บทที่ 1

บทนำ

1.1 บทนำต้นเรื่อง

วิตามิน คือ กลุ่มของอินทรีย์สารที่มีอยู่ในอาหาร เป็นปัจจัยสำคัญที่ร่างกายต้องการเพื่อใช้ในการควบคุมการทำงานของปฏิกิริยาในร่างกายทำให้เซลล์ต่าง ๆ เจริญและทำหน้าที่ได้อย่างปกติ เป็นสารอาหารที่ไม่ให้พลังงาน และไม่ได้เป็นส่วนประกอบของเนื้อเยื่อใด ๆ วิตามินมีแต่ละชนิดจะมีสูตรโครงสร้างทางเคมีหลายแบบและทำหน้าที่แตกต่างกัน การได้รับวิตามินเข้าสู่ร่างกายส่วนใหญ่จะได้จากการกินอาหารซึ่งมีวิตามินแต่ละชนิดอยู่ ส่วนการสังเคราะห์ขึ้นเองในร่างกายส่วนใหญ่จะไม่สามารถสังเคราะห์เองได้ หรือหากสังเคราะห์ได้แต่มีปริมาณจำกัดไม่เพียงพอสำหรับความต้องการของร่างกาย ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีการเสริมวิตามินชนิดต่าง ๆ ในอาหารปลา (NRC, 1993)

วิตามินจำแนกเป็น 2 ประเภทตามความสามารถในการละลาย คือ วิตามินละลายในน้ำและวิตามินละลายในไขมัน (Halver, 1985) วิตามินละลายในน้ำมี 8 ชนิดด้วยกัน โดยแบ่งย่อยเป็น 2 กลุ่ม คือ วิตามินที่ปลามีความต้องการในปริมาณค่อนข้างสูง มี 3 ชนิด ได้แก่ โคลีน (choline) อิโนซิทอล (inositol) และวิตามินซี (ascorbic acid) ส่วนกลุ่มที่ปลามีความต้องการในปริมาณน้อย แต่มีบทบาทสำคัญต่อการเจริญเติบโตและกลไกทางชีวเคมี เรียกว่า วิตามินบีรวม ได้แก่ วิตามินบี1 (thiamine) วิตามินบี2 (riboflavin) วิตามินบี5 (pantothenic acid) วิตามินบี6 (pyridoxine) และวิตามินบี12 (cyanocobalamin) สำหรับวิตามินละลายในไขมันได้แก่ วิตามิน เอ ดี อี และเค เป็นวิตามินที่สามารถสะสมในร่างกายได้ (Halver, 1980)

วิตามินมีลักษณะการออกฤทธิ์คล้ายกับฮอร์โมนแต่มีความแตกต่างกัน คือ ร่างกายผลิตฮอร์โมนขึ้นได้จากต่อมไร้ท่อ ส่วนวิตามินนั้นส่วนใหญ่ได้รับจากภายนอกร่างกาย แต่เมื่อได้มีการศึกษากลไกการออกฤทธิ์ของวิตามินอย่างละเอียด พบว่าวิตามินบางชนิดอาจจัดเป็นฮอร์โมนได้ เพราะกลไกการออกฤทธิ์จะเกิดขึ้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบโครงสร้างเสียก่อนเช่นเดียวกับการออกฤทธิ์ฮอร์โมน อีกทั้งยังมีสูตรโครงสร้างทางเคมีคล้ายคลึงกัน

การเสริมวิตามินในอาหารสัตว์น้ำนอกจากจะมีผลต่อการเจริญเติบโต การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้อาหาร และอัตราการรอดตายของสัตว์น้ำแล้ว ยังพบว่าวิตามินบางชนิดยังมีส่วนช่วยในการเสริมสร้างภูมิคุ้มกันอีกด้วย (Lovell, 1989) การทดสอบความสำคัญของวิตามินโดยใช้อาหารบริสุทธิ์ (purified diet) ทำให้สามารถทราบถึงความสำคัญ และบทบาทของวิตามินแต่ละชนิดได้อย่างชัดเจน (Lim and Lovell, 1978; Durve and Lovell, 1982; Navarre and Halver, 1989; Wilson *et al.*, 1989) ส่วนปริมาณความต้องการวิตามินของปลาแต่ละชนิดนั้นจะขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ หลายอย่าง ได้แก่ ชนิดของอาหาร ช่วงวัยการเจริญเติบโตของปลา รวมทั้งสภาพแวดล้อมที่ปลาอาศัยอยู่ (Halver, 1972)

จากการศึกษาความต้องการวิตามินละลายในน้ำได้แก่ วิตามินบี1 วิตามินบี2 วิตามินบี5 และวิตามินซีในปลากดเหลือง โดยวุฒิพรและคณะ (2540) ทำให้ทราบว่าวิตามินบี5 และวิตามินซีเป็นวิตามินที่จำเป็น (essential vitamins) จะต้องเสริมในอาหาร ส่วนวิตามินบี2 มีความสำคัญรองลงมา ในขณะที่วิตามินบี1 ยังไม่มีความจำเป็นมากนักในระยะเวลาการเลี้ยง 2 เดือน ต่อมาวุฒิพร และกิจการ (2541) ทำการศึกษาเพิ่มเติมความต้องการวิตามินละลายในน้ำอีก 4 ชนิด ในปลาชนิดนี้ คือ วิตามินบี6 ไนอะซิน (niacin) กรดโฟลิก (folic acid) และโคลีนคลอไรด์ ผลจากการศึกษาพบว่าวิตามินละลายในน้ำทั้ง 4 ชนิด มีความจำเป็นต้องเสริมในอาหารปลากดเหลือง โดยวิตามินบี6 และไนอะซิน จัดเป็นวิตามินที่จำเป็นจะต้องเสริมอย่างเร่งด่วนเมื่อเริ่มต้นเลี้ยงปลาชนิดนี้ ขณะที่กรดโฟลิก และโคลีนคลอไรด์ มีความสำคัญรองลงมา และอาจจะเสริมในอาหารปลาหลังจากเลี้ยงผ่านไปแล้ว 1 เดือน ดังนั้นจะเห็นได้วิตามินมีความจำเป็นต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำอย่างมาก โดยเฉพาะในระบบการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบหนาแน่น (New, 1987)

เพื่อที่จะให้ข้อมูลการศึกษาผลของวิตามินในปลากดเหลืองมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น จึงจำเป็นจะต้องมีการศึกษาผลของวิตามินละลายในไขมัน 4 ชนิด คือวิตามิน เอ ดี อี และเค ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้จะทำให้ทราบถึงบทบาทของวิตามินละลายในไขมันทั้ง 4 ชนิดนี้ ทั้งในแง่ของผลต่อการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และพยาธิสภาพทางเนื้อเยื่อ ซึ่งจะสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาการเพาะเลี้ยงปลากดเหลือง และเป็นแนวทางสำหรับผู้ที่กำลังศึกษาถึงผลของวิตามินในสัตว์น้ำชนิดอื่น ๆ ด้วย

1.2 การตรวจเอกสาร

1.2.1 ปลากดเหลือง

อนุกรมวิธานของปลากดเหลืองจัดจำแนกโดย Smith (1965) ดังนี้

Class Pisces

Order Nematognathi

Family Bagridae

Genus *Mystus*

Species *nemurus* (Cuv.&Val.)

Common name : green catfish, yellow mystus, freshwater catfish

ปลากดเหลืองเป็นปลาน้ำจืดที่ไม่มีเกล็ด ลำตัวยาว หัวค่อนข้างแบนและเรียวเป็นรูปกรวย (conical) กระดูกท้ายทอยยาวถึงโคนครีบหลัง ตาไม่มีหนังปกคลุม ปากกว้าง ขากรรไกรแข็งแรง มีฟันแบบ cardiform คือ ฟันซี่เล็กปลายแหลมสั้นเป็นกลุ่มหรือเป็นแผ่น (pad) บนขากรรไกรบน ขากรรไกรล่างและเพดานปาก (vomer) ซี่กรองเหงือก (gill rakers) สั้นเล็กปลายแหลม 15 ซี่ มีหนวด 4 คู่ คือ หนวดที่ขากรรไกรบน (maxillary barbels) หนวดที่ขากรรไกรล่าง (mandibulary barbels) บริเวณจมูก (nasal barbels) และหนวดที่คาง (mental barbels) อย่างละ 1 คู่ ครีบหลังเป็นครีบเดี่ยวอยู่กลางหลังมีก้านครีบแข็ง 1 ก้าน และก้านครีบอ่อน 7 ก้าน ครีบไขมัน (adipose fin) อยู่บนหลังค่อนไปส่วนท้ายของลำตัวตรงข้ามครีบก้น ครีบก้นมีก้านครีบอ่อน 10–11 ก้าน ครีบหูเป็นครีบคู่อยู่หลังบริเวณเหงือก มีเงี่ยงแข็งและแหลมคม 1 คู่ มีก้านครีบอ่อนข้างละ 9 ก้าน ครีบท้องมีก้านครีบอ่อน 6–7 ก้าน ครีบหางเว้าลึกแฉกบนยาวกว่าแฉกล่าง ประกอบด้วยก้านครีบอ่อน 16–17 ก้าน ลำตัวมีสีน้ำตาลปนเหลือง ด้านหลังมีสีน้ำตาลบนเขียวส่วนด้านท้องมีสีเหลืองอ่อน (โยธิน และรังสิต, 2524) ลักษณะของสีลำตัวจะมีการเปลี่ยนแปลงตามอายุ ขนาด และแหล่งที่อยู่อาศัย (Smith, 1965)

ปลากดเหลืองแพร่กระจายในแหล่งน้ำจืดทั่วไปของทวีปเอเชีย ได้แก่ อินเดีย เนปาล ปากีสถาน บังคลาเทศ เมียนมาร์ ไทย สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว กัมพูชา เวียดนาม มาเลเซีย และอินโดนีเซีย (Smith, 1965; Khan, 1994) โดยอาศัยอยู่บริเวณ

พื้นท้องน้ำที่เป็นแอ่งหินหรือเป็นพื้นดินแข็ง น้ำค่อนข้างใสและมีกระแสน้ำไหลไม่แรง (โยธิน และรังสิต, 2524) ปลากดเหลืองเป็นปลากินเนื้อ จากการศึกษาองค์ประกอบอาหารที่พบในกระเพาะอาหาร ส่วนใหญ่เป็นปลาขนาดเล็ก 45–68 เปอร์เซ็นต์ ตัวอ่อนแมลงน้ำ 16.75–32.0 เปอร์เซ็นต์ กุ้งน้ำจืด 2.70–5.03 เปอร์เซ็นต์ ที่เหลือเป็นพันธุ์ไม้น้ำและกรวดหิน สำหรับในประเทศไทยปลากดเหลืองมีการแพร่กระจายในทุกภาคของประเทศ ซึ่งแต่ละพื้นที่จะมีชื่อเรียกแตกต่างกันออกไป เช่น ปลากดนา ปลากดขาว ปลากดคลอง ปลากลางหรือปลากดกลาง เป็นต้น พ่อแม่พันธุ์ปลาจะมีอายุประมาณ 1 ปี ความยาวประมาณ 28 เซนติเมตร สามารถผสมพันธุ์วางไข่ในช่วงฤดูฝน (โยธิน และรังสิต, 2524; เฉิดฉัน และคณะ, 2538) ความดกของไข่ขึ้นอยู่กับขนาดพ่อแม่พันธุ์ปลา โยธิน และรังสิต (2524) รายงานว่า แม่ปลาที่มีขนาดความยาวประมาณ 18 เซนติเมตร มีไข่ประมาณ 12,500 ฟองต่อตัว ขณะที่แม่ปลาขนาดความยาวมากกว่า 30 เซนติเมตร มีไข่ประมาณ 40,000 ฟองต่อตัว

ปัจจุบันปลากดเหลืองเป็นที่ต้องการของตลาดสูง เนื่องจากเนื้อมีรสชาติดี เป็นที่นิยมของผู้บริโภคทั้งตลาดภายในประเทศและต่างประเทศ (Khan *et al.*, 1990) โดยมีราคาสูง 80–100 บาทต่อกิโลกรัม สำหรับตลาดภายในประเทศ และส่งออกสู่ตลาดต่างประเทศในราคา 100–120 บาทต่อกิโลกรัม นับว่าปลากดเหลืองเป็นปลาที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่ง (เฉิดฉัน และคณะ, 2538)

1.2.2 วิตามินละลายในไขมัน

วิตามินกลุ่มนี้มีคุณสมบัติในการละลายได้ดีในไขมัน มี 4 ชนิด คือ วิตามินเอ วิตามินดี วิตามินอี และวิตามินเค สัตว์น้ำได้รับวิตามินเหล่านี้โดยการกินอาหาร และดูดซึมเข้าสู่ร่างกายในส่วนของลำไส้พร้อมกับสารอาหารกลุ่มไขมัน ซึ่งมีความจำเป็นต่อร่างกายสัตว์น้ำมากแม้จะมีความต้องการเพียงปริมาณน้อยแต่ก็ขาดไม่ได้ เนื่องจากจะส่งผลต่อกระบวนการเมแทบอลิซึมต่าง ๆ ในร่างกาย และสามารถสะสมในร่างกายหากได้รับในปริมาณมาก (hypervitaminosis) อาจจะก่อให้เกิดความเป็นพิษได้ (NRC, 1993)

1.2.2.1 **วิตามินเอ** เป็นวิตามินละลายในไขมันมีโครงสร้างเป็น long chain primary alcohol ที่มีรูปแบบของไอโซเมอร์ (isomeric form) ได้หลายรูปแบบ (ภาพที่ 1) มีลักษณะเป็นผลึกสีเหลืองอ่อน ละลายได้ดีในตัวทำละลายอินทรีย์และไขมัน ในธรรมชาติส่วนใหญ่อยู่ในรูปทรานซ์เรตินอล (trans-retinol) ความสามารถในการทนความร้อนนั้นมีพอ

สมควร ดังนั้นในการประกอบอาหาร หรือการทำอาหารกระป๋องที่ใช้กรรมวิธีพลาสเจอร์ไรส์ (pasteurization) หรือสเตอริไรส์ (sterilization) จึงทำให้สูญเสียไปเพียงเล็กน้อยเท่านั้น สาเหตุการสูญเสียส่วนใหญ่เกิดจากแสงอัลตร้าไวโอเล็ท (ultraviolet) หรือถูกออกซิไดส์โดยออกซิเจนในอากาศ ดังนั้นการเก็บรักษาจึงต้องเติมสารป้องกันการหืน (antioxidant) เพื่อป้องกันไม่ให้อณูของวิตามินเอถูกสลายไป สารที่มีฤทธิ์เป็นวิตามินเอ (ตารางที่ 1) แบ่งได้เป็น 2 กลุ่มคือ เรตินอยด์ (retinoids) และโปรวิตามินเอ ได้แก่ พวกแคโรทีนอยด์ (carotenoids) (สมทรง, 2542)

เรตินอยด์

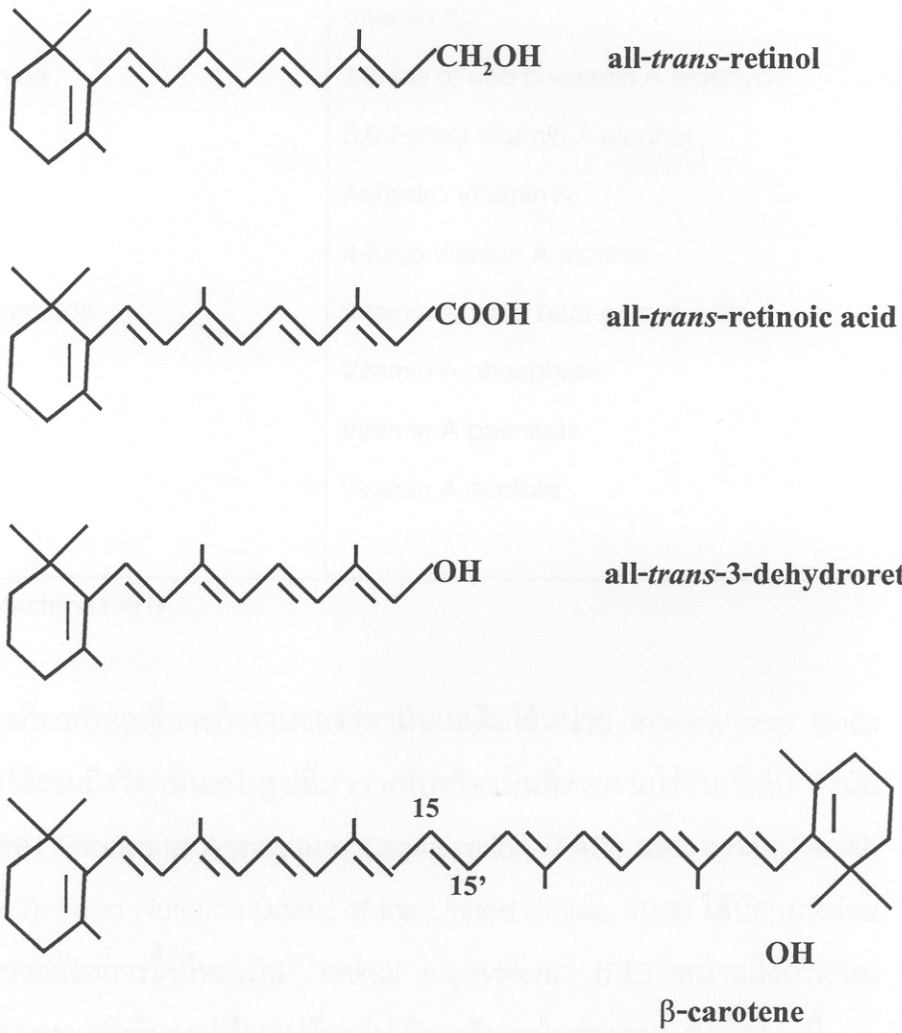
วิตามินเอตัวที่ออกฤทธิ์ดีที่สุดและมีมากที่สุดคือ all-*trans* retinol (vitamin A1, retinol1) (ภาพที่ 1) พบในปลาน้ำเค็ม ส่วนวิตามินเอที่พบในปลาน้ำจืด คือ 3-dehydro-retinol (vitamin A2, retinol2) มีฤทธิ์ประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ของวิตามินเอ1 ในธรรมชาติเรตินอลจะจับตัวกับกรดไขมันสายยาว โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับกรดปาลมิติก (palmitic acid) กลายเป็นเรตินิลเอสเทอร์ (retinyl ester) ส่วนวิตามินเอสังเคราะห์ส่วนใหญ่จะเป็นพวกเรตินิลอะซิเตท (retinyl acetate) และเรตินิลปาลมิเตท (retinyl palmitate)

โปรวิตามินเอ

โปรวิตามินเอเป็นสารตั้งต้นของวิตามินเอ ซึ่งมีอยู่ในพืชผักและผลไม้ในส่วนที่เป็นรงควัตถุสีเหลือง แดง และเขียว สารสำคัญคือ เบตา-แคโรทีน (β-carotene) ซึ่งในอณูมีบีตาไอโอโนน 2 วง (ภาพที่ 1) ที่เหมือนกันมาต่อกันด้วยโซ่คาร์บอน เมื่อบอนด์คู่ตรงกลางถูกออกซิไดส์โดยเอนไซม์ที่มีอยู่ในผนังลำไส้เล็กและในตับ จะได้เรตินอล 2 อณู ส่วนแอลฟา-แคโรทีน (α-Carotene) และแกมมา-แคโรทีน (γ-carotene) จะให้วิตามินเอเพียงอณูเดียวเท่านั้น เพราะมีวงเบตาไอโอโนนเพียงวงเดียว

วิตามินเอ ในอาหารส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของเรตินอยด์ซึ่งเป็น รูปแบบของวิตามินเอที่พบมากในสัตว์ เช่น ในตับ น้ำมันปลา ไข่ และผลิตภัณฑ์จากนม ส่วนคาโรทีนอยด์นั้นเป็นสารสีที่ได้จากพืช ในผลิตภัณฑ์จากสัตว์ส่วนใหญ่จะเป็นเรตินิลปาลมิเตท ในธรรมชาติจะพบสารสีพวกคาโรทีนอยด์ได้หลายรูปแบบ แต่ชนิดที่จัดเป็นโปรวิตามินเอจะต้องเป็นพวกที่ให้เรตินอลอย่างน้อยหนึ่งอณูเมื่อถูกสลาย แคโรทีนมีมากในผักสีเขียวและสีเหลือง ยิ่งมี

สีเข้มมากก็จะมีแคโรทีนมากด้วย ผักที่มีแคโรทีนมาก ได้แก่ แครอท ใบตำลึง ชะอม พริกขี้หนู ใบกระเทียม ใบชะพลู ใบขี้เหล็ก ผักบุ้งจีน ตั้งโอ๋ ผักบุ้งไทย ฟักทอง ข้าวโพด มะเขือเทศ ฯลฯ ส่วนในผลไม้ที่มีแคโรทีนมากได้แก่ มะม่วงสุก กล้วยไข่ มะละกอสุก แตงโม ส้ม เขียวหวาน ทุเรียน ฯลฯ (สมทรง, 2542)



ภาพที่ 1 โครงสร้างของเรตินอยด์ และคาโรทีนอยด์ในรูปแบบต่าง ๆ (สมทรง, 2542)

ตารางที่ 1 สารที่ออกฤทธิ์เป็นวิตามิน เอ

Recommended term	Synonyms
Retinol	Vitamin A_1 alcohol, axerophthol
Retinal, retinaldehyde	Vitamin A_1 aldehyde, retinene
Retinoic acid	Vitamin A_1 acid
3-Dehydroretinol	Vitamin A_2
11-*cis*- Retinaldehyde	11- *cis* or neo b vitamin A aldehyde
5,6-Epoxyretinol	5,6-Epoxy Vitamin A alcohol
Anhydroretinol	Anhydro Vitamin A
4-Ketoretinol	4-Keto Vitamin A alcohol
Retinoyl *beta*-glucuronide	Vitamin A_1 acid *beta*-glucuronide
Retinyl phosphate	Vitamin A phosphate
Retinyl palmitate	Vitamin A palmitate
Retinyl acetate	Vitamin A acetate

ที่มา : ดัดแปลงจาก Machlin (1991)

การรายงานเกี่ยวกับฤทธิ์การทำงานของวิตามินเอเดิมใช้หน่วย International Units (IU) เป็นหน่วยที่ไม่ได้รวมถึงวิตามินเอในรูปที่มาจากโปรวิตามินที่ร่างกายได้รับเข้าไป ดังนั้น ทางคณะกรรมการของ Food and Agriculture Organization (FAO) และ World Health Organization (WHO), Food Nutrition Board of the United States, 1980 ได้นิยามหน่วยของวิตามินเอที่ร่างกายต้องการขึ้นใหม่เป็น "retinol equivalent" (RE) หมายถึงปริมาณเรตินอลโดยน้ำหนัก และแคโรทีนอยด์ที่ถูกเปลี่ยนไปเป็นเรตินอลในร่างกาย ซึ่งมีค่าดังนี้

1 RE = 1 ไมโครกรัม เรตินอล

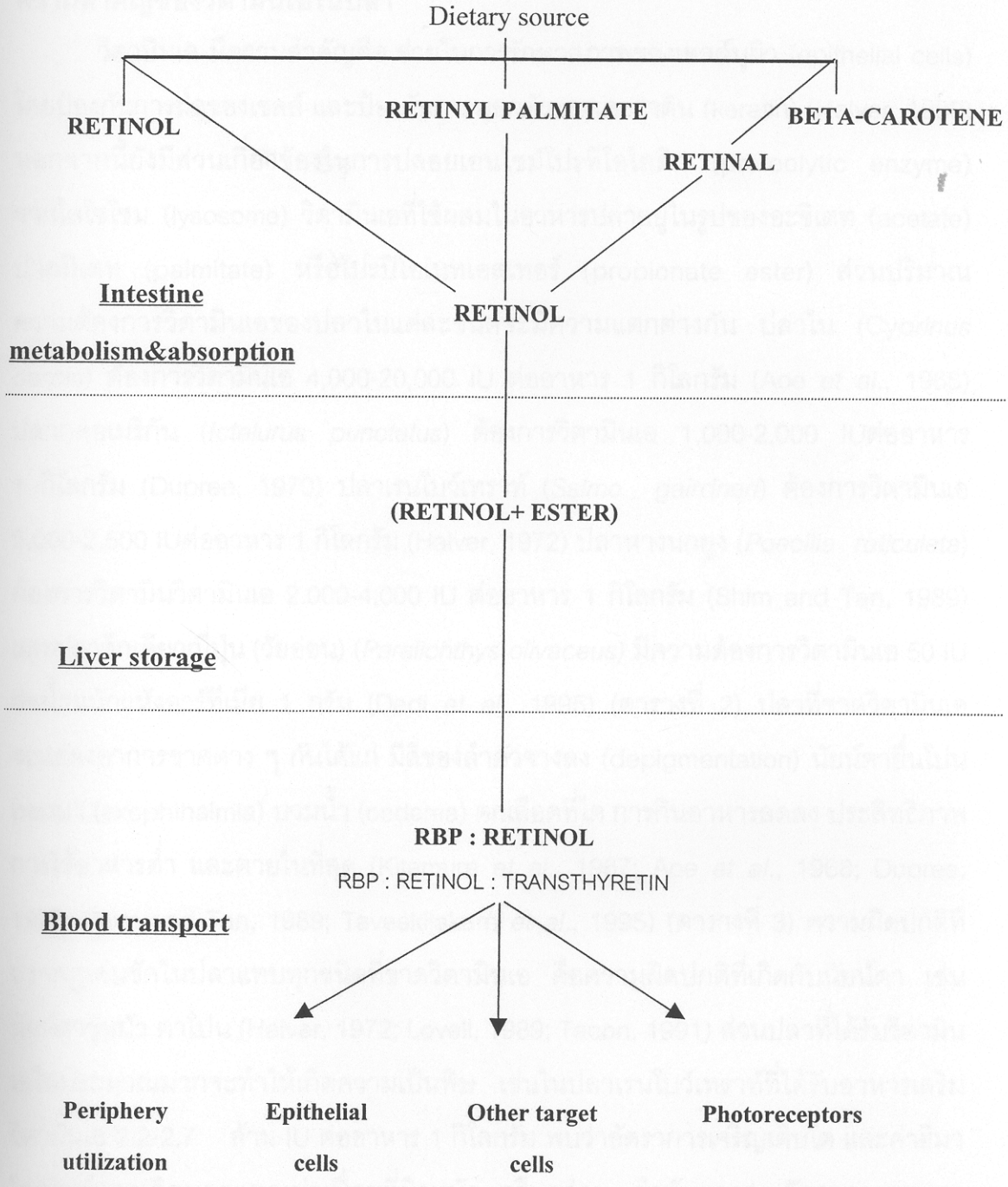
= 6 ไมโครกรัม เบตา-แคโรทีน

= 12 ไมโครกรัมของแคโรทีนอยด์อื่น ๆ (รูปที่เปลี่ยนเป็นวิตามินเอได้)

= 3.33 IU วิตามินเอที่เปลี่ยนมาจากเรตินอล

= 10 IU วิตามินเอที่เปลี่ยนมาจากเบตา-แคโรทีน

การดูดซึมเรตินอยด์ส่วนใหญ่จะอยู่ในสภาพของเรตินิลเอสเทอร์ของกรดไขมันสายยาว เรตินิลเอสเทอร์จะถูกย่อยสลายด้วยไลเพส (lipase) และเอสเทอเรส (esterase) จากตับอ่อนที่บริเวณลำไส้เล็ก การย่อยและการดูดซึมเรตินอลต้องอาศัยน้ำดี และน้ำหลั่งจากตับอ่อน แต่ในปัจจุบันได้มีการศึกษาพบว่าการย่อยสลายเรตินิลเอสเทอร์ไม่จำเป็นต้องอาศัยน้ำหลั่งจากตับอ่อน แต่ใช้เอนไซม์ที่มีอยู่บน brush border membrane (BBM) โดยเอนไซม์ไลเพสจากตับอ่อนไปย่อยเรตินิลเอสเทอร์ที่มีไขมันโซ่สั้น ๆ ส่วนเอนไซม์ที่อยู่ภายใน BBM ทำหน้าที่ย่อยเรตินิลเอสเทอร์ที่มีกรดไขมันโซ่ยาว เรตินิลเอสเทอร์ในอาหารที่ร่างกายได้รับเข้าไปจะถูกเปลี่ยนไปเป็นเรตินอลในลำไส้ จากนั้นจึงถูกดูดซึมเข้าระบบเลือด ส่วนแคโรทีนอยด์จะถูกดูดซึมเข้าร่างกายพร้อมกับอาหารไขมัน และเปลี่ยนไปเป็นเรตินอลที่ผนังลำไส้ไปรวมตัวกับกรดปาลมิติกเป็นเอสเทอร์ จากนั้นจึงรวมตัวกับไคโลไมครอน (chylomicron) ซึ่งเป็นเม็ดไขมันในเลือด อย่างไรก็ตามฤทธิ์การทำงานของวิตามินเอในร่างกายส่วนใหญ่จะมาจากแคโรทีนอยด์เป็นสารตั้งต้น เมื่อเรตินิลเอสเทอร์เข้ามาสู่ตับจะถูกเก็บไว้ในส่วนของเฮ็พพาโตไซส์ (hepatocytes) ซึ่งเป็นเซลล์พาเร็นไคมา (parenchyma cell) ในตับ และถูกสลายโดยไลโซไซม์ (lysozyme) จากนั้นเรตินิลเอสเทอร์จึงเกิดปฏิกริยาการรวมตัวกับน้ำ (hydrolysis) ที่ผนังเซลล์โดยอาศัยเอนไซม์ เรตินิลเอสเทอร์ไฮโดรเลส (retinyl ester hydrolase) ได้เรตินอลเสรีผ่านจากเซลล์พาเรนไคมาเข้าไปสู่เซลล์สเตลเลท (stellate cell) ภายในเซลล์นี้เองเรตินอลจะมีการเปลี่ยนเป็นเอสเทอร์ใหม่อีกครั้งโดยกลไกคล้าย ๆ กับการเกิดภายในไมโครโซมอล (microsomal) และใช้เอนไซม์เรตินอลเอซิลทรานส์เฟอเรส retinol acyltransferase (ARAT) ของลำไส้ในการเปลี่ยนเป็นรูปของเอสเทอร์ ส่วนการเก็บสำรองของวิตามินเอในร่างกายประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์จะอยู่ในรูปเรตินิลเอสเทอร์ซึ่งเก็บไว้ในตับ ประมาณ 9 เปอร์เซ็นต์ เก็บที่ ไต ปอด ต่อมอะดีนาล เรตินา และไขมันในช่องท้องในซึ่งรวมตัวกับกรดไขมันโซ่ยาว และอีก 1 เปอร์เซ็นต์อยู่ในระบบเลือด เมื่อมีความต้องการใช้วิตามินเอจะถูกปล่อยออกมาจากตับในรูปของเรตินอล ทั้งนี้เพราะการเคลื่อนย้ายและการขนส่งวิตามินเอ จากที่เก็บสำรองในตับจะต้องมีการรวมตัวกับโปรตีนซึ่งเรียกว่า retinol-binding protein (RBP) ที่มีมวล 20 กิโลดาลตัน ที่สังเคราะห์ขึ้นในตับและหลั่งมาใช้โดยเซลล์พาเรนไคมาของตับเอง ทำให้ความสามารถในการละลายดีขึ้นป้องกันการถูกทำลายจากการออกซิเดชัน การจับกับโปรตีนเป็นคอมเพล็กซ์ (protein complex) เป็นการทำให้เรตินอลอยู่ในสภาพเสถียรมากขึ้น (ภาพที่ 2) (สมทรง, 2542; Machlin, 1991)



ภาพที่ 2 เมแทบอลิซึมของวิตามินเอ (สมทรง, 2542)

ความสำคัญของวิตามินเอในปลา

วิตามินเอ มีความสำคัญคือ ช่วยในการรักษาสภาพของเซลล์บุผิว (epithelial cells) โดยป้องกันการฝ่อของเซลล์ และป้องกันการพอกตัวของเคอราติน (keratin) (Halver, 1980) นอกจากนี้ยังมีส่วนเกี่ยวข้องในการปล่อยเอนไซม์โปรทีโอไลติก (proteolytic enzyme) จากไลโซโซม (lysosome) วิตามินเอที่ใช้ผสมในอาหารปลาอยู่ในรูปของอะซิเตท (acetate) ปาลมิเตท (palmitate) หรือโปรปิโอเนทเอสเทอร์ (propionate ester) ส่วนปริมาณความต้องการวิตามินเอของปลาในแต่ละชนิดจะมีความแตกต่างกัน ปลาไน (*Cyprinus carpio*) ต้องการวิตามินเอ 4,000-20,000 IU ต่ออาหาร 1 กิโลกรัม (Aoe *et al.*, 1968) ปลากดอเมริกัน (*Ictalurus punctatus*) ต้องการวิตามินเอ 1,000-2,000 IUต่ออาหาร 1 กิโลกรัม (Dupree, 1970) ปลาเรนโบว์เทราท์ (*Salmo gairdneri*) ต้องการวิตามินเอ 2,000-2,500 IUต่ออาหาร 1 กิโลกรัม (Halver, 1972) ปลาหางนกยูง (*Poecilia reticulata*) ต้องการวิตามินวิตามินเอ 2,000-4,000 IU ต่ออาหาร 1 กิโลกรัม (Shim and Tan, 1989) และปลาซีกเดียวญี่ปุ่น (วัยอ่อน) (*Paralichthys olivaceus)* มีความต้องการวิตามินเอ 50 IU ต่อน้ำหนักแห้งอาร์ทีเมีย 1 กรัม (Dedi *et al.*, 1995) (ตารางที่ 2) ปลาที่ขาดวิตามินเอจะแสดงอาการขาดต่าง ๆ กันได้แก่ มีสีของลำตัวจางลง (depigmentation) นัยน์ตายื่นโปนออกมา (exophthalmia) บวมน้ำ (oedema) ตกเลือดที่ไต การกินอาหารลดลง ประสิทธิภาพการใช้อาหารต่ำ และตายในที่สุด (Kitamura *et al.*, 1967; Aoe *et al.*, 1968; Dupree, 1970; Shim and Tan, 1989; Taveekijakarn *et al.*, 1995) (ตารางที่ 3) ความผิดปกติที่ปรากฏเด่นชัดในปลาแทบทุกชนิดที่ขาดวิตามินเอ คือความผิดปกติที่เกิดกับนัยน์ตา เช่น นัยน์ตาขุ่นมัว ตาโปน (Halver, 1972; Lovell, 1989; Tacon, 1991) ส่วนปลาที่ได้รับวิตามินเอในประมาณมากจะทำให้เกิดความเป็นพิษ เช่นในปลาเรนโบว์เทราท์ที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินเอ 2.2-2.7 ล้าน IU ต่ออาหาร 1 กิโลกรัม พบว่าอัตราการเจริญเติบโต และค่าฮีมาโตคริตต่ำลงเกิดบาดแผลเน่าเปื่อยที่ผิวหนัง ครีบกร่อน ลำตัวคดงอ อัตราการตายสูง ตับสีเหลืองซีด (Hilton, 1983; Poston *et al.*, 1966) (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 2 ความต้องการวิตามินเอ ในปลาแต่ละชนิด

ชนิดของปลา	ปริมาณวิตามินเอ (IU ต่ออาหาร 1 กิโลกรัม)	อ้างอิง
ปลาไน	4,000-20,000	Aoe *et al.*, 1968
ปลากดอเมริกัน	1,000-2,000	Dupree, 1970
ปลาเรนโบว์เทราท์	2,500-5,000	Kitamura *et al.*, 1967
	2,000-2,500	Halver, 1972
ปลาหางนกยูง	2,000-4,000	Shim and Tan, 1989
ปลาซีกเดียวญี่ปุ่น (วัยอ่อน)	50 IU วิตามินเอ ต่อน้ำหนักแห้งอาร์ทีเมีย 1 กรัม	Dedi *et al.*, 1995

ที่มา : ดัดแปลงจาก Tacon, 1991 ; Dedi *et al.*, 1995

ตารางที่ 3 อาการขาดวิตามินเอ ในปลาแต่ละชนิด

ชนิดของปลา	อาการขาดวิตามินเอ	อ้างอิง
ปลาเรนโบว์เทราท์	- อัตราการเจริญเติบโตต่ำ สีลำตัวซีดจาง, นัยน์ตาขุ่นมัว	Kitamura *et al.*, 1967
ปลาไน	- สีลำตัวซีดจาง, ตกเลือดที่ครีบและผิวหนัง, ฝาปิดเหงือกผิดรูป	Aoe *et al.*, 1968
ปลากดอเมริกัน	- สีลำตัวซีดจาง, นัยน์ตาขุ่นมัวตาโปน บวมน้ำ, ตกเลือดที่ไต	Dupree, 1970
ปลาหางนกยูง	- อัตราการเจริญเติบโตต่ำ อัตราการตายสูง	Shim and Tan, 1989
อะมาโก แซลมอน (*Oncorhynchus rhodurus*)	- อัตราการเจริญเติบโตต่ำ, สีลำตัวซีดจาง ตกเลือดบริเวณครีบ, ค่าฮีมาโตคริตต่ำ	Taveekijakarn *et al.*, 1995

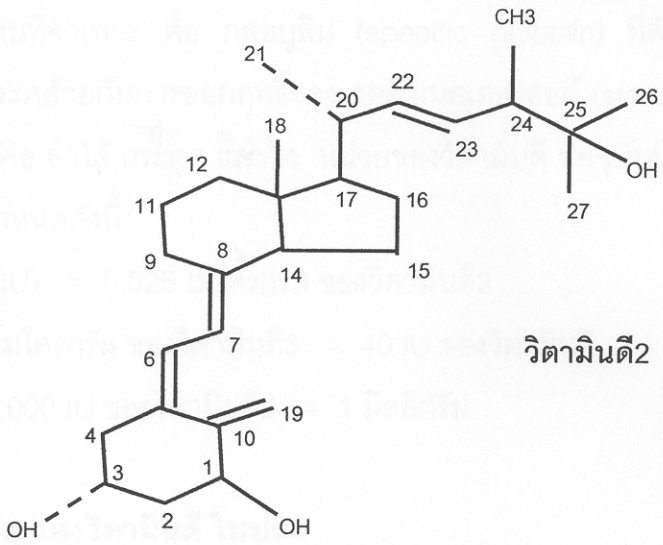
ที่มา : ดัดแปลงจาก Tacon, 1991 ; Taveekijakarn *et al.*, 1995

ตารางที่ 4 อาการเกิดพิษในปลาที่ได้รับวิตามินเอ ในปริมาณมาก

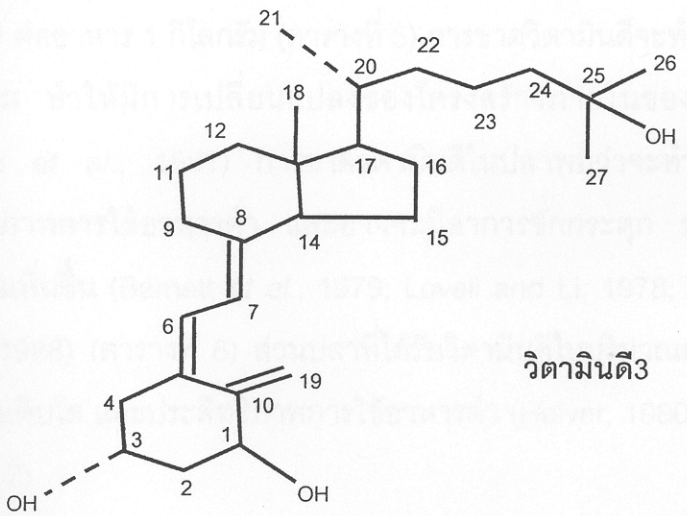
ชนิดของปลา	อาการเกิดพิษ	อ้างอิง
ปลาเรนโบว์เทราท์	-การเจริญเติบโตและฮีมาโตคริตต่ำลง, เกิดบาดแผลเน่าเปื่อยที่ผิวหนัง,ครีบกร่อน, ลำตัวคดงอ, อัตราการตายสูง, ตับสีเหลืองซีด	(Hilton, 1983 ; Poston *et al.*, 1966) วิตามินเอ 2.2-2.7 ล้าน IU ต่ออาหาร 1 กิโลกรัม)
ปลาซีกเดียวญี่ปุ่น (วัยอ่อน)	-อัตราการเจริญเติบโตต่ำ กระดูกสันหลังคดงอผิดรูป	Dedi *et al.*, 1995 มากกว่า50 IU ต่อน้ำหนักแห้ง อาร์ทีเมีย 1 กรัม

ที่มา : ดัดแปลงจาก Tacon, 1991 ; Dedi *et al.*, 1995

1.2.2.2 **วิตามินดี** เป็นอนุพันธ์ของสเตอรอยด์ ซึ่งมีหลายชนิดด้วยกัน แต่ที่มีความสำคัญมีอยู่ 2 ชนิด คือ วิตามินดี2 หรือเออร์โกแคลซิเฟอรอล (ergocalciferol) ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนโครงสร้างของสเตอรอลในพืช (plant sterol) และวิตามินดี3 หรือ โคเลแคลซิเฟอรอล (cholecalciferol) (ภาพที่ 3) ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของ 7-ดีไฮโดรโคเลสเตอรอล (7-dehydrocholesterol) ที่ผลิตจากตับ หรือผิวหนังคนเมื่อได้รับแสงแดด โดยพบว่าวิตามินดี2 และดี3 จะมีรูปที่ออกฤทธิ์เหมือนกัน คือ 1, 25-ไดไฮดรอกซีโคเลแคลซิเฟอรอล (1, 25-dihydroxycholecalciferol) เกิดจากกระบวนการทางเคมีที่เกิดขึ้นในตับและไต โดยการกระตุ้นของฮอร์โมนพาราไธรอยด์ (parathyroid hormone, PTH)



วิตามินดี2



วิตามินดี3

ภาพที่ 3 โครงสร้างของ วิตามินดี2 และดี3 (วิตามินดี2 จะมีพันธะคู่ที่ C22 และมี Methyl group ที่ตำแหน่ง C25) (สมทรง, 2542)

วิตามินดี2 และดี3 ในอาหารจะถูกดูดซึมที่ลำไส้ และจะถูกขนย้ายไปยังตับ โดยรวมตัวกับโปรตีนที่จำเพาะ คือ กลอบูลิน (specific globulin) ที่ตับ กลไกการออกฤทธิ์ของวิตามินดี จะคล้ายกับการออกฤทธิ์ของ ฮอร์โมนสเตอรอยด์ (steroid hormone) ซึ่งมีอวัยวะเป้าหมาย คือ ลำไส้ กระดูก และไต หน่วยของวิตามินดี ปัจจุบันนิยมใช้ International Unit (IU) โดยกำหนดดังนี้

1 (IU) = 0.025 ไมโครกรัม ของวิตามินดี3

1 ไมโครกรัม ของวิตามินดี3 = 40 IU ของวิตามินดี

40,000 IU ของวิตามินดี2 = 1 มิลลิกรัม

ความสำคัญของวิตามินดี ในปลา

ความสำคัญต่อการควบคุมแคลเซียมและสารอนินทรีย์ฟอสเฟต ปริมาณความต้องการวิตามินดีในปลาแต่ละชนิดจะแตกต่างกัน ได้แก่ ปลากดอเมริกันต้องการในปริมาณ 250 IU ต่ออาหาร 1 กิโลกรัม (Brown, 1988) ปลาเรนโบว์เทราท์ต้องการในช่วง 1,600-2,400 IU ต่ออาหาร 1 กิโลกรัม (ตารางที่ 5) การขาดวิตามินดีจะทำให้เกิดการเสียสมดุลของแคลเซียม ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างภายในของเส้นใยมัดกล้ามเนื้อขาว (George *et al*., 1981) การขาดวิตามินดีในปลาพบว่าจะทำให้การเจริญเติบโตลดลง ประสิทธิภาพการใช้อาหารต่ำ และอาจจะมีอาการชักกระตุก ระดับของไขมันในตับและกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น (Barnett *et al*., 1979; Lovell and Li, 1978; Andrews *et al* ., 1980; Brown, 1988) (ตารางที่ 6) ส่วนปลาที่ได้รับวิตามินดีในปริมาณสูงเกินไป มีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการใช้อาหารต่ำ (Halver, 1980; Andrews *et al*., 1980) (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 5 ความต้องการวิตามินดี ในปลาแต่ละชนิด

ชนิดของปลา	ปริมาณวิตามินดี (IU ต่ออาหาร 1 กิโลกรัม)	อ้างอิง
ปลาเรนโบว์เทราท์	1,600-2,400	Halver, 1972
ปลากดอเมริกัน	500	Lovell and Li, 1978
	1,000	Andrews *et al*., 1980
	250	Brown, 1988

ที่มา : ดัดแปลงจาก Tacon, 1991

ตารางที่ 6 อาการขาดวิตามินดี ของปลา

ชนิดของปลา	อาการขาดวิตามินดี	อ้างอิง
ปลาเรนโบว์เทราท์	- อัตราการเจริญเติบโตต่ำ, เลือดจาง ประสิทธิภาพในการใช้อาหารต่ำ, มีการสะสมของไขมันในตับและกล้ามเนื้อขาว	Barnett *et al*., 1979
ปลากดอเมริกัน	- อัตราการเจริญเติบโตต่ำ ปริมาณแคลเซียม ฟอสฟอรัส และเถ้าในร่างกายต่ำ	(Lovell and Li, 1978; Andrews *et al* ., 1980; Brown, 1988)

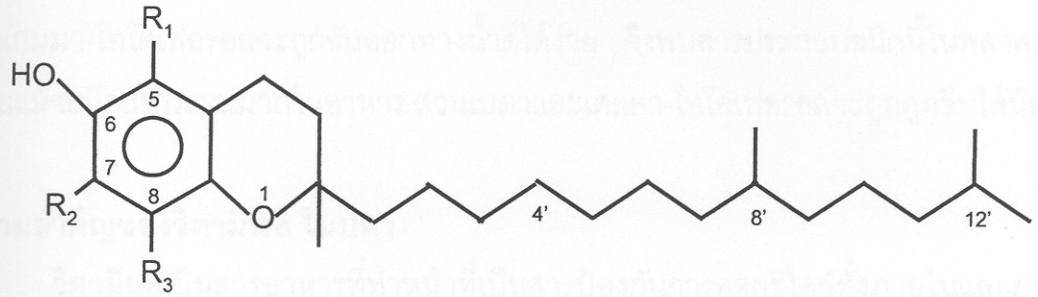
ที่มา : ดัดแปลงจาก Tacon, 1991

ตารางที่ 7 อาการเกิดพิษในปลาที่ได้รับวิตามินดี ในปริมาณมาก

ชนิดของปลา	อาการเกิดพิษ	อ้างอิง
ปลาเรนโบว์เทราท์	-อัตราการเจริญเติบโตต่ำลง, สีลำตัวดำเข้ม	Halver, 1980
ปลากดอเมริกัน	-อัตราการเจริญเติบโตต่ำ ประสิทธิภาพการใช้อาหารต่ำ	Andrews *et al* ., 1980

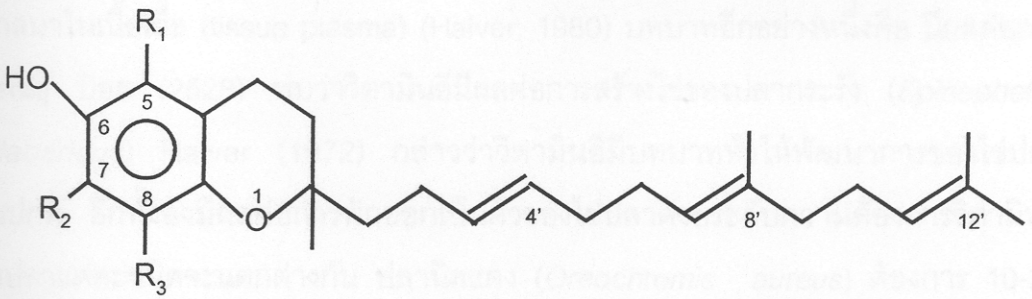
ที่มา : ดัดแปลงจาก Tacon, 1991

1.2.2.3 **วิตามินอี** วิตามินอีเป็นพวกแอลกอฮอล์ชนิดที่ไม่อิ่มตัว แบ่งเป็นสองพวกใหญ่ ๆ คือ tocopherol และ tocotrienol แต่ละพวกจะมีคุณสมบัติเป็นวิตามินได้ 4 ชนิด คือ α, β, γ และ δ ซึ่งโครงสร้างของแต่ละชนิดจะแตกต่างกันในจำนวนและตำแหน่งของ CH_3 ที่ต่อกับวงแหวนเบนซีน โดยแอลฟาโทโคเฟอรอลเป็นชนิดที่มีฤทธิ์ของวิตามินอีแรงที่สุด (ภาพที่ 4)ทำหน้าที่สำคัญ คือ เป็นสารป้องกันการสลายตัวของกรดไขมันไม่อิ่มตัวในเนื้อเยื่อบุเซลล์และโครงสร้างอื่น ๆ ของเซลล์ไม่ให้ถูกทำลายโดยอนุมูลอิสระ (free radical)



the tocopherols

ชนิด	R_1	R_2	R_3
α- tocopherol	CH_3	CH_3	CH_3
β- tocopherol	CH_3	H	CH_3
γ- tocopherol	H	CH_3	CH_3
δ- tocopherol	H	H	CH_3



the tocotrienols

ชนิด	R_1	R_2	R_3
α- tocotrienol	CH_3	CH_3	CH_3
β- tocotrienol	CH_3	H	CH_3
γ- tocotrienol	H	CH_3	CH_3
δ- tocotrienol	H	H	CH_3

ภาพที่ 4 สูตรโครงสร้างของวิตามินอี (สมทรง, 2542)

วิตามินอีสังเคราะห์ได้เฉพาะในพืชเท่านั้น ดังนั้นน้ำมันที่ได้จากพืชจึงเป็นแหล่งที่มีวิตามินอีสูง เช่น น้ำมันจากดอกคำฝอย รำ เมล็ดฝ้าย เมล็ดข้าวโพด และถั่วเหลือง พืชที่มีสีเขียวเกือบทุกชนิดก็มีวิตามินอีแต่ไม่มาก ส่วนวิตามินอีในสัตว์พบเพียงเล็กน้อยในน้ำมันตับปลาและน้ำมันวัว โดยปริมาณของวิตามินอีในสัตว์จะมีมากน้อยขึ้นอยู่กับชนิดของอาหารที่ใช้เลี้ยงว่ามีปริมาณของวิตามินอีอยู่มากน้อยเพียงไร

การดูดซึมวิตามินอีจะจะเกิดขึ้นที่บริเวณลำไส้เล็ก ซึ่งอาศัยน้ำดีและเอนไซม์จากตับ วิตามินอีในรูปของแอลฟาและแกมมา-โทโคเฟอรอล จะมีการดูดซึมคล้ายคลึงกัน แต่แกมมา-โทโคเฟอรอลจะถูกขับออกทางน้ำดีได้ง่าย จึงพบสารประกอบชนิดนี้ในพลาสมาน้อยแม้จะมีอยู่ปริมาณมากในอาหาร ส่วนเบตาและเดลตา-โทโคเฟอรอลจะถูกดูดซึมได้น้อย

ความสำคัญของวิตามินอี ในปลา

วิตามินอีเป็นสารอาหารที่ทำหน้าที่เป็นสารป้องกันการออกซิไดซ์ทั้งภายในและภายนอกเซลล์ ป้องกันการเกิดเพอร์ออกซิเดชัน (peroxidation) ของกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีคาร์บอนสายยาว ฟอสฟอลิปิด และคลอเลสเตอรอล ในเซลล์และผนังเซลล์ ความต้องการวิตามินอี จะขึ้นอยู่กับระดับของกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีคาร์บอนสายยาวในอาหารและเนื้อเยื่อของปลา แร่ธาตุซีลีเนียม (selenium) รูปแบบของวิตามินอีในอาหาร ขนาดและอัตราการเจริญเติบโตของปลา (Aoe *et al.*, 1971) และช่วยควบคุมสมดุลปฏิกิริยาการสันดาปของพลาสมาในเนื้อเยื่อ (tissue plasma) (Halver, 1980) บทบาทอีกอย่างหนึ่งคือ มีผลต่อการสืบพันธุ์ ปิยะ (2528) พบว่าวิตามินอีมีผลต่อการสร้างไข่ของปลากระรัง (*Epinephelus malabaricus*) Halver (1972) กล่าวว่าวิตามินอีมีบทบาททำให้พัฒนาการของไข่ปลาเป็นปกติ อีกทั้งยังมีผลต่อการฟักออกเป็นตัวของไข่ปลาด้วยระดับความต้องการวิตามินอีของปลาแต่ละชนิดจะแตกต่างกัน ปลานิลแดง (*Oreochromis aureus*) ต้องการ 10-25 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม (Roem *et al.*, 1990) ปลากดอเมริกันต้องการในระดับ 25 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม (Murai and Andrews, 1974) ปลาเรนโบว์เทราท์ต้องการในระดับ 20-30 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม (Cowey *et al.*, 1981) และปลาชินุคแซลมอน (*Oncorhynchus tshawytscha*) ต้องการในระดับ 40-50 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม (Halver, 1972) (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 8 ความต้องการวิตามินอี ในปลาแต่ละชนิด

ชนิดของปลา	ปริมาณวิตามินอี (มก. ต่ออาหาร 1 กิโลกรัม)	อ้างอิง
ปลานิล	50-100	Satoh *et al.*, 1987
	10-25	Roem *et al.*, 1990
ปลาไน	100	Watanabe *et al.*, 1970
	300	Watanabe *et al.*, 1970
ปลากดอเมริกัน	25	Murai and Andrews, 1974
	30-75	Lovell *et al.*, 1984
	50	Wilson *et al.*, 1984
ปลาเรนโบว์เทราท์	20-30	Cowey *et al.*, 1981
	50-100	Watanabe *et al.*, 1981
ปลาชินุคแซลมอน	40-50	Halver, 1972

ที่มา : ดัดแปลงจาก Tacon, 1991

ปลาที่ขาดวิตามินอีจะแสดงอาการต่าง ๆ ได้แก่ การเจริญเติบโตลดลง ตาโปน สีลำตัวซีด ตกเลือดบริเวณผิวหนังและครีบ เบื่ออาหาร มีการบวมในช่องท้อง เลือดจาง เม็ดเลือดแดงเปราะแตกง่าย กล้ามเนื้อฝ่อ มีการสะสมของไขมันในตับมากผิดปกติ (fatty liver) เนื้อเยื่อตับอ่อนตาย (ตารางที่ 9)

สำหรับปลาที่ได้รับวิตามินอีในปริมาณมากเกินไปจะแสดงอาการ คือ เจริญเติบโตช้า เกิดการตายของเซลล์เนื้อเยื่อตับ และอัตราการตายสูง (Halver, 1972)

ตารางที่ 9 อาการขาดวิตามินอี ของปลา

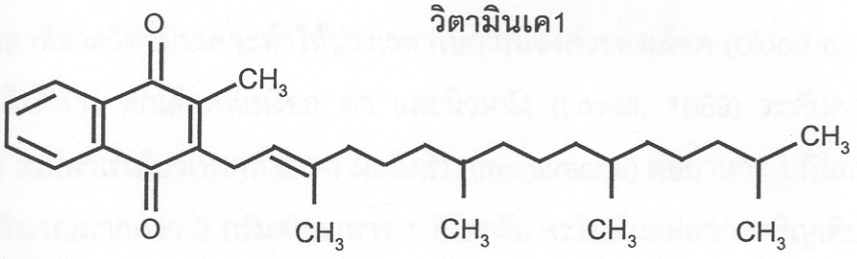
ชนิดของปลา	อาการขาดวิตามินอี	อ้างอิง
ปลาเรนโบว์เทราท์	- อัตราการเจริญเติบโตต่ำ, เลือดจาง, ตาโปน, อัตราการตายสูง, เหงือกซีด, เม็ดเลือดแดงแตก, กล้ามเนื้อถูกทำลาย อัตราการวางไข่และการฟักต่ำ, ภูมิคุ้มกันต่ำ	Woodall *et al*., 1964 Foston,1965 Poston *et al* .,1976 Cowey *et al* ., 1984 Ndoye *et al* ., 1989 Hardie *et al* ., 1990
ปลาไน	- กล้ามเนื้อลีบฝ่อ,ตาโปน,	Watanabe *et al*., 1970 Watanabe and Takashima , 1977
ปลากดอเมริกัน	- อัตราการเจริญเติบโตต่ำ กล้ามเนื้อลีบฝ่อ สีลำตัวซีด, เลือดจาง, เนื้อเยื่อตับอ่อนตาย ฟอสฟอรัส และเถ้าในร่างกายต่ำ	Dupree, 1966 Lovell *et al*., 1984 Wilson *et al*., 1984
ปลานิล	- อัตราการเจริญเติบโตต่ำ, ตกเลือดบริเวณ ผิวหนังและครีบ, เบื่ออาหาร, อัตราการตายสูง	Satoh *et al*., 1987 Roem *et al*., 1990

ที่มา : ดัดแปลงจาก Tacon, 1991

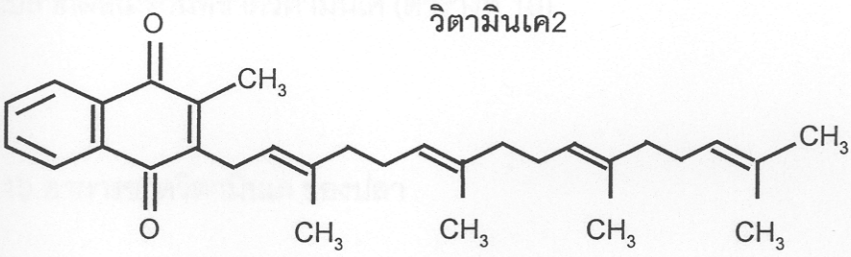
Central Library
Prince of Songkla University

1.2.2.4 **วิตามินเค** เป็นวิตามินที่แต่เดิมรู้จักกันในเรื่องของการป้องกันเลือดออกง่าย ปัจจุบันพบวิตามินเคมีอยู่ 3 ชนิดคือ วิตามินเค1 (phylloquinone) มาจากพืชสีเขียว วิตามินเค2 (menaquinone) เกิดจากผลผลิตจากกลุ่มจุลินทรีย์แกรมบวกในลำไส้ วิตามินเค3 (menadione) เป็นสารสังเคราะห์ขึ้นมีคุณสมบัติละลายน้ำได้ดีกว่าวิตามินเคตัวอื่น ๆ ซึ่งแต่ละตัวจะมีสูตรโครงสร้างที่คล้ายกันแตกต่างกันเฉพาะสายคาร์บอนที่ต่อด้านข้าง (ภาพที่ 5)

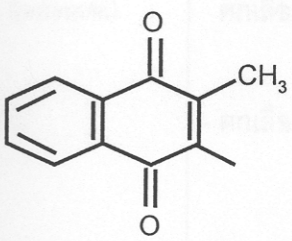
วิตามินเค1



วิตามินเค2



วิตามินเค3



ภาพที่ 5 โครงสร้างของวิตามินเค ชนิดต่าง ๆ (สมทรง, 2542)

วิตามินเคมีความสำคัญในการเปลี่ยนสารโปรทรอมบิน (prothrombin) เป็นทรอมบิน (thrombin) โดยโปรทอมบินจับกับแคลเซียมอิออน (Ca^{++}) กระตุ้นให้เปลี่ยนเป็นทรอมบินพร้อมกับการปล่อยจากฟอสฟอลิปิดของผนังเซลล์ ทำให้ทรอมบินกระตุ้นไฟบริโนเจน (fibrinogen) ในพลาสมาให้กลายเป็นไฟบริน (fibrin) ซึ่งเป็นเส้นใยตาข่าย ซึ่งมีความสำคัญต่อการแข็งตัวของเลือด

ความสำคัญของวิตามินเค ในปลา

ปลาที่ขาดวิตามินเคจะทำให้ช่วงเวลาในการแข็งตัวของเลือด (blood clotting time) เพิ่มขึ้น เลือดจาง ตกเลือดที่เหงือก ตา และผิวหนัง (Lovell, 1989) ระดับความต้องการวิตามินเค ในปลาเรนโบว์เทราท์ 0.5-1 มิลลิกรัม (menadione) ต่ออาหาร 1 กิโลกรัม แต่หากได้รับในปริมาณมากกว่า 2 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม จะไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตแต่อย่างใด ส่วนปลาที่ขาดวิตามินเค จะทำให้เลือดจาง การแข็งตัวของเลือดช้า มีการตกเลือดบริเวณเหงือก ตา (Poston *et al.*, 1964 ; 1976 อ้างโดย Tacon, 1991) และพบการตกเลือดบริเวณผิวหนังในปลากดอเมริกันที่ขาดวิตามินเค (ตารางที่ 10)

ตารางที่ 10 อาการขาดวิตามินเค ของปลา

ชนิดของปลา	อาการขาดวิตามินเค	อ้างอิง
บรู๊คเทราท์ (*Salvelinus fontinalis*)	- เลือดแข็งตัวช้า, เลือดจาง, ตกเลือดบริเวณเหงือก ตา	Poston *et al.*, 1964, 1976
ปลากดอเมริกัน	- ตกเลือดบริเวณผิวหนัง	Dupree, 1966 Murai and Andrews, 1974

ที่มา : ดัดแปลงจาก Tacon, 1991

1.3 วัตถุประสงค์

1.3.1 เพื่อศึกษาผลของวิตามินละลายในไขมันแต่ละชนิดที่มีต่อการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และอัตราการรอดตายของปลากดเหลือง

1.3.2 เพื่อศึกษาพยาธิสภาพภายนอกของปลากดเหลืองที่ขาดวิตามินละลายในไขมันแต่ละชนิด

1.3.3 เพื่อศึกษาพยาธิสภาพของเนื้อเยื่อปลากดเหลืองโดยเปรียบเทียบระหว่างปลาที่ได้รับอาหารที่เสริมวิตามินครบถ้วนกับปลาที่ขาดวิตามินละลายในไขมันแต่ละชนิด