

แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 1

ความเป็นมาของชีวเคมีและชีวเคมีประยุกต์

หัวข้อเนื้อหา

1. ประวัติการศึกษาด้านชีวเคมี
2. ขอบข่ายการศึกษาด้านชีวเคมี
3. ความสัมพันธ์ของชีวเคมีกับวิทยาศาสตร์แขนงอื่น ๆ
4. ชีวเคมีประยุกต์
5. สรุป

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

เมื่อผู้เรียนศึกษาบทเรียนนี้แล้วสามารถ

1. อธิบายความหมายและขอบเขตของวิชาชีวเคมีได้
2. อธิบายการประยุกต์ใช้ความรู้ทางชีวเคมีได้
3. สามารถนำความรู้ทางชีวเคมีมาใช้ในชีวิตประจำวันได้

วิธีสอนและกิจกรรมการเรียนการสอน

1. วิธีสอน

1.1 วิธีสอนแบบบรรยายเริ่มจากการอธิบายถึงความหมายและประวัติของการศึกษาทางด้านชีวเคมีในอดีต การประยุกต์ใช้ชีวเคมี มีการตั้งคำถามและตอบคำถามระหว่างผู้สอนและผู้เรียน

1.2 อภิปราย สรุปประเด็นสำคัญที่เกี่ยวกับขอบเขตของวิชาชีวเคมีและชีวเคมีประยุกต์

2. กิจกรรมการเรียนการสอน

2.1 แสดงตัวอย่างการประยุกต์ใช้ความรู้ทางชีวเคมีในชีวิตประจำวันและยกตัวอย่างงานวิจัยในประเทศและต่างประเทศ

2.2 สืบค้นหัวข้อวิจัยทางชีวเคมีประยุกต์ที่ผู้เรียนสนใจและฝึกรวบรวมข้อมูลและนำเสนอในรูปแบบการอภิปรายกลุ่ม

สื่อการเรียนการสอน

1. เครื่องคอมพิวเตอร์และอินเทอร์เน็ต
2. เพาเวอร์พอยต์ฟรีเซนต์ชัน เรื่อง ความเป็นมาของชีวเคมีและชีวเคมีประยุกต์
3. สำเนาเอกสารคำสอนรายวิชาชีวเคมีประยุกต์

การวัดผลและการประเมินผล

1. สังเกตการตอบคำถามในชั้นเรียน
2. สังเกตจากการอภิปรายโต้ตอบ ซักถาม และการแสดงความคิดเห็น
3. สังเกตพฤติกรรมความกระตือรือร้นในการร่วมกิจกรรม
4. ประเมินคุณภาพของงานที่มอบหมาย

บทที่ 1

ความเป็นมาของชีวเคมีและชีวเคมีประยุกต์

ชีวเคมีเป็นวิทยาศาสตร์ชีวภาพที่มีความสัมพันธ์กับแขนงวิชาต่าง ๆ เนื่องจากเป็นวิชาที่ว่าด้วยการศึกษาพื้นฐานของสารชีวโมเลกุลและการเกิดปฏิกิริยาเคมีในสิ่งมีชีวิตทุกชนิด มีการศึกษากระบวนการเมแทบอลิซึม กลไกการควบคุมวิธิเมแทบอลิซึม และการแสดงออกในระดับยีน ความรู้ทางชีวเคมีจึงสามารถนำมาประยุกต์สู่วงวิชาการอื่น ๆ ได้แก่ การแพทย์ เทคโนโลยีอาหาร การเกษตร สิ่งแวดล้อม อุตสาหกรรมการผลิตสิ่งอุปโภค และเทคโนโลยีชีวภาพ ชีวเคมีจึงเป็นศาสตร์ที่ได้รับความสนใจอย่างยิ่งในยุคปัจจุบันและถูกบูรณาการอยู่ในหน่วยงานต่าง ๆ ซึ่งจะพบว่าภาควิชาชีวเคมีจะมีปรากฏอยู่ในคณะต่าง ๆ เช่น คณะวิทยาศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ และคณะเภสัชศาสตร์ เป็นต้น นอกจากนี้การศึกษาชีวเคมียังกำหนดให้อยู่ในหลักสูตรต่าง ๆ เช่น หลักสูตรพยาบาลศาสตร์ สหเวชศาสตร์ เทคโนโลยีชีวภาพ เทคโนโลยีเกษตร วิศวกรรมชีวการแพทย์ และครุศาสตร์ เป็นต้น

ประวัติการศึกษาด้านชีวเคมี

ก่อนจะเกิดเป็นวิชาชีวเคมีขึ้นนั้นได้มีการศึกษาค้นคว้าวิจัยในศาสตร์ทางด้านชีววิทยา เคมี และวิทยาศาสตร์ธรรมชาติมากมาย คำว่าชีวเคมีมาจากคำศัพท์ภาษาอังกฤษคือ *bio-* (ชีวิต) และ *chemistry* (เคมี) บัญญัติขึ้นครั้งแรกในปี ค.ศ. 1848 และในปี ค.ศ. 1877 เฟลิกซ์ ฮอปเปอ ซีเลอร์ (Felix Hoppe-Seyler) ได้ใช้คำว่า “*biochemie*” เป็นภาษาเยอรมันในวารสาร *Zeitschrift für Physiologische Chemie* เพื่อสื่อความหมายแทนคำว่า *physiological chemistry* แต่ในบันทึกต่าง ๆ มักจะอ้างถึง คาร์ล อเล็กซานเดอร์ นอยเบอร์ก (Carl Alexander Neuberg) (ภาพประกอบ 1.1) ผู้ที่บุกเบิกวงการชีวเคมีและได้รับการขนานนามว่าเป็นบิดาแห่งชีวเคมี โดยได้มีการนำเสนอชื่อ “*biochemistry*” ใช้อย่างเป็นทางการครั้งแรกในปี ค.ศ. 1903 (Singh *et al.*, 2004 : 75-86 ; อ้างถึงใน วรวัฒน์ พรหมเด่น, 2558 : 2)



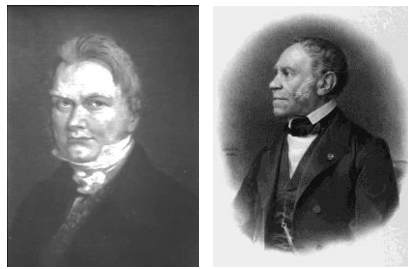
ภาพประกอบ 1.1 คาร์ล อเล็กซานเดอร์ นอยเบอร์ก (ค.ศ. 1877-1956) บิดาแห่งชีวเคมี
ที่มา : (Barnett, 2003 : 515)

1. การศึกษาเคมีในสิ่งมีชีวิตและการค้นพบเอนไซม์

ในปี ค.ศ. 1785 อ็องตวน ลอว์รอง เดอ ลาวัวซีเย (Antoine Laurent de Lavoisier) (ภาพประกอบ 1.2) นักวิทยาศาสตร์ชาวฝรั่งเศส ผู้ได้รับการขนานนามให้เป็น “บิดาแห่งเคมียุคใหม่” ได้เสนอให้เห็นว่าก๊าซออกซิเจนมีบทบาทสำคัญในการหายใจของสัตว์และพืช และได้ศึกษาเกี่ยวกับปฏิกิริยาการเผาไหม้ให้ได้พลังงานความร้อน โดยพบว่าการสลายสารอาหารในสิ่งมีชีวิตเพื่อให้ได้พลังงานก็คือปฏิกิริยาการเผาไหม้เช่นเดียวกัน ต่อมาได้ค้นพบปฏิกิริยาของการหมักไวน์โดยมีน้ำตาลในองุ่นและยีสต์ได้ผลิตภัณฑ์เป็นแอลกอฮอล์และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในปี ค.ศ. 1815 โจเซฟ เกย์-ลูซแซค (Joseph Gay-Lussac) นักเคมีและฟิสิกส์ชาวฝรั่งเศสได้ศึกษาปฏิกิริยาของการหมักไวน์โดยใช้น้ำตาลและยีสต์พบว่าได้ผลลัพท์เช่นเดียวกับลาวัวซีเย แต่เกย์-ลูซแซคสามารถคำนวณปริมาณผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นได้อย่างแม่นยำ แม้ว่าในขณะนั้นเขายังไม่ทราบสูตรเคมีของน้ำตาลซูโครส อาจกล่าวได้ว่ารากฐานของวิชาชีวเคมีเกิดขึ้นราวต้นศตวรรษที่ 19 ในปี ค.ศ. 1833 เมื่ออ็องแซลล์ ปาแย็ง (Anselme Payen) (ภาพประกอบ 1.3) นักเคมีชาวฝรั่งเศสได้ค้นพบเอนไซม์ชนิดแรกคือ ไดแอสเทส (diastase) ซึ่งเร่งปฏิกิริยาการย่อยแป้งให้เป็นน้ำตาลมอลโตส ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ใกล้เคียงกับโจนส์ จาคอบ แบร์ซีเลียส (Jöns Jacob Berzelius) (ภาพประกอบ 1.3) นักเคมีชาวสวีเดนได้ศึกษาเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมีโดยใช้สกัดสารจากมอลต์หรือไดแอสเทส พบว่าไดแอสเทสสามารถเร่งปฏิกิริยาการย่อยแป้งได้ดีกว่ากรดซัลฟิวริก (sulfuric acid) ซึ่งในปัจจุบันเรียกเอนไซม์นี้ว่าอัลฟา-อะไมเลส (α -amylase) ในช่วงปี ค.ศ. 1856-1862 หลุยส์ ปาสเตอร์ (Louis Pasteur) (ภาพประกอบ 1.4) นักเคมีและจุลชีววิทยาชาวฝรั่งเศสได้พิสูจน์ว่าการเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์นั้นจะเกิดขึ้นได้ต้องอาศัยเซลล์ยีสต์ที่ยังมีชีวิตอยู่ซึ่งเรียกว่าการหมัก (fermentation) ในปี ค.ศ. 1877 วิลเฮล์ม เฟรเดอริก ค็ือห์เน (Wilhelm Friedrich Kühne) (ภาพประกอบ 1.4) สรีรวิทยาชาวเยอรมันได้ประดิษฐ์คำว่า “เอนไซม์ (enzyme)” ขึ้นใช้เป็นครั้งแรก ซึ่งมีความหมายว่า “ในเชื้อหมักให้ฟู (in leaven)” หรือ “ในยีสต์” เพื่อใช้อธิบายปฏิกิริยาการหมัก (Helvoort, 2000 : 28) ต่อมาในปี ค.ศ. 1894 แฮร์มันน์ อีมิล ฟิชเชอร์ (Hermann Emil Fischer) นักเคมีชาวเยอรมันศึกษาโครงสร้างของคาร์โบไฮเดรตหลายชนิด และทำการแยกกรดอะมิโนจากโปรตีนและยังค้นพบพบว่าเอนไซม์มีความจำเพาะต่อน้ำตาลที่เป็นสเตอริโอไอโซเมอร์ (stereoisomer) โครงรูปใดโครงสร้างหนึ่งได้เท่านั้น เขาจึงเสนอสมมติฐานที่ว่า “เอนไซม์และซับสเตรตมีความจำเพาะ” ซึ่งสามารถอธิบายโดยใช้แบบจำลองแม่กุญแจกับลูกกุญแจ (Lock-and-key model) และได้รับรางวัลโนเบลสาขาเคมีในปี ค.ศ. 1902 (Kunz, 2002 : 4439-4440)



ภาพประกอบ 1.2 อ็องตวน โลว์รีอง เดอ ลาวัวซีเย (ค.ศ. 1743-1794) นักวิทยาศาสตร์ชาวฝรั่งเศส ผู้ได้รับการขนานนามให้เป็น “บิดาแห่งเคมียุคใหม่”
ที่มา : Science History Institute (n.d.)



ภาพประกอบ 1.3 โจนส์ จากอบ แบร์ซีเลียส (ค.ศ.1779–1848) และอ็องแซลล์ม ปาแย็ง (ค.ศ.1795-1871) ผู้ศึกษาปฏิกิริยาการย่อยแบ่งให้เป็นน้ำตาลมอลโตส
ที่มา : Science History Institute (n.d.)



ภาพประกอบ 1.4 หลุยส์ ปาสเตอร์ (ค.ศ.1822-1895) และวิลเฮล์ม เฟรเดอริก ค็อทท์เน (ค.ศ. 1837-1990) ผู้ศึกษาปฏิกิริยาการหมักน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์โดยใช้ยีสต์
ที่มา : Science History Institute (n.d.)

2. การค้นพบวิถีเมแทบอลิซึม

ผู้ที่อธิบายความสัมพันธ์ของกระบวนการเมแทบอลิซึมได้เป็นคนแรกคือ เอดูอาร์ด บุชเนอร์ (Eduard Buchner) (ภาพประกอบ 1.5) นักชีวเคมีชาวเยอรมัน โดยในปี ค.ศ. 1897 ได้ทำการทดลองสกัดสารจากเซลล์ยีสต์เพื่อใช้หมักน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์ การทดลองนี้ช่วยพิสูจน์ว่าไม่จำเป็นจะต้องใช้เซลล์ยีสต์ที่มีชีวิตในการหมัก บุชเนอร์ได้ตั้งสมมติฐานว่าเซลล์ยีสต์หลังโปรตีนออกมาเพื่อหมักน้ำตาล แต่ต่อมาค้นพบว่าการหมักเกิดขึ้นภายในเซลล์ยีสต์ จากผลงานนี้ทำให้บุชเนอร์ได้รับรางวัลโนเบลสาขาเคมีในปี ค.ศ. 1907 ต่อมาในปี ค.ศ. 1932-1937 เซอร์ฮันส์ อดอล์ฟ แครบส์ (Sir Hans Adolf Krebs) (ภาพประกอบ 1.6) นักชีวเคมีชาวอังกฤษค้นพบวัฏจักรยูเรีย (urea cycle หรือ ornithine cycle) และหลังจากนั้นไม่นานก็ได้รายงานการค้นพบวัฏจักรกรดซิตริก (citric acid cycle หรือ Krebs' cycle หรือ tricarboxylic acid cycle) เขาได้รับรางวัลโนเบลสาขาการแพทย์ในปี ค.ศ. 1953 (Buchanan, 2002 : 33531-33536) ในปีค.ศ. 1933-1940 กุสทาบ เกออร์ก เอ็มบ์เดน ออตโต ฟริทซ์ ไมเยอร์ฮอฟ และจาคอบ คาร์ล ปาร์นาส (Gustav Georg Embden Otto Fritz Meyerhof and Jakub Karol Parnas) (ภาพประกอบ 1.7) ได้ศึกษาระบบเมแทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรตและรายงานวิถีเมแทบอลิซึมของน้ำตาลกลูโคสในเซลล์เรียกว่าวิถีเอ็มบ์เดน-ไมเยอร์ฮอฟ-ปาร์นาส (Embden-Meyerhof-Parnas, EMP pathway) หรือวิถีไกลโคไลซิส (glycolysis) (Barnett, 2003 : 511)



ภาพประกอบ 1.5 เอดูอาร์ด บุชเนอร์ (ค.ศ.1860-1917) ผู้ค้นพบว่าสารสกัดจากเซลล์ยีสต์สามารถหมักน้ำตาลได้

ที่มา : The Nobel Prizes (n.d.)



ภาพประกอบ 1.6 เซอร์ฮันส์ อดอล์ฟ แครบส์ (ค.ศ.1900-1981) ผู้ค้นพบวัฏจักรยูเรียและวัฏจักรกรดซิตริก

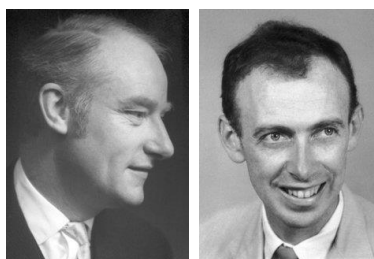
ที่มา : The Nobel Prizes (n.d.)



ภาพประกอบ 1.7 กุสทาทฟ เกออร์ก เอ็มบัเดน (ค.ศ. 1874-1933) ออตโต ฟริทซ์ ไมเยอร์ฮอฟ (ค.ศ. 1884-1951) และ จาคอบ คาโรล ปาร์นาส (ค.ศ. 1884-1949) 3 นักชีวเคมีผู้ค้นพบวิถีไมโทโคไลซิส
ที่มา : The Nobel Prizes (n.d.)

3. การค้นพบโครงสร้างของดีเอ็นเอ

ในปี ค.ศ. 1953 เจมส์ ดิวอี้ วัตสัน และ ฟรานซิสแฮร์รี คอมป์ตัน คริก (James Dewey Watson and Francis Harry Compton Crick) (ภาพประกอบ 1.8) นักอนุชีววิทยาชาวอเมริกันและอังกฤษ สามารถสร้างแบบจำลองโครงสร้างของดีเอ็นเอได้อย่างถูกต้อง โดยทั้งสองได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องโครงสร้างของดีเอ็นเอจากข้อมูลของนักวิทยาศาสตร์สาขาชีวฟิสิกส์ชาวอังกฤษ คือ มอริซ ฮิว เฟรเดอริก วิลคินส์ (Maurice Hugh Frederick Wilkins) และรอซาลินด์ เอลซี แฟรงกลิน (Rosalind Elsie Franklin) (ภาพประกอบ 1.9) ที่เคยศึกษาโครงสร้างทางผลึกศาสตร์ (crystallography) ของดีเอ็นเอด้วยรังสีเอกซ์ (x-ray) ประกอบกับข้อมูลของเออร์วิน ชาร์กอฟฟ์ (Erwin Chargaff) นักชีวเคมีชาวออสเตรียที่เคยรายงานเกี่ยวกับปริมาณของเบสทั้ง 4 ชนิดในดีเอ็นเอของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิด ซึ่งจะมีปริมาณของเบส A ไกล่เคียงกับ T และเบส C ไกล่เคียงกับ G เสมอ เรียกว่ากฎของชาร์กอฟฟ์ (Chargaff s' Rule) การค้นพบโครงสร้างของดีเอ็นเอของวัตสันและคริก นับว่าจุดเปลี่ยนแปลงอย่างก้าวกระโดดของวงการวิจัยทางชีวเคมี (Portin, 2014 : 293-302 ; วรวัฒน์ พรหมเด่น, 2558 : 4-5)



ภาพประกอบ 1.8 ฟรานซิสแฮร์รี คอมป์ตัน คริก (ค.ศ. 1916-2004) และเจมส์ ดิวอี้ วัตสัน (ค.ศ. 1928-ปัจจุบัน) ผู้รายงานโครงสร้างของดีเอ็นเอว่าเป็นสายคู่ที่บิดพับเป็นเกลียวคล้ายบันไดเวียน
ที่มา : The Nobel Prizes (n.d.)

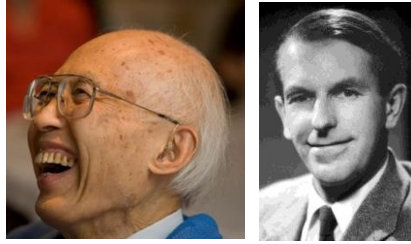


ภาพประกอบ 1.9 มอริซ ฮิว เฟรดเดอริก วิลคินส์ (ค.ศ. 1916-2004) และรอซาลินด์ เอลซี แฟรงกลิน (ค.ศ. 1920-1958) ผู้ศึกษาโครงสร้างทางผลึกศาสตร์ของดีเอ็นเอ
ที่มา : Science History Institute (n.d.)

4. การค้นพบเทคนิควิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์และลำดับกรดอะมิโน

เฟรดเดอริก แซงเกอร์ (Frederick Sanger) นักชีวเคมีชาวบริติช (ภาพประกอบ 1.10) เป็นบุคคลแรกที่สามารถพัฒนาเทคนิคการวิเคราะห์ลำดับกรดอะมิโนบนสายโปรตีนได้ โดยในปี ค.ศ. 1951 สามารถวิเคราะห์หาลำดับกรดอะมิโนของอินซูลินสาย B ได้ และประสบความสำเร็จในการหาลำดับกรดอะมิโนของอินซูลินสาย A ได้ในปีต่อมา และได้ได้รับรางวัลโนเบลสาขาเคมี ในปี ค.ศ. 1958 ต่อมาในปี ค.ศ. 1959 สแตนฟอร์ด มัวร์ และ วิลเลียม โฮวาร์ด สไตน์ (Stanford Moore and William Howard Stein) นักชีวเคมีชาวอเมริกัน ได้ศึกษาโครงสร้างและการทำงานของเอนไซม์ในตับอ่อนของวัวคือ เอนไซม์ ไรโบนิวคลีเอส เอ (bovine pancreatic ribonuclease A, RNase A) ได้มีการพัฒนาเครื่องวิเคราะห์ลำดับกรดอะมิโนของโปรตีนแบบอัตโนมัติเป็นครั้งแรก และรายงานลำดับของกรดอะมิโนทั้งหมดที่อยู่ในโครงสร้างของเอนไซม์ไรโบนิวคลีเอส เอ จำนวน 124 ตัว ได้เป็นครั้งแรก ทำให้ทั้งสองได้รับรางวัลโนเบลสาขาเคมี ในปี ค.ศ. 1972 (Claudi *et al.*, 2011 : 7835-7836)

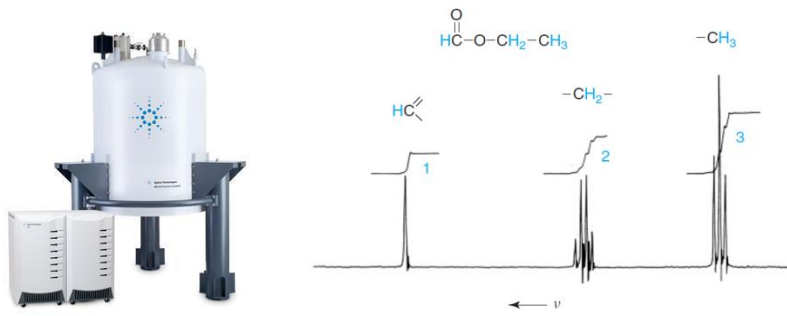
ในส่วนของแนวความคิดวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์ได้พัฒนาขึ้นครั้งแรกในปี ค.ศ. 1970 โดยเรย์ หู (Ray Wu) (ภาพประกอบ 1.10) นักชีววิทยาชาวอเมริกันเชื้อสายจีนแห่งมหาวิทยาลัยคอร์เนล และในปี ค.ศ. 1977 แซงเกอร์ได้ดัดแปลงเทคนิคเรียกว่า “dideoxy chain-termination method” หรือ “Sanger method” ซึ่งมีความถูกต้องแม่นยำและรวดเร็วมากขึ้น แซงเกอร์ได้รับรางวัลโนเบลเป็นครั้งที่ 2 ในสาขาเคมี ในปี ค.ศ. 1980 ในขณะที่การพัฒนาเทคนิควิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์ยังคงได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องจนถึงปัจจุบัน ทำให้ปัจจุบันการวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์มีราคาถูกลงและสามารถวิเคราะห์จีโนมได้อย่างรวดเร็ว (Heather and Chain, 2016 : 1-3)



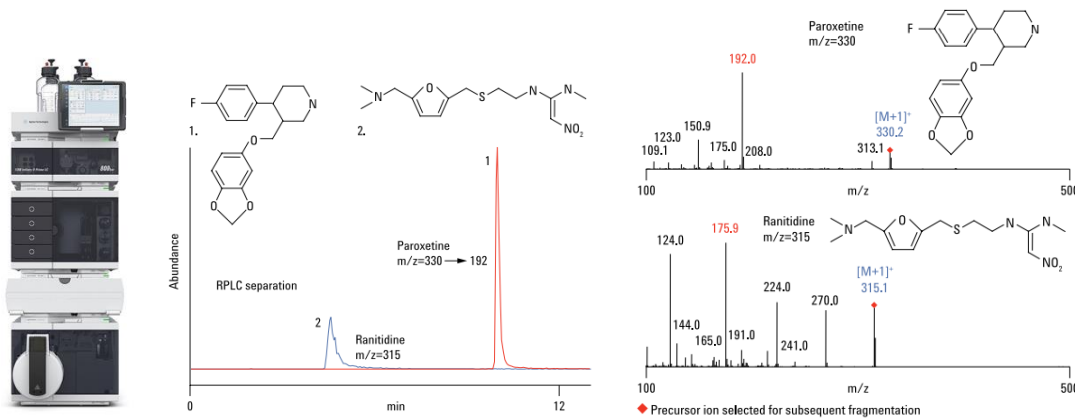
ภาพประกอบ 1.10 เรย์ หวู (ค.ศ. 1928-2008) และเฟรดเดอริก แซงเกอร์ (ค.ศ. 1918-2013) ผู้พัฒนาเทคนิควิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์และลำดับกรดอะมิโน
ที่มา : The Nobel Prizes (n.d.)

5. ชีวเคมียุคใหม่

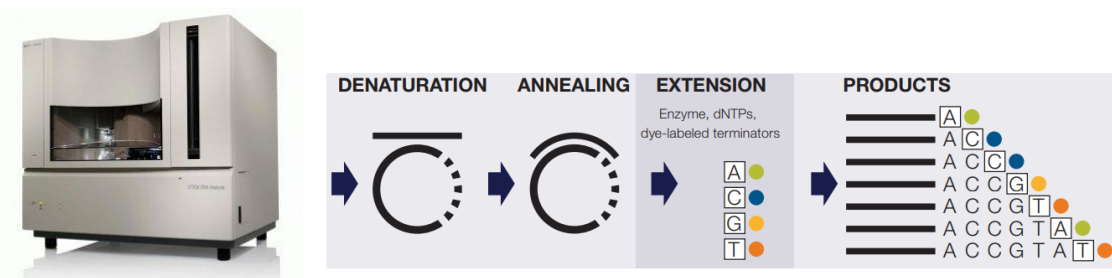
นับตั้งแต่ต้นศตวรรษที่ 20 ถือได้ว่ามีนักชีวเคมียุคใหม่เกิดขึ้นมากมาย ได้แก่ เซอร์ฮันส์ ออดอล์ฟ เครบส์ ที่ศึกษากระบวนการเมแทบอลิซึมอย่างเป็นระบบ และในปี ค.ศ. 1960 โรเบิร์ต เคลล็อกก์ เครน (Robert Kellogg Crane) ค้นพบกลไกการขนส่งร่วมของโซเดียม-กลูโคส (sodium-glucose cotransport) ของระบบการดูดซึมกลูโคสในลำไส้ ซึ่งถือได้ว่าเป็นการค้นพบครั้งแรกเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของไอออนและสารชีวโมเลกุลในการขนส่งผ่านเยื่อเซลล์ (Vlotides and Mertens, 2014 : 1272–1273) การศึกษาชีวเคมีในยุคใหม่มีความซับซ้อนยิ่งขึ้น และสามารถอธิบายปัญหาต่าง ๆ ที่เคยเป็นคำถามในอดีตได้มากขึ้น มีการพัฒนาเทคนิควิธีทางชีวเคมีเพื่อช่วยในการหาคำตอบ เช่น เทคนิคโครมาโทกราฟี (chromatography) เทคนิคเอกซเรย์ดิฟแฟรกชัน (X-ray diffraction) เทคนิคการติดตามด้วยสารกัมมันตรังสี (radioisotopic labelling) เทคนิคการเพิ่มปริมาณสารพันธุกรรมด้วยปฏิกิริยาลูกโซ่ (polymerase chain reaction, PCR) การแยกสารชีวโมเลกุลด้วยกระแสไฟฟ้า หรืออิเล็กโตรโฟรีซิส (electrophoresis) และการจำลองทางโมเลกุลด้วยคอมพิวเตอร์ เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีการพัฒนาเครื่องมือที่ทันสมัยมีความไวสูงและมีความแม่นยำเพื่อการวิเคราะห์ เช่น เครื่องเอ็นเอ็มอาร์สเปกโทรมิเตอร์ (nuclear magnetic resonance spectrometer, NMR) สำหรับใช้วิเคราะห์โครงสร้างของสารประกอบ เครื่องวิเคราะห์ลำดับกรดอะมิโน เครื่องวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์ เครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (high-performance liquid chromatography, HPLC) เครื่องโครมาโทกราฟีแบบก๊าซ (gas chromatography, GC) และเครื่องสเปกโทรมิเตอร์ (spectrometer) ดังภาพประกอบ 1.11-1.13 เป็นต้น ด้วยเครื่องมือที่ทันสมัยนี้ทำให้การวิจัยทางชีวเคมีมีความก้าวหน้าไปอย่างรวดเร็ว นำไปสู่การประยุกต์ใช้ประโยชน์จากองค์ความรู้ทางชีวเคมีไปสู่ศาสตร์แขนงต่าง ๆ (Wilson and Walker, 2010 : 536-549 and Mosier and Ladisch, 2011 : 13-16)



ภาพประกอบ 1.11 เครื่องเอ็นเอ็มอาร์สเปกโทรมิเตอร์และ ¹H NMR spectrum ของเอทิลอะซิเตต
ที่มา : Günther (2013 : 3)



ภาพประกอบ 1.12 เครื่อง Liquid chromatography–mass spectrometry (LC-MS) แสดงผลการวิเคราะห์โครงสร้างของยาพาร็อกซีทีน (paroxetine) และยาแรนิติดีน (ranitidine)
ที่มา : Agilent Technologies Inc. (2016 : 95)



ภาพประกอบ 1.13 เครื่องวิเคราะห์ลำดับดีเอ็นเอและแผนผังการวิเคราะห์แบบ dye terminator cycle
ที่มา : Thermo Fisher Scientific Inc. (2016 : 6)

ขอบข่ายการศึกษาด้านชีวเคมี

ในบรรดาธาตุที่พบในธรรมชาติบนโลกจำนวน 94 ชนิด พบว่ามีธาตุที่เป็นองค์ประกอบของมนุษย์ และสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ประมาณ 60 ชนิด และมีเพียง 29 ชนิดที่มีบทบาทสำคัญต่อชีวิต (Nielsen, 1999 : 283-284) ภาพประกอบ 1.14 แสดงธาตุองค์ประกอบในร่างกายมนุษย์ โดยมีธาตุหลัก 6 ชนิดที่มีปริมาณถึงร้อยละ 99% ขององค์ประกอบร่างกายมนุษย์ คือ คาร์บอน ไฮโดรเจน ไนโตรเจน ออกซิเจน แคลเซียม และ ฟอสฟอรัส (Kincses and Ballne, 2013 : 3-4) หลักสำคัญของชีวเคมีคือการศึกษาสารชีวโมเลกุล (biomolecule) 4 ชนิดหลัก คือ คาร์โบไฮเดรต (carbohydrate) โปรตีน (protein) ลิพิด (lipid) และ กรดนิวคลีอิก (nucleic acid) (Slabaugh *et al.*, 2013 : 6-7) การศึกษาชีวเคมีจึงมีขอบข่ายตั้งแต่ระดับพื้นฐานของโครงสร้างทางเคมีจนถึงระดับการทำงานของเซลล์ที่มีความซับซ้อน จำแนกขอบข่ายการศึกษาเป็น 3 ระดับ ดังนี้ (Voet and Voet, 2005 : 13-14 and Stryer *et al.*, 2007 : 11-12)

1. การศึกษาชีวเคมีระดับโมเลกุล

การศึกษาชีวเคมีระดับโมเลกุลเป็นการศึกษาโครงสร้างและการทำงานของสารชีวโมเลกุล ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน กรดนิวคลีอิก และสารอินทรีย์ต่าง ๆ ที่เป็นองค์ประกอบของเซลล์ สิ่งมีชีวิต เช่น การศึกษาองค์ประกอบของกรดไขมันในเนื้อเยื่อ การศึกษาชนิดของคาร์โบไฮเดรตที่อยู่ในอาหาร การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลกลูโคสในเลือด การวิเคราะห์ปริมาณกรดยูริกในปัสสาวะ ตลอดจน การศึกษาเทคนิคที่เกี่ยวข้องกับการแยกสารชีวโมเลกุลให้บริสุทธิ์เพื่อระบุคุณลักษณะทางกายภาพและคุณสมบัติทางชีวภาพ เช่น การสกัดแยกโปรตีนออกจากเซลล์และทำให้บริสุทธิ์ด้วยเทคนิคเจลฟิลเทรชัน (gel filtration) หรือใช้เรซินแลกเปลี่ยนไอออน (ion exchange resin) การวิเคราะห์ขนาดโมเลกุลโปรตีนด้วยเทคนิคโซเดียมโดเดซิลซัลเฟต พอลิอะคริลิไมด์เจล อิเล็กโตรโพลีซิส (sodium dodecyl sulfate polyacrylamide gel electrophoresis, SDS-PAGE) การสกัดดีเอ็นเอและแยกบนวุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า (agarose gel electrophoresis) เพื่อวิเคราะห์ขนาดของชิ้นดีเอ็นเอ เป็นต้น ซึ่งการศึกษาระดับโมเลกุลเป็นพื้นฐานของการวิจัยทางชีวเคมีในขั้นสูงต่อไป

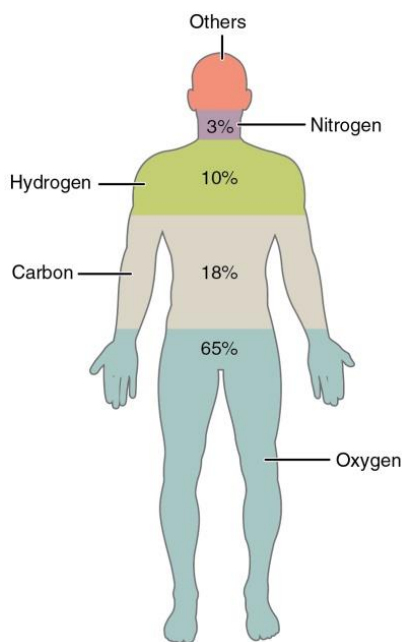
2. การศึกษาชีวเคมีระดับเมแทบอลิซึม

การศึกษาชีวเคมีระดับเมแทบอลิซึมเป็นการศึกษาการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางเคมีของสารชีวโมเลกุลต่าง ๆ ซึ่งมีเอนไซม์ (enzyme) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาทางชีวภาพ (biocatalyst) การทำงานของเอนไซม์โดยการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของสารตั้งต้น (substrate) เป็นลำดับขั้นตอนหลาย ๆ ขั้น ในชุดของปฏิกิริยาจะเรียกว่าวิถีเมแทบอลิซึม ซึ่งประกอบไปด้วยกระบวนการสลายสารชีวโมเลกุลให้มีขนาดเล็กลงพร้อมกับได้พลังงานออกมา และกระบวนการที่ต้องใช้พลังงานในการสังเคราะห์สารชีวโมเลกุลขนาดใหญ่โดยใช้สารตัวกลางหลาย ๆ ชนิด ตัวอย่างการศึกษาระดับเมแทบอลิซึมได้แก่การสกัดเอนไซม์จากเนื้อเยื่อและทำให้บริสุทธิ์จากนั้นจึงนำมาทำปฏิกิริยากับสารตั้งต้นแล้ววิเคราะห์อัตราการเกิดผลิตภัณฑ์หรือศึกษาอิทธิพลของตัวยับยั้ง การศึกษานี้จะทำให้เข้าใจลำดับและกลไกในการเกิดปฏิกิริยาทางชีวเคมีรวมถึง

ทำให้ได้ข้อมูลทางจลนพลศาสตร์ของการเร่งปฏิกิริยาที่มีเอนไซม์เป็นตัวเร่ง (enzyme kinetics) ซึ่งจะเป็นประโยชน์สำหรับการประยุกต์ใช้ในการศึกษาการออกฤทธิ์ของยารักษาโรค

3. การศึกษาชีวเคมีระดับควบคุมกลไก

การศึกษาชีวเคมีระดับควบคุมกลไกที่เป็นการศึกษาวิธีการสังเคราะห์ของเซลล์ให้ในเกิดการทำงานอย่างระเบียบแบบแผน การควบคุมปฏิกิริยาให้สามารถดำเนินไปในทิศทางที่เซลล์ต้องการโดยการสะสมสารตั้งต้นหรือการเคลื่อนย้ายผลิตภัณฑ์ออกจากระบบเพื่อให้ปฏิกิริยาเกิดไปข้างหน้าได้ตามหลักการทางอุณหพลศาสตร์ (thermodynamics) การควบคุมการแสดงออกของยีนโดยตัวเหนี่ยวนำหรือตัวยับยั้งที่ส่งผลต่อกระบวนการถอดรหัส (transcription) การแปลรหัส (translation) ซึ่งส่งผลต่อการแสดงออกของฟีโนไทป์ (phenotype) การศึกษาระดับควบคุมกลไกสามารถทำให้เข้าใจลำดับกลไกการแสดงออกของยีนของสิ่งมีชีวิต สามารถใช้อธิบายสาเหตุการเกิดโรคทางพันธุกรรม โรคติดเชื้อ และยังสามารถประยุกต์ใช้ในงานด้านเทคโนโลยีชีวภาพซึ่งทำให้สามารถกำหนดลักษณะการแสดงออกของเซลล์สิ่งมีชีวิตหรือสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรมเพื่อให้ผลิตสารชีวภาพได้



Element	Symbol	Percentage in Body
Oxygen	O	65.0
Carbon	C	18.5
Hydrogen	H	9.5
Nitrogen	N	3.2
Calcium	Ca	1.5
Phosphorus	P	1.0
Potassium	K	0.4
Sulfur	S	0.3
Sodium	Na	0.2
Chlorine	Cl	0.2
Magnesium	Mg	0.1
Trace elements include boron (B), chromium (Cr), cobalt (Co), copper (Cu), fluorine (F), iodine (I), iron (Fe), manganese (Mn), molybdenum (Mo), selenium (Se), silicon (Si), tin (Sn), vanadium (V), and zinc (Zn).		less than 1.0

ภาพประกอบ 1.14 ธาตุองค์ประกอบหลักของร่างกายมนุษย์

ที่มา : OpenStax College (2013)

ความสัมพันธ์ของชีวเคมีกับวิทยาศาสตร์แขนงอื่น ๆ

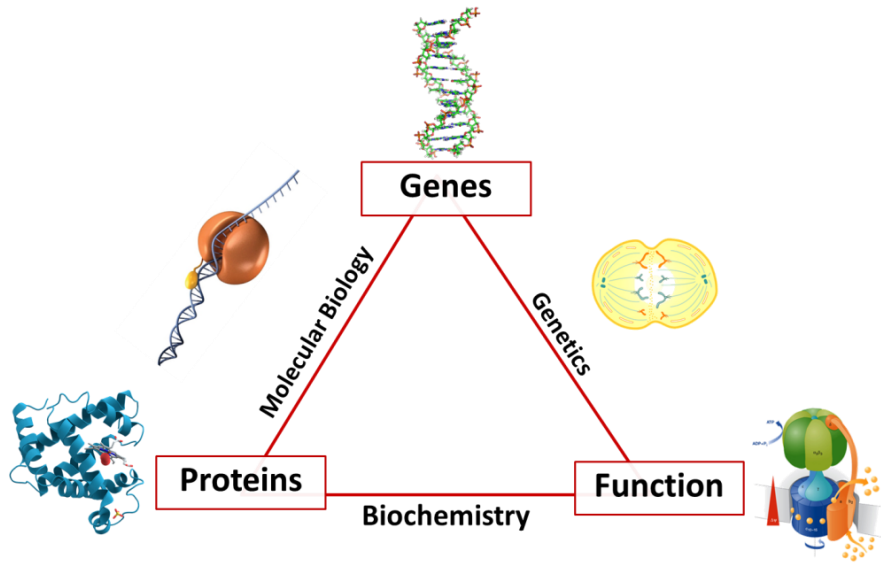
เมื่อการศึกษาและวิจัยมีความก้าวหน้าและซับซ้อนมากขึ้นจึงมีการบูรณาการระหว่างศาสตร์เกิดขึ้นมากมาย ชีวเคมีเป็นเรื่องที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาในสิ่งมีชีวิตทุกชนิดจึงทำให้เกิดความสัมพันธ์อย่างกลมกลืนกับศาสตร์สาขาวิชาต่าง ๆ โดยเฉพาะทางด้านพันธุศาสตร์และอณูชีววิทยา ตัวอย่างของที่ชัดเจนได้แก่การตัดต่อพันธุกรรมของจุลินทรีย์เพื่อผลิตโปรตีนบางชนิดที่จะต้องมีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับชีวโมเลกุลจากการศึกษาทางชีวเคมี มีการใช้เทคนิคทางอณูชีววิทยาเพื่อตัดต่อยีนและสามารถควบคุมการแสดงออกของยีนได้ ใช้ความรู้และเทคนิคทางจุลชีววิทยาเพื่อเพาะเลี้ยงเซลล์แบคทีเรียและถ่ายยีนเข้าสู่เซลล์ ใช้ความรู้ทางเทคโนโลยีชีวภาพเพื่อออกแบบกระบวนการผลิตสารชีวโมเลกุลที่ได้จากสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรม และใช้ความรู้ทางชีวเคมีเพื่อสกัดแยกและตรวจวิเคราะห์ปริมาณหรือการออกฤทธิ์ทางชีวภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้ หากมีการประยุกต์ไปเพื่อการผลิตสารชีวโมเลกุลอื่น ๆ ในด้านพืชหรือสัตว์ก็จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีความสัมพันธ์กับสาขาพฤกษศาสตร์และสัตวศาสตร์ และในกรณีการผลิตยารักษาโรคก็จำเป็นจะต้องมีความสัมพันธ์กับสาขาการแพทย์และเภสัชศาสตร์ เป็นต้น ด้วยเหตุนี้ชีวเคมีจึงสามารถนำไปประยุกต์ได้ในหลายวงการ (นภา ศิวรังสรรค์, 2557 : 85-89)

1. ความสัมพันธ์ของชีวเคมีกับอณูชีววิทยา

อณูชีววิทยา หรือ ชีววิทยาระดับโมเลกุล (molecular biology) เป็นการศึกษาเกี่ยวกับโครงสร้าง และการทำงานของหน่วยพันธุกรรม ในระดับโมเลกุล เป็นสาขาที่คาบเกี่ยวกันระหว่างสาขาพันธุศาสตร์และชีวเคมี อณูชีววิทยามุ่งเน้นศึกษาปฏิสัมพันธ์ระหว่างระบบต่าง ๆ ภายในเซลล์ ซึ่งรวมถึงปฏิสัมพันธ์ระหว่างการสังเคราะห์ ดีเอ็นเอ อาร์เอ็นเอ และ โปรตีน และรวมถึงการควบคุมกระบวนการทางชีวเคมีของเซลล์ เทคนิคที่ใช้ในงานวิจัยทางด้านอณูชีววิทยา ได้แก่ การโคลนยีนระดับโมเลกุล (molecular cloning) การเพิ่มปริมาณสารพันธุกรรมด้วยปฏิกิริยาลูกโซ่ (PCR) เทคนิคอิเล็กโตรโฟรีซิส การตรวจสอบโปรตีนหรือกรดนิวคลีอิกด้วยโพรบ (probe) ที่จำเพาะ (macromolecule blotting) และเทคนิคไมโครอะเรย์ (microarray) (Voet and Voet, 2005 : 830-837 and Weaver, 2011 : 1-2)

2. ความสัมพันธ์ของชีวเคมีกับพันธุศาสตร์

พันธุศาสตร์ (genetics) มีการศึกษาเกี่ยวกับยีน การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม และความหลากหลายทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต พันธุศาสตร์มีความสัมพันธ์กับชีวเคมีในส่วนที่ว่าด้วยเรื่องของโครงสร้างเชิงโมเลกุลและหน้าที่ของยีน เพื่อนำไปสู่การอธิบายพฤติกรรมของยีนในบริบทของเซลล์สิ่งมีชีวิตแบบแผนของการถ่ายทอดลักษณะจากรุ่นสู่รุ่น การกระจายของยีน ความแตกต่างทางพันธุกรรมและการเปลี่ยนแปลงของพันธุกรรมในประชากรของสิ่งมีชีวิต เช่น การศึกษาหาความสัมพันธ์ของยีนตลอดทั่วทั้งจีโนม) และเมื่อถือว่ายีนเป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิตทั้งหมด พันธุศาสตร์และชีวเคมีจึงเป็นวิชาที่นำไปใช้ได้กับสิ่งมีชีวิตทุกชนิด ทั้งไวรัส แบคทีเรีย พืช สัตว์ และมนุษย์ (Voet and Voet, 2005 : 830-846 and Brooker, 2008 : 11-12)



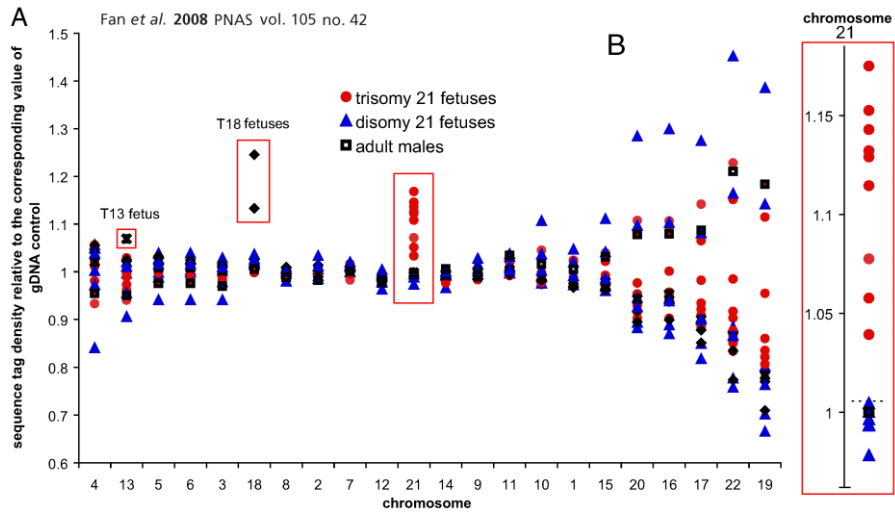
ภาพประกอบ 1.15 แผนผังความสัมพันธ์ของชีวเคมี พันธุศาสตร์ และอณูชีววิทยา
ที่มา : ดัดแปลงจาก Severyn *et al.* (2009 : 394-395)

ชีวเคมีประยุกต์

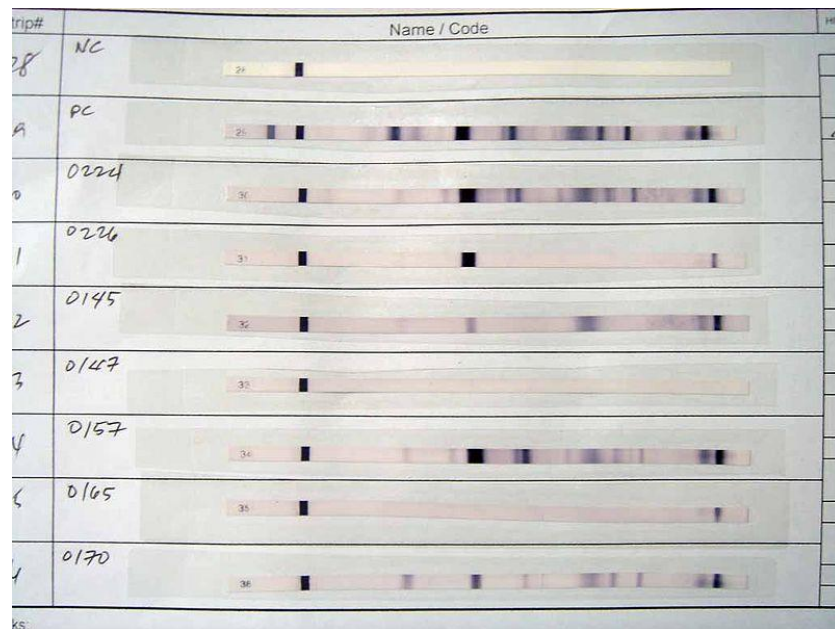
ชีวเคมีประยุกต์เป็นการนำความรู้ทางชีวเคมีมาบูรณาการกับศาสตร์ต่าง ๆ เพื่อพัฒนาให้เกิดองค์ความรู้ใหม่และเกิดเป็นเทคโนโลยีใหม่เพื่อแก้ปัญหาหรือตอบสนองความต้องการของมนุษย์ (นภา ศิวรังสรรค์, 2557 : 7-9) ชีวเคมีประยุกต์มีความเกี่ยวข้องกับศาสตร์ด้านต่าง ๆ ดังนี้

1. ด้านการแพทย์

ชีวเคมีเป็นศาสตร์ที่สามารถอธิบายพฤติกรรมทางสรีรวิทยาของสิ่งมีชีวิตตั้งแต่ระดับเซลล์จนถึงระดับโมเลกุล ได้แก่ เมแทบอลิซึมของสารอาหาร ฮอร์โมน สมดุลเคมีในร่างกาย กลไกของไวรัส รวมถึงความผิดปกติทางพันธุกรรมของมนุษย์ เป็นต้น ความรู้ทางชีวเคมีจึงสามารถนำมาเพื่อประยุกต์การวินิจฉัยโรค เช่นการตรวจหาความผิดปกติทางพันธุกรรมของทารกในครรภ์ด้วยวิธีการหาลำดับดีเอ็นเอที่ผิดปกติ (ภาพประกอบ 1.16) การวินิจฉัยการติดเชื้อ HIV โดยเทคนิค western blot (ภาพประกอบ 1.17) วิธีการรักษาโรคมะเร็งทั้งการผลิตยาชนิดใหม่ ๆ เช่น ฮอร์โมนอินซูลินจากการตัดต่อพันธุกรรม และวัคซีนป้องกันโรคไวรัสตับอักเสบบีจากการตัดต่อพันธุกรรม (ภาพประกอบ 1.18) ในบทต่อไปจะกล่าวถึงชีวเคมีประยุกต์ด้านการแพทย์ โดยมีการยกกรณีตัวอย่างของโรคความผิดปกติทางเมแทบอลิซึมแต่กำเนิด โรคโลหิตจางธาลัสซีเมีย โรคเอดส์ โรคมะเร็ง โรคไขข้ออักเสบ โรคเบาหวาน และโรคเกาต์ ซึ่งต้องใช้ความรู้ทางชีวเคมีในการอธิบายสาเหตุและกลไกของการเกิดโรคมะเร็งถึงแนวทางการป้องกันและรักษา (ชัยสิทธิ์ สิทธิเวช, 2557 : 76-77 และ ปนัดดา โรจน์พิบูลย์สถิตย์, 2558 : 235)



ภาพประกอบ 1.16 การวิเคราะห์ลำดับดีเอ็นเอของตัวอ่อนในครรภ์ โดยใช้ตัวอย่างจากเลือดมารดาที่มี ดีเอ็นเอของตัวอ่อนปะปนอยู่ ด้วยเทคนิค shotgun DNA sequencing พบว่าตัวอ่อนมีโครโมโซมคู่ที่ 21 เกินมา 1 แห่ง (trisomy 21) ซึ่งเป็นลักษณะของโรคดาวน์ซินโดรม (Down's syndrome)
ที่มา : Fan (2008 : 16267)



ภาพประกอบ 1.17 การวินิจฉัยการติดเชื้อ HIV โดยเทคนิค western blot (NC = negative control PC = positive control)
ที่มา : Mishara (n.d.)



ภาพประกอบ 1.18 ตัวอย่างยาอินซูลินและวัคซีนป้องกันไวรัสตับอักเสบบีที่ผลิตด้วยเทคนิคพันธุวิศวกรรม
ที่มา : Sedico Pharmaceuticals Company (n.d.)

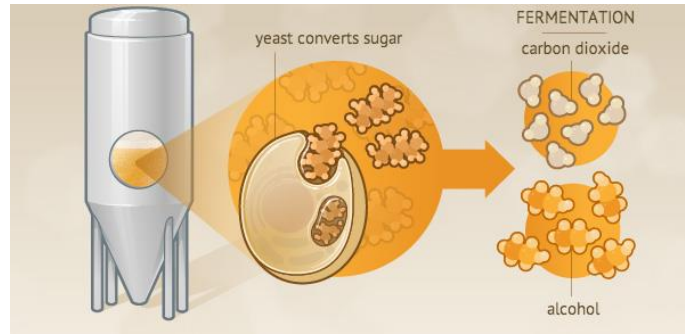
2. ด้านอุตสาหกรรม

ในอุตสาหกรรมการผลิตสิ่งอุปโภคและบริโภคหลายชนิดใช้หลักการและองค์ความรู้ทางด้านชีวเคมีเพื่ออธิบายกลไกการเปลี่ยนแปลงทางชีวภาพ และทำให้บรรลุวัตถุประสงค์ของผลิตภัณฑ์นั้น ๆ เช่น อุตสาหกรรมอาหารหมักจะต้องใช้เซลล์จุลินทรีย์หรือเอนไซม์ในกระบวนการผลิต ทั้งนี้วัตถุประสงค์เพื่อให้การผลิตมีคุณภาพและมาตรฐานในด้านกลิ่นรส เนื้อสัมผัส และคุณค่าทางอาหาร ตัวอย่างได้แก่ การหมักเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ การผลิตน้ำส้มสายชู การหมักซอสปรุงรสจากถั่วเหลือง การผลิตนมเปรี้ยว นอกจากนี้ยังมีเทคโนโลยีการใช้เอนไซม์แปรรูปอาหารเพื่อเพิ่มมูลค่า และการใช้สารบางชนิดยับยั้งเอนไซม์ในอาหารเพื่อเป็นการถนอมอาหาร ในขณะที่อุตสาหกรรมสิ่งอุปโภคอื่น ๆ ก็มีการใช้เทคโนโลยีเอนไซม์ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ เช่น อุตสาหกรรมการผลิตน้ำยาทำความสะอาดเครื่องนุ่งห่มที่มีการเติมเอนไซม์โปรทีเอส (protease) อะไมเลส (amylase) และลิเพส (lipase) เพื่อเสริมประสิทธิภาพการทำความสะอาด อุตสาหกรรมกระดาษที่จะต้องใช้เอนไซม์เซลลูเลส (cellulase) และ ไซแลนเนส (xylanase) เพื่อปรับปรุงคุณภาพเยื่อกระดาษและกำจัดคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ต้องการออก (ปราณี พัฒนพิพิธไพศาล, 2556 : 209-210 ; ปราณี อ่านเปรื่อง, 2558 : 352 และ อรัญ หันพงศ์กิตติกุล, 2560 : 211)



ภาพประกอบ 1.19 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์อาหารหมัก เช่น น้ำส้มสายชู ซอสถั่วเหลือง และเครื่องดื่มแอลกอฮอล์

ที่มา : Japan Centre Food Hall (2017)



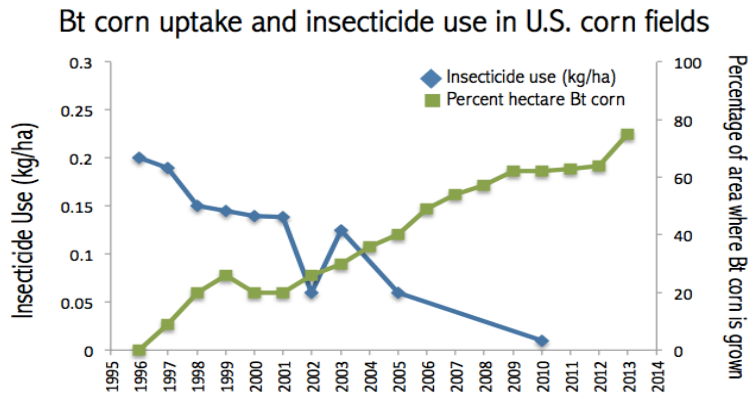
ภาพประกอบ 1.20 การหมักแอลกอฮอล์โดยเซลล์ยีสต์
ที่มา : U.S. National Library of Medicine (2016)

3. ด้านการเกษตร

ความรู้ทางชีวเคมีสามารถใช้อธิบายกระบวนการทางสรีรวิทยาต่าง ๆ ของพืช เช่น การสังเคราะห์แสง การตรึงไนโตรเจน การตอบสนองต่อฮอร์โมน และนำไปสู่การประยุกต์เป็นเทคโนโลยี เพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร การกำจัดศัตรูพืช การปรับปรุงพันธุ์ การขยายพันธุ์พืชด้วยเทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ (plant tissue culture) (ภาพประกอบ) เทคโนโลยีหลักการเก็บเกี่ยว การแปรรูปผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร รวมถึงการสร้างพืชในลักษณะที่ต้องการด้วยเทคนิคพันธุวิศวกรรม (genetic engineering) ซึ่งในปัจจุบันมีความก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว สามารถสร้างและพัฒนาพืชตัดแปลงพันธุกรรมให้มีความสามารถในการต้านทานโรคและแมลงเพื่อลดการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช การเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้ผลผลิตทางการเกษตร และความสามารถในการทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงได้ (ศิริลักษณ์ เอี่ยมธรรม, 2552 : 3-7 ; สมพร ประเสริฐสงสกุล, 2552 : 2-6 และ นรินทร์ เรืองพานิช, 2553 : 4)



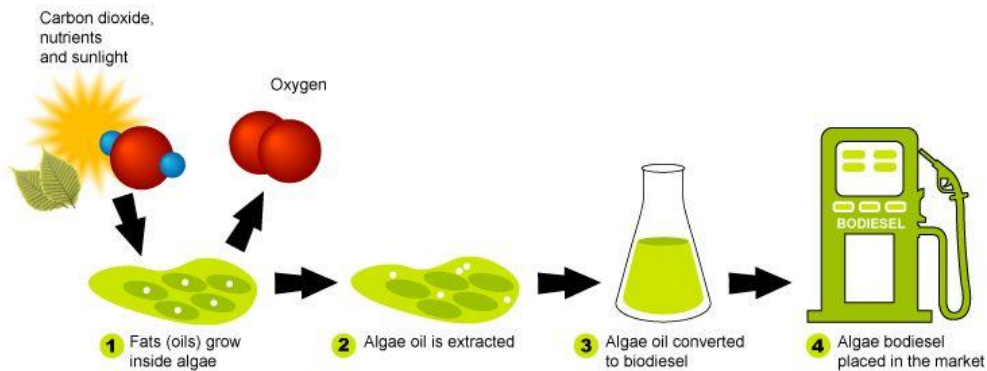
ภาพประกอบ 1.21 เทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช
ที่มา : Lee (n.d.)



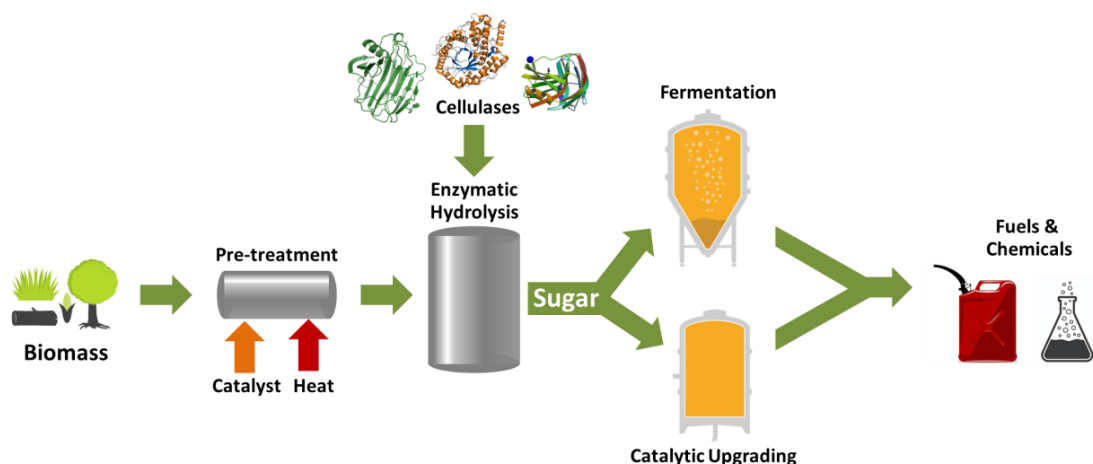
ภาพประกอบ 1.22 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของปริมาณการเพาะปลูกข้าวโพดตัดต่อพันธุกรรม (Bt corn) ที่เพิ่มขึ้น และปริมาณการใช้อยาฆ่าแมลงที่ลดลง ในสหรัฐอเมริกา ระหว่างปี ค.ศ. 1996-2014
ที่มา : Hsiao (2015)

4. ด้านสิ่งแวดล้อม

ความรู้ทางชีวเคมียังเกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมในเชิงการบำบัดสารมลพิษที่เป็นอันตรายในสิ่งแวดล้อม โดยการใช้จุลินทรีย์ธรรมชาติหรือลินทรีย์ดัดแปรพันธุกรรมเพื่อการย่อยสลายสารมลพิษ (อลิสซา วังใน, 2553 : 213-219) และความรู้ทางชีวเคมียังสามารถนำไปพัฒนาพลังงานทดแทน เช่น การผลิตไบโอดีเซล (biodiesel) จากพืชน้ำมัน การหมักเอทานอลจากแป้งและเซลลูโลสโดยใช้จุลินทรีย์ การผลิตไฮโดรเจนหรือไบโอดีเซลจากสาหร่าย เป็นต้น (นภา ศิวรังสรรค์, 2557 : 31-35 และ วรวิฑูมิ จุฬาลักษณ์านุกูล, 2558 : 24-29)



ภาพประกอบ 1.23 แนวคิดการผลิตไบโอดีเซลจากสาหร่าย
ที่มา : Hanson and Sennes (2009)



ภาพประกอบ 1.24 การผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพจากชีวมวลด้วยกระบวนการหมัก

ที่มา : ดัดแปลงจาก Neha *et al.* (2015 : 58)

สรุป

การศึกษาชีวเคมีได้พัฒนาต่อเนื่องกันมาหลายร้อยปี นับตั้งแต่การค้นพบสารชีวโมเลกุล เอนไซม์ กระบวนการเมแทบอลิซึม กรดนิวคลีอิก และการควบคุมการแสดงออกของยีน จนกระทั่งในปัจจุบัน ความรู้และเทคนิคทางชีวเคมียังคงมีการค้นพบใหม่เรื่อย ๆ การศึกษาชีวเคมีเพื่อนำไปสู่การประยุกต์ใช้จะยังคงมีต่อไปไม่สิ้นสุด トラบไตที่มนุษย์ยังมีการศึกษาค้นคว้าเพื่อหาคำตอบและเพื่อแก้ไขปัญหา ชีวเคมีมีความสัมพันธ์กับพันธุศาสตร์และอณูชีววิทยาอย่างแยกกันไม่ได้เพราะต้องอาศัยความรู้และทักษะประกอบกัน และชีวเคมีสามารถนำไปประยุกต์เข้ากับเทคโนโลยีสาขาต่าง ๆ ได้อย่างหลากหลาย เช่น เทคโนโลยีอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่มโดยใช้กระบวนการหมักหรือเร่งปฏิกิริยาด้วยเอนไซม์ เทคโนโลยีอุตสาหกรรมสิ่งอุปโภคในชีวิตประจำวันที่เกี่ยวข้องกับสารชีวโมเลกุล เทคโนโลยีชีวภาพเพื่อการผลิตสารชีวสังเคราะห์ทดแทนการสกัดจากธรรมชาติ ด้านสิ่งแวดล้อมและพลังงานทดแทนที่จำเป็นต้องอาศัยการผลิตเชื้อเพลิงหรือการย่อยสลายจากเซลล์สิ่งมีชีวิต รวมถึงด้านการแพทย์และเภสัชศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตยา วัคซีน และชุดตรวจโรคต่าง ๆ ซึ่งในอนาคตอันใกล้ชีวเคมีประยุกต์อาจจะช่วยให้มนุษยชาติประสบความสำเร็จในการรักษาโรคมะเร็งและโรคเอดส์ และสามารถผลิตอาหารและพลังงานเพื่อหล่อเลี้ยงประชากรบนโลกได้อย่างเพียงพอ และอาจเป็นไปได้ว่าชีวเคมีประยุกต์จะช่วยให้มนุษย์สามารถเอาชนะการเปลี่ยนแปลงของธรรมชาติเพื่อการดำรงรักษาเผ่าพันธุ์ของมนุษย์ไปอีกตราบนานเท่านาน

คำถามท้ายบท

1. จงอธิบายความสำคัญของหลักชีวเคมีต่อการศึกษาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ
2. จงยกตัวอย่างเทคนิคทางชีวเคมีที่จำเป็นต่อการประยุกต์ใช้ในงานทางเทคโนโลยีชีวภาพ
3. ชีวเคมีมีความเกี่ยวข้องกับอณูชีววิทยาและพันธุศาสตร์อย่างไร
4. จงอธิบายความสัมพันธ์ของชีวเคมีและจุลชีววิทยา
5. จงยกตัวอย่างการประยุกต์ใช้ความรู้ทางชีวเคมีในด้านการวิจัยทางพฤกษศาสตร์
6. ผลิตภัณฑ์อาหารหมักเกี่ยวข้องกับชีวเคมีอย่างไร
7. เทคนิคทางพันธุวิศวกรรมมีความสัมพันธ์กับชีวเคมีอย่างไร
8. การค้นพบโครงสร้างดีเอ็นเอของวัตสันและคริกมีประโยชน์ต่อวงการชีวเคมีอย่างไร
9. ชีวเคมีมีความสำคัญต่อการแพทย์และสาธารณสุขอย่างไร
10. หากกล่าวว่าชีวเคมีประยุกต์จะสามารถบรรเทาปัญหาการขาดแคลนอาหารของมนุษยชาติได้ นักศึกษาคิดว่าชีวเคมีประยุกต์จะสามารถทำได้อย่างไร

เอกสารอ้างอิง

- ชัยสิทธิ์ สิทธิเวช. (2557). **ชีวเคมีทางการแพทย์**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- นภา ศิวรังสรรค์. (2557). **ชีวเคมีประยุกต์**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- นรินทร์ เรืองพานิช. (2553). รายงานการสืบค้นข้อมูลความก้าวหน้าและสถานะทางเทคโนโลยีชีวภาพของสิ่งมีชีวิตดัดแปลงทางพันธุกรรม (GMOs) ในประเทศสหรัฐอเมริกา เสนอต่อสำนักงานปลัดกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (30 ธันวาคม 2553). สืบค้นวันที่ 11 เมษายน 2560 จาก สำนักงานปลัดกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, เว็บไซต์:
http://164.115.22.186/webmost/main/attachments/2234_gmo-in-usa.pdf
- ปนัดดา โรจน์พิบูลย์สถิตย์. (2558). **ชีวเคมีทางการแพทย์ : เมตาบอลิซึมของสารอาหารเชิงบูรณาการสำหรับนักศึกษาสายวิทยาศาสตร์การแพทย์**. กรุงเทพฯ: โอกรูป เพรส.
- ปราณี พัฒนพิพิธไพศาล. (2556). **เอนไซม์เทคโนโลยี**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ปราณี อ่านเปรื่อง. (2558). **เอนไซม์ทางอาหาร**. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วรวัฒน์ พรหมเด่น. (2558). **ชีวเคมีพื้นฐาน**. กรุงเทพฯ: ทริปปี้ล เอ็ดดูเคชั่น.
- วรวุฒิ จุฬาลักษณ์านุกุล. (2558). **เชื้อเพลิงชีวภาพด้วยตัวเร่งชีวภาพ**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศิริลักษณ์ เอี่ยมธรรม. (2552). **พันธุวิศวกรรม วิธีการและการประยุกต์ใช้**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สมพร ประเสริฐสูงสกุล. (2552). **การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อกับการปรับปรุงพันธุ์พืช**. กรุงเทพฯ: โฟร์เพช.
- อรัญ หันพงษ์กิตติกุล. (2560). **เทคโนโลยีเอนไซม์**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
- อลิสซา วังโน. (2553). **การบำบัดสารมลพิษทางชีวภาพ**. กรุงเทพฯ: ส. เอเชียเพรส (1998).
- Agilent Technologies Inc. (2016). **The LC handbook : Guide to LC columns and method development**. California.
- Barnett, J.A. (2003). **A history of research on yeasts 5: The fermentation pathway**. *Yeast*. 20 (6): 509–543.
- Brooker, R.J. (2008). **Genetics: Analysis and principles**. (3rd ed.). New York: McGraw-Hill Education.

- Buchanan, J.M. (2002). **Biochemistry during the life and times of Hans Krebs and Fritz Lipmann.** *The Journal of Biological Chemistry.* 277 (37): 33531–33536.
- Claudi, M.C., Nogués, M.V., and Ronald, T.R. (2011). **Bovine pancreatic ribonuclease: 50 Years of the first enzymatic reaction mechanism.** *Biochemistry.* 20; 50(37): 7835–7841.
- Fan, H.C., Blumenfeld, Y.J., Chitkara, U., Hudgins, L., and Quake, S.R. (2008). **Noninvasive diagnosis of fetal aneuploidy by shotgun sequencing DNA from maternal blood.** *Proc Natl Acad Sci.* 105(42): 16266-16271.
- Günther, H. (2013). **NMR spectroscopy: Basic principles, concepts and applications in chemistry.** (3rd ed.). Wiley-VCH.
- Hanson, M.J. and Sennes, M.G. (2009). **The law of algae : Chapter 1 - Introduction to algae biofuels: selecting algae species, algae production issues, harvesting algae and extracting oil, and converting algae oil to biofuels.** Retrieved May 12, 2017, from Stoel Rives LLP. Available URL: <https://lawofalgae.wiki.zoho.com/Chapter-1-Introduction-to-Algae-Biofuels.html>
- Heather J.M., Chain B. (2106). **The sequence of sequencers: The history of sequencing DNA.** *Genomics.* 107(1): 1-8.
- Helvoort, T. (2000). **Reader's guide to the history of science.** Fitzroy Dearborn Publishing.
- Hsaio, J.J. (2015). **GMOs and pesticides: Helpful or harmful?** Retrieved May 5, 2017, from Science in the News: Harvard Graduate School of the Arts and Sciences. Available URL: <http://sitn.hms.harvard.edu/flash/2015/gmos-and-pesticides/>
- Japanese Food Hall. (2017). **Soy sauce vinegar and beer.** Retrieved May 28, 2017, from Japanese Centre. Available URL: <https://www.japancentre.com/en>
- Kincses, S. and Ballne K.A. (2013). **Applied biochemistry.** University of Debrecen, Service Sciences Methodology Centre. Hungary.
- Kunz, H. (2002). **Emil Fischer—unequaled classicist, master of organic chemistry research, and inspired trailblazer of biological chemistry.** *Angewandte Chemie International Edition.* 41 (23): 4439–4451.
- Lee, D. (n.d.). **How is tissue culture done.** Retrieved May 24, 2017, from Plant and Soil Sciences eLibrary. Available URL: <http://passel.unl.edu/pages/>

- informationmodule.php?idinformationmodule=957885612&topicorder=4&maxto=8
- Mishra, K. (n.d.). **Basic western blotting procedure in reference to HIV test**. Retrieved May 20, 2017, from MEDICAL microbiology. Available URL: <https://meromicrobiology.blogspot.com/2011/07/western-blotting-for-hiv-test.html>
- Mosier, N.S. and Ladisch, M.R. (2011). **Modern biotechnology: Connecting innovations in microbiology and biochemistry to engineering fundamentals**. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.,
- Neha, S., Manish, S., Mishra P.K., Pardeep,S., and Ramteke P.W. (2015). **Application of cellulases in biofuels industries : An Overview**. Journal of Biofuels and Bioenergy. 1(1): 55-63.
- Nielsen, F.H. (1999). **Ultrace minerals; Modern nutrition in health and disease**. Baltimore: Williams & Wilkins.
- OpenStax College. (2013). **Elements of the human body**. Retrieved May 21, 2017 from Wikimedia Commons, the free media repository Available URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:201_Elements_of_the_Human_Body-01.jpg
- Portin P. (2014). **The birth and development of the DNA theory of inheritance: Sixty years since the discovery of the structure of DNA**. J Genet. 93(1): 293-302.
- Science History Institute. (n.d.). **Historical biographies**. Retrieved May 30, 2017, from Science History Institute. Available URL: <https://www.sciencehistory.org/historical-biographies>
- Sedico Pharmaceuticals Company. (n.d.). **Recombinant human insulin**. Retrieved May 21, 2017, from MEDICAL microbiology. Available URL: http://www.sedico.net/English/products/webpages/Insulin/InsulinHBioR_e.htm
- Severyn, C.J., Shinde. U., Rotwein, P. (2009). **Molecular biology, genetics and biochemistry of the repulsive guidance molecule family**. Biochem J. 422(3): 393-403.
- Singh, P., Batra, H.S. and Naithani, M. (2004). **History of biochemistry**. Bull Indian Inst Hist Med Hyderabad. 34(1): 75-86.
- Slabaugh, M.R. and Seager, S.L. (2013). **Organic and biochemistry for today**. (6th ed.). Pacific Grove: Brooks Cole.

- Stryer L., Berg J.M. and Tymoczko J.L. (2007). **Biochemistry**. (6th ed.). San Francisco: W.H. Freeman.
- The Nobel Prize. (n.d.). **Nobel prizes and laureates**. Retrieved May 30, 2017, from Nobel Media AB. Available URL: <https://www.nobelprize.org/prizes/>
- Thermo Fisher Scientific Inc. (2016). **DNA sequencing by capillary electrophoresis : Applied Biosystems chemistry guide**. (3rd ed.). Massachusetts.
- U.S. National Library of Medicine. (2016). **From DNA to beer**. Retrieved May 21, 2017, from History of Medicine. Available URL: <https://www.nlm.nih.gov/exhibition/fromdnatobeer/exhibition-interactive/fermentation/fermentation-alternative.html>
- Vlotides, G. and Mertens, P.R. (2014). **Sodium-glucose cotransport inhibitors: Mechanisms, metabolic effects and implications for the treatment of diabetic patients with chronic kidney disease**. *Nephrology Dialysis Transplantation*. 30(8): 1272–1276.
- Voet, D. and Voet, J.G. (2005). **Biochemistry**. (3rd ed.). Hoboken, NJ: John Wiley & Sons Inc.
- Weaver, R.F. (2011). **Molecular Biology**. (5th ed.). New York: McGraw-Hill Education.
- Wilson, K. and Walker, J. (2010). **Principles and techniques of biochemistry and molecular biology**. (7th ed.). Cambridge: Cambridge University Press.