

14

เกมี่ของสิ่งมีชีวิต

บทนี้จะศึกษาถึงสารอินทรีย์เคมีที่สำคัญ ๆ ซึ่งมีอยู่ในสิ่งมีชีวิต ส่วนใหญ่เป็นสารประกอบของคาร์บอน ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน กรดนิวคลีอิก วิตามิน ฮอร์โมน ซึ่งเรียกว่าสารชีวโมเลกุล (Biomolecule) สารพวกนี้จะถูกสังเคราะห์และสลายตัวอยู่ตลอดเวลา ขณะที่มีการสลายตัวก็จะให้พลังงานต่อสิ่งมีชีวิต ทำให้สิ่งมีชีวิตเจริญเติบโตและดำรงอยู่ได้ เกิดการแพร่พันธุ์ต่อไป

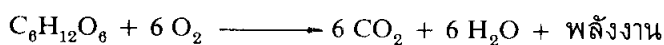
14-1 คาร์โบไฮเดรต (Carbohydrates)

อาหารที่มนุษย์รับประทานประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน แร่ธาตุ วิตามิน ในปริมาณที่แตกต่างกัน ซึ่งสารดังกล่าวนี้บางทีก็เรียกว่าเป็นสารอาหาร ซึ่งจะให้พลังงานเพื่อให้ร่างกายได้ทำหน้าที่ และก่อความเจริญเติบโตสืบไป ได้พบว่าคาร์โบไฮเดรตหนึ่งกรัมที่รับประทานเข้าไป จะให้พลังงานในร่างกาย 4 kcal น้ำตาล แป้ง เซลลูโลส ไกลโคเจน จัดว่าเป็นคาร์โบไฮเดรต

คาร์โบไฮเดรตคืออะไร? โมเลกุลของคาร์โบไฮเดรตเป็นสารอินทรีย์เคมี ซึ่งประกอบด้วยธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจนและออกซิเจนในอัตราส่วน 1 : 2 : 1 หรือ CH_2O คาร์โบไฮเดรตได้มาจากพืชและจุลินทรีย์บางชนิด ซึ่งสิ่งมีชีวิตทั้งสองนี้มีสารประกอบคลอโรฟิลล์ สารนี้เป็นสารที่จำเป็นสำหรับกระบวนการสังเคราะห์แสง (photosynthesis) กระบวนการนี้เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาเคมีของคาร์บอนไดออกไซด์ (จากอากาศ) และน้ำ (จากดิน) อีกทั้งต้องมีแสงจากดวงอาทิตย์ เพื่อได้น้ำตาลสูตรง่าย (ซึ่งก็จัดอยู่ในจำพวกคาร์โบไฮเดรต) ดังนี้



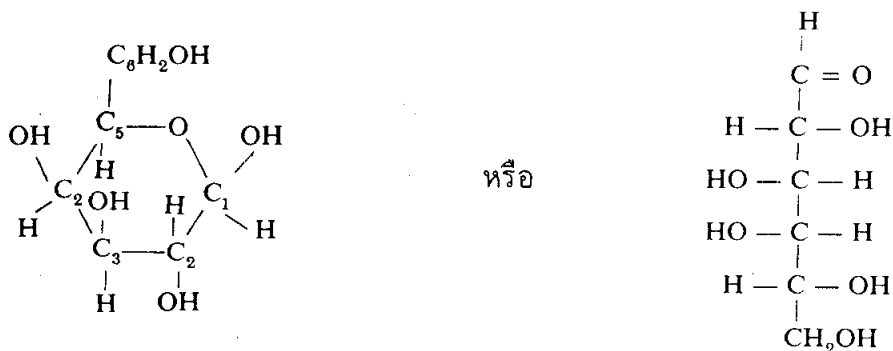
เรื่องนี้เป็นเรื่องที่น่าคิดว่าพืชสามารถใช้คาร์บอนไดออกไซด์จากอากาศและน้ำจากพื้นดินมาสังเคราะห์คาร์โบไฮเดรต สัตว์ไม่สามารถทำสิ่งนี้ได้ แต่สัตว์ได้นำเอาคาร์โบไฮเดรตมาใช้ให้เป็นประโยชน์ต่อร่างกายได้ โดยวิธีการที่เรียกว่า เมตาบอลิซึม (metabolism) ซึ่งก็คือนำเอาโมเลกุลคาร์โบไฮเดรตทำปฏิกิริยากับออกซิเจนได้คาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และพลังงาน คาร์บอนไดออกไซด์ จะกลับเข้าสู่สภาพแวดล้อม ส่วนพลังงานสิ่งมีชีวิตนำมาใช้ ดังปฏิกิริยา



จากที่กล่าวมานี้ ก็เกี่ยวข้องกับวัฏจักรคาร์บอนไดออกไซด์ และออกซิเจนในธรรมชาติ นั่นเอง

คาร์โบไฮเดรตได้จำแนกออกเป็นสามประเภทต่าง ๆ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับจำนวนน้ำตาล (saccharide) ในโมเลกุล ได้แก่

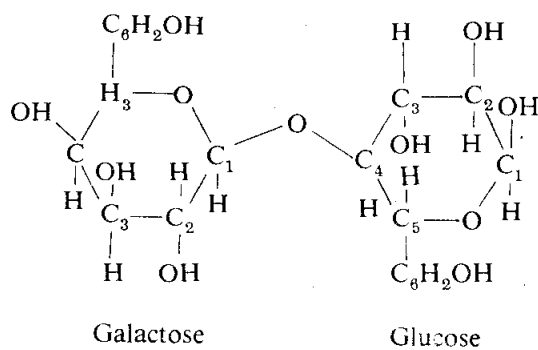
1. โมโนแซคคาไรด์ (monosaccharides) บางที่เรียกว่า น้ำตาลเชิงง่าย (simple sugar) ประกอบด้วยหมู่แซคคาไรด์หนึ่งโมเลกุลซึ่งมีหลายชนิดที่สำคัญได้แก่ กลูโคส (glucose) กาแลคโตส (galactose) ฟรุคโตส (fructose) สารประกอบทั้งสามนี้มีสูตรโมเลกุล $C_6H_{12}O_6$ อย่างเดียวกัน แต่สูตรโครงสร้างแตกต่างกัน



Galactose (monosaccharide molecule)

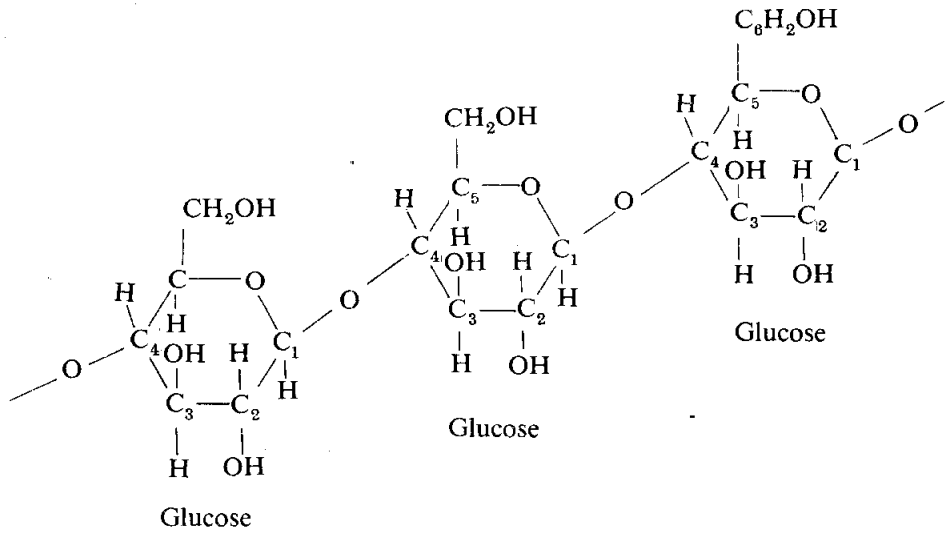
2. ไดแซคคาไรด์ (Disaccharides) ประกอบด้วยหมู่โมโนแซคคาไรด์ สองโมเลกุล ซึ่งเชื่อมต่อกันด้วยอะตอมออกซิเจน พันธะที่เชื่อมต่อกันนี้ เรียกว่า เป็นการจับแบบไกลโคซิดิก (glycosidic linkage) โมเลกุลที่สำคัญ ๆ ของคาร์โบไฮเดรตประเภทนี้ ได้แก่

มอลโตส (maltose) ซูโครส (sucrose) และแลคโตส (lactose) มีสูตรโมเลกุล $C_{12}H_{22}O_{11}$



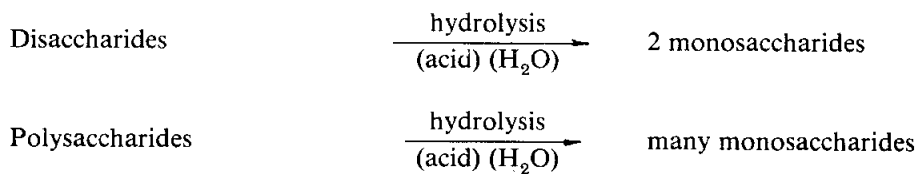
Lactose : a disaccharide molecule

3. โพลีแซคคาไรด์ (Polysaccharides) ประกอบด้วยหมู่โมโนแซคคาไรด์หลาย ๆ หมู่ในโมเลกุล โพลีแซคคาไรด์ที่สำคัญได้แก่ แป้ง (starch) เซลลูโลส (cellulose) และไกลโคเจน (glycogen) นอกจากนี้มีตัวอื่น ๆ อีกที่มีประโยชน์ต่อสิ่งมีชีวิต



Cellulose : polysaccharide molecule

โมโนแซคคาไรด์ (Monosaccharide) จัดว่าเป็นน้ำตาลที่อณูเล็กที่สุด (simple sugars) ซึ่งมีสามารถจะเปลี่ยนให้ย่อยลงกว่านี้ด้วยน้ำ หรือโดยวิธีไฮโดรไลซิส (hydrolysis) ไม่เหมือนกับพวกไดแซคคาไรด์ และโพลีแซคคาไรด์ ซึ่งสามารถทำให้เป็นอณูย่อยลงไปได้อีกโดยวิธีไฮโดรไลซิสด้วยน้ำและกรด



โมโนแซคคาไรด์ (Monosaccharides)

โมโนแซคคาไรด์มีสูตรโดยทั่ว ๆ ไป $(\text{CH}_2\text{O})_x$ ซึ่ง x นี้จะมีค่า 3, 4, 5 และ 6 ถ้าโมโนแซคคาไรด์มีอะตอมของคาร์บอนอยู่สามอะตอม เรียกว่า ไตรโอส (triose) และถ้ามีอะตอมของคาร์บอนอยู่สี่อะตอม เรียก เตตระโอส (tetrose) ดูตาราง 14-1

ตาราง 14-1 สูตรโมเลกุลของโมโนแซคคาไรด์ (Molecular Formulas of Monosaccharides)

NUMBER OF CARBON ATOMS	NAME	MOLECULAR FORMULA
3	Triose	$C_3H_6O_3$
4	Tetrose	$C_4H_8O_4$
5	Pentose	$C_5H_{10}O_5$
6	Hexose	$C_6H_{12}O_6$

พิจารณาจากสูตรของโมโนแซคคาไรด์จะมีหมู่แอลดีไฮด์ (aldehyde group, $-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{H}$) อยู่ จึงเรียกว่าเป็นโมโนแซคคาไรด์ แบบอัลโดส (aldose) แต่โมโนแซคคาไรด์บางประเภทจะมีหมู่คีโตน (ketone group, $-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-$) จึงเรียกว่าเป็นคีโตส

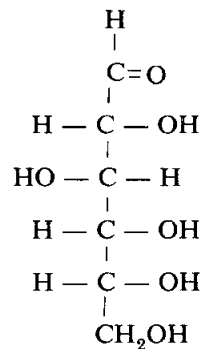
โมโนแซคคาไรด์ที่มีอะตอมคาร์บอนหกตัวและมีหมู่แอลดีไฮด์ด้วย เรียกว่าน้ำตาลประเภทนี้ว่า อัลโดเฮกโซส (aldohexose) ในทำนองเดียวกันโมโนแซคคาไรด์ที่มีคาร์บอนอะตอมหกตัวและมีหมู่คีโตนด้วยเรียกว่า คีโตเฮกโซส (ketohexose)

ตาราง 14-2 น้ำตาล aldohexose และ ketohexose

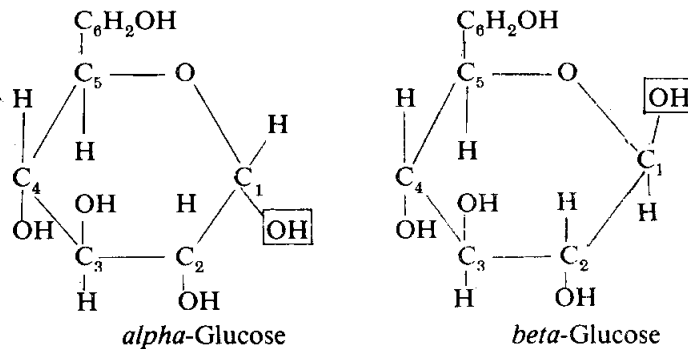
NUMBER OF CARBON ATOMS	MOLECULAR FORMULA	STRUCTURAL FORMULA (Fischer formula)	NAME
6	$C_6H_{12}O_6$	$\begin{array}{c} \text{H} - \text{C}_1 = \text{O} \\ \\ \text{HO} - \text{C}_2 - \text{H} \\ \\ \text{H} - \text{C}_3 - \text{OH} \\ \\ \text{HO} - \text{C}_4 - \text{H} \\ \\ \text{HO} - \text{C}_5 - \text{H} \\ \\ \text{HO} - \text{C}_6 - \text{H} \\ \\ \text{H} \end{array}$	Aldohexose
6	$C_6H_{12}O_6$	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{HO} - \text{C}_1 - \text{H} \\ \\ \text{C}_2 = \text{O} \\ \\ \text{H} - \text{C}_3 - \text{OH} \\ \\ \text{HO} - \text{C}_4 - \text{OH} \\ \\ \text{HO} - \text{C}_5 - \text{H} \\ \\ \text{HO} - \text{C}_6 - \text{H} \\ \\ \text{H} \end{array}$	Ketohexose

โมโนแซคคาไรด์ที่สำคัญที่สุดของพวกน้ำตาลเฮกโซส ได้แก่ กลูโคส (glucose) ฟรุคโตส (fructose) และกาแลคโตส (galactose) ทั้งสามสารประกอบนี้พบอยู่ในร่างกายมนุษย์ มีสูตรโมเลกุล $C_6H_{12}O_6$ แต่มีสูตรโครงสร้างแตกต่างกัน หรือเรียกว่าเป็นไอโซเมอร์กัน

กลูโคส (glucose) โมเลกุลกลูโคสเมื่ออยู่ในน้ำจะมีอยู่ได้สามแบบคือ อยู่เป็นแบบโซ่ตรง (straight chain) เข้าใจว่าคงจะมีอยู่ในปริมาณเล็กน้อย ส่วนอีกสองแบบจะอยู่ในสภาวะสารประกอบวงแหวน (ring compound) ทั้งสามรูปแบบนี้เปลี่ยนไปมากันได้ สำหรับสารประกอบวงแหวนสองแบบนี้คล้ายคลึงกัน ผิดกันตรงที่เรียกอัลฟา กลูโคส (alpha glucose) และบีตา กลูโคส (beta glucose) เท่านั้น สังเกตจากสูตรจะผิดกันที่ตำแหน่งคาร์บอน 1 มีที่อยูระหว่าง H กับ OH สลับกันเท่านั้น และพบว่ามีแบบบีตาอยู่ประมาณ 2 ใน 3 ส่วน อีก 1 ใน 3 ส่วน เป็นแบบอัลฟา ส่วนแบบโซ่ตรงมีน้อยกว่า 1%



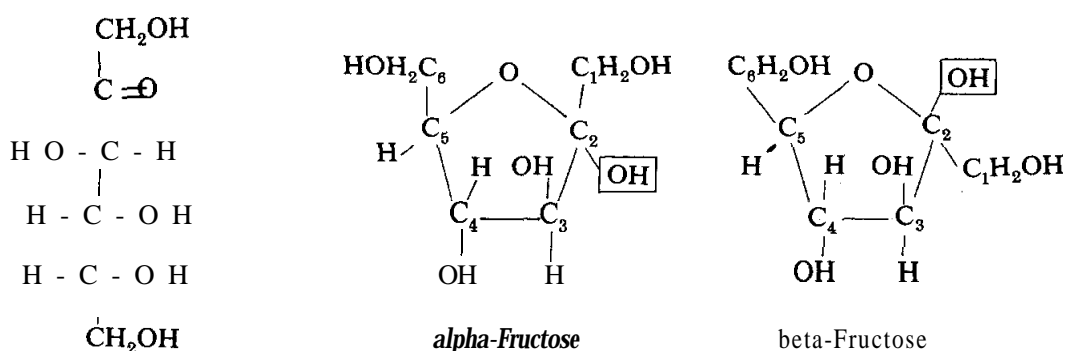
Glucose



กลูโคสที่พบในกระแสเลือด อยู่ในพวกเด็กซ์โทรส (dextrose) หรือเรียก blood sugar ระดับน้ำตาลในเลือดจะแปรเปลี่ยนในระยะเวลา 8 ถึง 12 ชั่วโมง ภายหลังจากกินอาหารจะมีค่าประมาณตั้งแต่ 70 มิลลิกรัม ถึง 100 มิลลิกรัมในเลือด 100 มิลลิลิตร แต่หลังจากรับประทานอาหารใหม่ ๆ ระดับน้ำตาลจะเพิ่ม คือ ประมาณ 100 ถึง 160 มิลลิกรัม ในเลือด 100 มิลลิลิตร

ที่กล่าวมาสำหรับบุคคลปกติ ในร่างกายมีฮอร์โมนชื่อว่า อินซูลิน (insulin) ซึ่งอยู่ในตับอ่อน มีหน้าที่เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงและการใช้ประโยชน์ของคาร์โบไฮเดรต ถ้าร่างกายมีอินซูลินน้อยลงไป หรือมีประสิทธิภาพด้อยลงไปหรือเกิดการพิการภายในตับอ่อน ก็จะเป็นเหตุให้กลูโคส มีอยู่ในกระแสเลือดมากเรียกไฮเปอร์ไกลซีเมีย (hyperglycemia) บุคคลผู้นั้นจะป่วยเป็นโรคเบาหวาน (diabetes mellitus) ในกรณีตรงกันข้ามถ้ามีน้ำตาลในเลือดต่ำหรือการผลิตอินซูลินมาก ทำให้น้ำตาลในเลือดถูกใช้มาก นั่นคือมีน้ำตาลในเลือดน้อย ก็เป็นอันตรายถึงขั้นหมดสติไป ในกรณีนี้เรียก ไฮโปไกลซีเมีย (hypoglycemia)

ฟรุคโตส (Fructose) น้ำตาลชนิดนี้มีรสหวานมากพบในน้ำผึ้งและผลไม้ต่าง ๆ ถ้ารวมกับกลูโคสจะให้ไดแซคคาไรด์เรียก ซูโครส (sucrose) หรือน้ำตาลทราย (table sugar) หรือน้ำตาลผลไม้ (fruit sugar) น้ำตาลชนิดนี้จัดว่าเป็นพวกคีโตเฮกโซส (ketohexose) มีสูตรโมเลกุล $C_6H_{12}O_6$ สูตรโครงสร้างอยู่ได้ทั้งไซตรงและสารประกอบวงแหวน

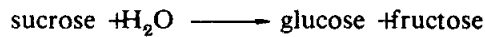


กาแลคโทส (galactose) จัดว่าเป็นโมโนแซคคาไรด์ที่สำคัญอย่างหนึ่ง และสูตรของสารประกอบนี้อยู่ได้ทั้งไซตรงและแบบวงแหวนสองรูปแบบในเด็กอ่อนถ้าร่างกายมิสามารถเปลี่ยนกาแลคโทสให้เป็นกลูโคสได้ ในร่างกายก็จะเกิดโรคชื่อกาแลคโตซีเมีย (galactosemia)

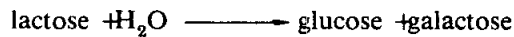
ไดแซคคาไรด์ (Disaccharides)

คือสารประกอบคาร์โบไฮเดรตที่มีโมโนแซคคาไรด์สองโมเลกุลเชื่อมต่อกัน ไดแซคคาไรด์ที่สำคัญ ๆ ได้แก่ มอลโตส ซูโครส และแลคโตส มีสูตรโดยทั่ว ๆ ไป คือ $C_{12}H_{22}O_{11}$

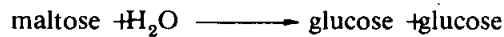
ซูโครส (Sucrose) พบในอ้อย ชูการ์บีท (sugar beets) ภายในโมเลกุลประกอบด้วย อัลฟากลูโคส และฟรุคโตส ซึ่งเรียกรวมกันว่า น้ำตาลอินเวท (invert sugar) ในน้ำผึ้งมีน้ำตาลอินเวทอยู่มากและได้ใช้ทำประโยชน์เป็นลูกอมหวาน ๆ (candy)



แลคโตส (Lactose) รู้จักกันในชื่อว่า milk sugar ซึ่งต่อมน้ำนมมีหน้าที่ผลิต ในนมวัว มีแลคโตสประมาณ 4-5% นมคนมีประมาณ 5% บักเตรีบางชนิดสามารถเปลี่ยนแลคโตสเป็นกรดแลคติก (lactic acid) นี่คือนสาเหตุของการทำนมเปรี้ยว แลคโตสหวานมากเนื่องจากมีอัลฟา กลูโคสรวมกับกาแลคโตส



มอลโตส (maltose) หรือเรียกอีกชื่อว่า malt sugar มิได้เกิดเป็นสภาพอิสระ ได้จากการไฮโดรลิซิสของโพลีแซคคาไรด์องค์ประกอบมอลโตส คือ สองโมเลกุลของกลูโคสจับกัน



โพลีแซคคาไรด์ (Polysaccharides)

สารประกอบนี้ประกอบด้วยโมโนแซคคาไรด์หลายโมเลกุลขึ้นไปมาเกาะกันเป็นอนุใหญ่ หรือคือโพลีเมอร์ของโมโนแซคคาไรด์ ถ้านำเอาโพลีแซคคาไรด์มาทำไฮโดรลิซิสจะได้โมโนแซคคาไรด์หลายโมเลกุล

โมโนแซคคาไรด์นี้มีน้ำหนักโมเลกุลสูง ไม่ละลายน้ำ สารประกอบนี้สำคัญ ๆ คือ

แป้ง (starch) จัดว่าเป็นอาหารที่สำคัญที่สุดซึ่งเราใช้รับประทาน มีในผัก หัวมันต่าง ๆ ข้าวโพด ข้าวไรน์ และอื่น ๆ มากมาย ภายในอนุของแป้งประกอบด้วยสารประกอบคืออะมิโลส (amylose) และอะมิโลเพคติน (amylopectin) ซึ่งมีองค์ประกอบคือ กลูโคสเท่านั้น

ถ้านำแป้งมาทำไฮโดรลิซิสตอนแรกจะได้ เด็กซทริน ต่อไปจะได้มอลโตส และได้กลูโคสตามลำดับ เด็กซทรินใช้ทำเป็นกาวยืดหลังแสดมบี

เซลลูโลส (cellulose) อนุใหญ่มากประกอบด้วย ปีศาจกลูโคส เป็นจำนวนมาก พบในพืชตามกิ่งก้าน ในลำต้น เป็นโครงของพืช เป็นที่สำหรับให้แป้งมาเกาะ สารนี้ไม่สามารถจะทำให้สลายตัวหรือย่อยได้ในร่างกาย ประโยชน์ของสารนี้ใช้เป็นกากอาหาร เพื่อกระตุ้นให้การขับถ่ายของระบบการย่อยอาหารดำเนินไปตามปกติ จึงนับได้ว่าเป็นสารจำเป็นต้องมีในอาหารบริโภคเซลลูโลสย่อยได้จะสลายให้กลูโคส

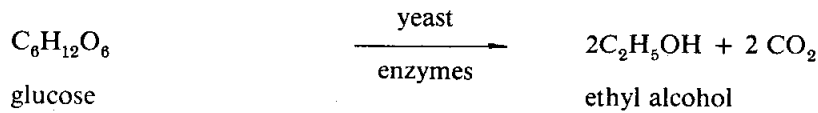
เซลลูโลสเป็นสารที่สำคัญของการทำเส้นใย ฝ้ายประกอบด้วยเซลลูโลสเป็นส่วนใหญ่ เรยอนทำจากเซลลูโลสโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์และไฮเดียมไฮดรอกไซด์ นอกจากนี้เซลลูโลส

ยังใช้ทำวัตถุระเบิดฟิล์มภาพยนตร์ สารประกอบชื่อ carboxymethyl cellulose ใช้ในอุตสาหกรรม ทำไอศกรีม น้ำสลัด และเครื่องสำอาง

ไกลโคเจน (Glycogen) ภายในอณูประกอบด้วยกลูโคสเป็นจำนวนมากเกาะเกี่ยว และในการเกาะเกี่ยวกันนี้คล้ายคลึงกับโมเลกุลของแป้ง แต่ทว่ามีกิ่งก้านของกลูโคสมากกว่าแป้ง

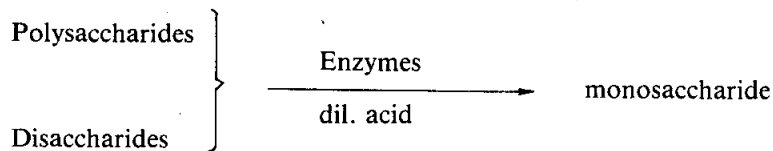
14-2 การหมัก (Fermentation)

จุลินทรีย์บางชนิดขับเอ็นไซม์* ออกมาเพื่อทำหน้าที่สลายให้อัลกอฮอล์ เช่น เอ็นไซม์ ในยีสต์ สลายกลูโคสให้อเอทธิลอัลกอฮอล์



เครื่องดื่มจำพวกเบียร์ และเหล้าไวน์ได้มาจากกรรมวิธีหมัก (fermentation process) ในที่ ๆ มีเอ็นไซม์พอเหมาะ กลูโคสจะถูกหมักให้กรดแลคติกเพื่อทำเนยแข็ง บักเตอรีที่อาศัยอยู่ในช่องทางเดินอาหารจะขับเอ็นไซม์ออกมาขณะที่มีการโบไฮเดรตมาก ได้ก๊าซซึ่งเกิดในลำไส้ ก่อให้เกิดการเจ็บปวด

โมเลกุลของ โพลีแซคคาไรด์และไดแซคคาไรด์จะสลายให้โมโนแซคคาไรด์แต่ต้องมีเอ็นไซม์อยู่หรือเมื่อต้มกับกรด ดังนี้



14-3 ไลปิด (Lipids)

ไลปิดเป็นกลุ่มสารเคมีทางชีวภาพที่สำคัญอันหนึ่ง พบอยู่ในพืชและเนื้อเยื่อสัตว์ ไลปิดหมายถึงไขมัน (fat) และสารอื่น ๆ ซึ่งคล้ายคลึงกับไขมันทางสมบัติกายภาพ (ตามตาราง 14-3) ไขมันได้รู้จักกันตั้งแต่สมัยโบราณว่าเป็นอาหารที่สำคัญ ไลปิดได้พบเกือบทุก ๆ ส่วนของพืช ผลไม้ และเมล็ดต่าง ๆ ประกอบด้วยไขมัน ไขมันจากผักเรียก oils ซึ่งส่วนใหญ่พบในเมล็ด เมล็ดพืชบางอย่างมีน้ำมันสูง เช่น มะพร้าวมีประมาณ 65% แวกซ์ (waxes) ก็จัดว่า

* เป็นสารอินทรีย์ที่มีโครงสร้างซับซ้อน สังเคราะห์โดยสิ่งมีชีวิต ทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (คล้ายกับเอนไซม์) ทางชีวเคมี ให้ดำเนินไปได้เร็วขึ้นเช่นในกระบวนการย่อยอาหาร การหายใจและอื่น ๆ

เป็นไลปิดทำหน้าที่ป้องกันใบพืชมิให้ส่วนที่เป็นใบพืชสูญน้ำ นอกจากนี้แล้วยังกันมิให้พืชสูญเสียน้ำอีกด้วย พืชที่พบในแถบที่แห้งแล้งจะมีแว็กซ์เคลือบหนา

การจำแนกไลปิด (Classification of Lipids)

ไลปิดเป็นสารอินทรีย์ที่มีมากมายหลายชนิด และแบ่งแยกประเภทแตกต่างกันออกไป ในหนังสือเล่มนี้ต้องการแบ่งอย่างง่าย ๆ เพื่อสะดวกสำหรับผู้ที่มีวิชาวิทยาศาสตร์จะเรียนรู้ และจะอธิบายเฉพาะไลปิดที่สำคัญเท่านั้น

ตาราง 14-3 สารที่เป็นไลปิด (Classifying Lipids)

1. ไลปิดที่มีกรดไขมัน ได้แก่

1.1 ไขมัน

1.2 ชีผึ้ง

1.3 โมโนและไตรกลีเซอไรด์

1.4 ฟอสโฟไลปิด (Phospholipids) ได้แก่ เลซิทีน (lecithin) เซฟฟาลิน (cephalin)

สฟิงโกไมอีลิน (sphingomyelin)

1.5 ไกลโคไลปิด (Glycolipids)

2. ไลปิดที่ไม่มีกรดไขมัน

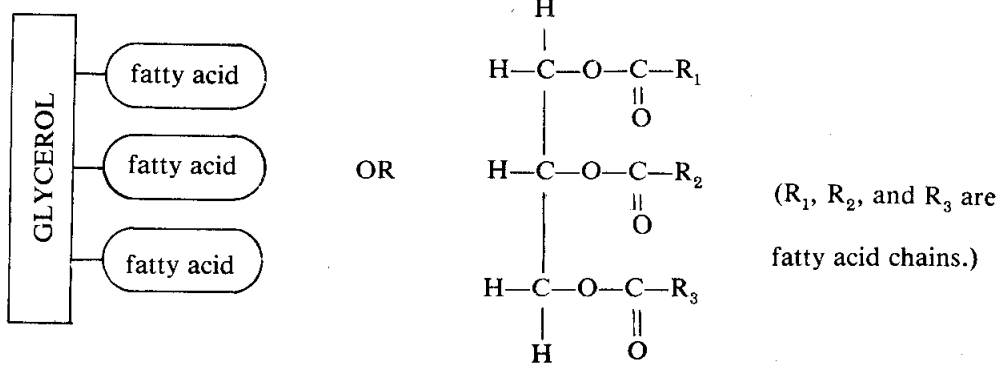
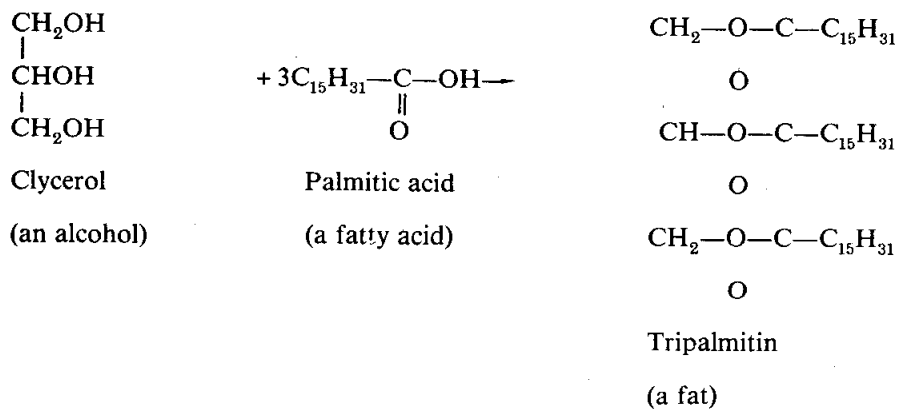
2.1 สเตอรอยด์ (Steroids)

2.2 เทอร์พีน (Terpenes)

ไขมัน (Fats)

สารนี้ประกอบด้วยกรดไขมัน (fatty acids) และกลีเซอรอล (glycerol) กรดไขมันนั้นจะไปต่อที่ตำแหน่งไฮดรเจนในหมู่ -OH ของกลีเซอรอล กรดไขมันมีได้ทั้งอิ่มตัวและไม่อิ่มตัวและจำนวนบอนด์คู่ในกรดไขมันก็อาจมีได้หลายแห่งในโมเลกุลเดียวได้ ถ้าให้ R_1 , R_2 และ R_3 แทนด้วยกรดไขมัน ซึ่ง R_1 , R_2 และ R_3 จะเป็นกรดชนิดเดียวกันหรือต่างกันได้

รูป 14-1 สูตรทั่ว ๆ ไปของไขมัน



The general formula for a fat (a triglyceride).

ถ้านำไขมันไปทำให้สลาย โดยวิธีไฮโดรลิซิสจะได้กลีเซอรอลและกรดไขมัน กรดไขมันที่พบกันโดยทั่ว ๆ ไป คือ กรดสเตียริก กรดปาล์มมิติก และกรดโอเลอิก กรดไขมันอาจแทนที่ไฮโดรเจนในหมู่ -OH ของกลีเซอรอล ได้เพียงหมู่เดียวก็ได้ เรียกว่า monoglycerides ถ้าแทนสองหมู่เรียก di glycerides ถ้าแทนสามหมู่เรียก tri glycerides

กรดไขมันที่จำเป็นต่อมนุษย์ (essential fatty acid) ได้แก่ กรดลิโนลิค ทั้งนี้เนื่องจากร่างกายมนุษย์ไม่สามารถเตรียมได้ ในรายเด็กอ่อนถ้าขาดกรดพวกนี้จะทำให้น้ำหนักลด นำไปสู่โรคผิวหนัง แผลเน่าเปื่อย

คุณสมบัติทางเคมีของไลปิด (Chemical Properties of Lipids)

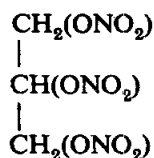
1. มีค่าไอโอดีนนัมเบอร์ (Iodine number) ทั้งไขมันและน้ำมันประกอบด้วยกรดไขมันที่อิ่มตัวและไม่อิ่มตัว ดังนั้นจะดูไอโอดีนและฮาโลเจนอื่น ๆ โดยจะเข้าไปที่บอนด์คู่ทำให้เกิดเป็นสารประกอบอิ่มตัว ถ้ามีจำนวนบอนด์คู่มากกว่า การดูไอโอดีนจะมากขึ้นตาม ดังนั้นค่าของไอโอดีนนัมเบอร์คือ จำนวนกรัมไอโอดีนที่ถูกดูดด้วยไขมันหรือน้ำมัน 100 กรัม นั่นคือค่าไอโอดีนจะเป็นเครื่องบ่งชี้ว่าไขมันบริสุทธิ์แค่ไหนเพราะนำไปเทียบกับค่าไขมันบริสุทธิ์จะสามารถดูดไอโอดีนไว้ได้เท่าใด นอกจากนี้ยังรู้ปริมาณของบอนด์คู่ได้อีกด้วยว่ามีกี่แห่ง

2. ทำไฮโดรจิเนชัน (hydrogenation) ได้ กล่าวคือให้ไฮโดรเจนทำปฏิกิริยากับไขมันซึ่งมีบอนด์คู่ ไฮโดรเจนจะเข้าไปอยู่ที่บอนด์คู่ของกรดไขมันทำให้แข็งตัวได้ เช่น เนยสด หรือมาการีนที่ขายอยู่ทุกวันนี้

3. ทำ saponification ได้ โดยเอาไขมันมาต้มกับด่างจะได้เกลือของกรดไขมัน (คือสบู่) และกลีเซอรอล ใช้ในอุตสาหกรรมทำสบู่ได้

4. เกิดการเหม็นหืน (rancidity) เนื่องจากไขมันถูกกับออกซิเจนในอากาศทำให้เกิดการออกซิไดส์ ได้กรดที่มีโมเลกุลเล็ก ๆ หรือเกิดสารพวกอัลดีไฮด์ที่ตำแหน่งบอนด์คู่ก่อให้เกิดกลิ่นเหม็น มีรสไม่ดีและไขมันยังเกิดไฮโดรลิซิสโดยเอ็นไซม์ในอากาศ จะเห็นได้ว่าถ้าทิ้งเนยไว้นอกตู้เย็นนาน ๆ จะเกิดการเหม็นหืนเพราะจุลินทรีย์ในอากาศจะผลิตเอ็นไซม์ซึ่งมาทำปฏิกิริยากับไขมันก่อให้เกิดกรดบิวไทริก (butyric acid) ทำให้เนยเหม็นหืน

กลีเซอรอล (glycerol) เป็นสารประกอบประเภทอัลกอฮอล์ มี -OH อยู่ถึงสามหมู่ในโมเลกุลโดยทั่ว ๆ ไปเรียกกลีเซอริน (glycerin) มีรสหวานเป็นของเหลวลักษณะแบบน้ำมันผสมได้ดีกับน้ำและเอทานอล แต่ไม่ผสมกับอีเธอร์ ถ้าทำให้ปฏิกิริยากับกรดกำมะถันแล้วให้ความร้อนจะให้สารพวกอะโครลีน (acrolein) ซึ่งมีกลิ่นเฉพาะตัวข้อนี้เท่ากับเป็นการพิสูจน์ว่าสารนั้นเป็นกลีเซอรอลหรือไม่ ถ้านำเอาทำปฏิกิริยากับกรดไนตริกเกิดเป็นไนโตรกลีเซอริน (nitroglycerin) สารประกอบตัวนี้มีความสำคัญในทางยา เนื่องจากเป็นตัวเป็กลอดเลือดให้กว้างนับว่าให้ประโยชน์ต่อคนไข้ ไนโตรกลีเซอรินนี้ใช้ทำไดนาไมท์ได้ด้วย ดังสูตร



สารประกอบที่สำคัญที่สุดอีกตัวหนึ่งของไลปิดคือ คอเลสเตอรอล เกี่ยวข้องกับเรื่อง arteriosclerosis เพราะถ้ามีจำนวนคอเลสเตอรอลสูงเกาะที่ผนังเส้นเลือดแดง จะทำให้ความขัดข้องการไหลของเลือดในเส้นเลือดแดง จึงทำให้เลือดต้องสูบฉีดแรงเพื่อให้ผ่านเส้นเลือดแดงที่แคบลง นำไปสู่ความดันโลหิตสูงหรือคือ hypertension ฉะนั้นอาหารที่จะเข้าสู่เซลล์จะไม่สะดวก และถ้ามีคอเลสเตอรอลสูงมากขึ้นก็ทำให้ทางไหลของเลือดตีบขึ้น และถ้าเกิดอุดตันก็เป็นสาเหตุของการเกิดหัวใจวาย

อาหารที่มีคอเลสเตอรอลสูง ได้แก่ไขมันสัตว์ ไข่แดง ไม่ควรรับประทานมากนัก เพื่อหลีกเลี่ยงการอุดตันของเส้นเลือดอันเนื่องจากสารคอเลสเตอรอล

14-4 โปรตีน

โปรตีนจัดว่าเป็นโมเลกุลที่สำคัญอันหนึ่งในเซลล์สิ่งมีชีวิต ถ้าปราศจากโปรตีนแล้วสิ่งมีชีวิตจะอยู่ไม่ได้ หน้าที่ของโปรตีนที่สำคัญอันหนึ่งคือ ทำหน้าที่เป็นเอ็นไซม์ป้องกันมิให้เกิดโรคภัย ช่วยในเรื่องของการย่อยอาหาร ขนส่งออกซิเจนโดยเลือดเป็นตัวพาไป ช่วยให้เลือดแข็งตัว จัดการทำงานของเซลล์ให้อยู่ในสภาพปกติ

สิ่งมีชีวิตสามารถสังเคราะห์โปรตีนได้ พืชก็ให้โปรตีนได้ไม่น้อย เพราะพืชได้สังเคราะห์คาร์โบไฮเดรตและนำมาพร้อมกับสารประกอบที่มีไนโตรเจน (ซึ่งได้จากดิน) เพื่อให้เกิดโปรตีน สัตว์ก็มีขีดความสามารถจำกัดมากที่จะสังเคราะห์โปรตีน จึงใช้วิธีกินอาหารให้มีโปรตีนอยู่ด้วย

โปรตีนประกอบด้วยธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน ไนโตรเจน เป็นส่วนใหญ่ บางทีก็มีกำมะถัน ไอโอดีน ฟอสฟอรัสหรือเหล็ก โปรตีนมีโมเลกุลใหญ่มาก ภายในโมเลกุลประกอบด้วยกรดอะมิโนหลาย ๆ โมเลกุลมาเกาะเกี่ยวกันเข้ากลายเป็นอนุใหญ่ที่เรียกว่า โปรตีน เมื่อนำโปรตีนมาไฮโดรไลซ์จะได้กรดอะมิโนหลายชนิดจำนวนมากเรียก โปรตีนนี้ว่า โปรตีนแบบง่าย (simple protein) แต่มีโปรตีนบางชนิดเมื่อไฮโดรไลซ์แล้วได้กรดอะมิโนและสารพวกคาร์โบไฮเดรต ไลปิด กรดนิวคลีอิกและอื่น ๆ ฯลฯ เรียกว่าโปรตีนคอนจูเกต (Conjugate protein) โปรตีนชนิดนี้สามารถทำหน้าที่เฉพาะอย่างเป็นราย ๆ ไป

หน้าที่ของโปรตีนมีมากมายหลายอย่าง.- ทั้งนี้เพราะมีโปรตีนหลายชนิด แต่ละชนิดก็ทำหน้าที่แตกต่างกันไป จึงกล่าวได้ว่าโปรตีนเป็นสารประกอบที่สำคัญยิ่งของสิ่งมีชีวิต และมีหน้าที่ต่าง ๆ ดังนี้

1. เกี่ยวข้องกับโครงร่างของร่างกาย เช่น กล้ามเนื้อ กระดูก ขน ผม เล็บ เอ็นและหนัง มีสารพวกโปรตีนซึ่งทำหน้าที่ให้โครงร่างและส่วนประกอบต่าง ๆ ดำเนินไปได้ตามธรรมชาติ

2. เป็นส่วนประกอบของโปรโตพลาสซึม
3. เป็นเอ็นไซม์ ซึ่งทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาเคมีต่าง ๆ ให้เกิดขึ้นในสิ่งมีชีวิต ทำให้เมตาบอลิซึมดำเนินไปได้ จนได้พลังงานต่าง ๆ
4. เป็นฮอร์โมน (Hormones) โปรตีนบางตัวทำหน้าที่เป็นฮอร์โมนด้วย เพื่อควบคุมให้ปฏิกิริยาในสิ่งมีชีวิตดำเนินไปได้ด้วยดี
5. ทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมการเคลื่อนที่ของสารต่าง ๆ ควบคุมการเป็นกรด ต่างและเป็นบัฟเฟอร์
6. ทำหน้าที่เป็นภูมิคุ้มกันให้ร่างกายหรือจัดว่าเป็นสารที่เรียกว่าแอนติบอดี (antibody)
7. อยู่ร่วมกับกรดนิวคลีอิกในนิวเคลียสเพื่อทำงานร่วมกับยีนส์เรียกว่านิวคลีโอโปรตีน ซึ่งมีบทบาทในการถ่ายทอดลักษณะทางกรรมพันธุ์

ที่เกิดของโปรตีน.- โปรตีนมีทั้งในพืชและสัตว์ พืชบางชนิดสามารถสังเคราะห์โปรตีนได้สูง เช่น พืชตระกูลถั่ว แต่บางชนิดนำเอาไนโตรเจนจากสารอาหารในดินมาสร้างโปรตีนก็มี สำหรับสัตว์ก็มีการสร้างโปรตีนเนื่องจากสัตว์กินพืชเป็นอาหาร มนุษย์กินทั้งสัตว์และพืช ฉะนั้นจึงได้รับโปรตีนมาก อีกทั้งร่างกายมนุษย์ต้องการโปรตีนมากด้วย ในตอนที่เด็กยังต้องการโปรตีนเพื่อสร้างความเจริญเติบโตให้ร่างกาย

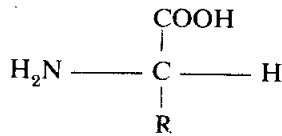
คุณสมบัติทั่วไปของโปรตีน.- ถ้าบริสุทธิ์ไม่มีสี กลิ่น รส ถ้าได้รับความร้อนจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลหรือสีดำและเกิดกลิ่น สารละลายโปรตีนมีความหนืดแตกต่างกันตามชนิดของโปรตีน ถ้าโมเลกุลใหญ่จะมีความหนืดมากขึ้น โปรตีนสามารถตกผลึกได้เร็วหรือช้าขึ้นกับชนิดของโปรตีน สำหรับการละลายของโปรตีนขึ้นอยู่กับจำนวนโปรตีน pH ของสารละลายและการเติมตัวทำละลายสารอินทรีย์บางชนิดลงไป

นอกจากนี้โปรตีนยังทำปฏิกิริยากับกรดไนตริก ฮาโลเจนและฟอร์มาลดีไฮด์ได้

จากการศึกษาสูตรโครงสร้างของโปรตีนพบว่าประกอบด้วยกรดอะมิโนเป็นจำนวนมากมาเรียงต่อกันด้วยการจับกันของเปปไทด์ (peptide linkage) ฉะนั้นควรจะต้องศึกษาเรื่องของกรดอะมิโนด้วย

กรดอะมิโน (amino acid)

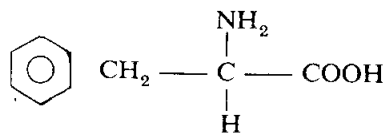
ถ้านำโปรตีนมาไฮโดรไลซ์โดยใช้กรดหรือด่างหรือเอ็นไซม์อย่างสมบูรณ์ จะได้กรดอะมิโนเป็นจำนวนมาก มีสูตรโดยทั่ว ๆ ไป ดังนี้



กรดอะมิโนทั้งหลายจะแตกต่างกันที่หมู่ R- จึงก่อให้เกิดกรดนี้ได้หลายชนิด ส่วนหมู่ -COOH และ -H₂N นั้นเป็นหมู่ที่ต้องมีในสารประกอบของกรดอะมิโน กรดอะมิโนนี้สามารถรับโปรตอน (H⁺) ได้ถ้าอยู่ในสภาพสารละลายก่อให้เกิดประจุบวกเป็น -NH₃⁺ ส่วนหมู่คาร์บอกซิลก็ให้โปรตอนได้จึงเกิดเป็นประจุ - ที่ COO⁻ ฉะนั้นกรดอะมิโนจึงมีทั้งประจุ + และ - ได้ในโมเลกุล ปรากฏการณ์เช่นนี้เรียกว่า Zwitterion

กรดอะมิโนมีอยู่หลายชนิด ซึ่งเป็นประเภทอะลิฟาติก คือมีสูตรโครงสร้างแบบเป็นโซ่ (chain compound) และในโมเลกุลของกรดอะมิโนมีหมู่อะมิโน (-NH₂) และหมู่คาร์บอกซิล (-COOH) อยู่อย่างละหมู่ได้ หรืออาจมีหมู่อะมิโนหนึ่งหมู่ และหมู่คาร์บอกซิลสองหมู่ก็ได้ ถ้าในกรณีนี้กรดอะมิโนประเภทนี้มีสมบัติเป็นกรดมากขึ้น หรืออาจมีหมู่อะมิโนสองหมู่ หมู่คาร์บอกซิลหนึ่งหมู่ กรดนี้จะมีสมบัติเป็นด่าง

กรดอะมิโนบางประเภทประกอบด้วยวงแหวนเบนซีนรวมอยู่ด้วยก็มี อีกทั้งมีหมู่ -NH₂, COOH อย่างละหนึ่งหมู่จึงทำให้กรดอะมิโนมีสมบัติเป็นกลาง เช่น ฟีนีลอะลานีน (phenylalanine) ได้แก่



กรดอะมิโนในโปรตีนเท่าที่พบมีประมาณ 20 ชนิด บางตัวร่างกายสังเคราะห์ได้ บางตัวร่างกายเปลี่ยนจากสารอื่นก็ได้ แต่บางตัวร่างกายไม่สามารถสังเคราะห์ได้ซึ่งมีอยู่ประมาณ 8 กรดอะมิโน ในภาวะเช่นนี้ ต้องเอามาจากอาหาร กรดอะมิโนชนิดนี้เรียก กรดอะมิโนจำเป็น (essential amino acid) ได้แก่

ไลซีน (lysine)	ทรีโทแฟน (tryptophan)
เฟนิลอะลานีน (phenylalanine)	ทีโอนีน (threonine)
ลูซีน (leucine)	ไอโซลูซีน (isoleucine)
วาเลีน (valine)	เมทธีโอนีน (methionine)

ในรายที่เป็นเด็กและทารกต้องการกรดอะมิโนเพิ่มขึ้นอีกหนึ่งสาร คือ ฮิสติดีน (histidine) เพื่อการเจริญเติบโตต่อไป กรดอะมิโนที่จำเป็นดังกล่าวจัดว่าสำคัญต่อชีวิตเพื่อความ เป็นมนุษย์ที่สุขภาพสมบูรณ์

โปรตีนซึ่งประกอบด้วยกรดอะมิโนทั้งหลายดังกล่าว (คือ 20 ชนิด) นับว่าจำเป็น เพื่อให้ชีวิตดำรงอยู่ได้อย่างผู้มีพละทานามัยดี เรียกว่า โปรตีนสมบูรณ์ (complete proteins) อาหาร จำพวกไข่ นม เนื้อ ปลา เบ็ด ไก่ และถั่ว จัดว่าเป็นแหล่งอาหารที่ดีที่สุดเพราะมีโปรตีนสมบูรณ์ อยู่ด้วย ส่วนเมล็ดข้าว นัท และผักไม่มีหรือมีน้อยสำหรับโปรตีนสมบูรณ์ จึงเรียกแหล่งอาหาร นี้ว่าโปรตีนไม่สมบูรณ์ (incomplete proteins) อาจกล่าวได้โดยทั่ว ๆ ไปว่า โปรตีนที่ได้จากผัก เป็นโปรตีนไม่สมบูรณ์ (incomplete proteins) ส่วนที่มาจากแหล่งสัตว์เป็นโปรตีนสมบูรณ์

14-3 ตารางชื่อกรดอะมิโน 20 ชนิดพบในโปรตีน (The 20 Amino acid Round in Protein)

Alanine	Glycine	Aspartic acid
Valine	Serine	Glutamic acid
Leucine	Theonine	Lysine
Isoleucine	Tyrosine	Arginine
Methionine	Cysteine	Histidine
Phenylalanine	Asparagine	Proline
Tryptophan	Glutamine	

14-5 เอ็นไซม์

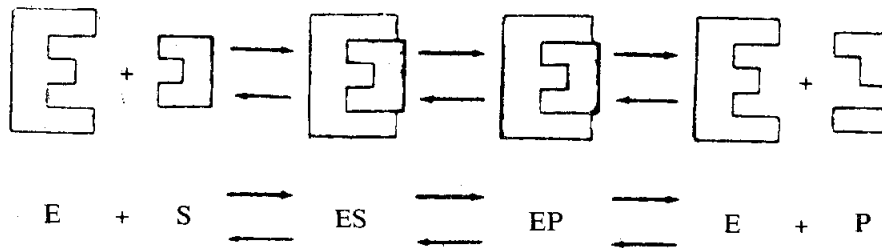
เอ็นไซม์เป็นสารจำพวกโปรตีนที่ช่วยให้ปฏิกิริยาทางชีวภาพในร่างกายของสิ่งมีชีวิต ดำเนินไปได้ ซึ่งก็คล้าย ๆ กับคะตาไลซ์ในปฏิกิริยาทางเคมีของสิ่งไม่มีชีวิต ได้มีเอ็นไซม์ที่รู้จัก ขณะนี้มากกว่า 1,000 ชนิด ซึ่งช่วยในแง่การย่อยอาหาร ช่วยในเรื่องของระบบประสาท ทำให้ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไลปิดที่รับประทานเข้าไปสลายตัวกลายเป็นอนุเล็ก ๆ จะเห็นได้ว่า ถ้าขาดเอ็นไซม์ไปสักหนึ่งชนิดในร่างกาย อาจถึงตายได้เอ็นไซม์จึงนับว่าเป็นสิ่งจำเป็นจริง ๆ

เอ็นไซม์.- มีสองชนิดคือ เอ็นไซม์เชิงง่าย (simple enzymes) และคอนจูเกตเอ็นไซม์ (conjugated enzymes) เอ็นไซม์เชิงง่ายคือเป็นโปรตีนที่ประกอบด้วยกรดอะมิโนอย่างเดียวเท่านั้น ได้แก่ เปปซิน (pepsin) ทริปซิน (trypsin) และเคโมทริปซิน (chymotrypsin) ส่วนคอนจูเกต เอ็นไซม์ประกอบด้วยหมู่โปรตีนและหมู่ที่มีไม่ใช่โปรตีน (non protein) หมู่ที่มีไม่ใช่โปรตีนเรียก

โคแฟกเตอร์ (cofactor) ซึ่งจะมีไอออนพวก Fe^{+2} , Fe^{+3} , Mn^{+2} , Mg^{+2} , Zn^{+2} หรือ Cu^{+2} หรือ สารอินทรีย์ที่มีสูตรซับซ้อนได้ในกรณีนี้เรียกโคเอ็นไซม์ (coenzymes)

ชื่อของเอ็นไซม์จะสังเกตได้อย่างง่าย ๆ นิยมเติม -ase ลงข้างท้ายชื่อสารที่เป็นเอ็นไซม์ ส่วนสารที่ต้องการให้เกิดปฏิกิริยาเรียกว่า substrate เอ็นไซม์ที่ใช้เร่งปฏิกิริยาการแตกตัวของ มอลโทส (maltose) เรียกว่ามอลเตส (Maltase) บางทีเรียกชื่อตามปฏิกิริยาเช่นในการเกิดปฏิกิริยา เพื่อสลาย $-COOH$ เรียกดีคาร์บอกซิเลชัน (Decarboxylation) เอ็นไซม์ที่ทำหน้าที่เช่นนี้เรียก ดีคาร์บอกซิเลส (Decarboxylase) ดังนี้ เป็นต้น ความจริงการเรียกชื่อเอ็นไซม์ยังมีเกณฑ์อีกมากมายแต่เกินความจำเป็นสำหรับความรู้ในตอนนี

เอ็นไซม์ทำงานได้อย่างไร สมมติว่า E คือเอ็นไซม์ S คือสารที่ต้องการให้เกิดปฏิกิริยา เรียกซับสเตรท (substrate) ในตอนแรกเอ็นไซม์จะเข้าไปรวมกับซับสเตรท เกิดเป็นเอ็นไซม์ ซับสเตรท ES ต่อไป ES จะเกิดปฏิกิริยาเปลี่ยนแปลงต่อไปได้ผลิตภัณฑ์ P และเอ็นไซม์ E เกิดเป็น EP ต่อไป EP จะแยกเป็น E + P รวมขั้นตอนดังนี้



การทำงานของ Enzymes

14-6 วิตามิน (Vitamins)

วิตามินเป็นสารอินทรีย์ที่มีความสำคัญเกี่ยวข้องกับชีวิตที่เดียวถ้าร่างกายได้รับวิตามิน ไม่เพียงพอแก่ความต้องการก็จะมีผลต่อความเจริญเติบโตเหมือนกันและเกิดเป็นโรคขาดวิตามินได้ วิตามินนี้ร่างกายต้องการเพียงเล็กน้อยแต่ขาดมิได้ วิตามินบางตัวทำหน้าที่เอ็นไซม์ด้วย

ปลายศตวรรษที่ 19 นี้ ได้มีการศึกษาเกี่ยวกับเรื่องของวิตามินและได้มีการค้นพบ สาเหตุของการขาดวิตามิน ซึ่งบางครั้งก่อให้เกิดการเสียชีวิตได้ สัตว์ที่ใช้เพื่อการศึกษาและ ค้นคว้า ได้แก่ หนูชนิดต่าง ๆ สุนัข นกพิลาป ลูกไก่ และสัตว์อื่น ๆ

คศ. 1901 ได้มีผู้เสนอว่าโรคต่าง ๆ บางชนิดมิได้เกิดเพราะเชื้อโรคหากแต่ว่ามี การขาดวิตามินในอาหาร

คศ. 1901 ฟังก์ (Funk) ได้เตรียมสารจากสิ่งที้ออกมาจากข้าวและสารที่ว่านี้สามารถ รักษาโรคชื่อ Polyneuritis ในนกพิลาปโรคนี้เป็นอย่างเดียวกันกับโรคเบอร์รี่ เบอรี่ (beri beri) ในคน สารดังกล่าวนี้พบว่าเป็นสารประเภทอะมีน (amine) และนี่เป็นที่มาของคำว่าวิตามิน เพราะมาจากคำว่า vital amine เมื่อเรียกให้สั้นกลายเป็น “วิตามิน Vitamine”

วิตามินนี้จัดได้เป็นสองประเภทคือ พวกที่สามารถละลายน้ำได้ เรียกว่า วิตามิน ละลายในน้ำ (water soluble vitamin) ส่วนอีกพวกหนึ่งนั้นละลายได้ในไขมันเรียก วิตามินละลาย ในไขมัน (fat - soluble vitamin)

วิตามินที่ละลายในไขมัน (fat - soluble vitamin) มีอยู่สี่ชนิดและจัดว่าเป็นสารพวก ไลปิด ได้แก่วิตามิน เอ วิตามิน อี วิตามิน ดี และวิตามิน เค พวกนี้ไม่ละลายในน้ำ

วิตามิน เอ จะพบในเนื้อเยื่อของสัตว์ ตับ ไข่ นม เนย และน้ำมันตับปลา ในพืชมี สารที่มีสูตรโครงสร้างแบบวิตามินเอ คือสารที่มีชื่อว่า คาโรทีน (carotene) ซึ่งพบอยู่ในผักสีเขียว มะละกอ ฟักทอง หัวแครอท สารประกอบคาโรทีนนี้กล่าวกันว่าเป็นสารต้นตอของวิตามิน เอ เป็นที่ทราบกันว่าเมื่อคาโรทีนเข้าสู่ร่างกาย ๆ จะเปลี่ยนสารนี้ให้เป็นวิตามิน เอ สองโมเลกุล วิตามินเอ มีชื่ออีกอย่างหนึ่งว่าเรตินอล (retinal) ซึ่งมี 2 ชนิด คือวิตามินเอ 1 และวิตามิน เอ 2 สารประกอบทั้งสองตัวนี้จัดว่าเป็นพวกอัลกอฮอล์

วิตามินเอ มีส่วนเสริมสร้างสุขภาพผิวหนังและเนื้อเยื่ออวัยวะต่าง ๆ ในร่างกาย และยังช่วยสร้างกระดูกฟันให้แข็งแรง

ถ้าร่างกายได้รับวิตามินเอ ไม่เพียงพอ หรือการดูดซึมของวิตามินนี้ไม่ดีพอ ก็คือ การได้รับวิตามินน้อยไป จะมีผลเสีย กล่าวคือทำให้กล้ามเนื้อและกระดูกไม่เจริญ เยื่อตาแห้ง บางรายที่ขาดรุนแรงเกิดเป็นโรคตาบอดกลางคืน (Night blindness) เมื่อเข้าไปที่มืดจะต้องใช้ เวลานานมากที่จะปรับตัวให้เห็นได้ และยังก่อให้เกิดความต้านทานโรคน้อยด้วย ในทางตรงกัน ข้ามถ้าได้รับวิตามินมากเกินไปก็เกิดอันตรายเนื่องจากร่างกายไม่สามารถขับออกมาได้ (เพราะมิได้ ละลายน้ำ) จึงเกิดการเป็นพิษ เบื่ออาหาร คลื่นไส้ อ่อนเพลีย ปวดศีรษะ

วิตามิน A ทางการแพทย์แนะนำให้รับประทานประมาณ 5,000 I.U. (1 *I.U. เท่ากับ 0.3 ไมโครกรัม)

*I.U. คือหน่วย International Unit ในแต่ละวิตามินจะมีค่าแตกต่างกันออกไป

วิตามินดี พบในผักสีเขียวต่าง ๆ ปลาทะเล ไข่แดง นม และเนื้อเยื่อของสัตว์ ยีสต์ ภายในเนื้อเยื่อของสัตว์มีสารตั้งต้น (provitamin) ซึ่งน่าจะ ได้แก่ 7-ดีไฮโดรโคเลสเตอรอล ซึ่งเมื่อถูกกับรังสีอุลตราไวโอเล็ตจากแสงแดดจะกลายเป็นวิตามินดี 3 ในพืชก็มีสารพวกเออโกสเตอรอล (Ergosterol) ซึ่งเป็นพวกสเตอรอยด์ใช้เป็นสารตั้งต้นสังเคราะห์วิตามินดี 2 ได้ วิตามินดี เป็นสารตั้งต้นสังเคราะห์วิตามินดี 2 ได้ วิตามินดีเป็นสารที่ป้องกันโรคกระดูกอ่อน ในทารกที่กำลังเติบโตต้องการมาก เพราะถ้าขาดวิตามินชนิดนี้จะทำให้เกิดโรคกระดูกอ่อน (Rickets) และมีผลต่อการดูดซึมแคลเซียมและโปรตีนจากลำไส้ไปสร้างกระดูกจะช้าลง ทำให้แคลเซียมและโปรตีนออกมาทางอุจจาระ วิตามินดี ยังช่วยในการสังเคราะห์โปรตีนอีกด้วย แต่ถ้าร่างกายรับวิตามินดีมากเกินไป จะเกิดเป็นโรคเบื่ออาหาร คลื่นไส้ นานเข้าจะมีแคลเซียมเกาะที่ตับนำไปสู่ไตพิการ

วิตามินดี ทางการแพทย์แนะนำให้ใช้ได้ประมาณ 400 I.U. ต่อวัน (1 I.U. มีค่าเท่ากับ 0.025 มิลลิกรัม)

วิตามินเค เป็นวิตามินที่จำเป็นต่อการทำให้เลือดแข็งตัว ในทารกแรกเกิดจะมีปริมาณวิตามินชนิดนี้ต่ำมาก ต่อจากนั้นอีกหนึ่งสัปดาห์ ทารกจะได้วิตามินนี้จากนมแม่ และสามารถสังเคราะห์ได้โดยความช่วยเหลือของแบคทีเรียในลำไส้ ในรายของผู้ใหญ่การขาดวิตามินนี้มีน้อยมาก นอกจากจะกินยาบางชนิด วิตามินเค มีทั้งวิตามินเค 1 และเค 2 และเค 3

วิตามินเค แพทย์แนะนำให้ใช้ 5 มิลลิกรัมต่อวัน

วิตามินอี หรือชื่อทางเคมีเรียก โทโคเฟอรอล (Tocopherol) เป็นสารที่รู้จักในแง่ของกันการเป็นหมันในสัตว์ วิตามินอีนี้ใช้รักษาโรคกล้ามเนื้อลีบเหี่ยว และอาจใช้ช่วยป้องกันเม็ดโลหิตแดงถูกทำลาย วิตามินอี สามารถรวมตัวกับออกซิเจนได้รวดเร็ว จึงใช้เป็นสารป้องกันการเกิดออกซิเดชันได้

วิตามินชนิดนี้ มีมากในไข่ เนื้อสัตว์ น้ำมัน ผักสีเขียว เมล็ดข้าวสาลี

ในทางการแพทย์แนะนำเพียง 30 I.U. ต่อวัน (1 I.U. = 0.81 มิลลิกรัมของโทโคเฟอรอล)

วิตามินที่ละลายในน้ำ ได้แก่วิตามินบี (ซึ่งมีอยู่หลายชนิด) และวิตามินซี

วิตามินบี มีหลายชนิดที่สำคัญ ๆ คือ

1. วิตามินบี 1 หรือไทอามิน (Thiamine) มีมากในตับ ไข่สด เห็ด ช่วยในเรื่องเมตาบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรตและในระบบประสาทถ้าขาดวิตามินนี้จะเป็นโรค เบอริ เบอริ

ทำให้ระบบประสาทเสื่อม น้ำหนักลด

ทางการแพทย์แนะนำให้ใช้วิตามินนี้ประมาณ 1.5 mg ต่อวันได้

2. วิตามินบี 2 หรือไรโบเฟลวิน (Riboflavin) มีมากใน นม ไข่ ตับ ยีสต์ ผัก วิตามินนี้ทำหน้าที่กระตุ้นให้ร่างกายมีการเจริญเติบโต ป้องกันการอักเสบของมุมปาก เป็นองค์ประกอบของเอ็นไซม์

ทางการแพทย์แนะนำให้ใช้ได้ 1.7 มิลลิกรัม/วัน

3. วิตามินบี 6 หรือไพริดอกซิน (pyridoxine) พบอยู่ในเมล็ดข้าวทั้งหลาย เนื้อหมู เนื้อ ถั่ว ทำหน้าที่เป็นเอ็นไซม์ในเมตาบอลิซึมของสารอาหาร ในสัตว์พบว่าสารนี้กระตุ้นการเติบโต ป้องกันโรคโลหิตจาง การชักกระตุก ก่อให้เกิดความพิการที่ผิวหนัง

ทางการแพทย์แนะนำให้ใช้จำนวน 2 mg ต่อวัน

4. ไนอาซิน (niacin) เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของเอ็นไซม์ ดีไฮโดรจีเนส ซึ่งเกี่ยวข้องกับเมตาบอลิซึมของสารอาหารที่กินเข้าไป (คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมันและอื่น ๆ) ก่อให้เกิดพลังงาน ช่วยให้มีสุขภาพทางร่างกายและจิตใจดี ส่งเสริมสุขภาพของผิวหนัง ลื่น ระบบทางเดินอาหารและระบบประสาท ป้องกันโรคเพลลากรา (pellagra)

วิตามินบี 12 หรือโคบาลามิน (Cobalamine) จะพบใน ตับ ไข่ สมอ บักเตรีสามารถสังเคราะห์ได้ วิตามินนี้มีหน้าที่สังเคราะห์นิวคลีโอโปรตีนและป้องกันโรคโลหิตจางอย่างแรง ในมนุษย์จะกระตุ้นการเติบโตของสัตว์ เป็นสารจำเป็นสำหรับเซลล์ในโพรงกระดูก ระบบประสาท ระบบทางเดินอาหาร

การแพทย์แนะนำให้ใช้วิตามินนี้เพียง 6 ไมโครกรัม/วัน

วิตามินซี หรือแอสคอร์บิก แอซิด มีคุณสมบัติเสื่อมง่ายเมื่อถูกความร้อน ณ อุณหภูมิห้อง รักษาโรคสเคอวี (scurvy) หรือเลือดออกตามไรฟัน เป็นวิตามินที่จำเป็นต่อกระดูก ฟัน กระดูกอ่อน ช่วยทำให้ร่างกายต้านทานการอักเสบ ช่วยทำให้บาดแผลหายได้เร็วขึ้นแม้แต่แผลผ่าตัด ช่วยในการสร้างเม็ดโลหิตแดงให้ดำเนินไปด้วยดี วิตามินนี้มีมากในส้ม ผักสีเขียว

สำหรับเรื่องวิตามินที่กล่าวถึงนั้น ได้นำมาเฉพาะเรื่องที่สำคัญและนำไปประโยชน์ต่อมวลมนุษยเท่านั้น

14-7 กรดนิวคลีอิก (Nucleic Acids)

สิ่งมีชีวิตต้องการสืบพันธุ์ และตัวอ่อนที่เกิดต้องมีลักษณะคล้ายคลึงกับตัวพ่อ-แม่

เช่น หอยเมื่อสืบพันธุ์ก็ต้องเป็นหอยต่อไป สำหรับพืช เช่น ต้นกล้วยก็ต้องเป็นหน่อกล้วยต่อไป มนุษย์ก็ต้องเป็นมนุษย์คือมีลักษณะถ่ายทอด เป็นต้นว่า ผม หน้า ความสูง จากบิดา-มารดา ลักษณะแบบนี้เรียกว่ากรรมพันธุ์ (heredity)

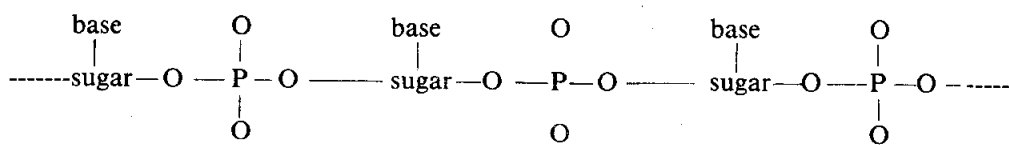
สิ่งมีชีวิตทั้งหลายประกอบด้วยเซลล์ มนุษย์มีเซลล์เป็นจำนวนพันล้านเซลล์ และมีการผลิตเซลล์ใหม่ซึ่งเรียกว่าเซลล์ลูก (daughter cell) ซึ่งเซลล์ลูกนี้เหมือนกับเซลล์ของพ่อ-แม่ เซลล์ลูกทำงานได้เหมือนกับเซลล์พ่อ-แม่ เช่นสร้างโปรตีน อินซูลินและอื่น ๆ

กรดนิวคลีอิกเป็นสารประกอบที่มีโมเลกุลใหญ่อยู่ในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตตั้งแต่เซลล์ของสัตว์และพืชชั้นต่ำจนถึงเซลล์ของสัตว์และพืชชั้นสูง เกี่ยวข้องกับเรื่องของกรรมพันธุ์ กรดนิวคลีอิกเป็นตัวบ่งการให้เกิดการสร้างโปรตีน โดยกำหนดให้กรดอะมิโนชนิดต่าง ๆ มาเกาะกันจนได้โปรตีนชนิดต่าง ๆ นอกจากนี้แล้วยังทำหน้าที่เป็นสารพันธุกรรม (genetic material) ของเซลล์ กรดนิวคลีอิกได้พบครั้งแรกโดยไมเชอร์ เมื่อ คศ. 1869 ตอนนั้นได้ชื่อว่า "nuclein" กรดนิวคลีอิกมีอยู่ในทุก ๆ เซลล์ของสิ่งมีชีวิต กรดนิวคลีอิกจัดว่าเป็นสารที่มีโมเลกุลใหญ่ (macromolecules) กรดนิวคลีอิกอยู่ได้ทั้งสภาพอิสระและอยู่ร่วมกับโปรตีนซึ่งอยู่ในรูปของ นิวคลีโอโปรตีน (nucleoprotein)

กรดนิวคลีอิกพบว่ามีสองประเภทใหญ่ ๆ คือ ดีออกซีไรโบนิวคลีอิกแอซิด (Deoxyribonucleic, DNA) และไรโบนิวคลีอิกแอซิด (Ribonucleic acid, RNA) กรดนิวคลีอิกสองประเภทนี้แตกต่างกันตรงที่โมเลกุลของ DNA มีน้ำตาลชื่อ ดีออกซีไรโบสอยู่ด้วย ส่วนใน RNA มีโมเลกุลของน้ำตาลชื่อ ไรโบส กรดนิวคลีอิกนั้นประกอบด้วยนิวคลีโอไทด์หลาย ๆ โมเลกุลมาเกาะกันเข้าจนกลายเป็นอนุใหญ่

นิวคลีโอไทด์ (nucleotides) เป็นองค์ประกอบของ DNA และ RNA ภายในโมเลกุลประกอบด้วย

1. โมเลกุลของน้ำตาล (sugar)
2. อีออนฟอสเฟต (phosphate ion, PO_4^{3-})
3. โมเลกุลเบสซึ่งมีไนโตรเจนอยู่ด้วย

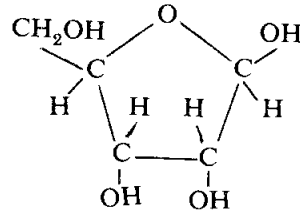


การเกาะเกี่ยวของนิวคลีโอไทด์

การเกาะเกี่ยวกันระหว่างน้ำตาลและอ็อกซิเจนฟอสเฟตเป็นโซ่ยาวเรื่อยไปเขาเรียก “back-bone” ของโมเลกุล สำหรับเบสที่มาเกาะอยู่ก็มีประเภทต่าง ๆ

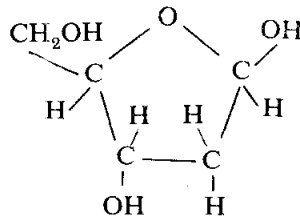
สรุปได้ว่าองค์ประกอบนิวคลีโอไทด์มี-

โมเลกุลของน้ำตาล ประกอบด้วยน้ำตาล มีคาร์บอนห้าอะตอม และมีสูตร



Ribose

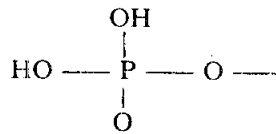
น้ำตาล ribose มีอยู่ในสารประกอบ RNA



Deoxyribose

น้ำตาล deoxy ribose มีอยู่ในสารประกอบ DNA

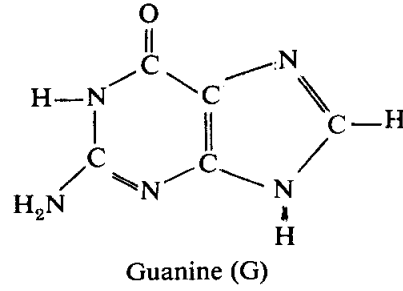
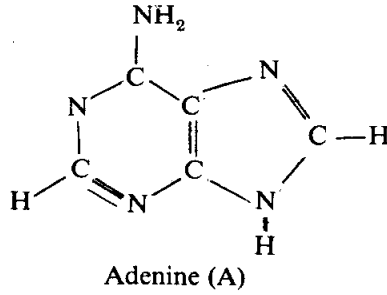
หมู่ฟอสเฟต มีอยู่ที่ทั้ง DNA และ RNA มีสูตร



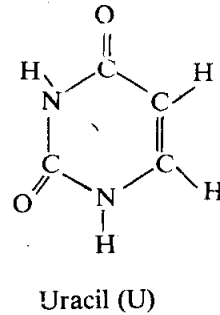
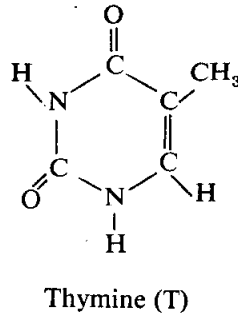
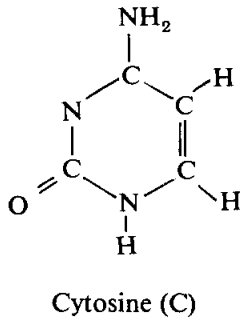
โมเลกุลของเบสมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบอยู่ด้วย โมเลกุลเบสพวกนี้เป็นอนุพันธ์ของสารพวกเพียวรีนและไพริมิดีน มีสูตร

11
12
13
14
15
16
17

PURINES



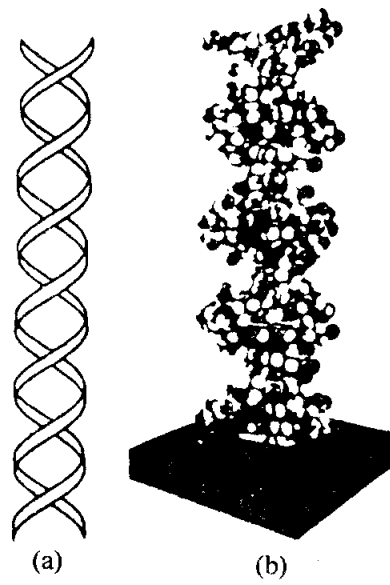
PYRIMIDINES



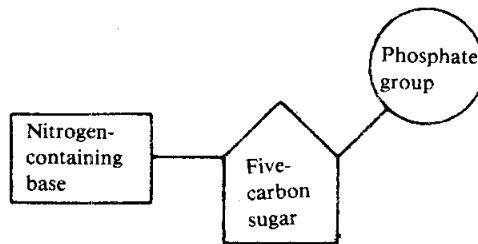
อนุพันธ์ของสารเพียวรีนและไพริมิดีน

คศ. 1953 วัตสันและคริก (J. Watsons and Crick) ได้เสนอสูตรโครงสร้าง DNA และ RNA ซึ่งต่อมาเขาก็ได้รับรางวัลโนเบล จากสูตรโครงสร้างที่เสนอมานำให้ทราบได้ว่ากรดนิวคลีอิกเป็นโซ่ยาวซึ่งประกอบไปด้วยนิวคลีโอไทด์หลาย ๆ โมเลกุลมาเกาะกันเข้า สำหรับสูตรของ DNA จะประกอบด้วยโซ่ยาวสองเส้นเกาะกันด้วยพันธะไฮโดรเจน ในเบสของโซ่หนึ่งกับพันธะไฮโดรเจนของเบสอีกโซ่หนึ่ง และโซ่ทั้งสองนี้จะบิดเป็นเกลียวเพื่อให้เกิดเกลียวคู่เรียกว่า ดับเบิลฮีลิกซ์ (double helix) สำหรับเบสที่จับคู่กันนั้น พบว่า เบสอะดีนีน (adenine, A) จับกับเบสไธมีน (thymine, T) เบสกวานีน (guanine, G) จับกับเบสไซโตซีน (cytosine, C) ดูรูป 14-3, 14-4, 14-5, 14-6 และ 14-7

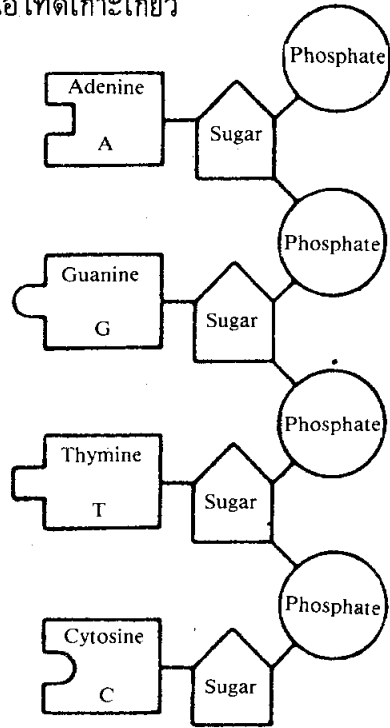
รูป 14-3 การจับคู่กันระหว่างไนโตรเจนเบสของ DNA



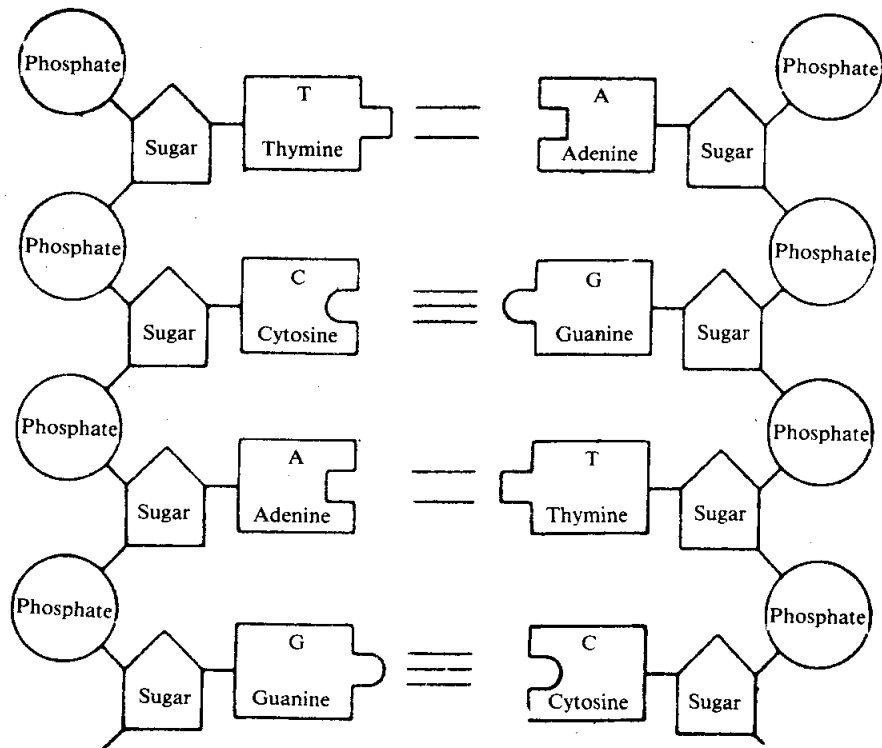
รูป 14-4 องค์ประกอบของนิวคลีโอไทด์



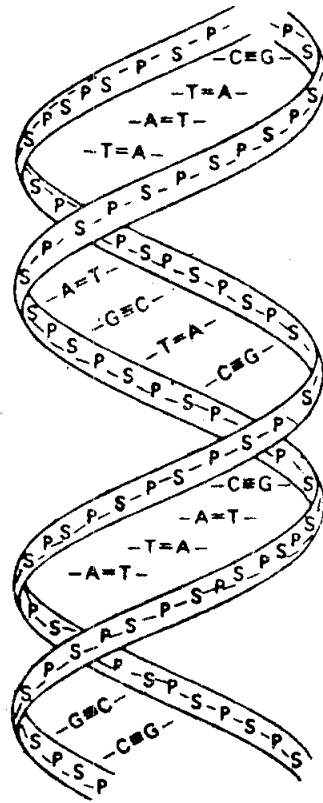
รูป 14-5 กรดนิวคลีอิกซึ่งมีนิวคลีโอไทด์เกาะเกี่ยว



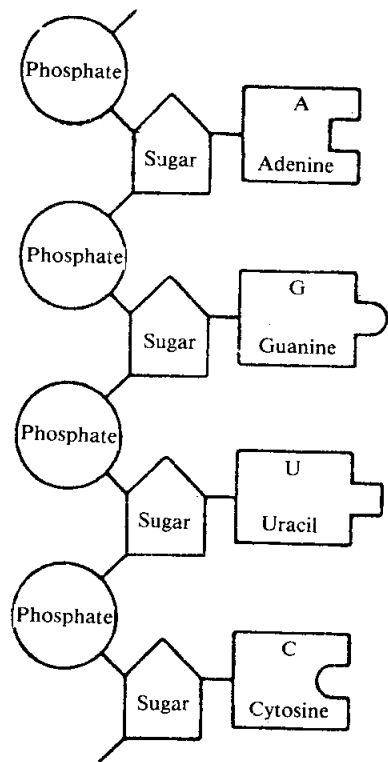
รูป 14-6 การเกาะเกี่ยวของพันธะไฮโดรเจนระหว่างเบสต่อเบส



รูป 14-7 รูปการจัดการของ DNA ในลักษณะดับเบิลฮีลิกซ์



Ribonucleic (RNA) โดยปกติแล้วในโมเลกุลของ RNA เป็นโซ่ยาวและ RNA ประกอบด้วยนิวคลีโอไทด์หลายโมเลกุลมาเกาะ แต่เข้าใจกันว่า RNA เป็นโซ่ยาวอันเดียวเท่านั้น ไม่เหมือน DNA ซึ่งมีโซ่ยาวสองอันจับกันเข้าแล้วบิดเป็นเกลียว นิวคลีโอไทด์ของ RNA ประกอบด้วย base ซึ่งมีไนโตรเจนอยู่ในโมเลกุล น้ำตาล ribose หมู่ฟอสเฟต



รูป 14-8 กรดไรโบนิวคลีอิก (RNA)

รูป 14-9 การลอกแบบ (The Replication of DNA)

จากรูป 14-8 จะเห็นได้ว่าในกรดไรโบนิวคลีอิก มีเบสซึ่งแตกต่างจาก DNA อยู่หนึ่งเบส คือยูราซิลแทนเบสไทมิน ใน DNA และยูราซิลนี้จะเกาะกับเบสอะดีนิน

การลอกแบบของ DNA (The Replication of DNA) :- เมื่อเซลล์ของร่างกายเสื่อมหรือเสียไป และร่างกายก็จะเจริญเติบโต ฉะนั้นจึงต้องผลิตเซลล์ใหม่ขึ้นให้เหมือนกับเซลล์เดิม วิธีการที่จะผลิตเซลล์ใหม่ก็คือ แบ่งเซลล์แบบมีโทซิส (mitosis) โดยวิธีนี้เซลล์ก็จะแบ่งออกเป็นเซลล์ใหม่สองเซลล์ เซลล์อันใหม่เรียก เซลล์ลูก (daughter cells) ส่วนเซลล์ที่เป็นเซลล์ต้นแบบเรียกว่า เซลล์พ่อแม่ (parent cell) ต่อไปเซลล์ลูกก็จะดำเนินการในการแบ่งเซลล์แบบมีโทซิส (mitosis) เพื่อจะได้เซลล์

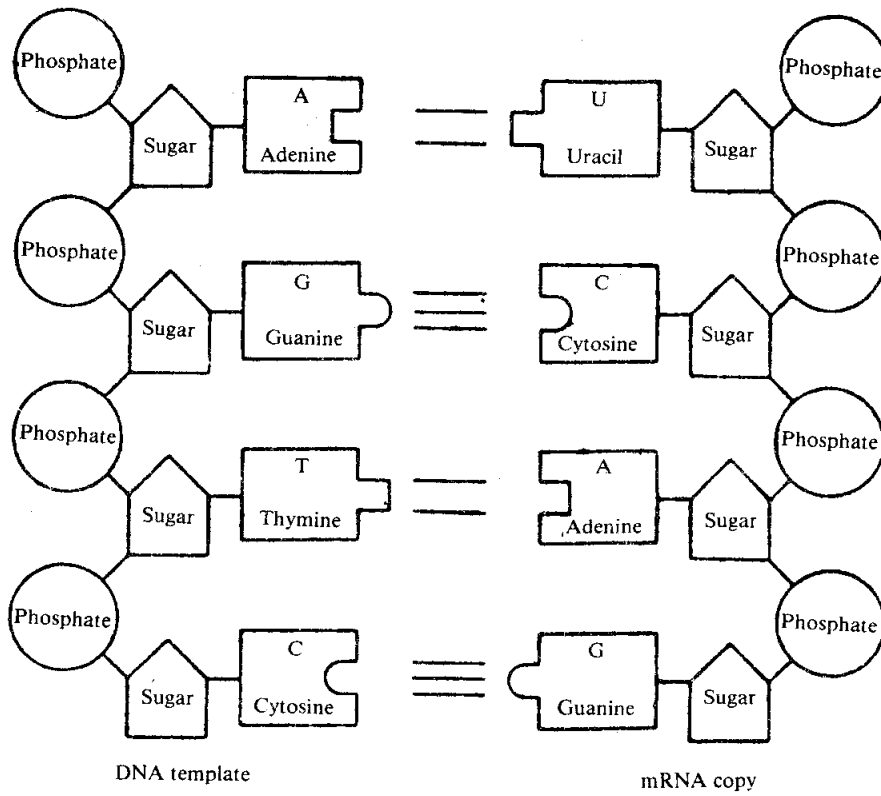
ใหม่อีกต่อไป ดังนี้เรื่อย ๆ นั่นก็คือผลิตเซลล์มาทดแทนเซลล์เก่าและสร้างการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตต่อไป

ทุก ๆ ครั้งที่เซลล์ทำการผลิตเซลล์ใหม่ขึ้น DNA ซึ่งอยู่ในเซลล์ในนิวเคลียสต้องผลิต DNA ตัวใหม่ให้เหมือนเดิม โดยมีวิธีการดังนี้ คงจะจำกันได้ว่า โมเลกุลของ DNA อยู่ในลักษณะแบบโซ่ยาวสองเส้นเชื่อมต่อกันด้วยไฮโดรเจนของเบสหนึ่งของสายหนึ่งของสายหนึ่งจับกับเบสของอีกสายหนึ่งแล้วบิดเป็นเกลียว (double helix) เมื่อ DNA มีการลอกแบบ (The replication of DNA) เอนไซม์ที่มีอยู่ในเซลล์จะทำให้โมเลกุลเกิดการคลายเกลียว (uncoil) ออก และทำให้พันธะไฮโดรเจนแตกหรือหักออก ได้ DNA ออกเป็นสองสาย ซึ่ง ณ ที่นั้นต้องมีเอนไซม์ที่เหมาะสมอีกทั้งมีนิวคลีโอไทด์อันใหม่ จึงทำให้นิวคลีโอไทด์อันใหม่จะไปเลือกจับคู่กันกับแต่ละสายเดิมโดยเลือกจับคู่กับเบสซึ่งเหมาะสมกัน (เช่น A จับกับ T, C จับกับ G และการจับกันนั้นใช้พันธะไฮโดรเจน) ตอนนี้จะได้ DNA ตัวใหม่ (Daughter DNA) ซึ่งเหมือนกันกับ DNA อันเก่า (Parent DNA) ทุกประการ (รูป 14-9)

การสังเคราะห์โปรตีน (The Synthesis of Proteins) :- ได้ทราบกันอยู่แล้วว่าโปรตีนเกิดจากกรดอะมิโนหลาย ๆ โมเลกุลมารวมกันเข้า สิ่งที่ทำกรสร้างโปรตีนก็คือ DNA และ RNA ซึ่งจะดำเนินการดังนี้

โมเลกุล DNA จะทำการสร้างโมเลกุล RNA ขึ้น ภายในนิวเคลียสของเซลล์ ในการสร้างนี้ถ้า DNA มีเบส A จะสร้าง RNA ตรงนั้นให้มีเบส U หรือถ้ามีเบส C จะสร้างเบส G เกิดขึ้น เมื่อสร้าง RNA เสร็จแล้วไซของ RNA ซึ่งต่อไปเรียกเมสเซนเจอร์ RNA (messenger RNA, mRNA) (ดูรูป 14-10) หลุดจากนิวเคลียสไปสู่ออร์แกเนลล์ไซโทพลาสซึมตำแหน่งไรโบโซม (ribosomes) ขอให้ระลึกด้วยว่า mRNA เป็นตัวถ่ายทอดลักษณะเบสจาก DNA มาทุกประการ และ mRNA นี้จะทำการสร้างโปรตีน เนื่องจากว่าเบสของ RNA เป็น U, T, C และ G อีกทั้ง DNA เป็นผู้สร้าง mRNA ดังนั้นการจับคู่ของเบสของ DNA และ mRNA เป็นไปดังนี้คือ Adenine จับ Uracil, Guanine จับ Cytosine, Cytosine จับ Guanine, Thymine จับ Adenine ณ ตำแหน่งไรโบโซม จะมีทรานส์เฟอ์ RNA (transfer RNA, tRNA) และ rRNA นี้จะเป็นตัวนำกรดอะมิโน (ซึ่งเป็นองค์ประกอบของโปรตีน) โดย tRNA หนึ่งโมเลกุลซึ่งประกอบด้วยนิวคลีโอไทด์ 3 โมเลกุล ซึ่งเรียกว่าไทรเพลท (triplet) แต่ละ triplet จะนำกรดอะมิโนหนึ่งโมเลกุลไปสู่ mRNA โดยใช้หลักว่า triplet หนึ่ง ๆ ของ tRNA จะมีเบสสามตัว เช่น CGC และ triplet นี้ก็จะต้องเลือกจับกรดอะมิโนให้เหมาะสม เบสสามตัวนี้เรียกว่า triplet code ส่วน triplet code ใดจะเหมาะสมกับกรดอะมิโนในตัวใดนั้นได้มีการจัดไว้แล้ว เมื่อ code จับกรดอะมิโนที่เหมาะสมแล้วนำไปยัง

รูป 14-10 DNA สร้าง mRNA (DNA act as template formation of mRNA)



mRNA โดยเลือกเบสให้เหมาะสมกับเบสใน tRNA ดังนั้นกรดอะมิโนต่างๆ มาอยู่ใกล้ๆ กัน และมีเอ็นไซม์ช่วยทำให้กรดอะมิโนเชื่อมกัน และนั่นเมื่อกดอะมิโนทั้งหลายเชื่อมกันแล้วก็จะเกิดโปรตีน ครั้นถึงเวลาเหมาะสม โปรตีนก็จะหลุดจาก tRNA ร่างกายก็นำไปใช้ต่อไป เช่น

mRNA	code	UCC	GUC	GCU	UCC	GCC	UAU
tRNA	Code	AGG	CAG	CGA	AGA	CGG	AUA
amino acid sequence		Ser	val	Ala	Ser	Ala	Tyr
Ser	คือกรดอะมิโน Serine		val	คือกรดอะมิโน valine			
Ala	คือกรดอะมิโน Alanine		Tyr	คือกรดอะมิโน tyrosine			

การผ่าเหล่า (mutation) เมื่อการลอกแบบของ DNA เกิดขึ้น DNA ตัวใหม่ที่เกิดขึ้นจะต้องเหมือนกันกับตัวตั้งต้นทุกประการ นั่นหมายถึงว่าลำดับเบสทุกตัวที่อยู่ในนิวคลีโอไทด์ไม่เปลี่ยน แต่ถ้าเกิดการเปลี่ยนลำดับเบส (triplet code) ไม่ถูกต้องและทำให้ลำดับกรดอะมิโนซึ่งจะไปสร้างโปรตีนก็จะเกิดผิด ดังนั้นการที่เป็นเช่นนี้เรียกว่าเกิดการผ่าเหล่า (mutation) ซึ่งอาจจะเป็นเพราะพวกสารเคมีบางชนิดเป็นต้นเหตุ หรือการจับคู่กันระหว่างเบสอาจจับผิดที่ได้ สารเคมีที่เป็นสาเหตุของการเกิดการผ่าเหล่านี้นั้นเรียกว่า สารผ่าเหล่าเคมี (chemical mutagens)

สีและสารเคมีบางชนิดเช่นกรดไนตริก ในโตรเจน และมัสตาร์ดเป็น mutagens การแผ่รังสีอัลตรา เอ็กซ์เรย์ และรังสีแกมมาที่มีความเข้มข้นสูง สามารถทำให้เกิดการผ่าเหล่าได้

โรคที่เนื่องมาจากการผิดปกติของยีนส์เท่าที่พบมาประมาณ 1,500 ชนิด สาเหตุเป็นเพราะการจัดลำดับเบสใน DNA ไม่ถูกต้อง จึงก่อให้เกิดการสังเคราะห์โปรตีนผิดไป อีกทั้งสภาพเช่นนี้เกิดจากการถ่ายทอดมาจากบิดา มารดา

tRNA ซึ่งมี code AGG จะต้องจับคู่กับกรดอะมิโน Serine ส่วน tRNA ซึ่งมี code CAG จะต้องจับคู่กับกรดอะมิโน Valine ทำนองเดียวกัน tRNA ซึ่งมี code CGA จะต้องจับคู่กับกรดอะมิโน Alanine

โรค sickle cell anemia เกิดจากความผิดปกติของ DNA ซึ่งมีหน้าที่ควบคุมการสังเคราะห์ฮีโมโกลบิน หรือเป็นเพราะเบสจับคู่กับเบสผิดพลาดไปได้ เช่น กรดวานิลีนไปแทนที่กรดอะมิโนกลูตามิกในโซ่เปปไทด์ในโรโบโซมก็ได้ ซึ่งสาเหตุนี้ทำให้เซลล์เม็ดเลือดแดงมีรูปร่างบิดเบี้ยวไป จึงมีสามารถนำออกซิเจนไปยังเซลล์ของร่างกายได้ โรคนี้พบว่าเป็นกับคนผิวสีดำนากกว่าเพื่อน แต่ผู้ที่เป็นโรคนี้จะไม่เป็นโรคมาเลเรีย

โรฟินิลคีโตยูเรีย (Phenylketouria) เป็นโรคที่เกี่ยวข้องกับการผิดปกติในกรรมพันธุ์ สาเหตุเนื่องมาจากขาดเอ็นไซม์ซึ่งผลิตในตับชื่อ ฟินิลอลามีนไฮดรอกซีเลส (Phenylalanine hydroxylase) เอ็นไซม์นี้จะเปลี่ยนกรดอะมิโนฟินิลอลามีน (phenylalanine) ให้เป็นไทโรซีน (tyroxine) โรคนี้เป็นกับเด็ก จะพบว่าในปัสสาวะและเหงื่อของผู้ป่วยจะมีกรดฟินิลอะซีติก Phenyl acetic acid และมีกลิ่นเฉพาะตัว ประมาณสองในสามส่วนของเด็กที่เป็นโรคนี้จะทำให้เกิดการควบคุมระบบประสาทในร่างกายช้า

โรคอัลบินิซึม (albinism) เกิดจากขาดเอ็นไซม์ไทโรซิเนสทำให้มีอาการผมขาว ม่านตาสีชมพู

โรคเพนโตสยูเรีย (pentosuria) เป็นเพราะขาดเอนไซม์ไซลูโลสดีไฮโดรจีเนส (dehydrogenase) ทำให้มีน้ำตาลเพนโตสในร่างกายมากเกินไปจนเป็นโรคเบาหวาน

โรคไฮเปอร์วาลินีเมีย (Hypervalinemia) มีอาการระบบประสาทเสื่อม อาเจียร เนื่องจากขาดเอนไซม์พวก วาลีนทรานซามิเนส (Valine transaminase)

นอกจากนี้ยังมีโรคที่เกี่ยวกับความผิดปกติทางยีนส์มากมายซึ่งจะต้องศึกษาต่อไป