

หลัก ชีววิทยา

Principles of Biology



ISBN : 978-616-623-134-2

รุ่งโรจน์ ไทรสิทธิ์พานิชย์

หลักชีววิทยา (Principles of Biology)

ผู้เขียน รุ่งโรจน์ ไกรสิทธิพานิชย์

พิมพ์ครั้งที่ 1 2568

จำนวนที่พิมพ์ 100 เล่ม

ISBN 978-616-623-134-2

สงวนลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ฯ พ.ศ. 2568

ข้อมูลทางบรรณานุกรม

รุ่งโรจน์ ไกรสิทธิพานิชย์.

หลักชีววิทยา./ รุ่งโรจน์ ไกรสิทธิพานิชย์. พิมพ์ครั้งที่ 1.

กรุงเทพมหานคร : จัดจำหน่ายโดยผู้เขียน. 2568. 313 หน้า.

คำนำ

หนังสือ **หลักชีววิทยา (Principles of Biology)** เล่มนี้ได้เขียนขึ้นเพื่อเป็นแหล่งเรียนรู้พื้นฐานสำหรับนักศึกษาระดับอุดมศึกษาที่ศึกษาในสาขาวิทยาศาสตร์ทุกแขนงที่ต้องเรียนวิชาชีววิทยา อีกทั้งยังถูกออกแบบมาให้นักเรียนระดับมัธยมศึกษาสามารถใช้เป็นคู่มืออ่านเสริมประสบการณ์ได้ด้วย เนื้อหาภายในเล่มครอบคลุมองค์ความรู้ที่สำคัญและจำเป็นสำหรับการศึกษาวิชาชีววิทยาขั้นสูง ตลอดจนสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในศาสตร์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องได้ด้วย ผู้เขียนจึงนำเสนอข้อมูลอย่างเป็นระบบ ใช้ภาษาที่กระชับ ชัดเจน และสอดแทรกตัวอย่างแบบฝึกหัดทบทวนประจำบทไว้ในตอนท้าย เพื่อให้นักศึกษาได้ทบทวนแนวคิดที่สำคัญประจำบท

หนังสือเล่มนี้จะสำเร็จลงไม่ได้หากขาดแรงสนับสนุนจากผู้มีพระคุณ ผู้เขียนขอขอบคุณบิดามารดาที่คอยอบรมสั่งสอนและสนับสนุนการศึกษา จนกระทั่งสามารถสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาเอก นอกจากนี้ ขอขอบพระคุณครูบาอาจารย์ทุกท่านตั้งแต่ระดับอนุบาลจนถึงระดับอุดมศึกษา ที่ได้มอบทั้งวิชาความรู้และคุณธรรมจริยธรรมแก่ผู้เขียน ตลอดจน ศ.ดร.อานัฐ ตันโช ที่ปรึกษาผู้ให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่อการจัดทำหนังสือเล่มนี้จนสำเร็จลุล่วง นอกจากนี้ ขอขอบคุณนักศึกษาและเจ้าหน้าที่ที่มีส่วนช่วยในการจัดทำภาพประกอบภายในหนังสือให้มีความสมบูรณ์และสวยงาม

อย่างไรก็ตามแม้หนังสือเล่มนี้จะถูกเขียนขึ้นและตรวจสอบมาแล้วหลายขั้นตอน แต่อาจมีข้อผิดพลาดเกิดขึ้นได้ไม่มากนักน้อย ผู้เขียนขอน้อมรับจักได้นำมาปรับปรุงให้ดียิ่งขึ้นต่อไป

รุ่งโรจน์ ไกรสิทธิพานิชย์

ผู้เขียน

สารบัญ

	หน้า
คำนำ	3
สารบัญ	4
คำนิยม	5
เนื้อหา	
บทนำชีววิทยา	6
สารชีวโมเลกุล	10
พลังงาน และเอนไซม์	29
เมแทบอลิซึม และการสร้างพลังงานในเซลล์	38
โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์	57
การลำเลียงสารผ่านเซลล์	97
การแบ่งเซลล์	106
ระบบการทำงานของสัตว์	114
ระบบการทำงานของพืช	163
พันธุศาสตร์โมเลกุลและดีเอ็นเอเทคโนโลยี	196
การถ่ายทอดพันธุกรรม	218
พันธุศาสตร์ประชากร	230
วิวัฒนาการ	239
นิเวศวิทยาและสิ่งแวดล้อม	255
พฤติกรรมสัตว์	283
ความหลากหลายทางชีวภาพ	288
คำถามทบทวนหลักชีววิทยา	310
บรรณานุกรม	311
ประวัติผู้เขียน	312

คำนิยม

หนังสือ “หลักชีววิทยา” เล่มนี้นำเสนอเนื้อหาชีววิทยาที่ครอบคลุมและเข้าใจง่าย เหมาะสำหรับนักเรียนและนักศึกษาที่ต้องการศึกษาในสาขานี้ เนื้อหาถูกจัดเรียงอย่างเป็นระเบียบและชัดเจน พร้อมตัวอย่างที่เชื่อมโยงทฤษฎีกับการประยุกต์ใช้ได้ ทำให้ผู้อ่านสามารถเข้าใจและมีความสนใจในการเรียนรู้อย่างยิ่งขึ้น

ขอแสดงความยินดีกับผู้เขียนที่ได้สร้างสรรค์หนังสือเล่มนี้ ซึ่งเป็นแหล่งความรู้ที่มีคุณค่าสำหรับผู้ศึกษาและสนใจในชีววิทยา



(ศาสตราจารย์ ดร. อานันท์ ตันโซ)

ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาการและเทคโนโลยีการเกษตรและสัตวแพทย์ สาขาวิชาปฐพีวิทยา ราชบัณฑิตยสถาน และ

ผู้อำนวยการศูนย์วิจัยและพัฒนาเกษตรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

บทนำชีววิทยา

(Introduction of Biology)

ชีววิทยาคืออะไร

ชีววิทยา (Biology) เป็นวิชาทางวิทยาศาสตร์แขนงหนึ่งเช่นเดียวกับวิชาเคมีหรือวิชาฟิสิกส์ แต่เน้นไปที่การศึกษาเกี่ยวกับชีวิตและสิ่งมีชีวิต รวมถึงการศึกษาโครงสร้างและหน้าที่ การเจริญเติบโตและการพัฒนา การสืบพันธุ์ การปรับตัว และการทำงานร่วมกันในระบบนิเวศ โดยวิชาชีววิทยายังครอบคลุมไปถึงการศึกษาในระดับโมเลกุล เซลล์ อวัยวะ ระบบอวัยวะต่าง ๆ และการดำเนินการของสิ่งมีชีวิตในสภาพแวดล้อม

ความหมายของชีววิทยาจากรากศัพท์

"ชีววิทยา" ตรงกับภาษาอังกฤษคือ BIOLOGY ประกอบมาจากคำสองคำ ได้แก่

1. **ชีวะ (Bio)** มาจากภาษากรีก คือ "bios"
หมายถึง "ชีวิต" หรือ "การมีชีวิต"
2. **วิทยา (Logy)** มาจากภาษากรีก คือ "logos"
หมายถึง "การศึกษา" หรือ "ความรู้"



เมื่อรวมกันแล้ว "ชีววิทยา" จึงหมายถึง "การศึกษาชีวิต" หรือ "ความรู้เกี่ยวกับสิ่งมีชีวิต"

สาขาพื้นฐานของชีววิทยา

ชีววิทยา (Biology) เป็นสาขาวิทยาศาสตร์ที่ศึกษาชีวิตและสิ่งมีชีวิต รวมถึงโครงสร้าง หน้าที่ การเจริญเติบโต การสืบพันธุ์ การเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมและวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต รวมไปถึงการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อมซึ่งมีหลายแขนงวิชา โดยแต่ละแขนงมีการศึกษาดังนี้

ตาราง 1.1 แขนงวิชาต่างๆ ในชีววิทยา

สาขาวิชา	รายละเอียดของวิชา
ชีววิทยาระดับโมเลกุล (Molecular biology)	ศึกษาโครงสร้างและหน้าที่ของโมเลกุลชีวภาพ เช่น DNA RNA และโปรตีน รวมถึงกระบวนการถ่ายทอดพันธุกรรม
เซลล์วิทยา (Cell biology)	ศึกษาโครงสร้างและการทำงานของเซลล์ การแบ่งเซลล์ และกระบวนการภายในเซลล์
พันธุศาสตร์ (Genetics)	ศึกษาลักษณะทางพันธุกรรม การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมและการเปลี่ยนแปลงของลักษณะในสิ่งมีชีวิต
นิเวศวิทยา (Ecology)	ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม รวมถึงระบบนิเวศและการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม
ชีวเคมี (Biochemistry)	ศึกษากระบวนการทางเคมีในสิ่งมีชีวิต รวมถึงปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นในเซลล์
วิวัฒนาการ (Evolution)	ศึกษาวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตและแนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการ เช่น การคัดเลือกตามธรรมชาติ
ชีววิทยาเชิงอนุรักษ์ (Conservation biology)	ศึกษาการอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพและการฟื้นฟูระบบนิเวศ
จุลชีววิทยา (Microbiology)	ศึกษาเกี่ยวกับจุลินทรีย์ เช่น แบคทีเรีย ไวรัส และเชื้อรา รวมถึงบทบาทของจุลินทรีย์ในสิ่งแวดล้อม
เทคโนโลยีชีวภาพ (Biotechnology)	ศึกษาการใช้เทคโนโลยีเพื่อประยุกต์ใช้ความรู้ทางชีววิทยาพื้นฐานมาทำประโยชน์ เช่น การสร้างวัคซีนหรือการปรับปรุงพันธุ์พืช
สรีรวิทยา (Physiology)	ศึกษาการทำงานของอวัยวะแต่ละระบบในสิ่งมีชีวิต รวมถึงกระบวนการที่เกิดขึ้นในระดับเซลล์
ไวรัสวิทยา (Virology)	ศึกษาเกี่ยวกับไวรัส วงจรและการเกิดโรคจากไวรัส

ลักษณะเฉพาะของสิ่งมีชีวิต (Organism specific character)

สิ่งมีชีวิต (Living things) และสิ่งไม่มีชีวิต (non-living things) มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยสิ่งมีชีวิตจะมีลักษณะเฉพาะที่สำคัญแตกต่างไปจากสิ่งไม่มีชีวิต ได้แก่ โครงสร้างเซลล์ (Cell structure) ซึ่งถือเป็นหน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิตทุกชนิด (ยกเว้นไวรัส ไรโรยด์ และพรีออน) เซลล์เป็นโครงสร้างที่สามารถทำหน้าที่ต่าง ๆ ได้หลากหลาย อาทิ การรับสารอาหาร การสืบพันธุ์ และการตอบสนองต่อสิ่งเร้า ขณะที่สิ่งไม่มีชีวิตจะไม่มีเซลล์หรือโครงสร้างทางชีวภาพที่ซับซ้อน อีกลักษณะที่สำคัญคือ **การเจริญเติบโตและการพัฒนา (Growth and Development)** สิ่งมีชีวิตสามารถเจริญเติบโตและมีการพัฒนาได้โดยการแบ่งเซลล์ การขยายขนาด และการสร้างเนื้อเยื่อใหม่ ส่งผลให้สิ่งมีชีวิตสามารถเปลี่ยนแปลงรูปร่างและขนาดไปตามช่วงอายุ ตรงกันข้ามกับสิ่งไม่มีชีวิตที่ไม่มีการเจริญเติบโต นอกจากนี้ กระบวนการเผาผลาญหรือที่เรียกว่ากันโดยทั่วไปว่า **เมแทบอลิซึม (Metabolism)** เป็นอีกหนึ่งลักษณะเฉพาะของสิ่งมีชีวิต ที่เกิดขึ้นจากการทำปฏิกิริยาทางชีวเคมีภายในเซลล์เพื่อผลิตพลังงานและสารที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิต เช่น กระบวนการย่อยอาหารและกระบวนการสร้างพลังงานผ่านการสลายกลูโคส ขณะที่สิ่งไม่มีชีวิตไม่มีการเผาผลาญหรือปฏิกิริยาชีวเคมีใด ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงานดังกล่าว

ลักษณะสำคัญอีกประการหนึ่งก็คือ **การตอบสนองต่อสิ่งเร้า (Response to stimuli)** โดยสิ่งมีชีวิตจะต้องสามารถตอบสนองต่อสิ่งเร้าจากสิ่งแวดล้อมได้ เช่น การตอบสนองต่อแสง เสียง ความร้อน หรือการสัมผัส เช่น พืชมีการเบี่ยงเข้าหาแสงเพื่อเพิ่มโอกาสในการสังเคราะห์แสง ในขณะที่สิ่งไม่มีชีวิตจะไม่สามารถตอบสนองต่อสิ่งเร้าเหล่านี้ได้ **การสืบพันธุ์ (Reproduction)** ก็เป็นลักษณะสำคัญของสิ่งมีชีวิตที่สามารถสืบพันธุ์ได้ทั้งแบบอาศัยเพศและไม่อาศัยเพศ กระบวนการสืบพันธุ์ช่วยให้สิ่งมีชีวิตคงไว้ซึ่งเผ่าพันธุ์ โดยถ่ายทอดสารพันธุกรรม เช่น DNA และ RNA ส่งต่อไปยังรุ่นถัดไป ซึ่งสิ่งไม่มีชีวิตไม่สามารถทำได้ อีกลักษณะที่สำคัญคือ **การปรับตัว (Adaptation)** สิ่งมีชีวิตสามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไปได้ โดยผ่านกระบวนการวิวัฒนาการที่ช่วยเพิ่มโอกาสในการอยู่รอด เช่น การปรับเปลี่ยนสีของสัตว์เพื่อพรางตัวจากนักล่า ในขณะที่สิ่งไม่มีชีวิตจะไม่มีความสามารถดังนี้

ควรทราบ

โดยทั่วไปการจัดว่าสิ่งใดมีชีวิตหรือไม่ ต้องใช้หลายองค์ประกอบร่วมกัน บางครั้งตำราหลายเล่มจะใช้หลักเกณฑ์ในการจำแนกที่แตกต่างกัน แต่ก็ขอให้ยึดหลักทั่วไปตามที่ผู้เขียนได้เรียบเรียงไว้ก็ถือว่าใช้ได้

คำถามทบทวนประจำบทเรียน

1. ชีววิทยา ประกอบขึ้นมาจากภาษากรีกอะไรบ้าง แต่ละคำมีความหมายอย่างไร
2. สิ่งมีชีวิต และ สิ่งไม่มีชีวิตมีสิ่งใดบ้างที่แตกต่างกัน และมีสิ่งใดบ้างที่เหมือนกัน
3. นักศึกษาคิดว่าลักษณะใดของสิ่งมีชีวิตที่สำคัญที่สุด เพราะอะไร
4. ทำไมชีววิทยาจึงถือเป็นวิทยาศาสตร์แขนงหนึ่งที่แตกต่างจากฟิสิกส์และเคมี
5. การสืบพันธุ์มีบทบาทสำคัญในการรักษาเผ่าพันธุ์ของสิ่งมีชีวิต นักศึกษาคิดว่ากระบวนการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศและไม่อาศัยเพศมีข้อดีและข้อเสียอย่างไรในแง่ของวิวัฒนาการอย่างไร
6. ทำไมนักชีววิทยาจึงจัดให้ไวรัสอยู่ในขอบเขตที่ไม่แน่ชัดระหว่างสิ่งมีชีวิตและสิ่งไม่มีชีวิต

สารชีวโมเลกุล (Biomolecules)

เคมีในสิ่งมีชีวิต (Chemical of life)

เคมีในสิ่งมีชีวิต เป็นการศึกษาเกี่ยวกับสารเคมี สารชีวโมเลกุล ปฏิกิริยาเคมีและกระบวนการต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นภายในสิ่งมีชีวิต ทั้งในระดับเซลล์และเนื้อเยื่อ ซึ่งล้วนแล้วแต่มีความจำเป็นต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตทั้งสิ้น โดยปฏิกิริยาเคมีเหล่านี้เป็นผลมาจากกระบวนการเมแทบอลิซึม (metabolism) ซึ่งเกี่ยวข้องกับการสร้างและสลายสารอาหาร การถ่ายโอนพลังงาน และการสร้างโมเลกุลที่จำเป็นต่อการทำงานของเซลล์ โดยในร่างกายของสิ่งมีชีวิตประกอบด้วยสารอินทรีย์ (Organic compounds) และ สารอนินทรีย์ (Inorganic compounds) เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ลิพิด กรดนิวคลีอิก น้ำ วิตามินและเกลือแร่ ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการสร้างโครงสร้างเซลล์และการทำงานภายในเซลล์

สารอินทรีย์

1. **คาร์โบไฮเดรต** จัดเป็นแหล่งพลังงานหลักที่ร่างกายใช้ในการเผาผลาญ มีโครงสร้างเป็นน้ำตาลและพอลิเมอร์ของน้ำตาล
2. **ลิพิด** จัดเป็นสารที่ไม่ละลายในน้ำ รวมถึงไขมัน น้ำมัน และสเตียรอยด์ ทำหน้าที่เก็บสะสมพลังงานระยะยาว สร้างโครงสร้างเยื่อหุ้มเซลล์
3. **โปรตีน** จัดเป็นโมเลกุลที่ประกอบด้วยกรดอะมิโน ทำหน้าที่หลากหลาย เช่น การเป็นเอนไซม์ การให้โครงสร้าง และการป้องกันในระบบภูมิคุ้มกัน
4. **กรดนิวคลีอิก** จัดเป็นสารที่เก็บข้อมูลทางพันธุกรรม ได้แก่ DNA และ RNA ทำหน้าที่ถ่ายทอดข้อมูลพันธุกรรม และควบคุมการสังเคราะห์โปรตีน

สารอินทรีย์

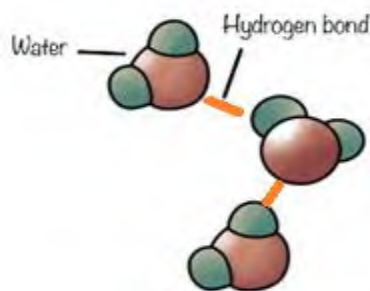
1. **น้ำ (H_2O)** จัดเป็นส่วนประกอบหลักของเซลล์ มีบทบาทเป็นตัวทำละลายและช่วยขนส่งสารภายในร่างกาย รวมถึงรักษาสสมดุลของเซลล์และการรักษาอุณหภูมิ
2. **แร่ธาตุ (Minerals)** จัดเป็นสารที่สิ่งมีชีวิตนำไปใช้ประโยชน์ในหลายด้าน เช่น แคลเซียม ฟอสฟอรัส และแมกนีเซียม มีบทบาทในโครงสร้างของกระดูก การทำงานของกล้ามเนื้อและระบบประสาท
3. **ก๊าซ (Gases)** จัดเป็นสิ่งสำคัญต่อการดำรงชีพ เช่น ออกซิเจน (O_2) สำหรับกระบวนการหายใจระดับเซลล์ และคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์แสงในพืช
4. **ไอออน (Ions)** จัดว่ามีบทบาทสำคัญโดยเฉพาะกระบวนการส่งสัญญาณภายในเซลล์ เช่น โซเดียม (Na^+) และโพแทสเซียม (K^+) มีบทบาทในกระบวนการส่งสัญญาณประสาทและรักษาสสมดุลของน้ำในเซลล์

น้ำ (H_2O)

น้ำเป็นสารที่มีบทบาทสำคัญในสิ่งมีชีวิตทุกชนิด ด้วยคุณสมบัติทางเคมีและโครงสร้างที่พิเศษ ทำให้น้ำมีคุณสมบัติที่หลากหลายและมีบทบาทสำคัญในกระบวนการทางชีววิทยา ดังนี้

โครงสร้างของน้ำ

โมเลกุลของน้ำประกอบด้วยอะตอมของไฮโดรเจน 2 อะตอม และอะตอมของออกซิเจน 1 อะตอม เชื่อมต่อกันด้วยพันธะโควาเลนต์แบบมีขั้ว ทำให้โมเลกุลของน้ำมีลักษณะเป็นขั้ว (Polar) โดยด้านที่มีอะตอมของออกซิเจนจะมีประจุลบเล็กน้อย และด้านที่มีอะตอมของไฮโดรเจนจะมีประจุบวกเล็กน้อย ความเป็นขั้วของน้ำทำให้โมเลกุลของน้ำมีแรงดึงดูดระหว่างกันที่เรียกว่า **พันธะไฮโดรเจน**



ภาพ 2.1 โมเลกุลของน้ำ

คุณสมบัติทางชีววิทยาของน้ำ

คุณสมบัติต่าง ๆ ของน้ำเกิดจากโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของน้ำเอง ซึ่งมีแรงและคุณสมบัติพิเศษดังนี้

1. แรงโคฮีชัน (Cohesion)

แรงนี้เป็นแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของน้ำ ทำให้โมเลกุลของน้ำสามารถยึดติดกันได้ดีและเกิดแรงตึงผิว (Surface tension) ที่สูง แมลงจึงสามารถเดินบนผิวน้ำได้ และแรงโคฮีชันยังช่วยในการเคลื่อนที่ของน้ำในท่อลำเลียงของพืชด้วย

2. แรงแอดฮีชัน (Adhesion)

แรงนี้ช่วยยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของน้ำและพื้นผิวของวัตถุอื่น เช่น ผนังเซลล์พืช ทำให้น้ำสามารถเกาะกับพื้นผิวที่เป็นขี้ผึ้งได้ดี เช่น การไหลขึ้นของน้ำในท่อลำเลียง (Xylem) ของพืช น้ำจะยึดติดกับผนังท่อซึ่งช่วยให้น้ำสามารถเคลื่อนที่ขึ้นไปสู่ส่วนต่าง ๆ

3. ความจุความร้อนจำเพาะสูง (High specific of heat capacity)

น้ำสามารถดูดซับความร้อนได้มากโดยที่อุณหภูมิเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ความจุความร้อนจำเพาะสูงนี้ มีส่วนช่วยรักษาอุณหภูมิของร่างกายและสภาพแวดล้อมให้คงที่ ซึ่งมีความสำคัญอย่างมากต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ

4. จุดเดือดสูงและจุดหลอมเหลวสูง (High boiling and melting points)

น้ำมีจุดเดือดและจุดหลอมเหลวสูงเมื่อเทียบกับสารประกอบอื่นที่มีน้ำหนักโมเลกุลใกล้เคียงกัน ทำให้สามารถพบน้ำในสถานะของเหลวได้ในอุณหภูมิหลากหลาย

5. ตัวทำละลายที่ดี (Universal solvent)

น้ำมีความสามารถละลายสารต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดี โดยเฉพาะสารที่เป็นขี้ผึ้งหรือมีไอออน น้ำจึงเป็นตัวทำละลายที่สำคัญในร่างกาย

6. การควบแน่นและการระเหย (Condensation and Evaporation)

การควบแน่นและการระเหยของน้ำมีบทบาทในการควบคุมอุณหภูมิและสร้างสมดุลของน้ำในสิ่งมีชีวิต เช่น เหงื่อระเหยจากผิวหนังเพื่อช่วยลดอุณหภูมิในร่างกาย

แร่ธาตุ (Minerals)

แร่ธาตุเป็นสารอนินทรีย์ที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการทำงานของร่างกายและการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตทุกชนิด แร่ธาตุถูกใช้ในหลากหลายกระบวนการ เช่น การสร้างโครงสร้าง การทำหน้าที่ของเซลล์ และการรักษาสมดุลของระบบในร่างกาย โดยแร่ธาตุสามารถแบ่งออกได้เป็นแร่ธาตุหลัก (Macro minerals) และแร่ธาตุเสริม (trace minerals) ขึ้นอยู่กับปริมาณที่ร่างกายต้องการ

ตาราง 2.1 แร่ธาตุและบทบาทที่สำคัญ

แร่ธาตุ	บทบาทสำคัญ	แหล่งอาหาร
แคลเซียม	สร้างกระดูกและฟัน การแข็งตัวของเลือด การหดตัวของกล้ามเนื้อ	ผลิตภัณฑ์นม ผักใบเขียว ปลา
ฟอสฟอรัส	สร้างกระดูกและฟัน องค์ประกอบ ATP โครงสร้างของนิวคลีโอไทด์ใน DNA และ RNA	เนื้อสัตว์ ปลา ไข่ ธัญพืช
โพแทสเซียม	ควบคุมกล้ามเนื้อและระบบประสาท ควบคุมสมดุลน้ำในเซลล์	กล้วย มันฝรั่ง ส้ม ผักใบเขียว
โซเดียม	ควบคุมสมดุลน้ำในเซลล์ การส่งสัญญาณประสาท	เกลือแกง อาหารแปรรูป
แมกนีเซียม	เป็นโคแฟกเตอร์ในการทำงานของเอนไซม์ การสร้างโปรตีน	ถั่ว ธัญพืช ผักใบเขียว
เหล็ก	ส่วนประกอบฮีโมโกลบินช่วยในการขนส่งออกซิเจน	เนื้อสัตว์ ตับ ผักใบเขียว ธัญพืช
สังกะสี	การเจริญเติบโตของเซลล์ ระบบภูมิคุ้มกัน	เนื้อสัตว์ อาหารทะเล ถั่ว ธัญพืช
ไอโอดีน	ผลิตฮอร์โมนไทรอยด์ที่ช่วยในการเผาผลาญ	เกลือเสริมไอโอดีน อาหารทะเล
ซีลีเนียม	ป้องกันอนุมูลอิสระ ส่งเสริมระบบภูมิคุ้มกันให้ทำงานได้ปกติ	ถั่ว ปลา เนื้อสัตว์ ธัญพืช

หมู่หน้าที่ (Functional groups) ในสารชีวโมเลกุล

หมู่หน้าที่ คือกลุ่มของอะตอมที่มีลักษณะเฉพาะ ซึ่งส่งผลต่อคุณสมบัติทางเคมีของโมเลกุลในสารชีวโมเลกุล ทั้งโปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต หมู่หน้าที่สามารถเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของสารได้ เช่น ความเป็นกรด-เบส และความสามารถในการละลายในน้ำ รวมถึงมีบทบาทสำคัญในการเกิดปฏิกิริยาเคมีภายในเซลล์ ตัวอย่างของหมู่หน้าที่ เช่น หมู่ไฮดรอกซิล (-OH) ที่ทำให้สารเป็นแอลกอฮอล์ หมู่คาร์บอกซิล (-COOH) ที่ทำให้สารเป็นกรด หมู่อะมิโน (-NH₂) ซึ่งเป็นส่วนประกอบของกรดอะมิโน และหมู่ฟอสเฟต (-PO₄³⁻) ที่พบในกรดนิวคลีอิกและ ATP การมีอยู่ของหมู่หน้าที่เหล่านี้มีบทบาทสำคัญในการสร้างฮอร์โมนและสัญญาณทางชีวภาพที่มีผลต่อการทำงานของเซลล์ ทำให้หมู่หน้าที่เป็นหัวใจสำคัญในการศึกษาเกี่ยวกับสารชีวโมเลกุลและชีววิทยาเซลล์

ตาราง 2.2 หมู่ฟังก์ชันในสารชีวโมเลกุล

หมู่หน้าที่	ตัวอย่าง
Hydroxyl (-OH)	เอทานอล (Ethanol) และน้ำตาล
Carboxyl (-COOH)	กรดอะมิโน
Amino (-NH ₂)	กรดอะมิโน
Phosphate (-PO ₄)	ATP
Sulfhydryl (-SH)	กรดอะมิโนซิสเทอีน (Cysteine)
Carbonyl (-COH)	น้ำตาลต่างๆ

คาร์โบไฮเดรต (Carbohydrates)

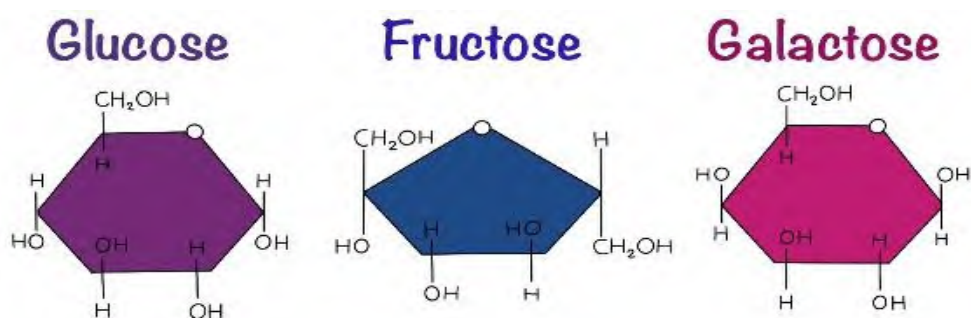
คาร์โบไฮเดรตเป็นสารชีวโมเลกุลที่มีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตในหลายด้าน เช่น การเป็นแหล่งพลังงานและการสร้างโครงสร้างที่ให้ความแข็งแรงของเซลล์ คาร์โบไฮเดรตประกอบด้วยองค์ประกอบหลักคือ ธาตุคาร์บอน (C) ธาตุไฮโดรเจน (H) และธาตุออกซิเจน (O) โดยมีสูตรทั่วไปคือ C_n(H₂O)_n โดย n หมายถึง จำนวนคาร์บอน โดยคาร์โบไฮเดรตมีหมู่หน้าที่คือหมู่คาร์บอนิล (Carbonyl) ซึ่งแบ่งได้ 2 ประเภทคือ หมู่แอลโด (Aldo) และหมู่คีโต (Keto) เรียกน้ำตาลที่ประกอบขึ้นจากหมู่หน้าที่ทั้ง 2 ว่าน้ำตาล Aldose และน้ำตาล Ketose ตามลำดับ

ประเภทของคาร์โบไฮเดรต

โมโนแซคคาไรด์ (Monosaccharides) หรือน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว

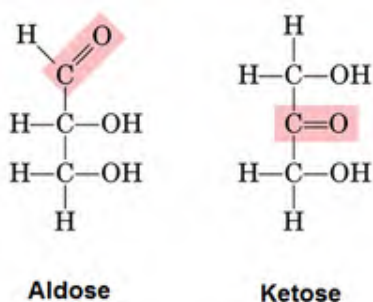
ลักษณะของน้ำตาลโมโนแซคคาไรด์ คือคาร์โบไฮเดรตที่มีโมเลกุลเดี่ยว (Single sugar unit) ไม่สามารถย่อยสลายเป็นน้ำตาลที่เล็กลงได้อีก

ตัวอย่างน้ำตาลกลูโคส (Glucose) น้ำตาลฟรุกโตส (Fructose) และน้ำตาลกาแลคโตส (Galactose) ซึ่งน้ำตาลทั้ง 3 ชนิดนี้เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวที่มีคาร์บอน 6 อะตอม



ภาพ 2.2 โครงสร้างของน้ำตาลโมโนแซคคาไรด์

น้ำตาล Aldose และ Ketose คืออะไร



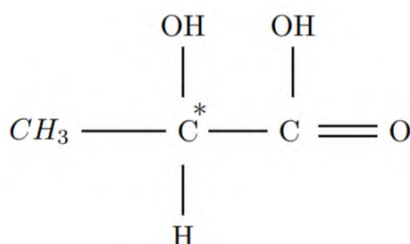
ภาพ 2.3 โมเลกุลของน้ำตาล
Aldose และ Ketose

น้ำตาลทั้ง 2 ประเภทนี้ เป็นกลุ่มที่จำแนกตามโครงสร้างทางเคมีของหมู่หน้าที่ (Functional group) คือหมู่คาร์บอนิลที่ตำแหน่งต่างกัน โดย **Aldose** มีหมู่อัลดีไฮด์ ($-CHO$) หรือเรียกว่าหมู่ Aldo อยู่ที่คาร์บอนตำแหน่งแรก เช่น น้ำตาลกลูโคส (Glucose) และน้ำตาลไรโบส (Ribose) ในขณะที่ **Ketose** มีหมู่คีโตน ($>C=O$) หรือเรียกว่าหมู่ Keto อยู่ที่คาร์บอนตำแหน่งที่สอง เช่น น้ำตาลฟรุกโตส (Fructose) และน้ำตาลไรบูลอส (Ribulose)

โครงสร้างน้ำตาลแบบ Haworth และ Fischer

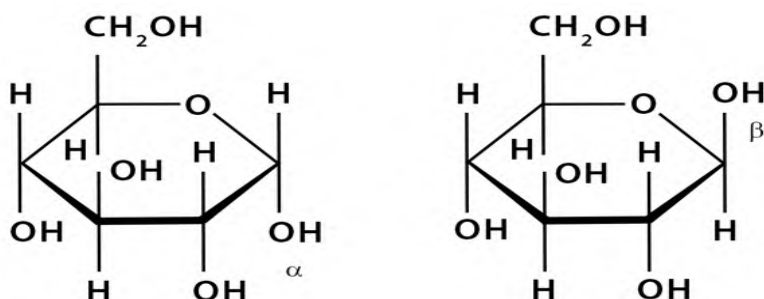
โครงสร้าง 2 ประเภทนี้เป็นโครงสร้างทางเคมีของน้ำตาลที่ช่วยในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงและโครงสร้างสามมิติของโมเลกุลน้ำตาล

1. โครงสร้างแบบ Fischer เป็นการแสดงโครงสร้างน้ำตาลในแบบเส้นตรง โดยน้ำตาล Aldose และ Ketose จะแสดงในรูปแบบที่หมุนหน้าที่ (หมู่อัลดีไฮด์หรือคีโตน) อยู่ที่ตำแหน่งคาร์บอนแรกหรือที่



สองของโครงสร้าง ให้คาร์บอนที่อยู่ใกล้หมู่ ภาพ 2.4 ไครอลคาร์บอน (ตำแหน่งดอกจัน) หน้าที่อยู่ด้านบน (หรือขวาของภาพ 2.4) และหมู่ไฮดรอกซิลจัดเรียงซ้ายขวาตามความสัมพันธ์ทางไครอล (chiral) คาร์บอนของโมเลกุล

2. โครงสร้างแบบ Haworth เป็นการแสดงโครงสร้างวง (Cyclic form) ของน้ำตาล โดยเฉพาะในกรณีน้ำตาลที่มีห้าหรือหกคาร์บอน เช่น น้ำตาลกลูโคส โดยน้ำตาลจะเกิดวงได้จากการที่หมู่คาร์บอนิล ($C=O$) ทำปฏิกิริยากับหมู่ไฮดรอกซิล (OH) ในคาร์บอนอื่น ก่อให้เกิดวงแหวนห้าหรือหกเหลี่ยม โดยวงจะมีการแสดงให้เห็นถึงลักษณะของน้ำตาลว่าเป็นแอนอเมอร์ (Anomer) แบบ α หรือ β ซึ่งขึ้นอยู่กับตำแหน่งของหมู่ไฮดรอกซิลที่คาร์บอนที่ 1 ในกรณีที่เป็น α หมู่ไฮดรอกซิลจะชี้ไปทางด้านตรงข้ามของหมู่ CH_2OH ที่ปลาย และในกรณีที่เป็น β จะชี้ไปในทิศทางเดียวกัน



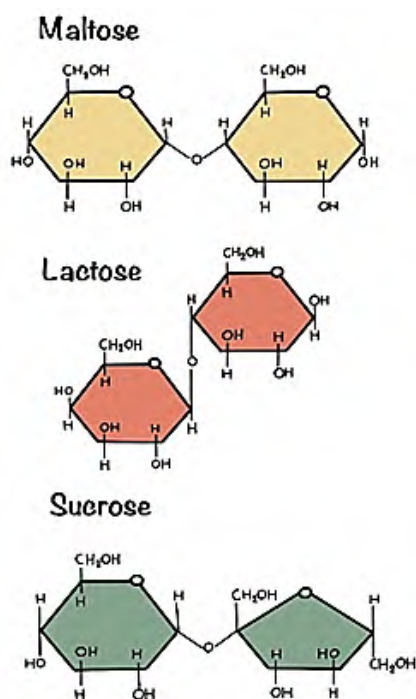
ภาพ 2.5 โครงสร้างของน้ำตาลแบบ Haworth ประเภท α และ β

โอลิโกแซคคาไรด์ (Oligosaccharides)

น้ำตาลโอลิโกแซคคาไรด์ประกอบด้วยโมโนแซคคาไรด์จำนวน 2-10 หน่วยเชื่อมต่อกัน ถ้ามีเพียงแค่ 2 หน่วยเชื่อมกันจะเรียกว่าไดแซคคาไรด์ (Disaccharide) หรือน้ำตาลโมเลกุลคู่ โดยมีพันธะไกลโคซิดิก (Glycosidic Bond) เชื่อมน้ำตาลสองโมเลกุลเข้าด้วยกัน

ตัวอย่างน้ำตาลโมเลกุลคู่ เช่น น้ำตาลซูโครส (Sucrose) น้ำตาลแลคโตส (Lactose) และมอลโตส (Maltose)

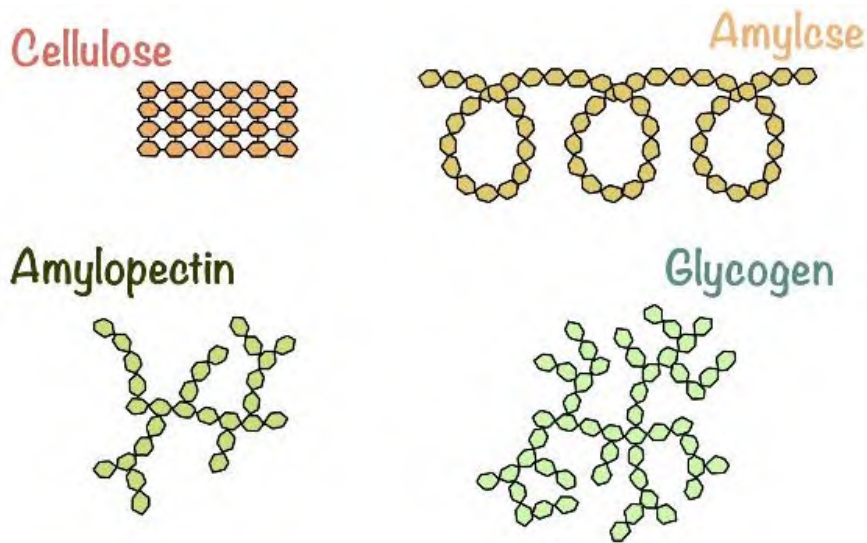
ภาพ 2.6 โครงสร้างน้ำตาลโมเลกุลคู่



โพลีแซคคาไรด์ (Polysaccharides)

ลักษณะของโพลีแซคคาไรด์คือคาร์โบไฮเดรตที่ประกอบด้วยโมโนแซคคาไรด์จำนวนมากว่า 10 หน่วยมาเชื่อมต่อกัน บางครั้งเรียกว่า น้ำตาลโมเลกุลใหญ่

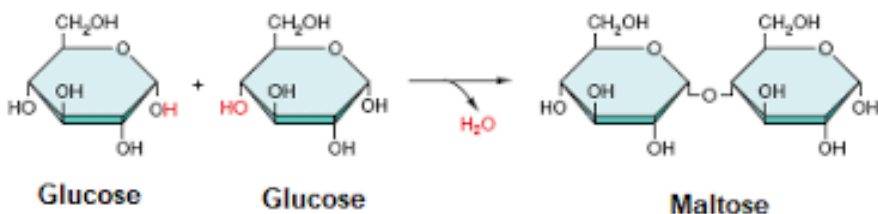
ตัวอย่างของน้ำตาลโมเลกุลขนาดใหญ่ เช่น แป้ง (Starch) ไกลโคเจน (Glycogen) และเซลลูโลส (Cellulose) โดยแป้งจัดเป็นคาร์โบไฮเดรตที่พบเฉพาะในพืช มี 2 ชนิดคือ Amylose และ Amylopectin โดยแป้ง Amylose จะมีพันธะไกลโคซิดิกต่อแบบ α เป็นสายยาว ส่วน Amylopectin จะมีการแตกกิ่งออกมาเป็นแขนง และการที่ Amylopectin มีแขนงจะทำให้สัตว์ต้องใช้เวลาย่อยนานกว่าปกติ มีลักษณะที่เหนียวกว่า และในอาหารแต่ละชนิดจะมีสัดส่วนของ Amylose ต่อ Amylopectin ต่างกัน ในข้าวเหนียวจะมีค่าต่ำกว่า ข้าวเจ้า ส่วนไกลโคเจน มีการแตกกิ่งแขนงคล้าย Amylopectin แต่จะไม่พบในพืช พบได้ในสัตว์ โดยจะสะสมไว้ตามตับและกล้ามเนื้อ สำหรับเซลลูโลสจะมีลักษณะเป็นเส้นยาวต่อกันคล้าย Amylose แต่พันธะที่เชื่อมกันระหว่างโมเลกุลของน้ำตาลจะเป็นพันธะไกลโคซิดิกต่อแบบ β



ภาพ 2.7 โพลีแซคคาไรด์ประเภทต่างๆ

การเกิดกระบวนการ Dehydration ของน้ำตาลโอลิโกแซคคาไรด์

เนื่องจากการสร้างพันธะไกลโคซิดิก (Glycosidic Bond) จะเกิดขึ้นระหว่างโมโนแซคคาไรด์ 2 โมเลกุล โดยจะมีการสูญเสียน้ำ (Dehydration) ซึ่งทำให้เกิดการเชื่อมโยงระหว่างกลูโคสหรือโมโนแซคคาไรด์อื่น ๆ ในโอลิโกแซคคาไรด์และโพลีแซคคาไรด์



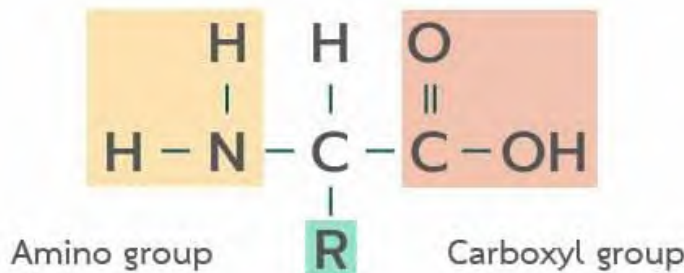
ภาพ 2.8 การสูญเสียจากการสร้างน้ำตาลมอลโตส

โปรตีน (Proteins)

โปรตีนถือว่าเป็นสารชีวโมเลกุลขนาดใหญ่ที่ประกอบด้วยกรดอะมิโน (Amino acids) หลายหน่วยมาเชื่อมต่อกันด้วยพันธะเพปไทด์ (Peptide bonds) โปรตีนมีบทบาทสำคัญในทุกด้านของระบบภายในร่างกายของสิ่งมีชีวิต และมีหน้าที่ที่หลากหลาย

เช่น การสร้างโครงสร้างเซลล์ การทำงานเป็นเอนไซม์ (Enzymes) และการทำหน้าที่เป็นฮอร์โมน (Hormones) เป็นต้น

โปรตีนทุกชนิดประกอบด้วยหน่วยพื้นฐานที่เรียกว่า กรดอะมิโน (Amino acids) เหมือนกัน ประกอบด้วยหมู่หน้าที่ 2 ชนิดคือ หมู่ NH_2 และหมู่ COOH



ภาพ 2.9 โครงสร้างพื้นฐานของกรดอะมิโน

การแบ่งประเภทของกรดอะมิโนตามความจำเป็น

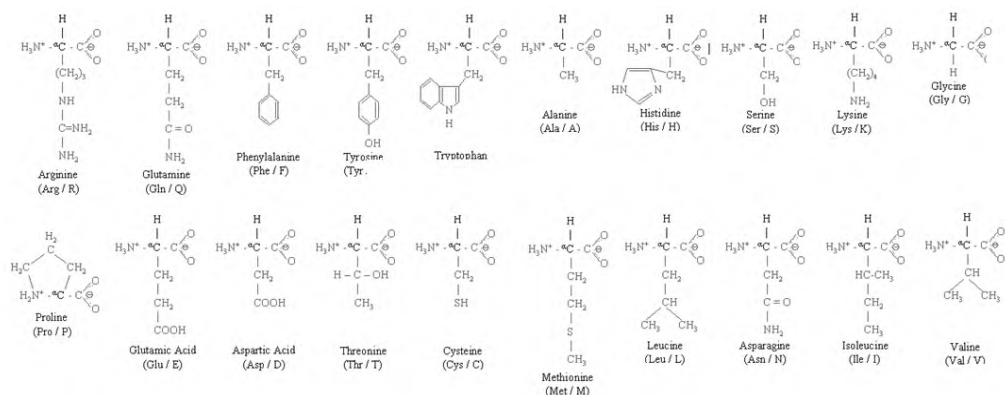
กรดอะมิโนจำเป็น (Essential amino acids)

กรดอะมิโนจำเป็น คือกรดอะมิโนที่ร่างกายไม่สามารถสังเคราะห์เองได้ จำเป็นต้องได้รับจากการกินอาหารที่มีกรดอะมิโนเหล่านี้เพื่อให้ร่างกายสามารถทำงานได้อย่างสมบูรณ์ กรดอะมิโนจำเป็นได้แก่ ลิวซีน (Leucine) ไอโซลิวซีน (Isoleucine) ไลซีน (Lysine) เมไธโอนีน (Methionine) ฟีนิลอะลานีน (Phenylalanine) ธรีโอนีน (Threonine) ทริปโตฟาน (Tryptophan) และวาเลีน (Valine)

กรดอะมิโนไม่จำเป็น (Non-essential amino acids)

กรดอะมิโนไม่จำเป็น คือกรดอะมิโนที่ร่างกายสามารถสังเคราะห์ได้เอง จึงไม่จำเป็นต้องได้รับจากอาหาร กรดอะมิโนกลุ่มนี้ประกอบด้วย อะลานีน (Alanine) แอสปาราจีน (Asparagine) แอสปาร์ติก (Aspartic acid) กลูตามีน (Glutamine) กลูตามิก (Glutamic acid) ไกลซีน (Glycine) ซีสเทอีน (Cysteine) และทรีโอนีน (Tyrosine)

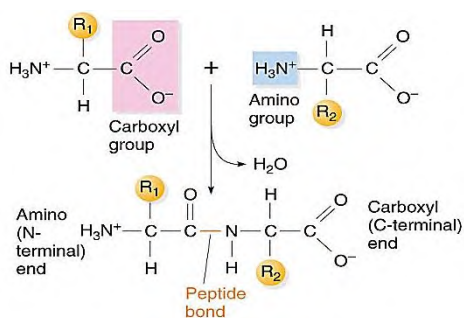
กรดอะมิโนเหล่านี้ทั้ง 2 ประเภทนี้มีบทบาทในการสร้างโปรตีนและเอนไซม์ต่าง ๆ ที่ช่วยเสริมสร้างและฟื้นฟูเซลล์ในร่างกาย รวมถึงสนับสนุนกระบวนการเมตาบอลิซึมและการทำงานของระบบภูมิคุ้มกัน



ภาพ 2.10 โครงสร้างกรดอะมิโน

การสร้างเปปไทด์ (Peptide formation)

เปปไทด์ (Peptides) คือ สายของกรดอะมิโนที่เชื่อมต่อกันด้วยพันธะเปปไทด์ (Peptide bond) การสร้างเปปไทด์เกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างหมู่คาร์บอกซิลของกรดอะมิโนหนึ่งและหมู่อะมิโนของกรดอะมิโนถัดไป



ภาพ 2.11 พันธะเปปไทด์

การอ่านชื่อเปปไทด์

การอ่านชื่อเปปไทด์ในระบบสากลจะเรียกเป็นชื่อกรดอะมิโนที่รวมกันและลงท้ายว่า -yl เช่น ถ้ามีกรดอะมิโน 3 ชนิด เช่น glycine (Gly) alanine (Ala) และ serine (Ser) อ่านว่า glycy~~l~~alany~~l~~serine แต่บางครั้งไม่จำเป็นต้องอ่านจากชื่อกรดอะมิโน แต่อ่านจากจำนวนของกรดอะมิโน เช่น ถ้ามีกรดอะมิโน 2 โมเลกุลเรียงต่อกันจะเรียก dipeptide และถ้ามี 3 จนถึง 9 จะเรียกตามตัวเลขโรมันเช่น 3 = tri, 4 = tetra, 5 = penta, 6 = hexa, 7 = hepta, 8 = octa, 9 = nona และลงท้ายตามด้วยคำว่า peptide เสมอ

โครงสร้างของโปรตีน

โครงสร้างปฐมภูมิ (Primary structure)

โครงสร้างปฐมภูมิเป็นลำดับของกรดอะมิโนที่เชื่อมต่อกันในสายโปรตีนที่ต่อกันด้วยพันธะ peptide เพียงอย่างเดียว

โครงสร้างทุติยภูมิ (Secondary structure)

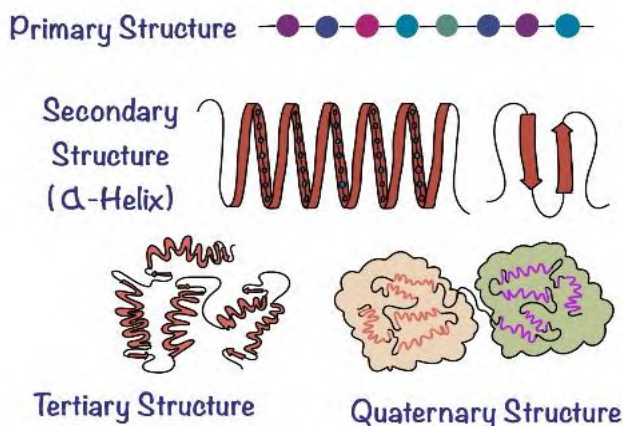
โครงสร้างทุติยภูมิเป็นการจัดเรียงของลำดับกรดอะมิโนที่สร้างเป็นโครงสร้างที่มีรูปแบบ เช่น α -helix และ β -pleated sheet มีพันธะอื่นเช่น พันธะไฮโดรเจน อยู่ด้วย

โครงสร้างตติยภูมิ (Tertiary structure)

โครงสร้างระดับตติยภูมิเป็นการจัดเรียงในสามมิติของโปรตีน ซึ่งเกิดจากการโค้งงอและพับของโซ่โปรตีน มีพันธะอื่นๆ เช่น พันธะไฮโดรเจน, พันธะไอออน, และพันธะซัลเฟอร์

โครงสร้างจตุรภูมิ (Quaternary structure)

โครงสร้างระดับจตุรภูมิเป็นการรวมตัวของโปรตีนหลายโมเลกุลเข้าด้วยกัน เช่น ฮีโมโกลบินที่ประกอบด้วย 4 โพลีเปปไทด์



ภาพ 2.12 โครงสร้างโปรตีนทั้ง 4 ระดับ

หน้าที่ของโปรตีน

1. การสร้างเนื้อเยื่อ โดยโปรตีนมีส่วนสำคัญในการสร้างและซ่อมแซมเนื้อเยื่อต่าง ๆ
2. การเป็นเอนไซม์ สำหรับเร่งปฏิกิริยาเคมีในร่างกาย
3. การทำหน้าที่เป็นฮอร์โมน โดยฮอร์โมนหลายชนิดเป็นโปรตีนที่มีบทบาทในการควบคุมการทำงานของอวัยวะ
4. การส่งสัญญาณ โปรตีนช่วยในการสื่อสารระหว่างเซลล์ เช่น การตอบสนองต่อฮอร์โมนและสารเคมี
5. การขนส่ง โปรตีนบางชนิดทำหน้าที่ในการขนส่งสารในเลือด เช่น ฮีโมโกลบินที่ขนส่งออกซิเจน

ไขมัน (Lipids)

ไขมัน (Lipids) เป็นสารชีวโมเลกุลที่สำคัญในร่างกาย โดยมีบทบาทที่สำคัญในด้าน การเก็บพลังงาน การสร้างเยื่อหุ้มเซลล์ และการส่งสัญญาณในระบบต่าง ๆ ในการทำความเข้าใจเกี่ยวกับไขมัน จำเป็นต้องรู้จักประเภทต่าง ๆ ของไขมัน รวมถึงระบบการอ่านชื่อที่ใช้ในการระบุโครงสร้างของกรดไขมัน

โครงสร้างของไขมัน

ไขมันประกอบด้วยองค์ประกอบหลักคือ คาร์บอน (C), ไฮโดรเจน (H), และ ออกซิเจน (O) โดยส่วนใหญ่จะประกอบด้วยกรดไขมัน (Fatty acids) และกลีเซอรอล (Glycerol) เช่น Triglycerol

การอ่านชื่อกรดไขมัน

กรดไขมันสามารถอ่านชื่อได้หลายระบบ เช่น ระบบโอเมกา (Omega system) ซึ่งใช้บ่งบอกตำแหน่งของพันธะคู่ในกรดไขมัน โดยระบบโอเมกานี้จะใช้สำหรับกรดไขมันไม่อิ่มตัว โดยระบุหมายเลขของอะตอมคาร์บอนที่อยู่ห่างจากปลายของสายกรดไขมัน (methyl end)

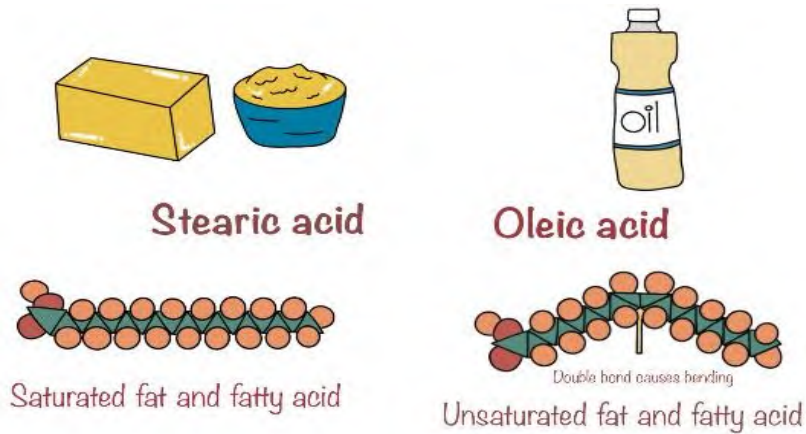
ตัวอย่าง กรดลิโนเลนิก (Linolenic acid) สามารถเขียนเป็น **C18:3** หรือ **ω3** หมายความว่าในสายกรดไขมันมี คาร์บอน 18 อะตอม มีจำนวน 3 พันธะคู่ และพันธะคู่แรกอยู่ที่ตำแหน่งที่ 3 นับจากปลายเมทิล (Methyl end)



ภาพ 2.13 กรดลิโนเลนิก (Linolenic Acid)

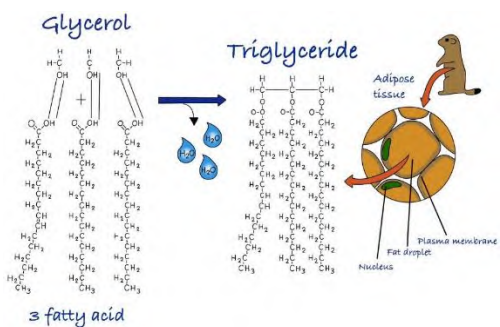
ตาราง 2.3 คุณสมบัติของไขมัน

ลักษณะ	ไขมันอิ่มตัว (Saturated fats)	ไขมันไม่อิ่มตัว (Unsaturated fats)
พันธะ	ไม่มีพันธะคู่	มีพันธะคู่
สถานะที่อุณหภูมิห้อง	ส่วนใหญ่จะเป็นของแข็ง	ส่วนใหญ่จะเป็นของเหลว
ผลต่อสุขภาพ	การกินมากเกินไปอาจเพิ่มความเสี่ยงต่อโรคหัวใจ	มีประโยชน์ต่อสุขภาพ ลดระดับไขมันในเลือด
ตัวอย่าง	กรดปาล์มมิติก (Palmitic acid) กรดสเตียริก (Stearic acid)	ไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว เช่น กรดโอเลอิก (Oleic acid) ที่พบในน้ำมันมะกอก ไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน เช่น กรดลิโนเลนิก (Linolenic acid) ที่พบในน้ำมันปลา



ภาพ 2.14 กรดไขมันแบบอิ่มตัวและไม่อิ่มตัว

ประเภทของไขมัน



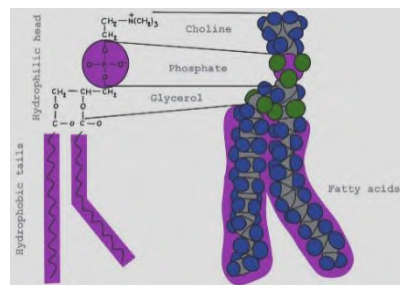
ลิพิดเชิงเดี่ยว (Simple Lipids)

ลิพิดเชิงเดี่ยว ประกอบด้วยกรดไขมัน และกลีเซอรอลเท่านั้น เช่น ไตรกลีเซอไรด์ (Triglycerides)

ภาพ 2.15 โครงสร้างของไตรกลีเซอไรด์

ลิพิดเชิงซ้อน (Complex lipids)

ลิพิดเชิงซ้อนประกอบด้วยกรดไขมัน กลีเซอรอล และสารอื่น ๆ เช่น ฟอสฟอรัสหรือ ไนโตรเจน เช่น ฟอสโฟลิพิด (Phospholipids)

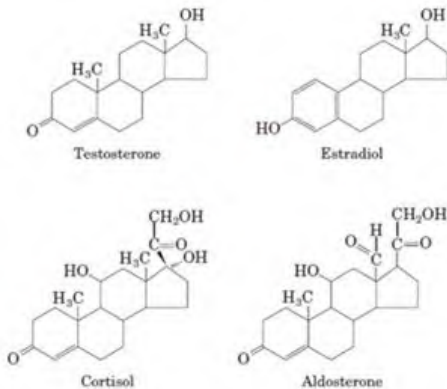


ภาพ 2.16 ฟอสโฟลิพิด

อนุพันธ์ลิพิด (Derived Lipids)

อนุพันธ์ลิพิดเป็นสารที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของลิพิด เช่น สเตียรอยด์ (Steroids) ซึ่งเป็นโครงสร้างพื้นฐานของโคเลสเตอรอล (Cholesterol) และมีบทบาทใน

การสร้างฮอร์โมนเพศเช่น Testosterone และ Estrogen รวมถึงการทำงานของเยื่อหุ้มเซลล์



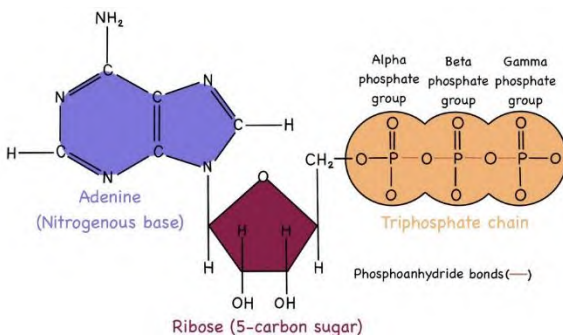
ภาพ 2.17 อนุพันธ์ลิพิด

กรดนิวคลีอิก (Nucleic acids)

กรดนิวคลีอิกเป็นสารชีวโมเลกุลที่มีบทบาทสำคัญในการเก็บและถ่ายทอดข้อมูลทางพันธุกรรมในสิ่งมีชีวิต กรดนิวคลีอิกสามารถแบ่งออกเป็นสองประเภทหลักคือ DNA (Deoxyribonucleic acid) และ RNA (Ribonucleic acid)

โครงสร้างของกรดนิวคลีอิก

กรดนิวคลีอิกประกอบด้วยหน่วยพื้นฐานที่เรียกว่า นิวคลีโอไทด์ (Nucleotides) ซึ่งแต่ละนิวคลีโอไทด์ประกอบด้วย



ภาพ 2.18 โครงสร้างนิวคลีโอไทด์

1. น้ำตาลเพนโตส (C5 Sugar)

ซึ่งพบว่ามีใน DNA จะเป็นน้ำตาลดีออกซีไรโบส (Deoxyribose) ส่วนใน RNA จะเป็นไรโบส (Ribose)

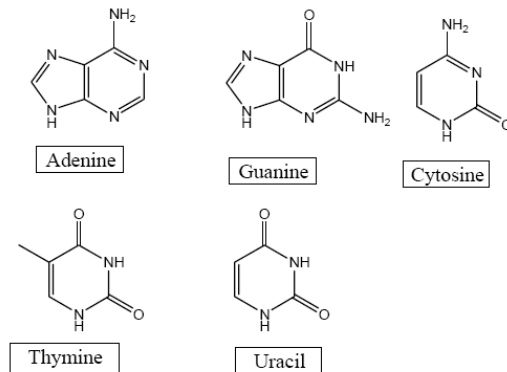
2. หมู่ฟอสเฟต (Phosphate group)

ซึ่งเป็นหมู่ที่เชื่อมโยงเข้ากับน้ำตาลที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 5

3. เบสไนโตรเจน (Nitrogenous base) มี 5 ชนิด แต่ใน DNA พบเพียง 4 ชนิด คือ อะดีนีน [A], ไทมีน [T], ไซโตซีน [C], กวานีน [G] และใน RNA ก็พบเพียง 4 ชนิด คือ อะดีนีน [A], ยูราซิล [U], ไซโตซีน [C] และ กวานีน [G] ซึ่งเบสทั้งหมดจะต่อกับน้ำตาลที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 1

ประเภทของเบสไนโตรเจน

1. เบสกลุ่ม Purine มีวงแหวน 2 วง ได้แก่ อะดีนีน [A] และ กวานีน [G]
2. เบสกลุ่ม Pyrimidine มีวงแหวน 1 วง ได้แก่ ไทมีน [T] ไซโตซีน [C] และ ยูราซิล [U]



ภาพ 2.19 ชนิดของเบสไนโตรเจน

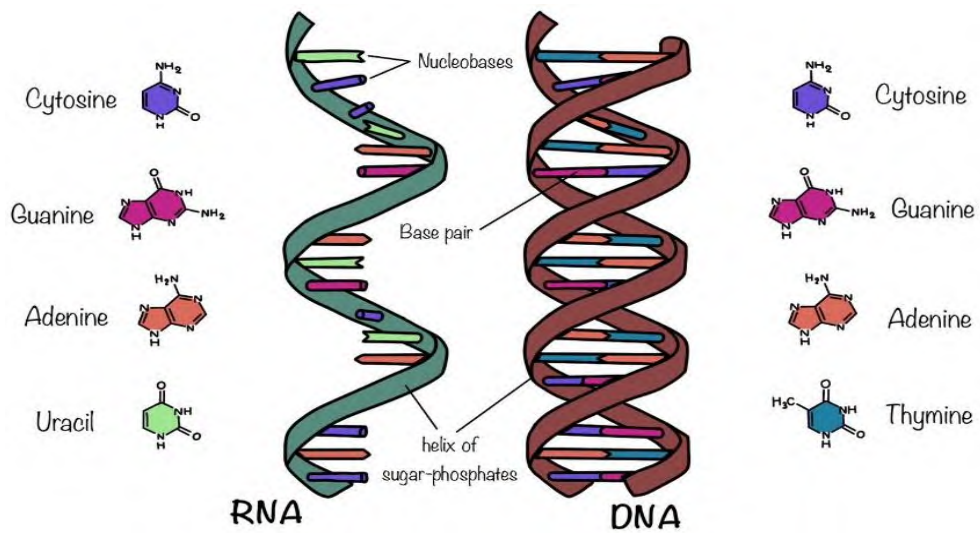
ประเภทของกรดนิวคลีอิก

DNA (Deoxyribonucleic acid)

DNA เป็นสารพันธุกรรมมีลักษณะโครงสร้างแบบดับเบิลเฮลิค (Double helix) หรือเกลียวคู่ เกิดจากการพันกันของสาย polypeptide สองสาย โดยมีหน้าที่สำคัญคือเก็บข้อมูลพันธุกรรมที่ใช้ในการสร้างโปรตีนและการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ดีเอ็นเอพบได้ในนิวเคลียสของเซลล์และบางออร์แกเนลล์เช่น ไมโทคอนเดรีย และ คลอโรพลาสต์ เป็นต้น

RNA (Ribonucleic acid)

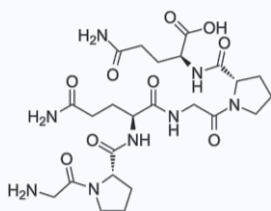
RNA เป็นสารพันธุกรรมมีลักษณะโครงสร้างแบบสายเดี่ยว (Single strand) มีบทบาทสำคัญในการสังเคราะห์โปรตีน (Protein synthesis) โดยการถ่ายทอดข้อมูลจาก DNA ไปยังไรโบโซมผ่าน RNA ชนิด messenger RNA (mRNA)



ภาพ 2.20 โครงสร้าง DNA และ RNA

คำถามทบทวนประจำบทเรียน

1. น้ำเป็นสารอินทรีย์หรือสารอนินทรีย์ และมีคุณสมบัติที่สำคัญอย่างไร
2. หมู่ฟังก์ชันคืออะไร มีกี่ชนิด และแต่ละชนิดพบได้ในสารกลุ่มใดบ้าง
3. น้ำตาล มีหมู่ฟังก์ชันอะไร และจะจำแนกหมู่ฟังก์ชันนั้นได้อย่างไร
4. น้ำตาล Aldose และ Ketose คืออะไร
5. โครงสร้างน้ำตาลแบบ Haworth และ Fischer แตกต่างกันอย่างไรร
6. น้ำตาล Oligosaccharide ที่นักศึกษารู้จักมีอะไรบ้าง แต่ละชนิดมีหน่วยย่อยอย่างไร
7. น้ำตาล Oligosaccharide ที่ประกอบด้วย Monomer เป็นน้ำตาลกลูโคสทั้งหมด 7 โมเลกุล จะมีสูตรโครงสร้างโมเลกุลอย่างไร
8. Amylose, Amylopectin, Glycogen และ Cellulose เหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร
9. กรดอะมิโนจำเป็น และ กรดอะมิโนไม่จำเป็นคืออะไร แต่ละประเภทมีกรดอะมิโนชนิดใดบ้าง
10. Pentapeptide มีกรดอะมิโน และ จำนวนพันธะเปปไทด์เท่าไร
11. เปปไทด์นี้เรียกว่าอะไร มีจำนวนกรดอะมิโน และจำนวนพันธะเปปไทด์เท่าไร



12. ไขมันจำแนกได้กี่ประเภท อะไรบ้าง
13. กรดไขมันอิ่มตัว และ กรดไขมันไม่อิ่มตัวแตกต่างกันอย่างไร
14. กรดนิวคลีอิกคืออะไร มีหน่วยย่อยเรียกว่าอะไร

พลังงาน และเอนไซม์

(Energy and Enzyme)

พลังงานคืออะไร

พลังงาน (Energy) หมายถึง ความสามารถในการทำงาน หรือก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลง โดยพลังงานสามารถมีได้หลายรูปแบบ เช่น พลังงานเคมี พลังงานความร้อน พลังงานแสง พลังงานกล และพลังงานไฟฟ้า อย่างไรก็ตามพลังงานไม่สามารถถูกสร้างขึ้นใหม่หรือถูกทำลายลงได้ แต่สามารถเปลี่ยนแปลงจากรูปแบบหนึ่งไปยังอีกรูปแบบหนึ่งได้ และเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์พลังงาน (Energy conservation)

พลังงานในระบบทางชีวภาพ

พลังงานในระบบทางชีวภาพ (Biological energy) คือพลังงานที่สิ่งมีชีวิตใช้ในการดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ในระดับเซลล์และร่างกายทั้งหมด โดยพลังงานในระบบชีวภาพมักได้มาจากการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของสารอาหารที่สิ่งมีชีวิตกินเข้าไป ซึ่งสามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานที่เซลล์ใช้ได้ โดยพลังงานสำคัญในระบบทางชีวภาพมีดังนี้

1. **พลังงานเคมี (Chemical Energy)** พลังงานชนิดนี้สิ่งมีชีวิตได้รับพลังงานจากอาหารที่ประกอบไปด้วยสารอินทรีย์ เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมัน และเมื่อผ่านกระบวนการเผาผลาญ (Metabolism) สารเหล่านี้จะถูกย่อยและแตกตัวเพื่อให้ได้เป็นพลังงาน
2. **ATP (Adenosine triphosphate)** โมเลกุลชนิดนี้เป็นแหล่งพลังงานหลักที่เซลล์ใช้ในการทำงานต่าง ๆ เช่น การเคลื่อนที่ การสังเคราะห์สารชีวโมเลกุล และการขนส่งสารผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ โดยทั่วไปแล้ว ATP เกิดขึ้นจากกระบวนการไกลโคไลซิส วัฏจักรเครบส์ และการฟอสโฟรีเลชันแบบออกซิเดทีฟในไมโทคอนเดรีย

3. **พลังงานจากแสง (Light energy)** พืช สาหร่ายและแบคทีเรียบางชนิดใช้พลังงานจากแสงในการสร้างพลังงานผ่านกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง (Photosynthesis) โดยเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานเคมีในรูปของน้ำตาลและสารอินทรีย์อื่นๆ เช่น กรดอะมิโน
4. **พลังงานกล (Mechanical energy)** เป็นพลังงานที่ใช้ในการเคลื่อนไหวและการทำงานทางกลต่างๆ ภายในเซลล์ เช่น การหดตัวของกล้ามเนื้อ การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต และการขนส่งสารภายในเซลล์

กฎเทอร์โมไดนามิกส์ (Thermodynamic law)

กฎนี้ถูกนำมาใช้เพื่ออธิบายพฤติกรรมของพลังงานในระบบต่าง ๆ รวมถึงภายในระบบของสิ่งมีชีวิต สรุปได้เป็นสองข้อดังนี้

กฎข้อที่ 1 ของเทอร์โมไดนามิกส์ (Law of conservation of energy)

กฎข้อนี้กล่าวว่า **พลังงานไม่สามารถถูกสร้างขึ้นหรือทำลายได้ แต่สามารถเปลี่ยนจากรูปแบบหนึ่งไปเป็นอีกรูปแบบหนึ่ง** เช่น การเปลี่ยนแปลงพลังงานจากอาหารที่กินมาเป็นพลังงานเคมีในรูปของ ATP ซึ่งเป็นพลังงานที่เซลล์สามารถใช้ได้ในการทำงาน เช่น การเคลื่อนที่ของเซลล์ การสังเคราะห์สาร และการขนส่งสารผ่านเยื่อหุ้มเซลล์

โดยกฎข้อที่ 1 นี้จัดเป็นการเปลี่ยนแปลงของพลังงานในระบบปิด สามารถสรุปเป็นสมการอย่างง่าย ดังนี้

$$\Delta U = Q - W$$

ΔU คือ การเปลี่ยนแปลงพลังงานภายในของระบบ (Internal energy)

Q คือ ปริมาณพลังงานที่เข้าสู่ระบบ (Heat added to the system)

W คือ งานที่ระบบทำออกไป (Work done by the system)

เมื่อพิจารณาในสิ่งมีชีวิต พลังงานที่ได้รับจากอาหารจะถูกเปลี่ยนไปเป็นพลังงานที่เซลล์ใช้ และส่วนที่เหลือจะถูกปล่อยออกมาในรูปของความร้อนหรือทำงานต่าง ๆ

ตัวอย่างการคำนวณ

ในกระบวนการเผาผลาญกลูโคส ($C_6H_{12}O_6$) ภายในเซลล์ พลังงานที่ปล่อยออกมาอยู่ที่ประมาณ 686 กิโลแคลอรี/โมล โดยเซลล์ใช้พลังงานในกิจกรรมต่าง ๆ ไป 200 กิโลแคลอรี จงหาพลังงานที่เหลือในระบบ

พลังงานจากอาหาร (Q) มีค่า 686 กิโลแคลอรี และงานที่เซลล์ใช้ทำกิจกรรมต่าง ๆ (W) มีค่า 200 กิโลแคลอรี

เมื่อนำมาเข้าสู่สูตรจะได้ว่า $\Delta U = 686 - 200 = 486$ กิโลแคลอรี

ดังนั้น เซลล์จึงมีพลังงานภายในเหลืออยู่ 486 กิโลแคลอรีหลังจากทำงานออกไป

กฎข้อที่ 2 ของเทอร์โมไดนามิกส์ (Second law of thermodynamics)

กฎข้อนี้กล่าวว่า *ในทุกกระบวนการที่เกิดขึ้นในระบบปิด ความไม่เป็นระเบียบ (Entropy) ของระบบและสิ่งแวดล้อมจะเพิ่มขึ้นเสมอ* ดังนั้นทุกกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับพลังงานจะสูญเสียพลังงานบางส่วนในรูปของความร้อนหรือพลังงานที่ไม่สามารถใช้งานได้ออกไป

โดยกฎข้อที่ 2 อธิบายเน้นเรื่องเอนโทรปี สามารถสรุปเป็นสมการอย่างง่าย ดังนี้

$$\Delta S = Q/T$$

ΔS คือ การเปลี่ยนแปลงของเอนโทรปี (Change in entropy)

Q คือ พลังงานความร้อนที่ระบบได้รับหรือสูญเสีย (Heat transfer)

T คือ อุณหภูมิสัมบูรณ์ของระบบ (Absolute temperature in Kelvin)