม กีบ เขา นอกจากนี้ พวก blood plasma proteins, enzyme, hormones และ immune antibodies ต่างก็ทำหน้าที่สำคัญในร่างกาย ถึงแม้ว่าโปรตีนเหล่านี้จะไม่เป็นส่วนประกอบของโปรตีนทั่วร่างกายก็ตาม

ประเภทของกรดอะมิโน

ในการแบ่งประเภทของกรดอะมิโน ได้มีผู้แบ่งไว้หลาย ๆ แบบ แต่ที่นิยมใช้กันมากที่สุดคือ แบ่งตามลักษณะของความจำเป็น หรือความต้องการมากน้อย สำหรับสัตว์ ตามหลักโภชนาศาสตร์ทั่ว ๆ ไป ผู้ที่ทำการแบ่งแบบนี้ คือ Almquist (1975) อ้างโดย พันทิพา พงษ์เพียจันทร์, (2535)

1. Non essential acids (NEAA) หรือ dispensable amino acid หมายถึง กรดอะมิโนที่ร่างกายสัตว์สร้างเองได้โดยอาศัย essential amino acid หรือ nitrogen จากแหล่งอื่นมาสังเคราะห์ สำหรับการสังเคราะห์นี้ ในสัตว์เคี้ยวเอื้องจะอาศัยพวกจุลินทรีย์ช่วยสังเคราะห์ แต่ในสัตว์กระเพาะเดี่ยวจะอาศัยกระบวนการ metabolism ภายในร่างกายของสัตว์เอง กรดอะมิโนเหล่านี้ ได้แก่ alanine, glutamic acid, hydroxy glutamic acid, aspartic acid, serine, proline, hydroxyproline, citrulline, norleucine

2. Semiessential amino acids (SEAA) หรือ Partly dispensable amino acid กรดอะมิโนกลุ่มนี้ แต่เดิมเคยถูกจัดเป็น NEAA แต่ต่อมาภายหลัง พบว่า สามารถใช้แทน EAA บางตัวได้ จึงถูกจัดแยกออกมาเป็น SEAA ในการใช้แทน EAA บางตัวได้เป็นบางส่วนนั้น ประการแรกเนื่องจากในการสร้าง NEAA ของร่างกายสัตว์บางตัว ต้องอาศัยการเปลี่ยน EAA ไปเป็น NEAA ดังนั้น ถ้าหากให้สัตว์ได้รับ NEAA ชนิดนั้นเลย ก็สามารถลดความต้องการ EAA ในส่วนที่จะนำไปเปลี่ยนเป็น NEAA ได้ ทั้งนี้เพราะ methionine บางส่วน ร่างกายจะนำไปสร้างเป็น cystine โดยทั่ว ๆ ไป cystine สามารถใช้แทน methionine ได้ประมาณ 1/6 ของความต้องการ methionine ของร่างกาย โดยไม่มีผลกระทบกระเทือนต่อการเจริญเติบโตของสัตว์ แสดงว่า 1/6 ของ methionine ที่ร่างกายต้องการนั้น จะถูกนำไปสร้างเป็น NEEA cystine

กรณีของ tyrosine (NEAA) ก็เช่นเดียวกัน สามารถใช้แทน phenylalanine ได้ประมาณ 50 % ของความต้องการ phenylalanine (EAA)

อีกประการหนึ่งที่มีการจำแนก SEAA ขึ้นมา เพราะบางครั้งร่างกายสัตว์ไม่สามารถสร้าง NEAA ขึ้นมาได้ทันกับความต้องการในระยะการเจริญเติบโต ทำให้ร่างกายขาด NEAA แต่เพียงชั่วคราว เมื่อร่างกายสร้างได้ทันหรือความต้องการของร่างกายในการใช้ NEAA ตัวนั้นลดลง สัตว์ก็จะไม่ขาดอีกต่อไป ฉะนั้น จะจัดเป็น NEAA อย่างแท้จริงไม่ได้ จึงต้องแยกเป็นพวก SEAA เช่น glycine ปกติเป็น NEAA แต่ในบางครั้งสัตว์จะแสดงอาการขาด เพราะร่างกายสร้างได้ไม่ทัน ดังนั้น glycine จึงจัดเป็น SEAA และในเวลาเดียวกัน การสร้าง glycine ต้องอาศัยสร้างจาก serine

กรดอะมิโนมีผลต่อคุณภาพของโปรตีน หากขาดกรดอะมิโนชนิดที่จำเป็นตัวใดตัวหนึ่งจะมีผลทำให้การสร้างโปรตีนในร่างกายหยุดลง โปรตีนบางส่วนเท่านั้นที่สามารถใช้เพื่อการเจริญเติบโต โปรตีนส่วนที่เหลือจะถูกนำไปใช้เผาผลาญเพื่อผลิตพลังงาน ดังนั้นเราจึงจำเป็นต้องทราบความต้องการของกรดอะมิโนของปลา เพื่อที่จะสามารถเตรียมอาหารที่มีส่วนผสมของโปรตีนกับกรดอะมิโนที่ขาดนั้น ให้มีเพียงพอกับความต้องการของปลา (อมรรัตน์ เสริมวัฒนากุล และบุษกร บำรุงธรรม, 2543)

ความต้องการโปรตีน

สัตว์น้ำต้องการโปรตีนในอาหารมากเป็นอันดับหนึ่ง คือประมาณ 30 – 50 %ในอาหาร เพื่อใช้สำหรับการสร้างเนื้อ หนัง อวัยวะ หรือสร้างฮอร์โมน ภูมิต้านทาน และสารพันธุกรรม แต่ในความเป็นจริงแล้ว สัตว์น้ำไม่ได้ต้องการโปรตีน แต่มีความต้องการกรดอะมิโนที่อยู่ในโปรตีนเพื่อนำเอากรดอะมิโนเหล่านี้ไปสร้างเป็นโปรตีนในร่างกาย นั่นเอง สำหรับกรดอะมิโนที่สัตว์น้ำต้องการมีอยู่ประมาณ 20 ตัว ซึ่งแบ่งเป็น กรดอะมิโนที่จำเป็น และกรดอะมิโนที่ไม่จำเป็น ซึ่งจะกล่าวต่อไป สำหรับสัตว์น้ำ แต่ละชนิดจะมีความต้องการโปรตีนในปริมาณที่แตกต่างกัน ดังตารางที่ 2 และ 3

ตารางที่ 2 ความต้องการโปรตีนในอาหารของสัตว์น้ำชนิดต่าง ๆ

สัตว์น้ำ	ความต้องการโปรตีน (%)
ปลานิล	34 ± 8
ปลาไน	35 ± 2
ปลาสวาย	27 ± 2
ปลาดุกด้าน	30 ± 2
ปลาดุกลูกผสม	35 ± 5
ปลาช่อน	48 ± 5
ปลาจีน	27 ± 3
ปลานวลจันทร์ทะเล	40
ปลากะพงขาว	48 ± 2
กุ้งก้ามกราม	34 ± 5
กุ้งกุลาดำ	43 ± 7

ที่มา : วิมล จันทรโรทัย, 2537

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยของความต้องการกรดอะมิโนของสัตว์น้ำทั่วไป (ความต้องการของปลากินเนื้อ ปลากินพืช และปลาที่กินทั้งเนื้อและพืช

กรดอะมิโนที่จำเป็น	ปริมาณที่สัตว์น้ำต้องการ (%ของโปรตีน)
Phenylalanine	6.3
Valine	3.5
Threonine	3.1
Tryptophan	0.7
Isoleucine	2.8
Methionine	3.6
Histidine	1.9
Arginine	4.5
Leucine	4.0
Lysine	5.3

ที่มา : วิมล จันทรโรทัย 2537

ผลกระทบจากการที่ได้รับโปรตีนไม่เหมาะสม

กรณีที่สัตว์ได้รับโปรตีนไม่เพียงพอ อาจเนื่องจากอาหารมีพลังงานสูงเกินไป หรือ% โปรตีนในอาหารต่ำเกินไป สัตว์จะแสดงอาการขาดโปรตีน คือ เบื่ออาหาร อัตราการเจริญเติบโตลดลง ประสิทธิภาพของการใช้อาหารลดลง ความเข้มข้นของโปรตีนในซีรั่มลดลง และในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม พบว่า แม่จะผลิตน้ำนมได้น้อยลง และการผลิตฮอร์โมนและเอนไซม์บางตัวลดลง การขาดกรดอะมิโนที่จำเป็นบางตัวอาการทั่ว ๆ ไป ที่ปรากฏจะคล้าย ๆ กับที่กล่าวมา เพราะว่าการขาดกรดอะมิโนตัวใดตัวหนึ่งไปย่อมทำให้ไม่สามารถสังเคราะห์โปรตีนบางชนิดขึ้นมาได้ แต่ยังมีกรดอะมิโนบางตัวที่ขาดแล้วสัตว์จะแสดงอาการผิดปกติเฉพาะแบบขึ้นมา เช่น การขาด tryptophane จะทำให้ตาเป็นต้อกระจก ขาด threonine หรือ methionine จะเกิดอาการ fatty liver

(มีไขมันสะสมที่ตับ) ขาด lysine ทำให้ขนสัตว์สีผิดปกติ เป็นต้น (พันทิพา พงษ์เพียรจันทร์, 2535)

2.ไขมัน

ความสำคัญของไขมัน

ไขมันจัดเป็นสารอาหารที่ให้พลังงาน ปลาใช้ไขมัน เพื่อจุดประสงค์ 2 ประการ คือ ประการแรก เพื่อเป็นแหล่งของพลังงานสำหรับขบวนการเมตะบอลิซึ่ม และประการที่สองเพื่อรักษาโครงสร้างและความเป็นอันหนึ่งอันเดียวกันของฟอสโฟลิปิด ในการสร้างเซลล์เมมเบรน โดยไขมันที่เติมลงไปในอาหารจะเป็นสารที่ช่วยหล่อลื่นทำให้อัดเม็ดง่าย ลดความเป็นฝุ่นในอาหาร ลดการสึกหรอของเครื่องจักรและลดต้นทุนการอัดเม็ดอาหารด้วย (อมรรัตน์ เสริมวัฒนากุลและบุษกร บำรุงธรรม, 2543)

เวียง เชื้อโพธิ์หัก (2542) กล่าวว่าไขมันมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำหลายประการ ที่นับว่าสำคัญอาจแยกได้เป็นสามด้านคือ ด้านคุณค่าทางโภชนาการ ด้านบทบาทและหน้าที่ในร่างกาย และด้านบทบาทในกระบวนการผลิตอาหาร ดังนี้ คือ

1. คุณค่าทางโภชนาการ คือ

1.1 เป็นแหล่งของพลังงาน โดยที่ไขมัน 1 กรัม ให้พลังงาน 9 แคลอรี่ สูงกว่าพลังงานของโปรตีน และคาร์โบไฮเดรต ประมาณ 2.2 และ 2.5 เท่า ตามลำดับ

1.2 เป็นแหล่งของกรดไขมันที่ร่างกายสังเคราะห์ขึ้นเองไม่ได้ จำเป็นต้องได้รับจากอาหาร

1.3 เป็นแหล่งของวิตามินที่ละลายในไขมัน ได้แก่ วิตามินเอ ดี อี และเค

2. บทบาทและหน้าที่ในร่างกาย

2.1 ไขมันที่เกาะกับคาร์โบไฮเดรต (glycolipid) และไขมันที่มีฟอสฟอรัสรวมอยู่ด้วย (phosphoglyceride, phospholipid) เป็นองค์ประกอบหลักของเยื่อหุ้มเซลล์ผิวหนัง และเป็นส่วนประกอบของเซลล์ตับ หัวใจ สมอง และประสาท เป็นส่วนประกอบของยีนที่มีบทบาทในการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม เป็นส่วนประกอบของฮอร์โมนสเตอรอยด์ ที่ทำหน้าที่เป็นฮอร์โมนเพศ และควบคุมการลอกคราบในกุ้งและปู เป็นส่วนประกอบของโคเลสเตอรอลและน้ำดีช่วยให้การย่อยและการดูดซึมไขมันเป็นไปตามปกติ รวมทั้งเป็นส่วนประกอบของพรอสตาแกลนดิน (prostaglandin) ในสเปอร์ม

2.2 ไลโปโปรตีนทำหน้าที่สำคัญในกระบวนการใช้ประโยชน์จากอาหาร โดยขนส่งไขมันไปยังส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย

2.3 ไขมันที่สะสมใต้ผิวหนังสัตว์ ช่วยปกป้องร่างกายภายในจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างกระทันหัน ไขมันที่สะสมรอบอวัยวะภายในช่วยยึดอวัยวะให้อยู่ในตำแหน่ง รวมทั้งป้องกันการกระทบกระแทกจากภายนอก และระหว่างอวัยวะด้วยกันเอง นอกจากนั้น ปริมาณของไขมันที่สะสมในร่างกาย ยังบ่งบอกถึงความสมดุลย์ระหว่างการกินและการใช้ไขมัน ตัวอย่างเช่น ในคน ในภาวะสมดุลย์ ควรพบไขมันในร่างกาย ผู้ชายประมาณ 15 % และผู้หญิง ประมาณ 18 – 20 %

3. บทบาทในกระบวนการผลิตอาหาร

ไขมันมีประโยชน์หลายอย่าง ในกระบวนการผลิตอาหารสัตว์น้ำ กล่าวคือ เป็นสื่อความร้อน ช่วยเพิ่มความชวนกินให้กับอาหาร เป็นตัวหล่อลื่น ช่วยลดแรงเสียดทานระหว่างอาหารกับเครื่องจักร ระหว่างการผลิต และช่วยให้อาหารที่ผลิตได้มีลักษณะนุ่ม รวมทั้งเป็นอีมัลซิไฟเออร์ (emulsifier) ช่วยให้อาหารที่มีไขมันและน้ำเป็นส่วนผสมรวมตัวเป็นเนื้อเดียวกัน หลักการนี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการพัฒนาอาหารสัตว์น้ำได้หลายทาง โดยเฉพาะการพัฒนาอาหารขนาดเล็ก (microparticulate diet) สำหรับใช้ในการอนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อนแทนอาหารมีชีวิต

ประเภทของไขมัน

ประเทือง เชาว์วันกลาง (2536) รายงานว่าไขมันแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. Simple lipids เช่น น้ำมัน ไขมัน และขี้ผึ้ง
2. Compound lipids ได้แก่

2.1.Phospholipids เป็นสารไขมันที่มีกรดฟอสฟอริค และสารประกอบพวกไนโตรเจนอยู่ในโมเลกุลด้วย

2.2.Glycolipids เป็นสารไขมันที่คาร์โบไฮเดรตและสารไนโตรเจนอยู่ในโมเลกุลด้วย

2.3.สารไขมันที่มีสารอื่นปะปนอยู่ด้วย

3.Derived lipids เป็นสารที่ได้จากการแตกตัวของ Lipids ทั้งสองประเภท ได้แก่ กรดไขมัน (fatty acids) กลีเซอรอล (glycerines) สารสเตอรอยด์ (steroids) ฯลฯ

ปัจจุบันมีหลักฐานแสดงว่า การบริโภคอาหารที่มีไขมันสูง โดยเฉพาะไขมันที่มาจากสัตว์เป็นสาเหตุที่ทำให้คอเลสเตอรอลในเลือดสูงผิดปกติ และอาจจะทำให้เกิดโรคหลอดเลือดตีบ

ตันได้ การบริโภคน้ำมันพืช (ยกเว้นน้ำมันมะพร้าว) จะช่วยลดคอเลสเตอรอลในเลือดได้ (อำนวย 2525 อ้างโดย ประเทือง เชาว์วันกลาง (2536)

โดยทั่วไปแล้ว โครงสร้างของโมเลกุลของไขมันประกอบด้วย 2 ส่วนคือ กลีเซอรอล และกรดไขมัน (อมรรัตน์ เสริมวัฒนากุล และบุษกร บำรุงธรรม, 2543) ดังนั้นสมบัติของไขมันจึงขึ้นอยู่กับกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในไขมันนั้น ๆ โดยแบ่งออกได้เป็น

1.กรดไขมันอิ่มตัว (Saturated) พบมากในไขมันสัตว์ และน้ำมันพืชบางชนิดโดยเฉพาะน้ำมันมะพร้าว และน้ำมันปาล์ม น้ำมันกลุ่มนี้ได้มีการนำมาใช้ผสมอาหารสัตว์เช่นกัน ซึ่งส่วนใหญ่มักนิยมใช้ น้ำมันไก่ น้ำมันหมู แต่ไม่ควรใส่มากเกินไป เพราะจะทำให้ปลาอ้วนได้

2.กรดไขมันไม่อิ่มตัว (Unsaturated) กรดไขมันในกลุ่มนี้มีความสำคัญต่อโภชนาการของปลามาก โดยเฉพาะอย่างยิ่ง คือ กรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง (Polyunsaturated fatty acid (PUFA)) หรือ เรียกอีกอย่างว่า Highly unsaturated fatty acid (HUFA) กรดไขมันกลุ่มนี้จัดเป็นกรดไขมันที่จำเป็น เนื่องจากปลาไม่สามารถสังเคราะห์ได้เองจากกรดไขมันชนิดอื่น และต้องได้รับจากอาหารเท่านั้น จากการทดลองเกี่ยวกับความต้องการกรดไขมันชนิดจำเป็น ปรากฏว่าปลาต้องการกรดไขมันชนิด โอเมกา – 3 หรือ ลิโนเลนิก ในขณะที่สัตว์เลือดอุ่นมีความต้องการกรดไขมันชนิด โอเมกา – 6 หรือ ลิโนเลอิก และสำหรับปลาทะเลจะมีความต้องการ โอเมกา – 3 มากกว่าปลาน้ำจืด

กรดไขมัน ลิโนเลอิก พบมากในน้ำมันพืช เช่น น้ำมันข้าวโพดมี 58 % น้ำมันเมล็ดฝ้ายมี 51 % น้ำมันถั่วเหลืองมี 51 % น้ำมันดอกทานตะวันมี 65 % ของปริมาณไขมันทั้งหมด ส่วนน้ำมันที่ได้จากปลาทะเล จะพบว่ามี กรดไขมัน ลิโนเลนิกมากกว่า กรดไขมัน ลิโนเลอิก ดังนั้นในการผลิตอาหารปลาจึงจำเป็นที่จะต้องใส่ทั้งน้ำมันพืชและน้ำมันปลา เพราะจะทำให้อาหารที่ผลิตขึ้นมีปริมาณของกรดไขมัน ครบถ้วนตามโภชนาการ

ตารางที่ 4 กรดไขมันที่พบจากพืชและสัตว์ (%)

กรดไขมัน	วัตถุดิบอาหาร				
	น้ำมันหมู	น้ำมันถั่วเหลือง	น้ำมันถั่วลิสง	น้ำมันรำข้าว	น้ำมันมะพร้าว
ไมริสติก	1.3	-	-	0.3	18.0
ปาล์มิติก	28.3	12.0	6.0	17.6	11.0
เสตียริก	11.9	22.0	5.0	2.1	6.0
อาราชิโดนิก	-	-	2.0	3.0	-
โอลีอิก	47.5	24.0	61.0	40.3	7.0
ไลโนลีอิก	6.0	54.0	22.0	32.1	2.0
ไลโนลีนิก	-	8.0	-	1.4	-
ลอริก	-	-	-	-	48.0
อื่น ๆ	5.0	-	6.0	5.2	12.0

ที่มา : เวียง เชื้อโพธิ์หัก (2528) อ้างโดย อิทธิพร จันทร์เพ็ญ (2532)

ความต้องการไขมัน

สารจำเป็นที่มาจากไขมัน ได้แก่ กรดไขมันที่จำเป็นและกรดไขมันที่ไม่จำเป็น ซึ่งกล่าวแล้วในเบื้องต้น ซึ่งทั้งสองมีความสำคัญในการเป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์และช่วยในการลำเลียงวิตามินบางชนิดไปสู่ส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย นอกจากนี้สารที่มาจากไขมัน ได้แก่ ฟอสโฟลิปิด และคลอเรสเตอรอล ก็จัดว่ามีความสำคัญเช่นกัน เนื่องจากฟอสโฟลิปิด ทำหน้าที่เป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์และช่วยลำเลียงกรดไขมันไปสู่ส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย และคลอเรสเตอรอลก็จะมีความจำเป็นต่อสัตว์น้ำจำพวก กุ้งและปู เพราะสัตว์น้ำเหล่านี้สังเคราะห์สารตัวนี้ไม่ได้ ส่วนปลาสามารถสังเคราะห์สารตัวนี้ได้ คลอเรสเตอรอลเป็นสารที่จำเป็นต่อการสร้างน้ำดี ฮอร์โมนเพศ ฮอร์โมนลอกคราบ และจำเป็นต่อการสร้างเซลล์ใหม่ของร่างกาย (วิมล จันทรโรทัย, 2537) ปริมาณสารที่จำเป็นที่มาจากไขมันที่สัตว์น้ำชนิดต่าง ๆ ต้องการ ได้แสดงไว้ในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ความต้องการสารอาหารในกลุ่มไขมันของสัตว์น้ำ (%ของอาหาร)

ชนิดของสัตว์น้ำ	ชนิดของสารอาหารในกลุ่มไขมัน			
	กรดไขมันที่จำเป็น		ฟอสโฟลิปิด	คลอเรสเตอรอล
	โอเมกา-3	โอเมกา-6		
ปลานิล	-	1.0	0.05	-
ปลาน้ำจืดทั่วไป	1.0	1.0	0.05	-
ปลาทะเลและน้ำกร่อย	1.0	-	3.0	-
กุ้งน้ำจืด	0.75	-	-	0.5
กุ้งทะเล	1.0	-	3.0	0.5

ที่มา : วิมล จันทรโรทัย (2537)

ผลกระทบจากการที่ได้รับไขมันไม่เหมาะสม

สัตว์ที่ขาดไขมันจะแสดงอาการ เบื่ออาหาร น้ำหนักลด ขนร่วง ผิวหนังแตกตกสะเก็ด เกิดแผลเนื้อตายขึ้นรอบ ๆ คอและบ่า สัตว์อ่อนแอลง (พันทิพา พงษ์เพียรจันทร์, 2535 : 114)

สำหรับสัตว์ที่ได้รับไขมันในปริมาณมากเกินไป ก็จะมีผลทำให้อ้วนอย่างรวดเร็ว พร้อม ๆ กับการสะสมไขมันในร่างกายมากเกินไป เป็นสาเหตุให้สัตว์น้ำมีการเคลื่อนไหวที่ช้าลง อัตราการทำงานในร่างกายต่ำลง การใช้พลังงานและอัตราการกินอาหารน้อยลง จนในที่สุดจะมีผลทำให้สัตว์น้ำผอมลง นอกจากนี้การสะสมไขมันในร่างกายในปริมาณที่มากเกินไป ก็จะทำให้เกิดภาวะไตรกลีเซอไรด์ และโคเลสเตอรอลในเลือดสูง (Furuichi and Yone, 1981 อ้างโดย เวียง 2542) ส่วนสัตว์ที่ได้รับไขมันในอาหารในปริมาณน้อยเกินไป ก็จะได้รับพลังงานและกรดไขมันชนิดที่จำเป็นน้อยตามไปด้วย ดังนั้นจึงต้องมีการหาพลังงานจากแหล่งอื่นมาเสริม นั่นคือ การสลายโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตจากอาหาร รวมทั้งการสลายไขมันที่มีการสะสมในร่างกาย มีผลทำให้สัตว์ไม่โต เนื่องจากไม่มีโปรตีนเหลือเพียงพอเพื่อการเจริญเติบโต สุดท้ายสัตว์ก็จะผอมและมีน้ำหนักลดลง

3.คาร์โบไฮเดรต

คาร์โบไฮเดรตส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นในพืชที่มีกระบวนการสังเคราะห์แสง โดยพลังงานจากดวงอาทิตย์จะถูกจับโดยสารคลอโรฟิลล์ในพืช และมีการใช้กาซคาร์บอนไดออกไซด์ร่วมกับน้ำแล้วเปลี่ยนเป็นพลังงานทางเคมี ก่อให้เกิดสารอาหารกลูโคส และกาซออกซิเจน ซึ่งจะถูกเก็บสะสมอยู่ในพืชในรูปของพลังงานที่ราก หัว และเมล็ดของพืช สำหรับคาร์โบไฮเดรตที่พบในสัตว์จะอยู่ในรูปของกลูโคสและไกลโคเจน โดยจะพบมากที่เนื้อเยื่อต่าง ๆ และตับ

ความสำคัญของคาร์โบไฮเดรต

คาร์โบไฮเดรตจัดเป็นสารอาหารกลุ่มที่ให้พลังงาน ที่มีราคาถูก นอกจากนี้ยังสามารถหาได้ง่าย จึงนิยมที่จะใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตอาหารสัตว์ อาหารสัตว์ที่มีส่วนผสมของคาร์โบไฮเดรต จะมีผลทำให้มีรสหวาน และมีลักษณะที่ชวนกิน ซึ่งนับได้ว่าคาร์โบไฮเดรตมีบทบาทและหน้าที่สำคัญในร่างกายของสัตว์น้ำ ได้แก่

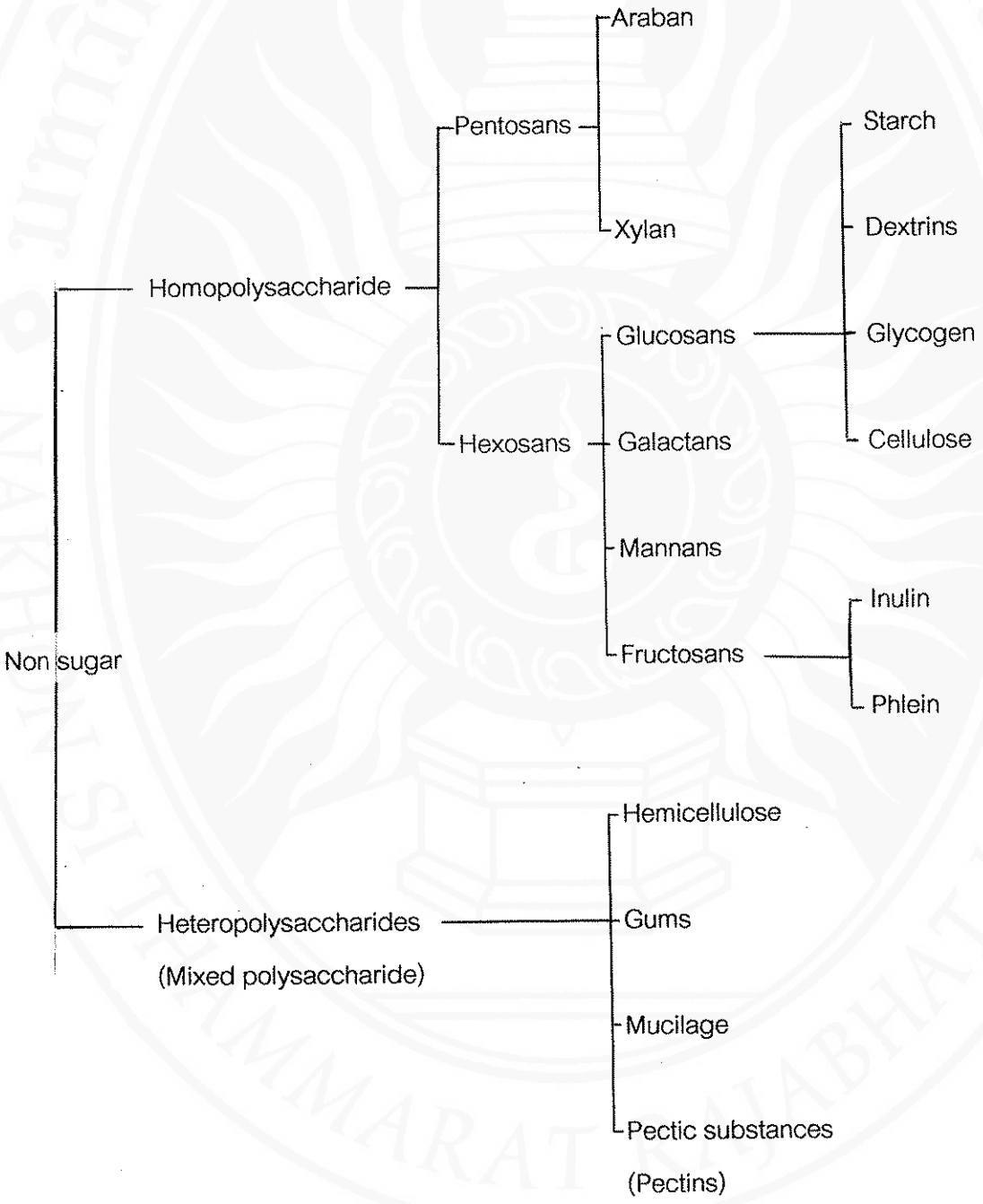
1. เป็นส่วนประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์ และเนื้อเยื่อตามอวัยวะที่สำคัญต่าง ๆ ของร่างกาย เช่น น้ำหล่อลื่นลูกตา แก้วตา กระดูก เกล็ด เปลือกหุ้มลำตัว ตับ ผนังของเส้นเลือดใหญ่ สมอง และใยประสาท เป็นต้น

2. เป็นส่วนประกอบของสารเคมีในร่างกาย เช่น กรดดีออกซีไรโบนิวคลีอิก ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ไรโบเฟลวินทำหน้าที่ร่วมกับเอนไซม์ที่สำคัญหลายชนิด ไกลโคโปรตีน เป็นองค์ประกอบของสารที่สำคัญ เช่น ไฟบริโนเจน และอิมมูโนโกลบูลิน ซึ่งไฟบริโนเจน ช่วยทำให้เลือดเกิดการแข็งตัวเมื่อมีการเกิดบาดแผล ส่วนอิมมูโนโกลบิน เป็นสารต้านทานโรคและบอกหมู่เลือดในเม็ดเลือดแดง นอกจากนี้ไกลโคโปรตีนยังเป็นส่วนประกอบของฮอร์โมนบางอย่าง เช่น ฮอร์โมนกระตุ้นต่อมธัยรอยด์ และเอนไซม์บางชนิด เช่น เปปซิน รวมทั้งสารเมือกจากต่อมน้ำลาย กระเพาะและแก้วตา

3. เป็นแหล่งอาหารและพลังงาน ในรูปของแป้งและไกลโคเจน ซึ่งทั้งสองชนิดนี้จะถูกสลายและเผาผลาญเป็นพลังงานเมื่อสัตว์ต้องการ โดยคาร์โบไฮเดรต 1 กรัม ให้พลังงาน 3.5 แคลอรี่

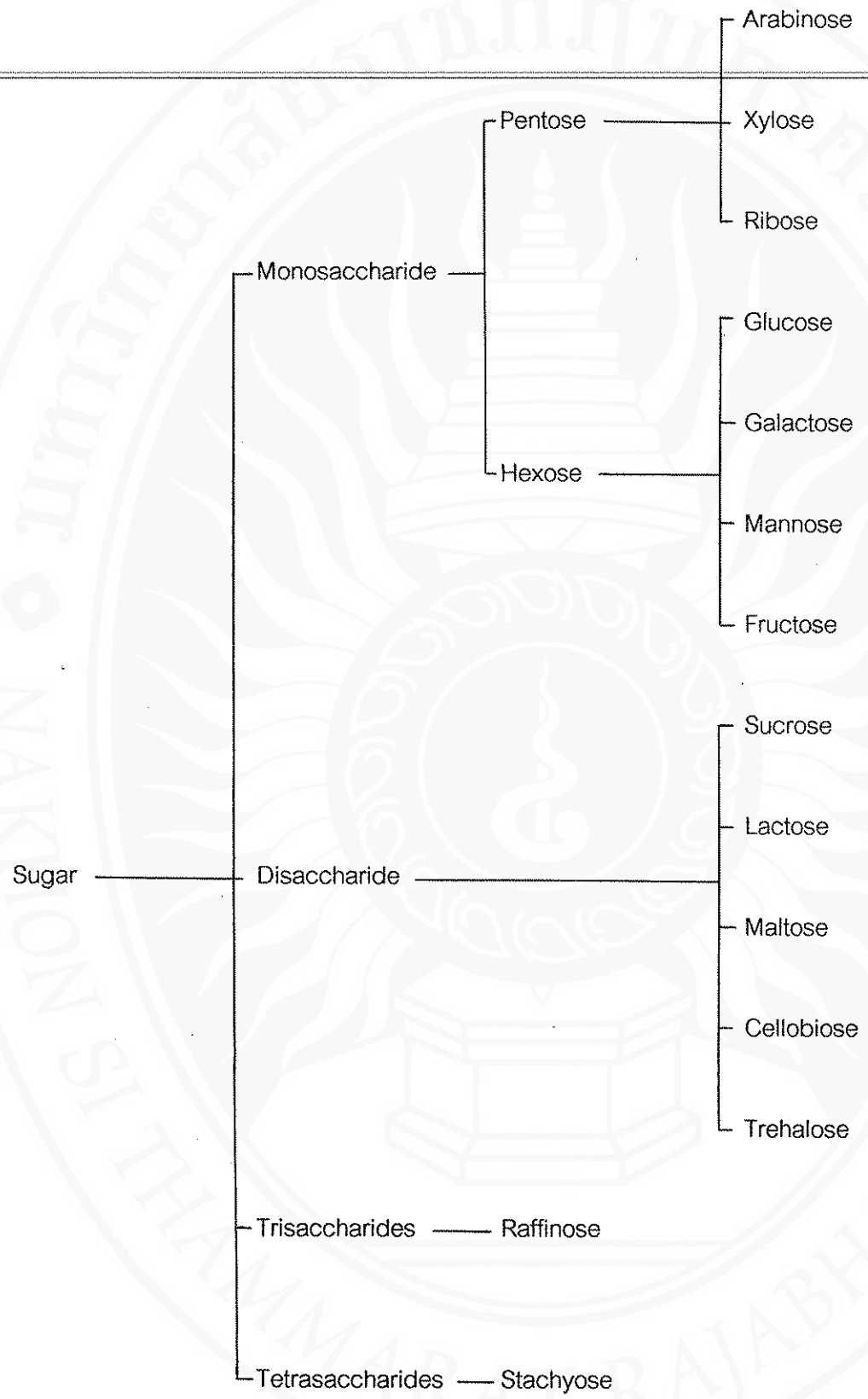
ประเภทของคาร์โบไฮเดรต

คาร์โบไฮเดรตแบ่งออกเป็น 2 พวกใหญ่ ๆ ตามคุณสมบัติทางฟิสิกส์ และเคมี คือ พวกที่ไม่ใช่น้ำตาล (Non-sugars) และพวกที่เป็นน้ำตาล (Sugar) (ภาพที่ 1 และ 2)



ภาพที่ 1 การจำแนกคาร์โบไฮเดรตชนิดที่ไม่ใช่น้ำตาล

ที่มา : พันทิพา พงษ์เพียร์จันทร์ (2535)



ภาพที่ 2 การจำแนกคาร์โบไฮเดรตกลุ่มน้ำตาล

ที่มา : พันทิพา พงษ์เพียจันทร์ (2535)

สำหรับคาร์โบไฮเดรตที่นับว่ามีความจำเป็นและความสำคัญสำหรับสัตว์ ได้แก่

1. กลูโคส (glucose) มักพบในพืช และในเลือดของสัตว์
2. ฟรุกโตส (fructose)เป็นน้ำตาลผลไม้ พบว่าอยู่ในรูปอิสระในผลไม้หรือน้ำผึ้ง
3. กาแลกโตส (galactose) พบมากในนมของสัตว์
4. ซูโคส (sucose) เป็นน้ำตาลที่บริโภคกันอยู่ทุกวันนี้ น้ำตาลชนิดนี้เมื่อผ่านการย่อยแล้วจะได้น้ำตาลกลูโคส และฟรุกโตส
5. แลคโตส (lactose) พบในนมและน้ำตาลจากสัตว์ ซึ่งเมื่อผ่านการย่อยจะได้น้ำตาลกลูโคสและกาแลคโตส
6. มอลโตส (maltose) พบอยู่ในพืชและสัตว์ ซึ่งเมื่อผ่านการย่อยจะได้น้ำตาลกลูโคส
7. แป้ง (starch) พวกปลากินพืชสามารถใช้ประโยชน์จากพวกแป้งได้ดีกว่าปลากินเนื้อหรือปลากินเนื้อและพืช แป้งในสภาพที่ดิบจะย่อยยากกว่าแป้งที่สุก
8. ไกลโคเจน (glycogen) เป็นรูปของคาร์โบไฮเดรตที่สลับซับซ้อน พบในร่างกายของสัตว์ โดยจะเก็บสะสมที่ตับและที่กล้ามเนื้อ โดยไกลโคเจนทำหน้าที่เป็นที่สะสมพลังงานอย่างชั่วคราวในร่างกายสัตว์
9. เซลลูโลส (cellulose) คือสารที่เป็นโครงสร้างของพืช เมื่อถูกย่อยสลายจะได้น้ำตาลกลูโคส พวกเอนไซม์ในร่างกายไม่สามารถย่อยเซลลูโลสได้ เซลลูโลสเป็นประโยชน์ต่อสัตว์ได้ต้องอาศัยจุลินทรีย์ในการช่วยย่อย

ความต้องการคาร์โบไฮเดรต

คาร์โบไฮเดรตที่ใช้เป็นอาหารสัตว์น้ำส่วนใหญ่คือแป้ง ซึ่งปกติจะพบในพืช เช่น ข้าว ข้าวโพด และจากพืชหัว เช่น มันสำปะหลัง เป็นต้น นอกจากนี้ยังพบในใบของพืชด้วย แต่พบในปริมาณที่น้อยมาก ซึ่งพืชจะเก็บสะสมในรูปของแป้งและน้ำตาล สำหรับในสัตว์ พบว่าคาร์โบไฮเดรตมักจะถูกเก็บสะสมอยู่ในรูปของไกลโคเจน โดยพบมากที่อวัยวะภายใน เช่น ตับ นอกจากนี้ยังสามารถพบได้ในกล้ามเนื้อ แต่ในทางปฏิบัติจริงเราไม่สามารถตรวจวิเคราะห์ปริมาณของไกลโคเจนในตับหรือกล้ามเนื้อได้ เนื่องจากเมื่อสัตว์ตายลงไป ก็จะมีการสลายไกลโคเจนด้วย ดังนั้นจึงมีผลทำให้มีการตรวจสอบไม่พบสารคาร์โบไฮเดรตในเนื้อสัตว์

สัตว์น้ำแต่ละชนิดมีความต้องการคาร์โบไฮเดรตในปริมาณที่แตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความสามารถในการย่อยคาร์โบไฮเดรตของสัตว์น้ำแต่ละชนิด สำหรับการศึกษาถึงความต้องการคาร์โบไฮเดรตก็ยังไม่ได้มีการกำหนดแน่ชัดว่าสัตว์น้ำชนิดใดต้องการคาร์โบไฮเดรตในปริมาณเท่าใด

ผลกระทบจากการที่ได้รับคาร์โบไฮเดรตไม่เหมาะสม

จากการทดลองในปลา พบว่า หากปลาได้รับอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตมากเกินไป จะมีผลทำให้มีไกลโคเจน สะสมอยู่ในตับของปลามาก และถ้าพบไกลโคเจนสะสมอยู่เกินกว่า 12 % ของน้ำหนักตับ ปลาจะมีอาการเป็นโรคตับ และถ้ามีมากถึง 16 % จะทำให้ปลาตายได้ นอกจากนี้แล้วปริมาณของคาร์โบไฮเดรตจะมีผลต่อการผลิตอาหารสัตว์ด้วย ซึ่งถ้ามีคาร์โบไฮเดรตในอาหาร 30 – 40 % จะทำให้อาหารมีการยึดเกาะตัวกันดีขึ้น (มะลิ บุณยรัตผลิน, 2530 อ้างโดย อิทธิพร จันทร์เพ็ญ, 2532)

4.แร่ธาตุ

ความสำคัญของแร่ธาตุ

แร่ธาตุจัดเป็นสารอาหารที่สัตว์ต้องการในปริมาณน้อย แต่ร่างกายจะขาดไม่ได้ เนื่องจากแร่ธาตุมีความจำเป็นต่อการดำรงชีพ การเจริญเติบโต และการดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ในร่างกายให้เป็นไปโดยปกติ สัตว์น้ำโดยเฉพาะอย่างยิ่ง ปลา จะได้รับแร่ธาตุโดยตรงจากน้ำที่ซึมผ่านทางเหงือก หรือจากอาหารที่กินเข้าไป การดูดซึมแร่ธาตุ จะมีส่วนช่วยในกระบวนการปรับสมดุลย์ในร่างกาย และภายนอกร่างกายให้เป็นไปตามปกติ นอกจากนี้แร่ธาตุยังมีประโยชน์ต่อร่างกายในแง่ของโภชนาการอีกด้วย

ตารางที่ 6 หน้าที่ของแร่ธาตุชนิดต่าง ๆ ที่สัตว์น้ำต้องการ

ชนิดของแร่ธาตุ	หน้าที่หลัก	แหล่งที่พบ
แคลเซี่ยม	สร้างกระดูก	น้ำ อาหารโดยอาศัยวิตามินดี ช่วยดูดซึมผ่านผนังเซลล์
ฟอสฟอรัส	สร้างกระดูก	ปลาป่น
แมกนีเซี่ยม	สร้างกระดูก	พืชสีเขียว ถั่ว
เหล็ก	องค์ประกอบของเม็ดเลือดแดง	เครื่องในสัตว์ ไรแดง ผลไม้
ไอโอดีน	ป้องกันคอหอยพอก	อาหารทะเลทุกชนิด
สังกะสี	เป็นองค์ประกอบของเอนไซม์ย่อยโปรตีนและคาร์โบไฮเดรต	เครื่องในสัตว์
ทองแดง	จำเป็นต่อการสร้างเม็ดเลือดแดง	ตับปลา โกโก้ ผลไม้เปลือกแข็ง
แมงกานีส	องค์ประกอบของเลือดกุ้ง และปู	
โคบอลท์	องค์ประกอบของเอนไซม์ย่อยโปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต	ใบชา โกโก้ ข้าว ข้าวโอ๊ต
	จำเป็นต่อการสร้างวิตามิน บี 12	ข้าวสาลี ตับ จุลินทรีย์บางชนิด เบียร์

ที่มา : วิมล จันทรโรทัย (2537)

ศูนย์วิทยบริการ สถาบันราชภัฏนครศรีธรรมราช
ว
639.0855
ก114ก
2544
116690

ประเภทของแร่ธาตุ

แร่ธาตุที่ปลาต้องการแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม (ภาณุ เทวรัตน์มณีกุลและคณะ 2539) ดังนี้

1. กลุ่มแร่ธาตุหลัก หมายถึง แร่ธาตุที่ร่างกายต้องการในปริมาณมาก จำเป็นต้องใส่ลงในอาหารเพื่อให้เพียงพอกับความต้องการของร่างกาย มี 7 ชนิด คือ แคลเซี่ยม (Ca), ฟอสฟอรัส (P), แมกนีเซี่ยม (Mg), โซเดียม (Na), โปตัสเซี่ยม (K), คลอไรด์ (Cl) และกำมะถัน (S)

2. กลุ่มแร่ธาตุรอง หมายถึง แร่ธาตุที่ร่างกายต้องการในปริมาณน้อยมาก จะมีอยู่แล้วในอาหาร มี 7 ชนิด คือ เหล็ก (Fe), ทองแดง (Cu), แมงกานีส (Mn), สังกะสี (Zn), ซิลิเนียม (Se), ไอโอดีน (I) และ โคบอล (Co)

ความต้องการแร่ธาตุ

การศึกษาเกี่ยวกับความต้องการแร่ธาตุของปลา มีผู้ทำการศึกษาไว้น้อยมาก เนื่องจากปลาสามารถดูดซึมแร่ธาตุจากน้ำไปใช้ได้ ดังนั้น ความต้องการแร่ธาตุของปลา หรือสัตว์น้ำชนิดอื่น จึงมีความแตกต่างกันตามสภาพแวดล้อมที่อาศัยอยู่

ตารางที่ 7 ปริมาณแร่ธาตุต่าง ๆ ที่สัตว์น้ำต้องการ

แร่ธาตุ	ปริมาณ
แคลเซี่ยม	0.3 – 0.5 %
ฟอสฟอรัส	0.6 %
แมกนีเซียม	0.04 – 0.05 %
เหล็ก	30 มิลลิกรัม / อาหาร 1 กิโลกรัม
ไอโอดีน	1 – 5 มิลลิกรัม / อาหาร 1 กิโลกรัม
เซลีเนียม	0.15 – 0.40 มิลลิกรัม / อาหาร 1 กิโลกรัม
สังกะสี	150 มิลลิกรัม / อาหาร 1 กิโลกรัม
ทองแดง	1.5 – 5.0 มิลลิกรัม / อาหาร 1 กิโลกรัม
แมงกานีส	12 มิลลิกรัม / อาหาร 1 กิโลกรัม
โคบอลท์	0.05 มิลลิกรัม / อาหาร 1 กิโลกรัม

ที่มา : วิมล จันทรโรทัย (2537)

ผลกระทบจากการที่ได้รับแร่ธาตุไม่เหมาะสม

เนื่องจากแร่ธาตุทำหน้าที่เป็นโครงสร้างของร่างกาย ช่วยควบคุมความเป็นกรดเป็นด่าง ช่วยรักษาสมดุลของน้ำในร่างกาย เป็นองค์ประกอบของเอนไซม์ ฮอร์โมน วิตามิน และสารสำคัญ เป็นตัวเร่งปฏิกริยาในร่างกาย ทำหน้าที่ส่งสัญญาณประสาทและช่วยควบคุมการยืดหดตัวของกล้ามเนื้อ ดังนั้นหากสัตว์ได้รับแร่ธาตุในปริมาณที่ไม่เหมาะสมก็จะมีผลกระทบต่อสัตว์น้ำโดยตรง ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 สรุปอาการขาดของแร่ธาตุในสัตว์น้ำ

ชนิดของแร่ธาตุ	อาการขาด
แคลเซี่ยม	การเจริญเติบโตช้า ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อและปริมาณเถ้าในกระดูกและเกล็ดต่ำ ในปลาเรนโบเทร้าท์ และปลากดหลวง และปลาหมอเทศ
ฟอสฟอรัส	การเจริญเติบโตช้า ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อและปริมาณเถ้าในกระดูกและเกล็ดต่ำ ในปลาเรนโบเทร้าท์ ปลาไน ปลาแซลมอน และปลานิล
แมกนีเซี่ยม	การเจริญเติบโตช้า เซลล์หรือเนื้อเยื่อขาดออกซิเจน เซื่องซึม กล้ามเนื้ออ่อนแอ อัตราการตายสูง และปริมาณแมกนีเซี่ยมในร่างกาย กระดูก และในเลือดต่ำ
เหล็ก	โลหิตจางในปลากดหลวง
ไอโอดีน	เซลล์ในต่อมธัยรอยด์เพิ่มจำนวน ทำให้ต่อมมีขนาดโตขึ้นหรือเรียกว่าอาการคอพอกในปลาหลายชนิด
สังกะสี	ปลาเบื่ออาหาร โตช้า ผิวหนังและครีบเป็นแผล อัตราการตายสูง ตามองไม่เห็น
ทองแดง	โลหิตจางในปลากดหลวง
แมงกานีส	การเจริญเติบโตช้า ในปลากดหลวงและปลาไน นอกจากนี้ในปลาเรนโบเทร้าท์มีลำตัวสั้นป้อม รูปร่างของส่วนหางผิดปกติ
โคบอลท์	ยังไม่มีรายงานอาการขาดในสัตว์น้ำ

ที่มา : เวียง เชื้อโพธิหัก (2542)

5. วิตามิน

ความสำคัญของวิตามิน

วิตามินจัดเป็นสารอาหารที่มีความจำเป็นต่อร่างกาย แต่ไม่ให้พลังงาน ร่างกายต้องการวิตามินเพื่อการดำรงชีพ การเจริญเติบโตหรือช่วยในการสืบพันธุ์ให้เป็นไปตามปกติ วิตามินบางชนิดร่างกายสามารถสังเคราะห์ขึ้นมาได้ แต่ก็ยังไม่เพียงพอต่อการดำรงชีวิต ดังนั้นสัตว์น้ำจึงต้องได้รับวิตามินจากภายนอกร่างกาย เพื่อให้ร่างกายสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ สำหรับหน้าที่หลักของวิตามินแต่ละชนิด ดังแสดงในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 หน้าที่หลักของวิตามินชนิดต่าง ๆ ในอาหารสัตว์น้ำ

วิตามิน	หน้าที่หลัก
วิตามินบีหนึ่ง	ร่วมในปฏิกริยาการสันดาปคาร์โบไฮเดรต
วิตามินบีสอง	ร่วมในปฏิกริยาการหายใจของเนื้อเยื่อที่เส้นเลือดไปเลี้ยงน้อย
วิตามินบีหก	ร่วมในปฏิกริยาการสันดาปโปรตีนให้เป็น ATP
กรดแพนโทธินิค	ร่วมในปฏิกริยาการสันดาปโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต สำหรับเนื้อเยื่อที่มีการหายใจสูง
ไนอาซิน	ร่วมในปฏิกริยาถ่ายอิเลคตรอน
ไบโอติน	ร่วมในปฏิกริยาถ่ายเทคาร์บอนไดออกไซด์
กรดโฟลิค	เกี่ยวกับการสร้างเม็ดเลือดแดง
วิตามินบีสิบสอง	เกี่ยวกับการสร้างเม็ดเลือดแดง
วิตามินซี	เกี่ยวกับการสร้างโปรตีนคอลลาเจน เม็ดเลือดแดง ภูมิคุ้มกัน
โคลีน	เป็นองค์ประกอบของเซลล์ ลำเลียงไขมัน
อินโนซิทอล	เป็นองค์ประกอบของเซลล์ กาวยึดเซลล์เข้าด้วยกัน
วิตามินเอ	จำเป็นต่อการมองเห็น
วิตามินดี	จำเป็นต่อการสร้างกระดูก
วิตามินอี	จำเป็นเพื่อคงสภาพของเซลล์เมมเบรน
วิตามินเค	จำเป็นต่อการแข็งตัวของเลือด

ที่มา : วิมล จันทรโรทัย (2537)

ประเภทของวิตามิน

ถ้าแบ่งวิตามินตามความสามารถของการละลายแล้ว เราสามารถแบ่งวิตามินออกเป็น 2 ประเภท ได้ดังนี้ (ภาณุ เทวรัตน์มณีกุล และคณะ 2539)

วิตามินพวกที่ละลายในไขมัน ได้แก่ วิตามินเอ ดี อี และเค วิตามินพวกนี้ไม่ละลายในน้ำ แต่ละลายในไขมัน วิตามินกลุ่มนี้ร่างกายจะดูดซึมไปใช้ได้ ก็ต่อเมื่ออาหารชนิดนั้นต้องมีไขมันเป็นองค์ประกอบอยู่เพียงพอ และวิตามินกลุ่มนี้สามารถสะสมไว้ตามไขมันในร่างกายได้

วิตามินพวกที่ละลายในน้ำ มี 2 กลุ่ม คือ

2.1 กลุ่มวิตามินบีรวม ซึ่งมี 8 ชนิด คือ

2.1.1 วิตามินบีหนึ่ง (Thiamin)

2.1.2 วิตามินบีสอง (Riaboflavin)

2.1.3 วิตามินบีหก (Pyridoxine)

2.1.4 วิตามินบีสิบสอง (Cyanocobalamin)

2.1.5 กรดแพนโทนีนิค (Panthotenic acid)

2.1.6 ไนอาซิน (Niacin)

2.1.7 ไบโอติน (Biotin)

2.1.8 กรดโฟลิค (Folic acid)

2.2 กลุ่มวิตามินหลัก เป็นกลุ่มวิตามินที่ปลาต้องการมากเกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโต มี 3 ชนิด คือ

2.2.1 อินโนซิทอล (Inosital)

2.2.2 โคลีน (Choline)

2.2.3 วิตามินซี (Ascorbic acid)

ความต้องการวิตามิน

วิตามินช่วยทำให้ร่างกายดำเนินกิจกรรมได้ตามปกติ สัตว์น้ำต้องการวิตามินแต่ละชนิดที่แตกต่างกันออกไป วิตามินที่ร่างกายสัตว์น้ำได้รับนอกจากจะได้จากอาหารธรรมชาติแล้วยังได้จากอาหารที่ผลิตขึ้นเพื่อใช้ในการเลี้ยงสัตว์น้ำ เนื่องจากวิตามินมีคุณสมบัติที่ละลายในน้ำและไขมันได้ดี ดังนั้นในการผลิตอาหารสัตว์น้ำจึงต้องมีการเติมวิตามินในปริมาณที่มากเกินความ

ต้องการของสัตว์น้ำด้วย เพื่อกันการสูญเสียระหว่างการผลิตและการเก็บรักษา นอกจากนี้วิตามินในระดับที่เหมาะสมจะช่วยป้องกันโรคเครียดในสัตว์น้ำ แต่ถ้าสัตว์น้ำได้รับวิตามินมากเกินความต้องการก็จะก่อให้เกิดโทษแก่สัตว์น้ำด้วย

ตารางที่ 10 ปริมาณวิตามินชนิดต่าง ๆ ที่แนะนำให้ใส่ในอาหารสัตว์น้ำ (มิลลิกรัม หรือ IU ต่อกิโลกรัมของอาหาร

วิตามิน	ปริมาณที่ใช้	ปริมาณที่เผื่อการสูญเสีย	ปริมาณที่ใช้เพื่อป้องกันความเครียด	ปริมาณสูงสุด
วิตามินบีหนึ่ง	13	25	35	10,000
วิตามินบีสอง	26	31	51	400
วิตามินบีหก	13	15	25	20,000
กรดแพนโทธินิค	52	61	101	800
ไนอาซิน	195	230	380	3,000
ไบโอติน	1	1.4	2.4	100
กรดโฟลิค	7	9	14	-
วิตามินบีสิบสอง	0.02	0.03	0.05	-
วิตามินซี	130	360	460	10,000
โคลีน	4,000	4,400	7,400	12,000
อินโนซิทอล	520	620	1,010	-
วิตามินเอ (IU)	3,250	5,375	8,625	25,000
วิตามินดี	2,340	3,042	5,382	18,000
วิตามินอี	39	46	76	3,000
วิตามินเค (มก.)	5	6	10	4,000

ที่มา : วิมล จันทรโรทัย (2537)

ผลกระทบจากการที่ได้รับวิตามินไม่เหมาะสม

วิตามินมีความจำเป็นต่อร่างกายของสัตว์ทุกชนิด ถึงแม้ว่าร่างกายต้องการในปริมาณน้อยแต่ก็ขาดไม่ได้ และสัตว์น้ำไม่สามารถสังเคราะห์วิตามินขึ้นเองได้ในร่างกาย จึงจำเป็นต้องได้รับจากอาหารเท่านั้น สำหรับสัตว์น้ำ อาการขาดวิตามินจะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่ออาหารที่ได้รับมีวิตามินที่ไม่เพียงพอแก่ความต้องการหรือเมื่อสภาพแวดล้อมเปลี่ยนแปลงไป ก็จะก่อให้เกิดความต้องการวิตามินที่เพิ่มขึ้นมากกว่าปกติ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วสภาพที่สัตว์น้ำขาดวิตามินจะปรากฏอาการเบื้องต้นที่คล้ายคลึงกันคือ เบื่ออาหาร ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อต่ำ โตช้า และมีสีตัวเข้ม และถ้าปล่อยให้สัตว์น้ำขาดวิตามินไปเรื่อย ๆ ก็จะปรากฏอาการเฉพาะสำหรับวิตามินนั้น ๆ

ตารางที่ 11 อาการขาดวิตามินต่าง ๆ ในสัตว์น้ำ

วิตามิน	อาการขาด
วิตามินบีหนึ่ง	ปลาตกใจง่าย เสียการทรงตัว ว่ายน้ำหมุนไปมา ช้ำเลือดที่ฐานครีบและตับอักเสบ
วิตามินบีสอง	ตาดำขุ่นมัว ลำตัวสั้นป้อมและมีสีดำ ผิวหนังแห้ง ช้ำเลือดที่ฐานครีบ และตับอักเสบ
วิตามินบีหก	ตกใจง่าย เสียการทรงตัว ว่ายน้ำหมุนไปมา กล้ามเนื้อชักกระตุก ผิวหนังเป็นมันสีน้ำเงินแกมเขียว บวมน้ำ ลูกตายื่นโป่งจากเบ้าตา และเป็นแผลที่ผิวหนัง
กรดแพนโทธินิค	ซี่เหงือกเชื่อมติดกันเป็นแผ่น กระพุ้งเหงือกบวมพอง เซลล์และเนื้อเยื่อขาดออกซิเจนในปลาแซลมอน เป็นแผลตามลำตัวและครีบ โตช้า
ไนอาซิน	เป็นแผลที่ผิวหนังและครีบ ขากรรไกรหดสั้น ลูกตายื่นโป่งจากเบ้าตา โลหิตจาง และรอดตายต่ำ สีตัวดำเข้ม ผิวหนังไหม้เกรียมและเป็นแผลในลำไส้ครีบขาดแหว่ง

วิตามิน	อาการขาด
ไบโอติน	ตกใจง่าย สีตัวซีดและโตช้า ขี่เหงือกสั้นกุด ตับโตและสีซีด การสร้างไกลโคเจนและกรดไขมันในตับผิดปกติ ไกลโคเจนสะสมในไต เซลล์หลั่งน้ำย่อยในตับอ่อนเสื่อมสภาพ
กรดโฟลิค	โลหิตจาง และเหงือกซีด เม็ดเลือดแดงใหญ่ในเลือด ไต ตับ และเหงือก
วิตามินบีสิบสอง	เม็ดเลือดแดงแตกง่าย และโลหิตจาง โตช้ากว่าปกติ
วิตามินซี	กระดูกสันหลังคดงอ เลือดออกที่ผิวหนังและในช่องท้อง ครีบขาดแหว่ง ขี่เหงือกสั้นกุด แผลหายช้า และติดเชื้อแบคทีเรียง่าย
โคลีน	ตัวและตับมีไขมันมาก เลือดออกในไตและลำไส้ และลำไส้มีสีเทาอ่อน
อินโนซิทอล	ตับมีไตรกลีเซอไรด์และโคเลสเตอรอลสูง แต่ฟอสโฟไลปิดต่ำ โลหิตจาง ครีบขาดแหว่ง อาหารเดินทางช้าและโตช้า
วิตามินเอ	เยื่อหุ้มตาอยู่ผิดตำแหน่งและพองโต ตาดำแห้งและขุ่นมองไม่เห็น กระพุ้งเหงือกบิดเบี้ยว ของเหลวสะสมในช่องท้อง สีตัวซีด และโตช้า เลือดคั่งในตับ
วิตามินดี	
วิตามินอี	โตช้า ระดับของเถ้า แคลเซี่ยมและฟอสฟอรัสในร่างกายต่ำ กล้ามเนื้อชักกระตุก
วิตามินเค	กล้ามเนื้อลีบ ของเหลวสะสมใต้ผิวหนังและในช่องท้อง โลหิตจางชนิดเม็ดเลือดแดงใหญ่และเป็นหมันในปลา ตับมีไขมันมากและมีสำดำคล้ำ เลือดแข็งตัวช้า และไหลไม่หยุดเมื่อเกิดบากแผล

ที่มา : เวียง เชื้อโพธิ์หัก (2542)

วัตถุดิบในการผลิตอาหารสัตว์

วัตถุดิบในการผลิตอาหารแบ่งออกเป็นประเภทใหญ่ ๆ ได้ 4 ประเภท ดังนี้ คือ (สุโขทัยธรรมาธิราช, 2543)

วัตถุดิบที่เป็นแหล่งพลังงาน

วัตถุดิบที่เป็นแหล่งพลังงาน หมายถึง วัตถุดิบอาหารที่ใช้ผสมลงในสูตรอาหารเพื่อให้ระดับพลังงานในอาหารเพิ่มขึ้น หรือเพื่อให้สัตว์เลี้ยงได้รับพลังงานในระดับที่ต้องการ วัตถุดิบเหล่านี้ ได้แก่ เมล็ดธัญพืชต่าง ๆ และผลพลอยได้จากการสีเมล็ดธัญพืช รากและหัวพืชบางชนิด ไขมันและน้ำมัน ตลอดจนวัตถุดิบที่มีลักษณะเหลวบางชนิด เช่น กากน้ำตาล พลังงานที่ได้จากวัตถุดิบเหล่านี้ ส่วนใหญ่อยู่ในรูปของแป้ง น้ำตาล ไขมัน หรือน้ำมัน อย่างไรก็ตามวัตถุดิบที่เป็นแหล่งพลังงานก็ยังเป็นแหล่งของโภชนะชนิดอื่น ๆ อีก เช่น โปรตีน วิตามิน และแร่ธาตุ แต่มีในปริมาณน้อย ซึ่งวัตถุดิบที่เป็นแหล่งพลังงานจะมีระดับโปรตีนอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลางโดยทั่วไปต่ำกว่า 20 % ของวัตถุแห้ง สำหรับชนิดของวัตถุดิบที่เป็นแหล่งพลังงาน มีดังนี้

1.1. เมล็ดธัญพืช ลักษณะทางโภชนาการโดยทั่วไปจะมีองค์ประกอบทางเคมีที่ใกล้เคียงกัน ดังแสดงในตารางที่ 12 จึงเป็นการยากที่จะแยกชนิดของเมล็ดธัญพืชโดยอาศัยองค์ประกอบทางเคมี เมล็ดธัญพืชที่เป็นวัตถุดิบอาหารมีหลายชนิด เช่น ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ข้าวสาลี ข้าวจ้าว ข้าวบาร์เล่ย์ ข้าวโอ๊ต ฯลฯ แหล่งพลังงานในเมล็ดธัญพืชส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของเม็ดแป้งประมาณ 70 % ซึ่งเป็นส่วนของเอ็นโดสเปอร์ม ลักษณะของเม็ดแป้งจะมีรูปร่างและขนาดแตกต่างกันไปตามชนิดของเมล็ดธัญพืช และองค์ประกอบทางเคมีของแป้งในเมล็ดธัญพืชแต่ละชนิดจะแตกต่างกันโดยขึ้นอยู่กับสัดส่วนของอะไมโลส และอะไมโลเพกทิน ทำให้คุณภาพของแป้งแตกต่างกัน นอกจากนี้ในเมล็ดธัญพืชยังมีส่วนของไขมันและน้ำตาลที่เป็นแหล่งของพลังงานโดยปริมาณไขมันในเมล็ดธัญพืชแต่ละชนิด จะผันแปรแตกต่างกัน ตั้งแต่น้อยกว่า 1 % จนถึงมากกว่า 6 % ซึ่งเกือบทั้งหมดของไขมัน จะพบในส่วนของต้นอ่อนของเมล็ด สำหรับน้ำตาลในเมล็ดธัญพืชมีอยู่โดยเฉลี่ยประมาณ 6 – 10 % องค์ประกอบประเภทแป้ง ไขมัน และน้ำตาล เป็นแหล่งพลังงานที่ดี ในส่วนของโปรตีนที่มีอยู่ในเมล็ดธัญพืช ซึ่งอยู่ในปริมาณ ไม่เกิน 20 % ของวัตถุแห้ง มักประกอบไปด้วย กรดอะมิโนที่จำเป็นต่อสัตว์ เช่น ไลซีน เมไธโอนีน ทริปโตเฟน และธรีโอนีน เป็นต้น ในปริมาณต่ำ

1.2. รากและหัวพืช ลักษณะทางโภชนาการของวัตถุดิบอาหารชนิดนี้ส่วนใหญ่จะมีน้ำเป็นองค์ประกอบสูงประมาณ 75 – 90 % มีปริมาณเยื่อใยต่ำ ประมาณ 5 – 11 % ของวัตถุแห้ง และมีโปรตีนประมาณ 4 – 12 % ของวัตถุแห้ง ส่วนใหญ่วัตถุดิบเหล่านี้จะมีปริมาณธาตุแคลเซี่ยมและฟอสฟอรัสต่ำ แต่มีธาตุโพแทสเซี่ยมสูง มีคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้สูง วัตถุดิบเหล่านี้ ได้แก่ หัวมันสำปะหลัง และหัวมันเทศ เป็นต้น อย่างไรก็ตามรากและหัวพืชสดมักจะมีสารพิษ เช่น กรดไฮโดรไซยานิกในหัวมันสำปะหลัง หรือโซลานิน ในหัวมันเทศ การนำมาใช้เป็นอาหารสัตว์ จึงควรทำให้สุกหรือผ่านความร้อนก่อน ส่วนคุณภาพโปรตีนของวัตถุดิบเหล่านี้ต่ำ เพราะมีกรดอะมิโนที่จำเป็นสำหรับสัตว์ เช่น ไลซีน และเมไธโอนีน เป็นต้น ในปริมาณน้อย

ตารางที่12 วัตถุดิบอาหารประเภทเป็นแหล่งพลังงานในอาหารสัตว์น้ำ

วัตถุดิบ	ความชื้น	โปรตีน	ไขมัน	กาก	NFE*	เถ้า
ปลายข้าว	11.6	7.1	1.4	0.5	75.2	4.2
รำละเอียด	10.0	12.2	11.8	12.3	40.6	13.1
ข้าวโพด	11.2	9.4	0.2	0.8	77.2	1.2
ข้าวสาลี	12.1	12.0	1.7	2.5	70.0	1.7
รำข้าวสาลี	12.1	14.7	4.0	9.9	53.5	5.8
ข้าวฟ่าง	11.2	10.6	3.0	1.9	71.4	1.9
มันสำปะหลัง	13.5	2.2	0.5	3.0	75.8	5.0

ที่มา : วิมล จันทรโรทัย (2537)

NFE* = คาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำ

1.3. ไขมันและวัตถุดิบพลังงานชนิดอื่น

1.3.1. ไขมันและน้ำมัน เป็นวัตถุดิบที่นิยมใช้เติมในอาหารสัตว์ เนื่องจากเป็นแหล่งที่ให้พลังงานสูง และยังเป็นแหล่งของกรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกายสัตว์ ไขมันและน้ำมันเป็นแหล่งพลังงานที่ย่อยง่าย ซึ่งจะให้ค่าพลังงานสูงกว่าแป้งและน้ำตาลประมาณ 2.25 เท่า นอกจากนี้การเติมไขมันหรือน้ำมันในสูตรอาหารสัตว์จะช่วยปรับปรุงคุณภาพของอาหารให้ดีขึ้น เช่น ลดความเป็นฝุ่นของอาหาร เพิ่มความน่ากินของอาหาร ตลอดจนช่วยให้การดูดซึมสารอาหารที่ละลายได้ในไขมัน เช่น วิตามินเอ ดี อี และเค ดีขึ้น อย่างไรก็ตามการเติมไขมันในอาหารสัตว์ อาจมีผลทำให้ไขมันรวมตัวกับธาตุแคลเซี่ยม หรือแมกนีเซี่ยม หรือฟอสฟอรัส ในบริเวณกระเพาะอาหาร ทำให้การดูดซึมไปใช้ประโยชน์ของธาตุดังกล่าวลดน้อยลง ไขมันและน้ำมันมีทั้งที่มาจากพืชและจากสัตว์ โดยทั่วไปแล้ว น้ำมันพืชจะมีสัดส่วนของกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงกว่าไขมันสัตว์ และสัตว์สามารถย่อยไขมันจากพืชได้ดีกว่าไขมันจากสัตว์

น้ำมันจากสัตว์ จำแนกเป็นน้ำมันจากสัตว์บก ซึ่งเป็นไขมันอิ่มตัวเสียส่วนใหญ่ จึงใช้เพื่อเป็นแหล่งพลังงานเท่านั้น เพราะน้ำมันจากสัตว์บกมีกรดไขมันที่จำเป็นอยู่น้อยมาก น้ำมันจากสัตว์อีกประเภทหนึ่งคือ น้ำมันที่ได้จากสัตว์ทะเล เช่น น้ำมันปลา และน้ำมันปลาหมึก เป็นต้น น้ำมันจากสัตว์ทะเลให้ประโยชน์ทั้งในด้านให้พลังงาน ให้กรดไขมันที่จำเป็น และเป็นสารแต่งกลิ่นที่ช่วยทำให้สัตว์น้ำกินอาหารได้มากขึ้น โดยเฉลี่ยทั่วไป น้ำมันจากสัตว์ทะเล จะมีกรดไขมันที่จำเป็น คือ โอเมก้า 3 และโอเมก้า 6 ในปริมาณ 25 % และ 3 % ตามลำดับ ดังนั้น น้ำมันจากสัตว์ทะเล จึงเป็นแหล่งที่ให้กรดไขมัน โอเมก้า 3 ได้ดีที่สุด ส่วนน้ำมันจากพืช จำแนกเป็น น้ำมันจากพืชในตระกูลมะพร้าว หรือปาล์ม ซึ่งคล้ายกับน้ำมันจากสัตว์บก คือ ประกอบด้วยไขมันที่อิ่มตัวสูง จึงใช้เป็นแหล่งพลังงานเท่านั้น น้ำมันจากพืชอีกประเภทหนึ่งได้จากพืชชนิดอื่น ๆ นอกเหนือจากมะพร้าวและปาล์ม เช่น จากน้ำมันข้าวโพด น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันถั่วลิสง น้ำมันฝ้าย น้ำมันเมล็ดทานตะวัน เป็นต้น น้ำมันเหล่านี้นอกจากจะให้พลังงานแล้ว ยังให้กรดไขมันที่จำเป็นประเภท โอเมก้า 6 สูง เนื่องจากน้ำมันต่าง ๆ เหล่านี้มีสัดส่วนของกรดโอเมก้า 3 และโอเมก้า 6 ในปริมาณเฉลี่ย 3 % และ 50 % ตามลำดับ (วิมล จันทรโรทัย, 2537)

1.3.2. กากน้ำตาล เป็นแหล่งพลังงานอีกชนิดหนึ่งที่ใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ กากน้ำตาลเป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมผลิตน้ำตาลจากอ้อยและหัวบีท โดยทั่วไปกากน้ำตาลจะมีลักษณะเหลวข้นสีน้ำตาล มีความชื้นประมาณ 25 % และมีน้ำตาลไม่น้อยกว่า 46 % มีค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ 2.85 เมกะแคลอรี่ ต่อกิโลกรัม กากน้ำตาลจะมีโปรตีนผันแปรมาก โดยเฉลี่ยแล้วจะอยู่ประมาณ 4 % ของวัตถุแห้ง แต่ถ้ามีโปรตีน 8 – 15 % ของวัตถุแห้ง แสดงว่ามี

ธาตุโพแทสเซี่ยม แคลเซี่ยม คลอรีน และเกลือซัลเฟตสูง และเป็นแหล่งของแร่ธาตุปลีกย่อยที่ดี แต่มีวิตามินต่าง ๆ ต่ำ เนื่องจากกากน้ำตาล มีรสหวาน การเติมในอาหารสัตว์จึงช่วยให้อาหารสัตว์น่ากินขึ้น และช่วยลดความเป็นฝุ่นของอาหาร นอกจากนี้ยังใช้เป็นสารช่วยอัดเม็ด ในการอัดเม็ดอาหารได้ด้วย

วัตถุดิบที่เป็นแหล่งโปรตีน

วัตถุดิบที่เป็นแหล่งโปรตีน หมายถึง วัตถุดิบที่เติมลงในอาหารสัตว์ เพื่อเพิ่มระดับของโปรตีนในสูตรอาหารให้เพียงพอต่อความต้องการของสัตว์เลี้ยง โดยทั่วไปวัตถุดิบที่จัดเป็นแหล่งของโปรตีนมักจะมีโปรตีนมากกว่า 20 % ของวัตถุแห้ง แหล่งของวัตถุดิบเหล่านี้มีทั้งที่มาจากสัตว์ พืช และสารประกอบที่สังเคราะห์ขึ้น

2.1. โปรตีนจากพืช วัตถุดิบที่เป็นแหล่งโปรตีนจากพืช ส่วนใหญ่จะเป็นวัตถุดิบที่ได้จากเมล็ดพืชน้ำมันต่าง ๆ เช่น ถั่วเหลือง ถั่วลิสง เมล็ดฝ้าย เมล็ดทานตะวัน เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีผลพลอยได้จากพืชต่าง ๆ รวมทั้งใบพืชตระกูลถั่วด้วย

2.1.1. เมล็ดพืชน้ำมัน เป็นแหล่งโปรตีนจากพืชที่นิยมใช้ในสูตรอาหารสัตว์โดยส่วนใหญ่ จะใช้ในรูปของกากเมล็ดพืชน้ำมัน ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการสกัดน้ำมันพืช การเมล็ดพืชน้ำมันส่วนใหญ่จะมีโปรตีนมากกว่า 40 % ขึ้นไป สำหรับพลังงานที่มีในกากเมล็ดพืชน้ำมันจะมีความผันแปรมากทั้งนี้ขึ้นอยู่กับกระบวนการสกัดน้ำมัน ข้อน่าสังเกตคือ วัตถุดิบเหล่านี้มักจะมีธาตุแคลเซี่ยมต่ำ ธาตุฟอสฟอรัสสูง ประมาณ 50 % อยู่ในรูปของไฟติน ซึ่งสัตว์กระเพาะเดี่ยวนำไปใช้ประโยชน์ได้น้อย นอกจากนี้ยังมีปริมาณวิตามินบี แคโรทีน และวิตามินอี อยู่ในระดับต่ำ ลักษณะจำเพาะอีกประการหนึ่งของวัตถุดิบเหล่านี้คือ ส่วนใหญ่จะมีสารต่อต้านการใช้ประโยชน์ของโภชนะหรือมีสารพิษ หากกากเมล็ดพืชน้ำมันเหล่านี้ได้รับความร้อนไม่เพียงพอ

2.1.2. ผลพลอยได้จากพืชและใบพืช ผลพลอยได้จากพืชอื่น ๆ ที่เป็นแหล่งของโปรตีน ได้แก่ กากมะพร้าว กากเบียร์ การสาเหล้า กากเนื้อในเมล็ดปาล์ม คอร์นกลูเทน ฯลฯ ส่วนใบพืชที่เป็นแหล่งของโปรตีน ได้แก่ ใบพืชตระกูลถั่วต่าง ๆ เช่น ใบกระถิน ใบถั่วไมยรา และใบอัลฟัลฟา ฯลฯ ปริมาณโปรตีนจากแหล่งนี้จะมีความผันแปรสูงระหว่าง 20 – 30 % โดยปริมาณจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับกระบวนการผลิตและอายุของพืช โดยส่วนใหญ่แล้วคุณภาพของโปรตีนจากพืชจะด้อยกว่าโปรตีนที่มาจากสัตว์ เนื่องจากเป็นโปรตีนที่มีปริมาณกรดอะมิโน ไลซีน และเมไธโอนีน ต่ำ นอกจากนี้วัตถุดิบเหล่านี้ส่วนใหญ่มักจะมีปริมาณเยื่อใยสูง จึงเป็นข้อจำกัดในการใช้ในสูตรอาหารสำหรับเลี้ยงสัตว์

2.2. โปรตีนจากสัตว์ วัตถุดิบที่เป็นแหล่งโปรตีนที่มาจากสัตว์ โดยทั่วไปแล้วจะมีคุณภาพของโปรตีนดีกว่าวัตถุดิบที่เป็นแหล่งโปรตีนที่มาจากพืช เนื่องจากมีองค์ประกอบของกรดอะมิโนที่จำเป็นในปริมาณที่ใกล้เคียงกับความต้องการของสัตว์ อย่างไรก็ตาม ปริมาณและคุณภาพโปรตีนของวัตถุดิบที่เป็นแหล่งโปรตีนที่มาจากสัตว์ จะผันแปร ขึ้นอยู่กับแหล่งที่มาของวัตถุดิบและกระบวนการผลิต วัตถุดิบต่าง ๆ เหล่านี้มีหลายชนิด เช่น ปลาป่น เนื้อและกระดูกป่น เลือดป่น ขนไก่ป่น นมผง และหางนมผง ฯลฯ ปริมาณโปรตีนที่มาจากสัตว์จะผันแปรระหว่าง 25 – 85 % ของวัตถุแห้ง และส่วนใหญ่จะมีปริมาณกรดอะมิโนไลซีนและเมไธโอนีน สูง

2.3. สารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน สารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน มีทั้งในรูปที่เป็นอินทรียสาร ได้แก่ แอมโมเนีย ยูเรีย อะมีน กรดอะมิโนบางชนิด และในรูปที่เป็นอนินทรียสาร ได้แก่ แอมโมเนียมคลอไรด์ และแอมโมเนียมซัลเฟต ยูเรียเป็นวัตถุดิบที่นิยมใช้เป็นแหล่งของโปรตีนในอาหารสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง เนื่องจากจะลินทรีย์ในกระเพาะหมักสามารถเปลี่ยนยูเรียให้เป็นโปรตีนของเซลล์จุลินทรีย์ ซึ่งสัตว์สามารถใช้โปรตีนจากเซลล์จุลินทรีย์อีกทอดหนึ่ง แต่ในสัตว์กระเพาะเดี่ยวไม่สามารถใช้ยูเรียเป็นแหล่งของโปรตีนได้ อย่างไรก็ตามการใช้ยูเรียเป็นแหล่งโปรตีนในสัตว์เคี้ยวเอื้องมีข้อจำกัด โดยทั่วไปสามารถใช้ยูเรียทดแทนจำนวนไนโตรเจนในอาหารได้ไม่เกิน 1 ใน 3 ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในอาหาร หรือไม่เกิน 3 % ของอาหารข้นหรือ 1 % ของวัตถุแห้งทั้งหมดในสูตรอาหาร อาจกล่าวได้ว่า ยูเรียเป็นแหล่งวัตถุดิบโปรตีนที่เป็นแหล่งของโปรตีนเพียงอย่างเดียว โดยไม่มีโภชนะอื่น ๆ

2.4. โปรตีนอื่น ๆ

2.4.1. โปรตีนเซลล์เดียว ได้แก่ สาหร่ายเซลล์เดียว ยีสต์ และแบคทีเรีย นับวันจะทวีความสำคัญยิ่งขึ้นในการนำมาใช้เป็นอาหารสัตว์ เนื่องจากการขาดแคลนอาหารโปรตีนของมนุษย์ทั่วโลกรุนแรงขึ้นเรื่อย ๆ ตามจำนวนประชากรโลกที่เพิ่มขึ้น จึงมีความต้องการบริโภคโปรตีนจากธรรมชาติมากขึ้น โปรตีนเซลล์เดียวเหล่านี้สามารถเพาะเลี้ยงขึ้นได้จากน้ำทิ้งและของเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ โดยเฉพาะโรงงานอุตสาหกรรมอาหาร เช่น โรงงานแป้ง โรงงานน้ำตาล โรงงานขนมปัง ฯลฯ รวมทั้งน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกร คุณภาพของโปรตีนอาจเทียบได้กับโปรตีนในกากถั่วเหลือง เมื่อใช้ในสูตรอาหารสุกรที่มีเมล็ดธัญพืชเป็นหลัก ส่วนใหญ่มีปริมาณโปรตีนค่อนข้างสูง เช่น สาหร่ายเซลล์เดียวและแบคทีเรีย มีโปรตีนประมาณ 40 – 80 % ของวัตถุแห้ง

2.4.2. กรดอะมิโนสังเคราะห์ ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน ได้แก่ ไลซีนและเมไธโอนีน ซึ่งส่วนใหญ่ใช้ในอาหารสุกรและสัตว์ปีก เนื่องจากกรดอะมิโนทั้งสองชนิดนี้เป็น

กรดอะมิโนที่จำเป็นลำดับแรก ๆ ที่สัตว์มีความต้องการในปริมาณสูง โดยที่สัตว์ไม่สามารถสังเคราะห์ขึ้นได้เองในร่างกาย และในวัตถุดิบอาหารสัตว์ทั่วไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเมล็ดธัญพืชมักมีปริมาณไลซีนค่อนข้างต่ำ แม้ว่าอาหารสัตว์บางชนิดมีโปรตีนรวมตามมาตรฐานความต้องการของสัตว์แล้ว ก็มักจะมีปัญหาขาดกรดอะมิโนดังกล่าว กรดอะมิโนสังเคราะห์แต่ละชนิดจะให้โภชนะเพียงอย่างเดียวตามที่ผู้ผลิตสังเคราะห์ขึ้น

ตารางที่ 13 วัตถุดิบอาหารประเภทเป็นแหล่งโปรตีนในอาหารสัตว์น้ำ

วัตถุดิบ	ความชื้น	โปรตีน	ไขมัน	กาก	NFE	เถ้า
ปลาป่น	9.7	55.0	6.0	2.4	3.3	24.6
ปลาสด	67.5	18.0	13.0	-	-	1.5
เลือดป่น	10.4	81.5	1.0	0.7	1.6	4.8
ขนไก่ป่น	8.1	84.2	2.8	1.0	0.5	3.4
เนื้อและกระดูกป่น	7.4	49.1	10.3	2.6	0.7	29.9
กุ้งป่น	10.0	40.6	2.6	14.2	2.6	30.0
เศษไก่ป่น	6.5	57.5	15.0	2.3	3.1	15.6
ไส้ไก่	73.7	13.9	11.2	-	-	1.2
ปลาหมึกป่น	8.1	74.8	8.8	-	4.9	3.4
ปูป่น	6.5	31.0	2.1	10.6	13.7	36.1
โปรตีนข้าวโพดเข้มข้น	9.9	45.8	2.7	3.7	34.7	3.2
กากถั่วเหลือง	11.8	46.9	1.3	6.5	25.1	8.4
กากถั่วลิสง	7.0	48.0	5.8	7.0	27.1	5.1
กากเมล็ดฝ้าย	9.8	41.7	1.5	11.3	28.8	6.9
กากมะพร้าวอัด	8.5	20.8	6.3	12.0	45.4	7.0
กากเมล็ดงา	8.0	40.4	10.6	6.4	24.2	10.4
กากองุ่น	8.1	34.1	7.9	12.8	30.6	6.5
ใบกระถินป่น	10.0	23.9	2.9	9.4	49.5	3.2

ที่มา : วิมล จันทรโรทัย (2537)

วัตถุดิบที่เป็นแหล่งวิตามิน

โดยทั่วไปวัตถุดิบอาหารสัตว์แทบทุกชนิด มักจะมีวิตามินต่าง ๆ อยู่ในปริมาณที่มากน้อยแตกต่างกันไป ไม่ว่าจะเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มาจากพืชหรือสัตว์ อย่างไรก็ตามวิตามินเหล่านี้จะถูกทำลายได้ง่ายเนื่องจากถูกความร้อนในกระบวนการผลิตและการเก็บรักษา ดังนั้นในการประกอบสูตรอาหารสัตว์ จึงจำเป็นต้องเสริมวิตามินเพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการของสัตว์และให้เพียงพอต่อการถูกทำลายในช่วงกระบวนการผลิตและการเก็บรักษาในรูปของพรีมิกซ์ โดยเฉพาะในการประกอบสูตรอาหารสัตว์กระเพาะเดี่ยว เช่น สุกรและสัตว์ปีก ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในรูปผลึกหรือผง และมีระดับความเข้มข้นของวิตามินสูงแตกต่างไปตามองค์ประกอบของสารเคมีและวัตถุประสงค์การผลิต

วิตามินส่วนใหญ่มักจะถูกทำลายด้วยความร้อน แสงสว่าง หรือสัมผัสกับอากาศ แร่ธาตุบางชนิด ก็เป็นตัวเร่งให้วิตามินเสื่อมสลายเร็วขึ้น การเก็บรักษาวิตามินจึงควรเก็บไว้ในที่เย็น ไม่ถูกแสงสว่างหรือแสงแดด และไม่ควรให้สัมผัสกับอากาศหรือแร่ธาตุต่าง ๆ ดังนั้น วิตามินที่ผลิตโดยบริษัทหรือโรงงานจึงมักจะอยู่ในรูปผงหรือผลึกที่เคลือบด้วยเจลาติน วุ้น น้ำตาล หรือแป้ง เพื่อให้สามารถเก็บรักษาวิตามินให้คงสภาพอยู่ได้นาน

วัตถุดิบที่เป็นแหล่งแร่ธาตุ

ถึงแม้ว่าสัตว์จะมีความต้องการแร่ธาตุชนิดต่าง ๆ ในปริมาณน้อยก็ตาม แต่ก็มีความสำคัญและจำเป็นต่อการดำรงชีพและการให้ผลผลิตของสัตว์ วัตถุดิบอาหารสัตว์โดยทั่วไป ไม่ว่าจะเป็นวัตถุดิบที่เป็นแหล่งของพลังงานหรือโปรตีน มักจะมีแร่ธาตุที่จำเป็นต่อสัตว์อยู่จำนวนหนึ่ง จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบ อย่างไรก็ตาม เมื่อนำวัตถุดิบเหล่านี้มาประกอบเป็นอาหารใช้เลี้ยงสัตว์มักจะปรากฏว่ามีแร่ธาตุที่จำเป็นบางชนิดไม่เพียงพอต่อความต้องการของสัตว์ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องเสริมแร่ธาตุต่าง ๆ แร่ธาตุที่เติมลงในอาหารสัตว์ มักอยู่ในรูปของเกลือต่าง ๆ ซึ่งมีทั้งแร่ธาตุหลัก ได้แก่ แคลเซียม ฟอสฟอรัส แมกนีเซียม โพแทสเซียม โซเดียม คลอรีน และกำมะถัน และแร่ธาตุปลีกย่อย ได้แก่ โคบอลต์ ทองแดง ไอโอดีน เหล็ก แมงกานีส ซีลีเนียม และสังกะสี ซึ่งวัตถุดิบหรือสารประกอบของเกลือต่าง ๆ จะมีปริมาณแร่ธาตุมากน้อยแตกต่างกันไป

สำหรับวิตามินและแร่ธาตุที่ใช้เป็นส่วนผสมของอาหารมักอยู่ในรูปสารประกอบเคมี ซึ่งมีปริมาณของวิตามินและเกลือแร่แปรผันตั้งแต่ 1 – 100 % เนื่องจากสารในกลุ่มนี้โดยเฉพาะวิตามินมีอัตราการสูญสลายหรือเสื่อมคุณภาพจากการสัมผัสกับปัจจัยต่าง ๆ สูง จึงต้องอยู่ในรูป

สารประกอบที่ทำให้วิตามินเหล่านั้นมีความคงตัวดีขึ้น และเนื่องจากวิตามินและแร่ธาตุเป็นสารที่ใช้ในปริมาณน้อยมากในสูตรอาหาร จึงทำให้เกิดปัญหาในการผสมอาหารให้วิตามินและแร่ธาตุกระจายตัวได้ทั่วถึงในทุก ๆ ส่วน ดังนั้นจึงไม่นิยมผสมวิตามินและแร่ธาติแต่ละตัวลงในอาหารโดยตรง วิตามินและแร่ธาตุจึงมักถูกผสมไว้ก่อนล่วงหน้ากับสื่อบางชนิด เช่น กากถั่วเหลือง รำ แกลบบด หรือหินปูน แล้วเรียกสารผสมเหล่านี้ว่า " สารผสมล่วงหน้า " บางครั้งอาจเรียกว่า " อาหารเสริม " แล้วจึงนำสารผสมล่วงหน้าสำหรับใช้ในการทำอาหารสัตว์น้ำควรเป็นสารผสมล่วงหน้าที่ทำขึ้นเพื่อสัตว์น้ำโดยตรง แต่ในบางท้องที่ที่หาซื้อสารผสมล่วงหน้าสำหรับสัตว์น้ำไม่ได้ ก็อาจใช้สารผสมล่วงหน้าที่ทำขึ้นเพื่อผสมอาหารหมูหรืออาหารไก่ก็ได้ อย่างไรก็ตามในสารผสมล่วงหน้าสำหรับสัตว์บก มักจะมีวิตามินดีสูงเกินไป และอาจไม่มีวิตามินซีในส่วนผสม (วิมล จันทรโรทัย, 2537) หรือจะเตรียมสารผสมล่วงหน้าขึ้นเองก็ได้ โดยใช้สารประกอบดังตารางที่ 14 และ 15

ตารางที่ 14 ส่วนประกอบของวิตามินในอาหารปริมาณ 1 กิโลกรัม

ชนิด	ปริมาณ	หน่วย
วิตามินเอ	4,000	IU
วิตามินดี 3	2,000	IU
วิตามินอี	500	IU
วิตามินเค	10	มก.
ไทอะมีน	20	มก.
ไรโบเฟลวิน	20	มก.
ไพริดอกซิน	20	มก.
กรดเพนโทเทนิค	200	มก.
ไนอะซีน	2	มก.
ไบโอติน	2	มก.
วิตามินบี 12	0.02	มก.
กรดโฟลิค	5	มก.

ที่มา : นฤมล อัศวเกศมณี (2539)

ตารางที่ 15 ส่วนประกอบแร่ธาตุในอาหารปริมาณ 1 กิโลกรัม

ชนิด	ปริมาณ	หน่วย
แมกนีเซียมคลอไรด์ ($MgCl_2$)	196	ก.
เฟอรัสซัลเฟต ($FeSo_4.7H_2O$)	14.9	ก.
คอบเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4.5H_2O$)	1.96	ก.
ซิงค์ซัลเฟต ($ZnSO_4.7H_2O$)	8.81	ก.
แมงกานีสซัลเฟต ($MnSO_4.H_2O$)	0.74	ก.
เนเทรี่ยมซิลินัท – เบนตาไฮเดรต ($Na_2SeO_3.5H_2O$)	0.083	ก.

ที่มา : นฤมล อัศวเกศมณี (2539)

วิมล จันทรโรทัย (2537) รายงานว่าในการผลิตอาหารปลายังจำเป็นต้องใช้สารเสริมคุณภาพของอาหารเพื่อวัตถุประสงค์อื่น ๆ ที่ไม่ใช่เพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของอาหาร ถึงแม้ว่าบางครั้งสารที่ใช้เพื่อวัตถุประสงค์เหล่านี้ จะมีคุณค่าอาหารในตัวของมันอยู่ก็ตาม สารในกลุ่มนี้ได้แก่ สารที่ใช้เป็นตัวประสานอาหารให้มีความคงทนในน้ำสูง ใช้เป็นสารแต่งกลิ่นอาหาร เพื่อดึงดูดให้สัตว์น้ำกินอาหารมากขึ้น ใช้เป็นสารกันหืนและกันรา

สารประสานอาหารหรือที่รู้จักในชื่อ บายเดอร์ เป็นสารที่ช่วยทำให้อาหารมีความคงทนในน้ำได้นาน การใช้บายเดอร์จึงจำเป็นอย่างยิ่งในการทำอาหารสำหรับสัตว์น้ำที่กินอาหารอย่างช้า ๆ เช่น กุ้ง บายเดอร์สามารถแบ่งออกเป็น 3 ชนิดใหญ่ ๆ คือ เป็นสารพวกโปรตีน สารพวกคาร์โบไฮเดรต และสารสังเคราะห์หรือสารธรรมชาติที่ไม่มีคุณค่าทางอาหาร ชนิดและปริมาณการใช้สารต่าง ๆ เหล่านี้ได้เสนอไว้ในตารางที่ 16

สารแต่งกลิ่นอาหาร เป็นสารที่ช่วยเพิ่มกลิ่นและรสของอาหารให้มีความน่ากินมากขึ้น สัตว์น้ำต่างจากสัตว์บกในเรื่องการรับกลิ่นอาหาร เนื่องจากสัตว์บก ได้กลิ่นที่ไปในอากาศ ส่วนสัตว์น้ำกลิ่นต้องไปกับน้ำ กลิ่นในอาหารที่สัตว์น้ำชอบมักเป็นกลิ่นที่มีในอาหารธรรมชาติของมัน เช่น ปลาที่กินเนื้อเป็นอาหาร จะชอบกลิ่นของเนื้อ ซึ่งเป็นสารเคมีประเภทกรดอะมิโน จากการ

ศึกษาพบว่า กลิ่นจากวัสดุอาหารต่อไปนี้ มีส่วนกระตุ้นให้สัตว์น้ำอยากกินอาหารมากขึ้น กลิ่นดังกล่าวได้จากกลิ่นปลา กลิ่นหอย กลิ่นกุ้ง กลิ่นปลาหมึก กลิ่นปู กลิ่นหนอน น้ำมันปลา น้ำมันปลาหมึก ตับวัวป่น ผงชูรส และกรดอะมิโนบีเทน เป็นต้น

สารกันหืนและกันรา ความหืนของ อาหาร เกิดขึ้นจากไขมันในอาหารเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและการที่อาหารขึ้นรา ก็เพราะอาหารนั้นมีความชื้นสูงเกิน 12 % ดังนั้นเพื่อป้องกันไม่ให้คุณค่าของอาหารเสียไป ในการทำอาหารจึงมักเติมสารเคมีเพื่อกันหืนและกันราในอาหารนั้นด้วย สารเคมีที่ใช้ป้องกันความหืนที่นิยมใช้ ได้แก่ บีเอชที และบีเอชเอ ซึ่งใช้ในอัตรา 0.20 % ส่วนสารกันราที่ใช้กันมาก ได้แก่ กรดโพพิโอนิก ซึ่งใช้ในอัตรา 0.3 %

ตารางที่ 16 สารประสานอาหารหรือบายเดอร์ที่ใช้ในการผสมอาหารสัตว์น้ำ

บายเดอร์โปรตีน (%ที่ใช้)	บายเดอร์คาร์โบไฮเดรต (%ที่ใช้)	บายเดอร์สังเคราะห์และธรรมชาติ (%ที่ใช้)
โปรตีนข้นหรือกลูเต้น (3-10%) นม (10%) เจลลาติน (2-5%) โปรตีนละลายจากปลา(5-8%) เลือด (2%) ไข่ขาว (5-10%) คอลลาเจน (1%) หางนมผง (2%)	ไลอะเจล (3-12%) แป้งข้าวโพด (30%) ข้าวสาลี (20%) ข้าวจ้าว (20-30%) แป้งสุก (10%) กากน้ำตาล (2-4%)	บาสฟิน (1%) ลิกโนซัลโฟเนต (3%) ซี เอ็ม ซี (5%) เบนโทไนท์ (3%) ยางมันสำปะหลัง (5%) อะควาบายด์ (2%) กัวกัม (2%)

ที่มา : วิมล จันทรโรทัย (2537)

เนื่องจากสัตว์น้ำมีระบบการย่อยได้ไม่ดีเท่าสัตว์บก ดังนั้นในการใช้วัตถุดิบอาหารสำหรับสัตว์น้ำต้องมีปริมาณที่จำกัดในการใช้สำหรับวัตถุดิบแต่ละชนิด ดังตารางที่ 17

ตารางที่ 17 ค่าเฉลี่ยและค่าสูงสุด (ในวงเล็บ) ของวัตถุดิบอาหารที่ใช้ในการทำอาหารสัตว์น้ำสำหรับสัตว์น้ำแต่ละชนิด

วัตถุดิบอาหาร	ปลากินเนื้อ	ปลากินพืช	กุ้งทะเล	กุ้งน้ำจืด
ปลาป่นหรือปลาสด	ไม่จำกัด	ไม่จำกัด	ไม่จำกัด	ไม่จำกัด
เนื้อและกระดูกป่น	10 (20)	10 (25)	7 (15)	9 (20)
เลือดป่น	7.5 (10)	3 (10)	6(10)	6 (10)
เศษไก่ป่น	5 (15)	7 (20)	- (15)	- (20)
ปลาหมึกป่น	ไม่จำกัด	ไม่จำกัด	25 (ไม่จำกัด)	11 (ไม่จำกัด)
กุ้งป่น	10 (25)	7 (25)	23 (ไม่จำกัด)	20 (ไม่จำกัด)
ขนไก่ป่น	5 (15)	5 (20)	- (15)	- (20)
กากถั่วเหลือง	42 (35)	35 (40)	- (20)	- (30)
กากถั่วลิสง	10 (15)	20 (25)	7 (15)	13 (25)
กากองุ่น	15 (20)	20 (25)	- (15)	- (20)
โปรตีนข้าวโพดเข้มข้น	10 (20)	8 (35)	6 (15)	6 (35)
โปรตีนข้าวสาลีเข้มข้น	7 (15)	5 (15)	11 (20)	8 (20)
กากเมล็ดฝ้าย	10 (15)	15 (20)	- (10)	- (15)
ใบกระถินป่น	3 (5)	4 (10ป	- (5)	4 (10)
ข้าวโพด	8 (20)	26 (35)	10 (15)	30 (35)
รำละเอียด	10 (15)	15 (35)	12 (15)	26 (35)
กากมะพร้าวอัด	- (15)	15 (35)	7 (15)	21 (25)
มันสำปะหลัง	- (15)	- (35)	8 (15)	10 (25)
ข้าวสาลี	15 (20)	15 (35)	10 (20)	18 (35)
ข้าวฟ่าง	- (20)	18 (35)	- (15)	- (35)

ที่มา : วิมล จันทรโรทัย (2537)