บทที่ 8
วิตามินและเกลือแร่

การที่มนุษย์จะสามารถดำรงชีวิตได้อย่างปกติ มีร่างกายที่สมบูรณ์แข็งแรงนั้น นอกจากจะบริโภคคาร์โบไฮเดรต ไขมัน โปรตีน อย่างเพียงพอต่อความต้องการของร่างกายแล้ว ยังต้องได้รับสารอาหารอย่างอื่นอีกนั่นคือ วิตามินและเกลือแร่ วิตามินและเกลือแร่ไม่ได้เป็นสารที่ให้พลังงานหลักเหมือนกับคาร์โบไฮเดรตและไขมัน ไม่ได้เป็นส่วนประกอบของร่างกายเหมือนกับโปรตีน ร่างกายไม่ได้ต้องการวิตามินและเกลือแร่ในปริมาณมากเหมือนกับคาร์โบไฮเดรต ไขมัน และโปรตีน วิตามินและเกลือแร่เป็นสารที่ร่างกายต้องในปริมาณน้อย แต่ร่างกายไม่สามารถขาดวิตามินและเกลือแร่ได้ เนื่องจากร่างกายไม่สามารถสังเคราะห์ได้ หรือบางชนิดสังเคราะห์ได้แต่ไม่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย ถ้าร่างกายขาดวิตามินและเกลือแร่จะส่งผลให้ร่างกายเกิดความผิดปกติ ไม่สามารถดำรงชีวิตได้อย่างปกติ

8.1 ความเป็นมาและความหมายของวิตามิน

วิตามิน (vitamin) เป็นสารอินทรีย์ที่จำเป็นต่อร่างกาย วิตามินที่จำเป็นต่อร่างกายมีหลายชนิด แต่ละชนิดจะช่วยให้ร่างกายทำงานได้อย่างปกติ การค้นพบวิตามินสืบเนื่องมาจากการเป็นโรคบางชนิด เช่น โรคเลือดออกตามไรฟัน โรคเหน็บชา และพบว่าเมื่อให้อาหารบางชนิดจะสามารถรักษาโรคดังกล่าวได้ เช่น โรคเหน็บชารักษาได้โดยการให้รำข้าว

มีการค้นพบวิตามินในปี ค.ศ. 1911 โดย Funk นักชีวเคมีชาวโปแลนด์ ได้อธิบายว่า เป็นสารอาหารที่มีความจำเป็นต่อชีวิต (vital) และมีสมบัติเป็นสารเอมีน (amine) จึงตั้งชื่อว่า Vitamine ต่อมาได้พบสารอาหารอีกหลายชนิดที่มีความจำเป็นต่อชีวิตแต่มิได้เป็นสารเอมีนจึงตัด “e” ตัวท้ายทิ้งคงเหลือแต่ “Vitamin” (พัชรี บุญศิริ และคณะ, 2550 : 132)

วิตามินแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ตามสมบัติการละลายในตัวทำละลาย ดังนี้

1. วิตามินที่ละลายในน้ำ (water-soluble vitamin) ได้แก่ วิตามินบีทุกชนิด และวิตามินซี วิตามินบีแต่ละชนิดมีหน้าที่ทางชีววิทยาแตกต่างกันออกไป โดยหลายชนิดจะมีความสำคัญในแง่ของการเป็นส่วนประกอบของโคเอนไซม์ที่จำเป็นต่อการทำงานของเอนไซม์ตามปกติ ส่วนที่เป็นวิตามินของโคเอนไซม์จะทำหน้าที่ช่วยให้เอนไซม์จับกับสับสเตรทในการเร่งปฏิกิริยา ดังนั้นถ้าขาดวิตามินสำหรับสร้างโคเอนไซม์เหล่านี้ไป ย่อมมีผลทำให้ปฏิกิริยาที่ควรดำเนินไปอย่างต่อเนื่อง

นั้นต้องหยุดชะงักลงได้ และเนื่องจากวิตามินประเภทนี้ละลายได้ในน้ำ ดังนั้นจึงถูกกำจัดออกนอกร่างกายอย่างรวดเร็ว ทำให้ไม่เกิด hypervitaminosis ขึ้นเหมือนกับวิตามินที่ละลายในไขมัน แต่จากการที่วิตามินประเภทนี้ไม่ถูกเก็บสะสมไว้ในเนื้อเยื่อของร่างกาย จึงทำให้มนุษย์ต้องได้รับวิตามินบีและซีจากอาหารอย่างเพียงพอและสม่ำเสมอ เพื่อที่จะสามารถรักษาระดับให้สมดุลอยู่ได้ (เรืองลักขณา จามิกรณ์, 2544 : 340)

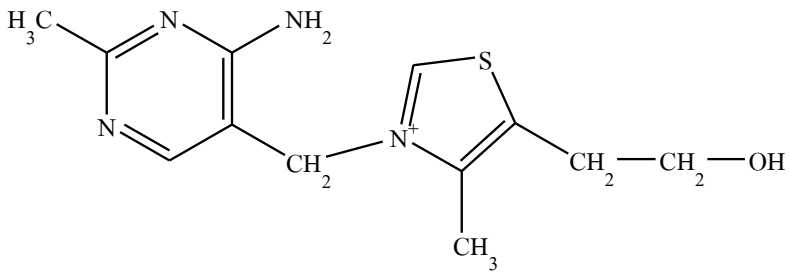
2. วิตามินที่ละลายในไขมัน (fat-soluble vitamin) วิตามินในกลุ่มนี้ที่มนุษย์ไม่สามารถสังเคราะห์ขึ้นเองได้ ได้แก่ วิตามินเอ ดี อี และเค โครงสร้างทางเคมีของวิตามินทั้งสี่ชนิดจะแตกต่างกัน แต่ทั้งหมดจะละลายในไขมัน ไม่ละลายในน้ำ และถูกเก็บสะสมไว้ในส่วนไขมันของร่างกาย โดยเฉพาะที่ตับ ดังนั้นผู้ที่มีปัญหาเกี่ยวกับการดูดซึมอาหารพวกไขมัน จึงอาจมีปัญหาในการดูดซึมวิตามินประเภทนี้ตามไปด้วย ในทางตรงกันข้ามถ้าร่างกายได้รับวิตามินประเภทนี้มากเกินไปจะทำให้เกิด hypervitaminosis คือวิตามินจะไปรวมตัวกันมากเกินไปตามเนื้อเยื่อต่างๆ ซึ่งทำให้เกิดอันตรายได้ (เรืองลักขณา จามิกรณ์, 2544 : 339)

8.2 วิตามินที่ละลายในน้ำ

วิตามินที่ละลายในน้ำ ได้แก่ วิตามินซี และวิตามินบีทุกชนิดคือ วิตามินบี 1 หรือไทอามีน วิตามินบี2 หรือไรโบฟลาวิน กรดนิโคตินิก กรดแพนโททีนิก วิตามินบี6 หรือไพริดอกซีน ไบโอทิน กรดโฟลิก และวิตามินบี12 หรือโคบาลามิน

8.2.1 วิตามินบี1

วิตามินบี1 หรือไทอามีน (thiamine) เป็นสารประเภทเอมีน (amine) ซึ่งมีหมู่ฟังก์ชัน $–NH_2$ และมีธาตุกำมะถันเป็นองค์ประกอบ นอกจากนี้ยังประกอบด้วยวงแหวน 2 วง คือ วงแหวนไพริมิดีน (pyrimidine ring) และวงแหวนไทอะโซล (thiazole ring) ซึ่งวงแหวนไทอะโซลสลายตัวได้ง่ายเมื่ออยู่ในสภาวะเบส หรือโดนแสงอัลตราไวโอเลต (ultraviolet) โดยเฉพาะเมื่อมีทองแดงเป็นตัวเร่ง ดังนั้นถ้าทำอาหารในภาชนะทองแดงและในสภาวะเบสจะทำให้วิตามินบี1 ถูกทำลาย โครงสร้างของวิตามินบี1 แสดงดังรูปที่ 8.1



รูปที่ 8.1 โครงสร้างของวิตามินบี1

วิตามินบี 1 เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์โคเอนไซม์ thiamine pyrophosphate (TPP) ซึ่งเป็นโคเอนไซม์ที่สำคัญในกระบวนการเมแทบอลิซึมของสารอาหารที่ให้พลังงานแก่ร่างกาย เช่น คาร์โบไฮเดรต และลิปิด ดังนั้นความต้องการวิตามินบี1 ในร่างกายจะขึ้นอยู่กับสารอาหารที่ให้พลังงานที่ร่างกายได้รับ นอกจากนี้โคเอนไซม์ TTP ยังมีบทบาทต่อระบบประสาท โดยเป็นองค์ประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์ประสาท ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการส่งสัญญาณประสาทไปตามเส้นใยประสาท และยังพบว่ามีความสำคัญในการสังเคราะห์อะซิติลโคลีน (acetylcholine)ซึ่งเป็นสารสื่อสัญญาณประสาท (neurotransmitter) (พัชรี บุญศิริ และคณะ, 2550 : 135)

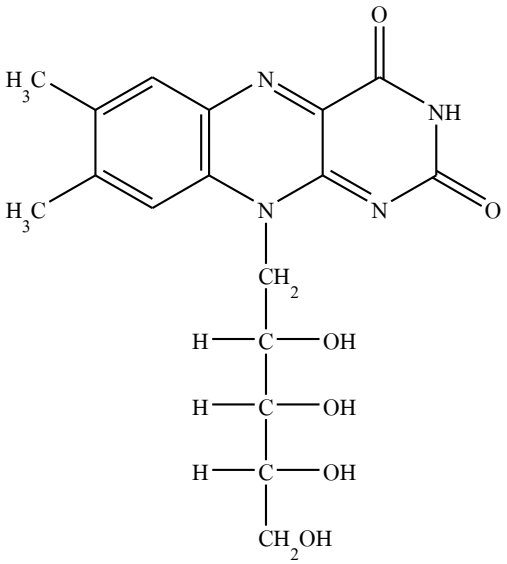
การขาดวิตามินบี 1 จะทำให้เป็นโรคเหน็บชา (beriberi) มีผลต่อระบบประสาท หัวใจ หลอดเลือด และระบบทางเดินอาหาร สาเหตุของการขาดวิตามินบี1 คือ การรับประทานอาหารไม่ถูกต้องตามโภชนาการ การเป็นโรคพิษสุราเรื้อรัง และการรับประทานอาหารที่มีสารที่สามารถทำลายวิตามินบี1 หรือทำให้ร่างกายไม่สามารถดูดซึมวิตามินบี1 ได้ เช่น ไทอามิเนส (thiaminase) เป็นเอนไซม์ที่ทำลายวิตามินบี1 พบในปลา หอยลาย ดังนั้นการรับประทานปลาดิบเป็นประจำนานๆ จะทำให้ขาดวิตามินบี1 ได้ ส่วนสารที่ทำให้ร่างกายไม่สามารถดูดซึมวิตามิบี1 ได้ เช่น กรดแคฟเฟอิก (caffeic acid) พบในใบชา กาแฟ สามารถจับกับวิตามินบี1 แล้วทำให้ไม่ถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกาย

แหล่งอาหารของวิตามินบี 1 ได้แก่ ธัญพืช เช่น ข้าว โดยพบในส่วนเยื่อของเปลือกหุ้มเมล็ด ดังนั้นข้าวที่ไม่ผ่านการขัดสี เช่น ข้าวกล้องจะพบวิตามินบี1 ได้มากกว่าข้าวขาว นอกจากนี้ยังพบในเนื้อหมู ยีสต์ ถั่ว ไข่แดง และนม เป็นต้น

8.2.2 วิตามินบี2

วิตามินบี2 หรือไรโบฟลาวิน (riboflavin) ประกอบด้วยวงแหวนไอโซอัลลอกซาซีน (isoalloxazine) และน้ำตาลไรโบส (ribose) วิตามินบี2 สลายตัวได้ง่ายเมื่ออยู่ในสภาวะเบส

หรือโดนแสงอัลตราไวโอเลต แต่ค่อนข้างเสถียรต่อความร้อนและในสภาวะกรด โครงสร้างของวิตามินบี2 แสดงดังรูปที่ 8.2



รูปที่ 8.2 โครงสร้างของวิตามินบี2

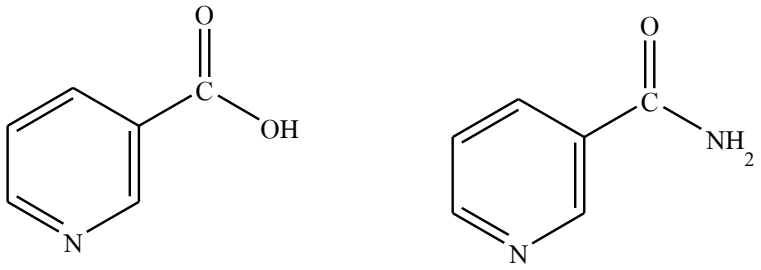
วิตามินบี 2 เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์โคเอนไซม์ flavin mononucleotide (FMN) และ flavin adenine dinucleotide (FAD) ซึ่งเป็นโคเอนไซม์ในปฏิกิริยาออกซิเดชันและรีดักชัน โดยทำหน้าที่เป็นหมู่พรอสเทติกของเอนไซม์ในกระบวนการขนส่งอิเล็กตรอน (electron transport system) เรียกเอนไซม์ที่มี FMN หรือ FAD เป็นหมู่พรอสเทติกว่า ฟลาโวโปรตีน (flavoprotein) หรือเอนไซม์ dehydrogenase โดย FMN และ FAD ทำหน้าที่เป็นตัวรับอะตอมไฮโดรเจน นอกจากนี้วิตามินบี2 ยังเกี่ยวข้องในปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดไขมันและเกี่ยวข้องในการรักษาสภาพของเยื่อบุผิวของตาและของอวัยวะต่างๆ อีกด้วย (พัชรี บุญศิริ และคณะ, 2550 : 137)

การขาดวิตามินบี 2 จะทำให้เป็นแผลที่มุมปากเรียกว่า ปากนกกระจอก (angular tomatitis) นอกจากนี้มักเกิดอาการลิ้นอักเสบ เยื่อบุตาอักเสบ การเจริญเติบโตช้ากว่าปกติ และอาจมีการอักเสบของผิวหนัง

แหล่งอาหารของวิตามินบี 2 ได้แก่ พืชใบเขียว โดยพืชสีเขียวสามารถสังเคราะห์วิตามินนี้ได้ เนื้อสัตว์ เช่น เนื้อวัว เนื้อไก่ เนื้อปลา เครื่องในสัตว์โดยเฉพาะตับและไต ไข่ น้ำนม

8.2.3 กรดนิโคทินิก

กรดนิโคทินิก (nicotinic acid) หรือไนอาซิน (niacin) โครงสร้างทางเคมีประกอบด้วยวงแหวนไพริดีน (pyridine) และมีหมู่คาร์บอกซิล (carboxyl) เป็นหมู่ฟังก์ชัน ในธรรมชาติพบอนุพันธ์ของกรดนิโคทินิกในรูปนิโคทินาไมด์ ซึ่งร่างกายสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้เหมือนกรดนิโคตินิก กรดนิโคทินิกมีความเสถียรทนต่อความร้อน กรด เบส และแสง โครงสร้างของกรดนิโคทินิก และนิโคทินาไมด์แสดงดังรูปที่ 8.3



กรดนิโคทินิก นิโคทินาไมด์

รูปที่ 8.3 โครงสร้างของกรดนิโคทินิกและนิโคทินาไมด์

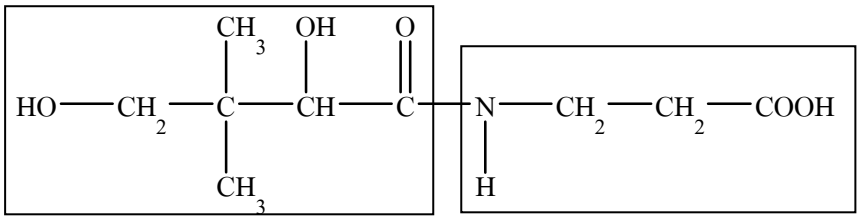
กรดนิโคทินิกเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์โคเอนไซม์ 2 ชนิด ได้แก่ nicotinamide adenine dinucleotide (NAD^+) และ nicotinamide adenine dinucleotide phosphate ($NADP^+$) ซึ่งเป็นตัวรับไฮโดรเจนของปฏิกิริยาที่สำคัญหลายปฏิกิริยาในกระบวนการเมแทบอลิซึมของร่างกาย เช่น NAD^+ เป็นโคเอนไซม์ในปฏิกิริยาออกซิเดชันในวิถีไกลโคลิซีส (glycolysis) และกระบวนการขนถ่ายอิเล็กตรอน $NADP^+$ เป็นโคเอนไซม์ในปฏิกิริยาการสังเคราะห์กรดไขมัน และคอเลสเตอรอล

การขาดกรดนิโคทินิกจะทำให้เกิดโรคเพลลากรา (pellagra) มีอาการท้องเดิน (diarrhea) อาการทางประสาท (dementia) ซึมเศร้า นอนไม่หลับ ความจำสับสนและเสื่อม และมีอาการทางผิวหนัง (dermatitis) ร่วมด้วย คือ บริเวณผิวหนังที่ถูกแดดจะแดงและคล้ำ ผิวหนังเกิดแผลได้ (ดาวัลย์ ฉิมภู่, 2548 : 230)

แหล่งอาหารของกรดนิโคทินิก ได้แก่ เนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์จากสัตว์ เช่น เนื้อหมู เนื้อวัว เนื้อปลา เป็นต้น แหล่งที่มีน้อย เช่น น้ำนม ไข่ ผัก และผลไม้ แต่น้ำนมและไข่มีทริปโทเฟน (tryptophan) ซึ่งจะเปลี่ยนเป็นกรดนิโคตินิกได้

8.2.4 กรดแพนโททีนิก

กรดแพนโททีนิก (pantothenic acid) เป็นสารที่คล้ายเพปไทด์ (peptide) เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างกรดแพนโทอิก (pantoic acid) กับเบตาอะลินีน (β-alanine) สลายตัวได้ง่ายเมื่ออยู่ในสภาวะกรด เบส ความร้อน โครงสร้างของกรดแพนโททีนิกแสดงดังรูปที่ 8.4



ส่วนที่มาจากกรดแพนโทอิก ส่วนที่มาจากเบตาอะลินีน

รูปที่ 8.4 โครงสร้างของกรดแพนโททีนิก

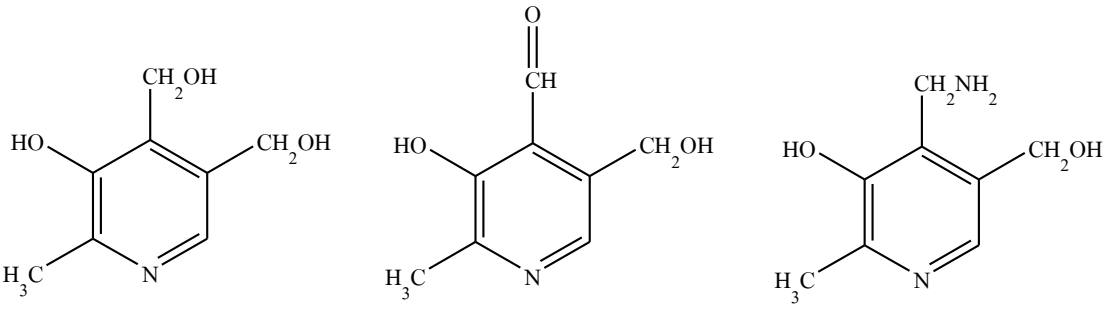
กรดแพนโททีนิกเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์โคเอนไซม์เอ (coenzyme A) ซึ่งมีบทบาทสำคัญในกระบวนการเมแทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรตและลิปิด โดยเฉพาะกรดไขมัน โดยเป็นองค์ประกอบของสารตัวกลางในกระบวนการเมแทบอลิซึมที่สำคัญคือ อะซิติลโคเอ (acetyl coA) และเกี่ยวข้องในการสังเคราะห์ฮีม (heme) ดังนั้นคนที่เป็นโรคโลหิตจางมีสาเหตุหนึ่งมาจากการขาดกรดแพนโททีนิก

การขาดกรดแพนโททีนิกมักไม่พบ เนื่องจากกรดแพนโททีนิกพบในอาหารทุกชนิด ถ้าขาดกรดแพนโททีนิกจะทำให้เกิดอาการกล้ามเนื้อเมื่อยล้า กล้ามเนื้อกระตุก ติดเชื้อได้ง่าย

แหล่งอาหารของกรดแพนโททีนิก ได้แก่ อาหารทุกประเภททั้งจากพืชและสัตว์ โดยพบมากในไข่ ตับ ไต ยีสต์ ถั่ว

8.2.5 วิตามินบี6

วิตามินบี 6 หรือไพริดอกซีน (pyridoxine) เป็นสารประกอบไพริดีน (pyridine) นอกจากนี้วิตามินบี6 ยังรวมถึงอนุพันธ์ของไพริดอกซีน 2 ชนิดคือ ไพริดอกซาล (pyridoxal) และไพริดอกซามีน (pyridoxamine) วิตามินบี6 สลายตัวได้ง่ายเมื่อโดนแสง และโดนความร้อนในสภาวะเบส แต่จะทนความร้อนได้ดีในสภาวะกรด โครงสร้างของไพริดอกซีนและอนุพันธ์แสดงดังรูปที่ 8.5



ไพริดอกซีน ไพริดอกซาล ไพริดอกซามีน

รูปที่ 8.5 โครงสร้างของไพริดอกซีนและอนุพันธ์

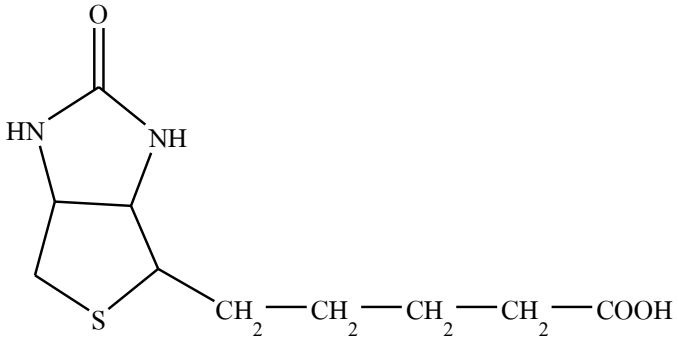
วิตามินบี6 เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์โคเอนไซม์ pyridoxal phosphate (PLP) และ pyridoxamine phosphate ซึ่งทั้งสองชนิดมีบทบาทสำคัญในกระบวนการเมแทบอลิซึมของโปรตีนและคาร์โบไฮเดรต นอกจากนี้ยังช่วยในการสังเคราะห์ฮีม ซึ่งเป็นส่วนประกอบของฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดง และยังเกี่ยวข้องในการเปลี่ยนกรดอะมิโนทริปโทเฟนไปเป็นกรดนิโคทินิก ดังนั้นถ้าขาดวิตามินบี6 อาจทำให้เกิดการขาดกรดนิโคทินิกด้วย

การขาดวิตามินบี 6 จะพบได้น้อยมาก เนื่องจากในอาหารมีเพียงพอ แต่จะพบได้ในคนที่การดูดซึมอาหารผิดปกติ (malabsorption syndrome) หรือผู้ที่เป็นโรคพิษสุราเรื้อรัง ผู้ที่ขาดวิตามินบี6 จะมีอาการโลหิตจาง ผิวหนังอักเสบ การเสื่อมของเส้นประสาท

แหล่งอาหารของวิตามินบี 6 ได้แก่ เนื้อสัตว์ ไข่ นม ถั่ว ผัก ผลไม้ แบคทีเรียในลำไส้สามารถสังเคราะห์วิตามินบี6 ได้แต่ไม่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย

8.2.6 ไบโอทิน

ไบโอทิน (biotin) เป็นสารที่ประกอบด้วยวงแหวนไทโอฟีน (thiophene) ซึ่งมีธาตุกำมะถันเป็นองค์ประกอบ ไบโอทินทนต่อความร้อน แต่สลายตัวได้ง่ายโดยปฏิกิริยาออกซิเดชัน โครงสร้างของไบโอทินแสดงดังรูปที่ 8.6



รูปที่ 8.6 โครงสร้างของไบโอทิน

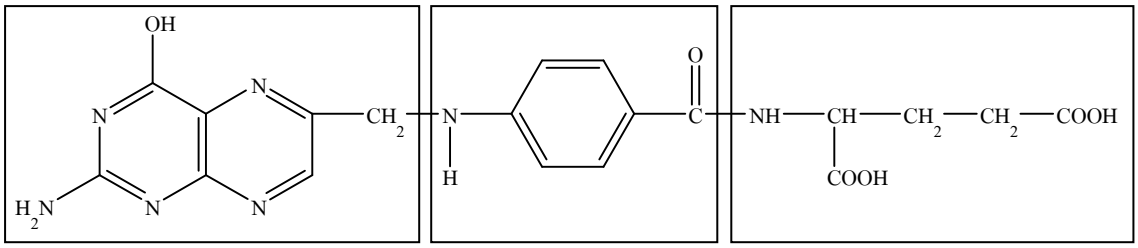
ไบโอทินเป็นโคเอนไซม์ของปฏิกิริยาที่เกี่ยวข้องกับการเติมคาร์บอนไดออกไซด์ (carboxylation) นอกจากนี้ยังมีส่วนในการบำรุงรักษาผิวหนัง ผม เซลล์ประสาท ไขกระดูก และมีส่วนร่วมในการสังเคราะห์กรดนิโคทินิกจากกรดอะมิโนทริปโทเฟน

การขาดไบโอทินโดยปกติจะไม่พบในคน ยกเว้นในกรณีที่มีการบริโภคไข่ขาวดิบเป็นจำนวนมาก (20 ฟองต่อวัน) และติดต่อกันเป็นเวลานาน เนื่องจากในไข่ขาวดิบมีไกลโคโปรตีน (glycoprotein) คือ อะวิดิน (avidin) ซึ่งมีสมบัติเป็นสารต้านวิตามินสามารถจับกับไบโอทิน ทำให้ร่างกายไม่สามารถดูดซึมไบโอทินได้ การขาดไบโอทินจะทำให้มีอาการผิวหนังอักเสบ เบื่ออาหาร วิงเวียน อาเจียน ปวดกล้ามเนื้อ และซึมเศร้า เป็นต้น (พัชรี บุญศิริ และคณะ, 2550 : 144)

แหล่งอาหารของไบโอทิน ได้แก่ เนื้อสัตว์ ตับ ไต ไข่ ยีสต์ นอกจากนี้แบคทีเรียในลำไส้สามารถสังเคราะห์ไบโอทินได้

8.2.7 กรดโฟลิก

กรดโฟลิก (folic acid) หรือโฟลาซิน (folacin) เป็นสารที่ประกอบด้วย 3 ส่วนคือ เทอริดีน (pteridine), กรดพาราอะมิโนเบนโซอิก (p-aminobenzoic acid) และกรดกลูตามิก (glutamic acid) กรดโฟลิกที่อยู่ในรูปสารละลายจะสลายตัวได้ง่ายเมื่อถูกความร้อน แต่ถ้าอยู่ในรูปของแข็งจะสลายตัวง่ายเมื่อโดนแสง โครงสร้างของกรดโฟลิกแสดงดังรูปที่ 8.7



เทอริดีน กรดพาราอะมิโนเบนโซอิก กรดกลูตามิก

รูปที่ 8.7 โครงสร้างของกรดโฟลิก

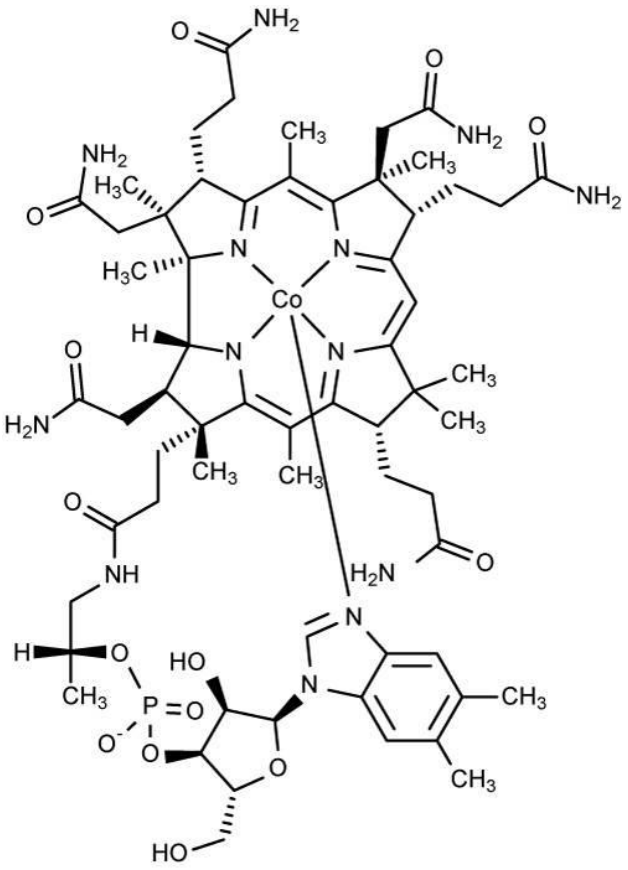
กรดโฟลิกเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์โคเอนไซม์ tetrahydrofolate (FH_4 หรือ THF) ซึ่งเป็นโคเอนไซม์ที่สำคัญในกระบวนการชีวสังเคราะห์สารต่างๆ เช่น เบสเพียวรีน เบสไพริมิดีนของกรดนิวคลีอิก จึงมีความจำเป็นต่อการสร้าง DNA และ RNA

การขาดกรดโฟลิกเกิดได้จากการรับประทานอาหารไม่เพียงพอ ผู้ที่มีปัญหาการดูดซึมอาหารผิดปกติ การขาดกรดโฟลิกจะทำให้เป็นโรคโลหิตจางชนิด megaloblastic anemia เนื่องจากร่างกายไม่สามารถสังเคราะห์เบสเพียวรีนและไพริมิดีน ซึ่งเป็นองค์ประกอบของกรดนิวคลีอิก (DNA และ RNA) ได้ ทำให้การเจริญและการแบ่งตัวของนิวเคลียสช้าลง จึงมีผลต่อการสร้างเซลล์เม็ดเลือดแดงซึ่งเป็นเซลล์ที่ร่างกายสร้างขึ้นตลอดเวลา

แหล่งอาหารของกรดโฟลิก ได้แก่ ผักใบเขียว เนื้อสัตว์ ตับ และถั่ว

8.2.8 วิตามินบี12

วิตามินบี 12 หรือโคบาลามิน (cobalamin) เป็นสารที่ประกอบด้วยวงแหวนคอริน (corrin ring) ล้อมรอบโลหะโคบอลต์ มีโครงสร้างใหญ่และซับซ้อน วิตามินบี12 สลายตัวได้ในสภาวะกรด เบส และปฏิกิริยาออกซิเดชัน โครงสร้างของวิตามินบี12 แสดงดังรูปที่ 8.8



รูปที่ 8.8 โครงสร้างของวิตามินบี12

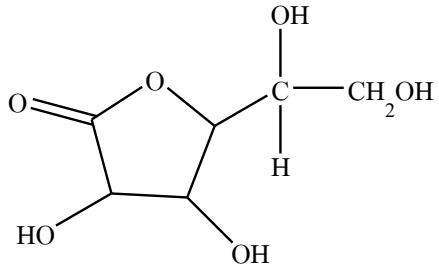
วิตามินบี 12 เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์โคเอนไซม์ adenosylcobalamine ซึ่งเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาหลายปฏิกิริยา เช่น การเปลี่ยนไรโบนิวคลีโอไทด์ (ribonucleotide) ไปเป็นดีออกซีไรโบนิวคลีโอไทด์ (deoxyribonucleotide) ในกระบวนการสังเคราะห์ DNA และยังเกี่ยวข้องกับกระบวนการเมแทบอลิซึมของกรดไขมัน นอกจากนี้ยังกระตุ้นการเจริญเติบโตในเด็ก เพิ่มความอยากอาหารทำให้รับประทานอาหารได้มากขึ้น

การขาดวิตามินบี 12 มักไม่ค่อยพบในคนปกติ เพราะความต้องการวิตามินบี12 ของร่างกายมีปริมาณต่ำมาก (ในระดับไมโครกรัม) แต่จะพบในผู้ที่บริโภคเฉพาะผัก นอกจากนี้ยังพบในผู้ที่มีความผิดปกติเกี่ยวกับการดูดซึมวิตามิน การขาดวิตามินบี12 จะทำให้เป็นโรคโลหิตจางชนิดร้ายแรง และมีการทำลายของประสาทไขสันหลัง เนื่องจากการขาดวิตามินบี12 จะทำให้ร่างกายไม่สามารถสังเคราะห์ DNA ในไขกระดูกซึ่งทำหน้าที่สร้างเม็ดเลือดแดง

แหล่งอาหารของวิตามินบี 12 ได้แก่ เนื้อสัตว์ และผลิตภัณฑ์จากสัตว์ เช่น ตับ ไต หัวใจ

8.2.9 วิตามินซี

วิตามินซี หรือกรดแอสคอร์บิก (ascorbic acid) เป็นสารที่ประกอบด้วยหมู่ฟังก์ชันไฮดรอกซิล (hydroxyl, -OH) 4 หมู่ จึงสลายตัวได้ง่ายโดยปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยเฉพาะเมื่อมีความร้อนจะทำให้วิตามินซีสลายตัวเร็วขึ้น โครงสร้างของวิตามินซีแสดงดังรูปที่ 8.9



รูปที่ 8.9 โครงสร้างของวิตามินซี

วิตามินซีมีบทบาทสำคัญในการสังเคราะห์คอลลาเจน (collagen) ซึ่งเป็นโปรตีนในเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน ดังนั้นวิตามินซีจึงมีความสำคัญในการสังเคราะห์และรักษาสภาพของเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน รวมทั้งช่วยเพิ่มความแข็งแรงของเนื้อเยื่อในด้านการซ่อมแซมบริเวณที่เป็นแผล จึงป้องกันโรคลักปิดลักเปิด (scurvy) ได้ นอกจากนี้ยังจำเป็นในการสังเคราะห์ฮอร์โมนกลุ่มสเตอรอยด์ วิตามินซียังเกี่ยวข้องกับกระบวนการเมแทบอลิซึมของเหล็ก โดยช่วยเพิ่มการดูดซึมเหล็ก และวิตามินซีมีสมบัติเป็นสารแอนติออกซิแดนท์ หรือสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) ช่วยป้องกันปฏิกิริยาออกซิเดชันในเซลล์ จะเห็นว่าวิตามินซีเป็นวิตามินตัวเดียวในกลุ่มวิตามินที่ละลายในน้ำ ที่ไม่ได้ทำหน้าที่เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์โคเอนไซม์ที่ชัดเจน

การขาดวิตามินซีจะทำให้เป็นโรคลักปิดลักเปิด ซึ่งมีอาการเลือดออกตามส่วนต่างๆ ของร่างกาย เช่น ไรฟัน ปวดเหงือก โลหิตจาง ร่างกายติดเชื้อได้ง่าย

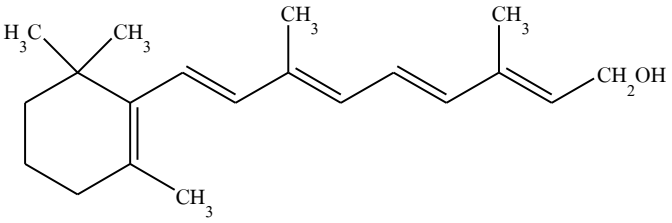
แหล่งอาหารของวิตามินซี ได้แก่ ผักและ ผลไม้ โดยเฉพาะพวกพืชตระกูลส้ม เช่น ส้มเขียวหวาน มะนาว นอกจากนี้ยังพบมากในฝรั่ง และมะขามป้อม เนื่องจากวิตามินซีสลายตัวได้ง่ายมากดังนั้นอาหารที่ผ่านการปรุงที่นานจะทำให้สูญเสียวิตามินซีได้

8.3 วิตามินที่ละลายในไขมัน

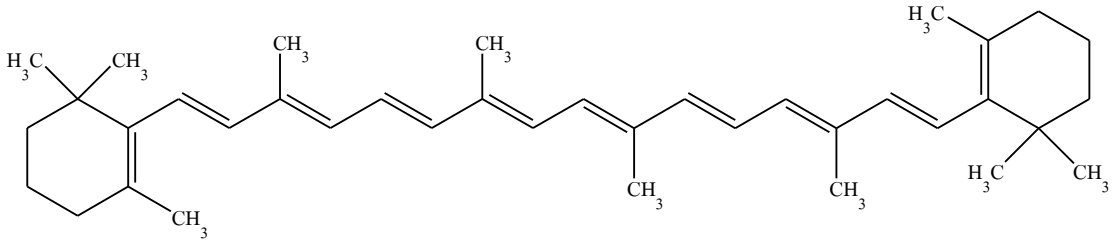
วิตามินที่ละลายในไขมัน ได้แก่ วิตามินเอ วิตามินดี วิตามินอี และวิตามินเค ซึ่งเป็นสารที่ประกอบด้วยไอโซพรีน (isoprene unit)

8.3.1 วิตามินเอ

วิตามินเอ หรือเรตินอล (retinol) เป็นสารที่ประกอบด้วยหน่วยไอโซพรีนมาเชื่อมต่อกัน วิตามินเอสลายตัวง่ายเมื่อโดนแสง หรือความร้อน นอกจากวิตามินเอจะอยู่ในรูปเรตินอลแล้ว ในธรรมชาติยังพบสารที่สามารถเปลี่ยนไปเป็นวิตามินเอได้เรียกว่า โปรวิตามินเอ (provitamin A) คือ แคโรทีนอยด์ (carotenoid) ซึ่งเป็นรงควัตถุในพืชประกอบด้วยแคโรทีน (carotene) โดยชนิดที่มีมากที่สุดคือ เบตาแคโรทีน (β-carotene) โครงสร้างของเรตินอลและเบตาแคโรทีนแสดงดังรูปที่ 8.10



เรตินอล



เบตาแคโรทีน

รูปที่ 8.10 โครงสร้างของเรตินอลและเบตาแคโรทีน

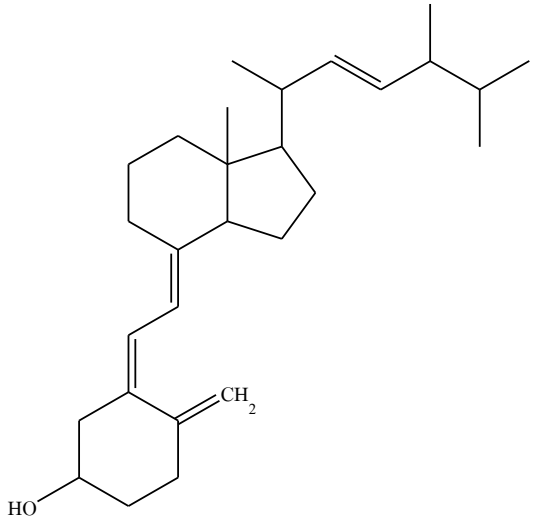
วิตามินเอมีหน้าที่ควบคุมการทำงานของเซลล์หรอด (rods) และโคน (cones) ซึ่งเป็นเซลล์ที่เป็นตัวรับแสงในเรตินาของนัยน์ตา จึงมีความสำคัญต่อการปรับสายตาในที่ที่มีแสงสว่างไม่พอ นอกจากนี้ยังช่วยในการเจริญและพัฒนาของเซลล์บุผิว (epithelial membrane) และมีบทบาทในการเจริญเติบโตของกระดูกและฟัน

การขาดวิตามินเอจะทำให้เกิดอาการตาบอดกลางคืน (night blindness) นั่นคือ มองเห็นได้ไม่ดีในขณะที่มีแสงสลัว และถ้าหากขาดวิตามินเอเป็นเวลานานอาจทำให้เปลือกตาอักเสบ ต่อมน้ำตาไม่สามารถผลิตน้ำตาได้ นอกจากนี้ยังมีผลต่อเยื่อบุผิวทำให้เกิดการติดเชื้อได้ง่าย และยังมีผลต่อการเจริญเติบโตอีกด้วย

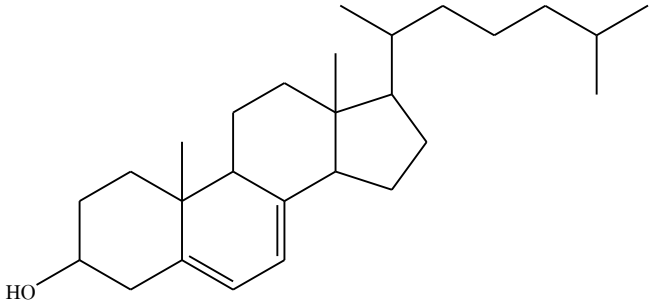
แหล่งอาหารของวิตามินเอ โดยแหล่งของเรตินอลพบในอาหารที่มาจากสัตว์ เช่น น้ำนม ไข่ และน้ำมันตับปลา เป็นต้น แหล่งของโปรวิตามินเอพบในผักและผลไม้ที่มีรงควัตถุสีแดง ส้ม เหลือง เช่น มะละกอ แครอท ฟักทอง และผักใบเขียวเข้ม เป็นต้น

8.3.2 วิตามินดี

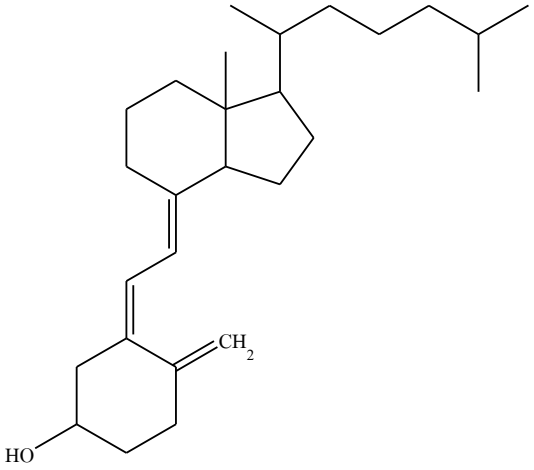
วิตามินดี หรือแคลซิเฟอรอล (calciferol) ที่สำคัญมี 2 รูปคือ วิตามิน D_2 หรือเออโกแคลซิเฟอรอล (erocalciferol) ซึ่งพบในพืช ดังรูปที่ 8.11 และวิตามิน D_3 หรือโคลีแคลซิเฟอรอล (cholecalciferol) ซึ่งพบในสัตว์ โดยในร่างกายสามารถสังเคราะห์ได้จาก 7-dehydrocholesterol ซึ่งเป็นสารตั้งต้นของวิตามิน D_3 สามารถเปลี่ยนไปเป็นวิตามิน D_3 ได้เมื่อได้รับรังสีอัลตราไวโอเลตในแสงแดด แสดงดังรูปที่ 8.12



รูปที่ 8.11 โครงสร้างของวิตามิน D_2



7-dehydrocholesterol



วิตามิน D_3

รูปที่ 8.12 การเปลี่ยนของ 7-dehydrocholesterol ไปเป็นวิตามิน D_3

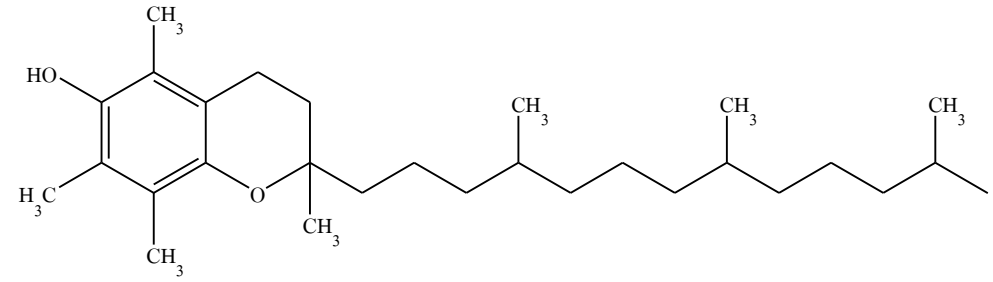
วิตามินดีมีหน้าที่ช่วยในการดูดซึมแคลเซียมและฟอสฟอรัส รักษาระดับของแคลเซียมและฟอสฟอรัสในเลือดให้อยู่ในระดับปกติ

การขาดวิตามินดีจะทำให้ระดับของแคลเซียมและฟอสฟอรัสในเลือดต่ำ ทำให้มีการนำเอาธาตุทั้งสองจากกระดูกมาใช้ ส่งผลให้แคลเซียมในกระดูกเสียไป ทำให้เกิดเป็นโรคกระดูกอ่อน นอกจากนี้ยังอาจทำให้เกิดอาการชักและกล้ามเนื้อเกร็ง เนื่องจากวิตามินดีเกี่ยวข้องกับการทำงานของระบบประสาทและกล้ามเนื้อด้วย

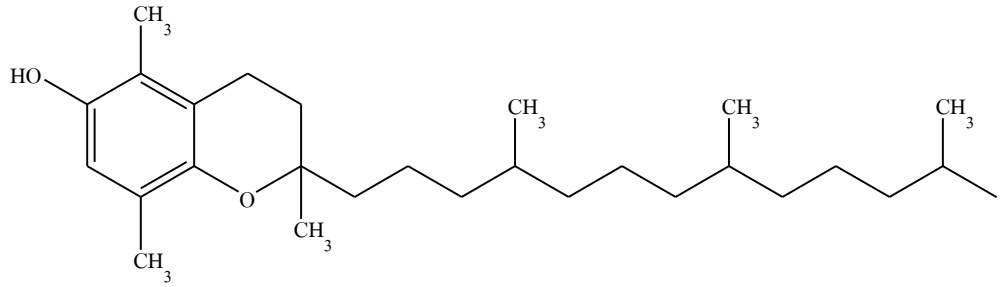
แหล่งอาหารของ วิตามินดี ได้แก่ น้ำมันตับปลา ตับ ไข่ เนย นมสด และการได้รับแสงแดดทำให้ร่างกายสามารถเปลี่ยนสารตั้งต้นเป็นวิตามินดีได้

8.3.3 วิตามินอี

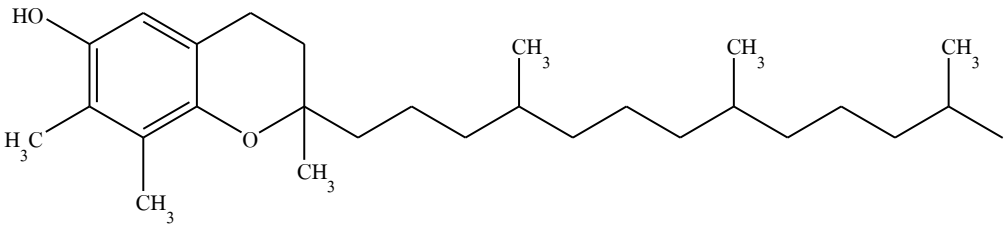
วิตามินอี หรือโทโคเฟอรอล (tocopherol) ในธรรมชาติพบวิตามินอีได้ 4 รูปแบบ คือ alpha (α), beta (β), gamma (γ), และ delta (δ) tocopherol ซึ่ง α -tocopherol มี activity สูงที่สุด วิตามินอีเสถียรต่อความร้อน ถูกออกซิไดส์ (oxidize) ได้ง่ายมากจึงมีสมบัติเป็นสารแอนติออกซิ-แดนท์ (antioxidant) โครงสร้างของวิตามินอีแสดงดังรูปที่ 8.13



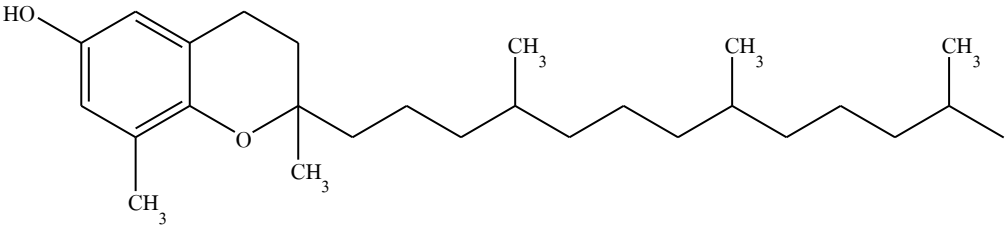
α –tocopherol



β –tocopherol



γ –tocopherol



δ –tocopherol

รูปที่ 8.13 โครงสร้างของวิตามินอี

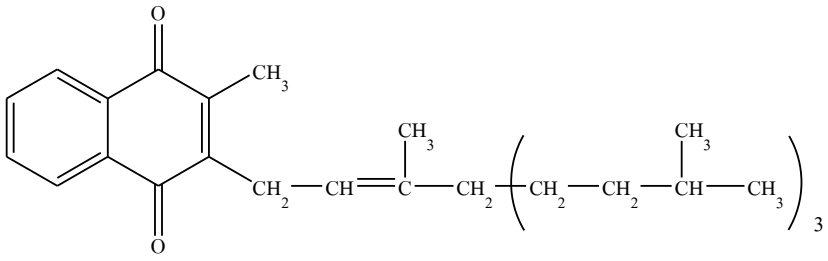
หน้าที่ของวิตามิอีคือ เป็นสารแอนติออกซิแดนท์ ป้องกันเยื่อหุ้มเซลล์ไม่ให้ถูกออกซิไดส์ จึงเพิ่มความแข็งแรงให้แก่เซลล์และโครงสร้างภายในเซลล์

การขาดวิตามินอีทำให้เกิดอาการผิดปกติที่พบได้ เช่น ภาวะโลหิตจาง และกล้ามเนื้อลีบ เป็นต้น

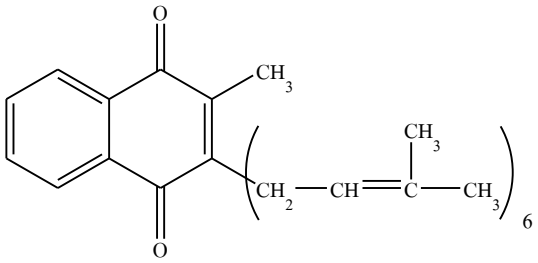
แหล่งอาหารของวิตามินอี พบมากในน้ำมันพืช เช่น น้ำมันเมล็ดคำฝอย และน้ำมันถั่วเหลือง ไข่ ตับ และผักใบเขียว

8.3.4 วิตามินเค

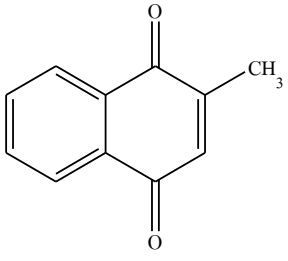
วิตามินเค ในธรรมชาติพบ 3 รูปแบบคือ วิตามิน K_1 หรือฟิลโลควิโนน (phylloquinone) ซึ่งพบในพืช วิตามิน K_2 หรือมีนาควิโนน (menaquinone) พบในสัตว์ และวิตามิน K_3 หรือมีนาไดโอน (menadione) ได้จากการสังเคราะห์ทางเคมี มีฤทธิ์แรงกว่าวิตามิน K_1 และวิตามิน K_2 โครงสร้างของวิตามิน K_1 วิตามิน K_2 และวิตามิน K_3 แสดงดังรูปที่ 8.14



วิตามิน K_1



วิตามิน K_2



วิตามิน K_3

รูปที่ 8.14 โครงสร้างของวิตามิน K_1 วิตามิน K_2 และวิตามิน K_3

หน้าที่ของวิตามินเคคือ มีบทบาทสำคัญในกระบวนการแข็งตัวของเลือด โดยมีส่วนสำคัญในการกระตุ้นให้โพรทรอมบิน (prothrombin) เปลี่ยนเป็นทรอมบิน (thrombin) ซึ่งทรอมบินจะเปลี่ยนไฟบริโนเจน (fibrinogen) ให้เป็นไฟบริน (fibrin) ซึ่งเป็นโปรตีนที่มีลักษณะเป็นร่างแหป้องกันไม่ให้เลือดออกและแข็งตัวในที่สุด

การขาดวิตามินเคจะทำให้การแข็งตัวของเลือดช้าลง เกิดเป็นโรคเลือดไหลไม่หยุด (hemorrhagic disease) โดยทั่วไปแล้วมักไม่ค่อยพบผู้ที่ขาดวิตามินเค เนื่องจากแบคทีเรียในลำไส้สามารถสังเคราะห์วิตามิน K_2 ได้ ยกเว้นผู้ที่ใช้ยาปฏิชีวนะเป็นเวลานานซึ่งจะทำลายแบคทีเรียในลำไส้ หรือผู้ที่รับประทานอาหารไม่เพียงพอ มีปัญหาการดูดซึมอาหาร

แหล่งอาหารของวิตามินเค ได้แก่ ผัก ไข่แดง ตับ และไต เป็นต้น

8.4 เกลือแร่

เกลือแร่ (mineral) หรือแร่ธาตุเป็นสารอนินทรีย์ที่จำเป็นต่อร่างกาย เกลือแร่จะคล้ายกับวิตามินตรงที่ ร่างกายต้องการในปริมาณไม่มาก แต่ร่างกายขาดไม่ได้ เกลือแร่ที่จำเป็นต่อร่างกายมีหลายชนิด บางชนิดร่างกายต้องการมาก เช่น แคลเซียม (Ca) ฟอสฟอรัส (P) โซเดียม (Na) โพแทสเซียม (P) และแมกนีเซียม (Mg) เป็นต้น เกลือแร่บางชนิดร่างกายต้องการน้อย (ระดับมิลลิกรัมถึงไมโครกรัม) เช่น เหล็ก (Fe) ทองแดง (Cu) ไอโอดีน (I) และสังกะสี (Zn) เป็นต้น

8.4.1 แคลเซียม

แคลเซียม เป็นเกลือแร่ที่พบในร่างกายมากกว่าเกลือแร่ชนิดอื่น โดยพบมากที่กระดูก และฟัน แคลเซียมเป็นเกลือแร่ที่ทำงานร่วมกับฟอสฟอรัส

ประโยชน์ของ แคลเซียมมีดังนี้ เป็นส่วนประกอบของกระดูกและฟัน ช่วยในการแข็งตัวของเลือด ช่วยในการทำงานของกล้ามเนื้อ ถ้าแคลเซียมในเลือดน้อยจะทำให้เกิดภาวะการหดเกร็งของกล้ามเนื้อ ทำให้กล้ามเนื้อทำงานผิดปกติ ถ้าขาดแคลเซียมจะทำให้เป็นโรคกระดูกอ่อน

แหล่งอาหารของแคลเซียม ได้แก่ นม เนย กระดูกที่รับประทานได้ เช่น ปลาป่น ปลากรอบ ถั่ว ไข่ ผัก และผลไม้

8.4.2 ฟอสฟอรัส

ฟอสฟอรัสเป็นเกลือแร่ที่พบมากในกระดูกและฟัน ประโยชน์ของฟอสฟอรัสคือ เป็นองค์ประกอบของกระดูกและฟัน เป็นส่วนประกอบของกรดนิวคลีอิกและนิวคลีโอโปรตีน (nucleoprotein) ซึ่งทำหน้าที่ในการแบ่งตัวของเซลล์และถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม เป็นส่วนประกอบของฟอสโฟลิปิด (phospholipid) ซึ่งเป็นองค์ประกอบในเยื่อเซลล์และลิโพโปรตีน

(lipoprotein) ซึ่งช่วยในการขนส่งไขมัน นอกจากนี้ยังช่วยควบคุมความสมดุลของกรด และเบสในเลือด

แหล่งอาหารของ ฟอสฟอรัส ฟอสฟอรัสจะพบในอาหารเกือบทุกชนิด อาหารที่มีโปรตีนและแคลเซียมสูงมักจะมีฟอสฟอรัสสูงด้วย เช่น เนื้อ ไข่ นม

8.4.3 โซเดียม และโพแทสเซียม

โซเดียมและโพแทสเซียมจะเกี่ยวข้องกับของเหลวในร่างกาย โดยโซเดียมจะพบในของเหลวนอกเซลล์ ส่วนโพแทสเซียมจะพบในของเหลวในเซลล์ โซเดียมและโพแทสเซียมมีหน้าที่ในการควบคุมสมดุลน้ำและสมดุลของเหลวภายในร่างกาย โดยโซเดียมในรูปแคตไอออน (Na^+) จะรักษาความดันออสโมติค (osmotic) ภายนอกเซลล์ และโพแทสซียมในรูปแคตไอออน (K^+) รักษาความดันออสโมติคภายในเซลล์ มีความเกี่ยวข้องกับการรักษาสมดุลกรดเบส

แหล่งอาหารของโซเดียม พบมากใน อาหารทะเล เกลือแกง และยังพบในอาหารทั่วไป เช่น ไข่ นมสด เนย ส่วนแหล่งอาหารของโพแทสเซียมพบมากในมะเขือเทศ กล้วย ส้ม มันเทศ

8.4.4 แมกนีเซียม

แมกนีเซียม พบในกระดูก และของเหลวภายนอกเซลล์ แมกนีเซียมเป็นโคแฟคเตอร์ของเอนไซม์หลายชนิด เช่น เอนไซม์ในวิถีไกลโคไลซิส ช่วยในการทำงานของกล้ามเนื้อและประสาท จำเป็นต่อการควบคุมอุณหภูมิของร่างกาย แมกนีเซียมพบในอาหารทั่วไป พบมากในผักสีเขียว

8.4.5 เหล็ก

เหล็กเป็นส่วนประกอบของฮีม (heme) และฮีมเป็นส่วนประกอบของฮีโมโกลบิน (hemoglobin) ในเม็ดเลือดแดง นอกจากนี้เหล็กยังเป็นส่วนประกอบของเอนไซม์บางชนิด ธาตุเหล็กในอาหารจะอยู่ในรูป Fe^{3+} ซึ่งจะถูกรีดิวซ์ให้เป็น Fe^{2+} โดยวิตามินซี แล้ว Fe^{2+} จะถูกดูดซึมไปใช้ในร่างกาย การขาดธาตุเหล็กจะทำให้เป็นโรคโลหิตจางได้ ผู้ที่ต้องการธาตุเหล็กมากกว่าปกติได้แก่ ผู้หญิงที่มีประจำเดือน ผู้หญิงมีครรภ์แก่ และในผู้ป่วยโรคโลหิตจางชนิดขาดธาตุเหล็ก (iron-deficient anemia) ธาตุเหล็กพบมากในตับ ไต ผักสีเขียว นอกจากนี้ยังพบในไข่แดง ปลา ข้าวสาลี ถั่ว

8.4.6 ทองแดง

ทองแดงเป็นธาตุที่จำเป็นในการสร้างฮีโมโกลบิน โดยช่วยนำเหล็กไปเป็นส่วนประกอบของฮีมในการสร้างฮีโมโกลบิน ทองแดงเป็นโคแฟคเตอร์ของเอนไซม์หลายชนิด เช่น เอนไซม์ tyrosinase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องในการสร้างเมลานิน ซึ่งช่วยป้องกันอันตรายจาก

แสงอาทิตย์ นอกจากนี้ทองแดงยังช่วยสร้างเยื่อป้องกันเส้นประสาทและบำรุงรักษาด้วย ถ้าขาดทองแดงจะทำให้เป็นโรคโลหิตจาง แหล่งของทองแดงพบมากในหอยนางรมและหอยต่างๆ ตับ ไต และถั่ว

8.4.7 ไอโอดีน

ไอโอดีนจำเป็นในการสังเคราะหฮอร์โมนไทรอกซีน (thyroxine) ซึ่งฮอร์โมนไทรอกซีนทำหน้าที่ควบคุมอัตราเมแทบอลิซึมในร่างกาย และเป็นฮอร์โมนที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตโดยเฉพาะโครงร่างของร่างกาย ระบบประสาทและสมอง การขาดไอโอดีนจะทำให้เป็นโรคคอพอก (goiter) การเจริญเติบโตของร่างกายและสมองผิดปกติ แหล่งของไอโอดีนพบมากในเกลือที่ได้จากน้ำทะเลหรือเกลือสมุทร และอาหารทะเล

8.4.8 สังกะสี

สังกะสีมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของร่างกาย การสืบพันธุ์ สังกะสีเป็นส่วนประกอบของเอนไซม์หลายชนิด การขาดสังกะสีจะทำให้การเจริญเติบโตของร่างกายช้าลง ทำให้แผลหายช้า การรับรสและกลิ่นเสียไป มีความผิดปกติในระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย แหล่งของสังกะสีพบมากในเนื้อสัตว์ ตับ ไข่ นม หอย แต่อาหารพวกผักจะมีสังกะสีต่ำ

เอกสารอ้างอิง

ดาวัลย์ ฉิมภู่. (2548). **ชีวเคมี**. 2,000 เล่ม. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พัชรี บุญศิริ เปรมใจ อารีจิตรานุสรณ์ อุบล ชาอ่อน และปีติ ธุวจิตต์. (2550). **ตำราชีวเคมี**. พิมพ์ครั้งที่ 5. ขอนแก่น : คลังนานาวิทยา.

เรืองลักขณา จามิกรณ์. (2544). **ชีวเคมีเบื้องต้น**. พิมพ์ครั้งที่ 11. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.