

01402471 Nutritional Biochemistry ครั้งที่ 1 (15 ม.ค. 61)

## 1. Nutrients: History and Definitions สารอาหาร: ประวัติความเป็นมาและนิยามความหมาย

โภชนาการ (nutrition) หมายถึง การใช้ประโยชน์จากอาหารโดยสิ่งมีชีวิต เพื่อให้เกิดการเจริญเติบโต การสืบพันธุ์ และการรักษาสุขภาพให้เป็นปกติ สารอาหาร (nutrients) แบ่งเป็นกลุ่มกว้าง ๆ ได้ 2 กลุ่ม คือ (1) อินทรีย์สาร และ (2) อนินทรีย์สาร

อนินทรีย์สาร ได้แก่ แร่ธาตุและน้ำ สามารถใช้ในรูปแบบ inorganic form ได้ ไม่จำเป็นต้องมีแหล่งมาจากพืชและสัตว์ เข้าสู่ห่วงโซ่อาหารโดยพืชดูดน้ำจากดิน บางครั้งรวมตัวเข้ากับสารประกอบอินทรีย์ เช่น selenium และ phosphate ในโปรตีน ตัวอย่างแร่ธาตุที่มนุษย์ต้องการ เช่น Ca และ P สำหรับสร้างกระดูกและฟัน I สำหรับสร้าง thyroid hormone และ Fe สำหรับเป็นส่วนหนึ่งของโปรตีนอย่างฮีโมโกลบิน เราได้แร่ธาตุส่วนใหญ่จากอาหาร แต่อาจมาจากน้ำดื่ม เกลือและสารปรุงแต่งอาหาร

สารอินทรีย์ ได้แก่ สารประกอบคาร์บอน สารอาหารที่เป็นสารอินทรีย์ได้แก่ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมันและวิตามิน

สารอาหาร (nutrients) หมายถึง chemical substances found in foods that are necessary for human life and growth, maintenance, and repair of body tissues.

### การค้นพบสารอาหาร

ก่อนที่มนุษย์จะรู้จักโครงสร้างทางเคมีของอาหาร เชื่อกันว่าอาหารประกอบด้วย ส่วนที่บำรุงกำลัง ส่วนที่เป็นยา และส่วนที่เป็นพิษ ซึ่งรู้จักกันมาตั้งแต่ยุคกรีกโบราณ (ราว 500-300 ปีก่อนคริสตกาล) รู้ว่าต้องช่วยรักษาอาการตาบอดกลางคืน

1670s Thomas Sydenham พบว่าไวน์ที่มีธาตุเหล็กเป็นองค์ประกอบ ส่งผลดีต่อผู้ป่วยโรคโลหิตจาง

1747 James Lin รักษาโรค scurvy ด้วยการให้กินส้ม

แต่สมัยนั้น โรคโลหิตจางและ scurvy ยังไม่ทราบว่าเป็นโรคทางภาวะโภชนาการ แต่เข้าใจว่าเกิดจากสารพิษ พิษุกรรมและการติดเชื้อ

ต้น 1800s เริ่มรู้จักกันว่าธาตุ C N H O เป็นองค์ประกอบหลักของอาหาร และรู้ว่าสารประกอบคาร์บอนเป็นแหล่งพลังงาน

1816 Magendie พบว่าสุนัขที่ให้อาหารเฉพาะคาร์โบไฮเดรตหรือไขมันจะสูญเสียน้ำหนักอย่างรวดเร็วภายในไม่กี่สัปดาห์ (เสียชีวิตไปจากร่างกาย) ในขณะที่สุนัขที่ได้รับโปรตีน (ไนโตรเจน) จะมีสุขภาพดีเหมือนเดิม

1850 อย่างน้อย 6 ธาตุเป็นแร่ธาตุที่จำเป็นสำหรับสัตว์ คือ Ca P Na K Cl และ Fe

ในศตวรรษที่ 19 นักเคมีชาวเยอรมัน Justus von Liebig ตั้งสมมติฐานว่า สารที่ให้พลังงาน (คาร์โบไฮเดรตและไขมัน) กับ

โปรตีน ร่วมกับแร่ธาตุบางชนิด ประกอบกันเป็นสารอาหารที่จำเป็นต่อร่างกาย และคุณค่าทางโภชนาการของอาหารสามารถทำนายได้ถ้ารู้องค์ประกอบทางเคมีของอาหาร

1843 Jonathan Pereira กล่าวว่า มนุษย์จำเป็นต้องบริโภคอาหารให้มีความหลากหลายจึงจะมีสุขภาพดี ถ้าบริโภคอาหารไม่กี่ชนิดจะนำมาซึ่งโรคภัยไข้เจ็บได้ เช่น scurvy

1880s Kanehiro Takaki พบว่าทหารเรือในกองทัพเรือญี่ปุ่นเป็นโรค beriberi ส่วนกองทัพเรืออังกฤษสุขภาพดีกว่ามาก จึงลองเปรียบเทียบอาหารดู และพบว่าอาหารของอังกฤษมีโปรตีนสูงกว่า จึงเสริมนมผงกับเนื้อในอาหารของญี่ปุ่นและเสริมข้าวบาร์เลย์เข้ามาแทนข้าวขัดขาว ทำให้โรค beriberi หายไป เขาสรุปว่าโปรตีนช่วยรักษาโรค beriberi

1890s Eijkman ศึกษาโรค beriberi ในหมู่นักโทษที่เกาะชวา ซึ่งบริโภคข้าวขัดขาวเป็นอาหารหลัก พบว่าเมื่อทดลองนำอาหารไปให้ไก่กิน ไก่ก็มีอาการทางระบบประสาทคล้าย beriberi เช่นกัน ในขณะที่นกที่กินข้าวเปลือกมีสุขภาพดี เขาสรุปว่าการกินอาหารที่มีแป้งสูงทำให้เกิดสารบางอย่างในลำไส้ที่เป็นพิษ และเปลือกข้าวทำหน้าที่แก้พิษได้

1901 Gerrit Grijns ทดลองเสริมจมูกข้าว ถั่วหรือน้ำสกัดจากอาหารลงไปด้วย และพบว่ารักษา beriberi ได้ และสรุปว่า beriberi เกิดจากการขาดสารอาหารที่พบในข้าวเปลือก

### การค้นพบสารโมเลกุลเล็กที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโต

Willcock and Hopkins 1906 พบว่าการเสริมกรดแอมิโน tryptophan จะช่วยยืดอายุให้หนูที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มาจากข้าวโพด และหนูที่เลี้ยงด้วย protein hydrolysate ที่ย่อยด้วยเอนไซม์จะมีอัตราการเจริญเติบโตที่ดีกว่าโปรตีนที่ย่อยด้วยกรด

### List of Essential Nutrients for Humans

WATER

AMINO ACIDS: His Ile Leu Lys Met Phe Thr Trp Val และกรดแอมิโนอื่น ๆ เพื่อเป็นแหล่งหมู่แอมิโนและไนโตรเจน

ENERGY SOURCES (คาร์โบไฮเดรต ไขมันหรือโปรตีน)

PUFA : Linoleic (n-6) และ  $\alpha$ -linolenic (n-3)

VITAMINS: Ascorbic acid A D E K Thiamin Riboflavin Niacin B6 Pantothenic acid Folate Biotin B12

MINERALS: Ca P Mg Fe Na K Cl Zn Cu Mn I Se Mo Cr Bo

### 2. Food components with health benefits องค์ประกอบของอาหารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ

งานวิจัยทางโภชนาการ ในปัจจุบันมุ่งเน้นไปทางการศึกษาองค์ประกอบของอาหารที่ช่วยลดความเสี่ยงการเกิดโรคเรื้อรัง (chronic diseases) เช่น โรคหัวใจและหลอดเลือด (cardiovascular disease = CVD) การอักเสบเรื้อรัง (chronic inflammatory disease) และมะเร็ง

Functional foods and dietary supplement (อาหารฟังก์ชันหรือผลิตภัณฑ์อาหารสุขภาพ และผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร) มีองค์ประกอบของอาหารที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (bioactive food components) หลายชนิดที่มีการสกัดและทำให้บริสุทธิ์ เรียกว่า nutraceutical (โภชนเภสัช) เช่น inulin  $\beta$ -carotene sitosterol flavonol lycopene dietary fiber สารเหล่านี้เมื่อทำให้บริสุทธิ์ อาจจะมีปัญหาออกฤทธิ์ได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ เมื่อเทียบกับที่อยู่รวม ๆ กันในอาหาร

อาหารฟังก์ชัน หมายถึง อาหารที่ให้ประโยชน์ต่อสุขภาพมากกว่าสารอาหารพื้นฐานที่ร่างกายต้องการตามปกติ อาจหมายถึงอาหารที่ช่วยป้องกันโรคต่าง ๆ นอกเหนือจากโรคทางโภชนาการ

อาหารฟังก์ชันประเภทต่าง ๆ

1. Carotenoids เป็นกลุ่ม tetraterpenes ที่เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์วิตามิน A และสารอื่น ๆ ด้วย เช่น lycopene, lutein และ zeaxanthin มีศักยภาพในการป้องกันโรคเรื้อรัง การศึกษาทางระบาดวิทยา (epidemiological studies) พบว่าปริมาณ  $\beta$ -carotene ในพลาสมามีความสัมพันธ์กับการลดลงของความเสียหายต่อโรค ส่วน lycopene สะสมในต่อมลูกหมาก ช่วยป้องกันมะเร็งต่อมลูกหมาก lutein และ zeaxanthin สะสมใน macula lutea ของ retina ช่วยยับยั้งความเสียหายจาก UV ที่สำคัญคือควรกินอาหารที่มี carotenoids เช่น ปลายเล้งหรือข้าวโพด ดีกว่ากินผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร
2. Polyunsaturated fatty acids (PUFAs) จำเป็นต่อการเจริญเติบโต การสืบพันธุ์และป้องกันโรคขาดสารอาหาร (deficiency disease) n-3 fatty acids เช่น  $\alpha$ -linolenic acid (C18:3 หรือ ALA), eicosapentaenoic acid (C20:5 หรือ EPA) และ docosahexaenoic acid (C22:6 หรือ DHA) พบในน้ำมัน canola, flaxseed และ walnuts ALA สามารถเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์ EPA และ DHA ได้ แต่มนุษย์สามารถ metabolize ALA ให้เป็น EPA และ DHA ได้เพียง 10% การศึกษาพบว่าการบริโภคปลาที่มี n-3 PUFAs ช่วยป้องกัน CVD โรคซึมเศร้า โรคภูมิคุ้มกันและโรคมะเร็ง
3. Plant sterols/stanols พบมากกว่า 200 ชนิดในพืช sterols ที่พบมากคือ  $\beta$ -sitosterol, stigmasterol และ campesterol ส่วน stanols ที่พบมากคือ sitostanol และ campestanol สเตอรอลเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของเยื่อหุ้มเซลล์ สเตานอลเป็นรูปอิมิตัวของสเตอรอล ไม่มีพันธะคู่นิววงแหวน พืชไม่สังเคราะห์คอเลสเตอรอล และพบว่าสเตอรอลของพืชช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลโดยการลดการดูดซึมของลำไส้ นอกจากนี้ยังมีหลักฐานว่าสเตอรอลและสเตานอลของพืชช่วยยับยั้งการเจริญของเซลล์มะเร็ง

Polyphenolics เป็นสารทุติยภูมิของพืช เช่น flavonoids ซึ่งอาจเป็นองค์ประกอบของสมุนไพรหลายชนิดเช่น ชิง โสมแปะก๊วย

### 3. Carbohydrate

#### Sugar-Protein Reactions in Diabetes and Aging

The Maillard/Amadori reactions of sugars with amino acids and proteins lead to a cascade of reactions. Products of these reactions are referred to as *advanced glycation end products*. These reaction end products have been observed in collagen-rich tissues in vivo and in vitro, and they are associated with stiffening of artery walls, lung tissues, and joints and with other aging symptoms. Considerable evidence links hyperglycemia with increased formation of these end products; these products accumulate in the blood vessel wall proteins and may contribute to vascular complication of diabetes. Glycation of lens proteins increases somewhat with aging, but acceleration is associated with diabetes. Incubation of lens protein with glucose or glucose 6-phosphate in vitro results in change in the lens protein that mimic most of those observed with age- and cataract-related changes in the lens. Drug-induced inhibition of the reactions leading to these end products in diabetes animals prevents various disease-associated pathologies of the arteries, kidneys, nerve, and retina.

---

---

#### Derivatives of Sucrose Used by the Food Industry: Noncaloric Fat and Sugar Substitutes

The low cost and purity of sucrose and the eight hydroxyl groups in its structure make sucrose an appealing starting material for chemical modification. In 1968 Procter & Gamble, while searching for a way to increase the fat intake of premature babies, created a fat substitute, sucrose polyester. Sucrose polyester, which is known as olestra or Olean, is a sucrose molecule to which as many as eight fatty acid residues (usually six to eight long-chain fatty acids) derived from vegetable oil have been esterified. Olestra has so many fatty acid “spokes” around the central sucrose core that digestive enzymes and bacteria in the intestinal tract cannot find an entry point to break down the molecule. Thus it passes through the body largely unhydrolyzed. Olestra was approved by the U.S. Food and Drug Administration (FDA) in 1996 as a replacement for regular cooking oil in production of savory snack foods such as crackers, potato chips. And corn chips.

---

---

In 1976 Tate & Lyle, in conjunction with researchers at Queen Elizabeth College, University of London, discovered that the chlorination of three hydroxyl groups on sucrose produced a modified sucrose that is about 600 times as sweet as sucrose. They subsequently developed the product in partnership with McNeil Nutritionals. Use of this chlorinated sucrose derivative, which is known as sucralose or Splenda, was approved by Canada in 1991. In 1998 the FDA granted approval for use of sucralose as a table top sweetener in the United States, and in 1999 the FDA granted approval for use of sucralose as a general purpose sweetener in food products. Sucralose is currently used as a sugar substitute in numerous food products, including beverage, baked goods, dairy products, canned fruits, syrups, and condiments, and it is also sold to consumers, under its trade name Splenda, for use as a table and baking sugar substitute.

.....

.....

### **Sugar and Dental Caries**

Sugar are readily metabolized by oral bacteria, leading to production of organic acids in sufficient concentration to lower the pH of dental plaque. Most studies have focused on the contribution of sucrose, but monosaccharides are also readily fermented by the bacteria in the dental plaque. The acid demineralize (dissolve) the nearby tooth enamel. If the degree of demineralization exceeds remineralization over repeated cycles of changing acid concentrations, dissolution of the tooth enamel leads to tooth decay.

Although many studies done in the past clearly demonstrated the relationship between sucrose consumption and dental caries at the population level (e.g., association between sugar consumption and dental caries among countries) and at individual level (e.g., person with hereditary fructose intolerance who strictly limit sugar consumption), the apparent relationship between sugar consumption and dental caries has weakened in industrialized countries in recent decades. The weakening of the observed relationship is due, at least partially, to the decreased prevalence of caries in children owing to widespread use of fluoride, which raises the threshold of sugar intake at which caries will progress to cavitation. Furthermore, studies have shown that the amount of carbohydrate consumed is not as significant in the formation of dental caries as is the frequency of consumption.

.....