



ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นการเรียนรู้แบบร่วมมือ
เคมี 5 รหัสวิชา ว33225

ชุดที่ 3

เรื่อง สารชีวโมเลกุล ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โปรตีน

นางสาวชลกร มีกุล

ตำแหน่ง ครู

วิทยฐานะ: ครูชำนาญการ

โรงเรียนตราษตระการคุณ

สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา

มัธยมศึกษา เขต 17



ชุดกิจกรรมการเรียนรู้
ที่เน้นการเรียนรู้แบบร่วมมือ
เคมี 5 รหัสวิชา ว33225
เรื่อง สารชีวโมเลกุล
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6



นางสาวชนก มิ่งกุล

โรงเรียนตราขตระการคุณ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 17

คำนำ

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นการเรียนรู้แบบร่วมมือ รายวิชาเคมี 5 รหัสวิชา ว33225 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หน่วยการเรียนรู้เรื่อง สารชีวโมเลกุล ชุดที่ 5 เรื่อง โปรตีน เป็นนวัตกรรมทางการศึกษา ที่จัดทำขึ้นเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน และยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน โดยเป็นการจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ร่วมกัน โดยใช้การเรียนรู้แบบร่วมมือ ซึ่งเป็นวิธีหนึ่งที่ส่งเสริมให้ผู้เรียน ได้เรียนรู้แบบมีส่วนร่วมซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์ที่สัมพันธ์กับชีวิตจริงได้รับการฝึกฝนทักษะกระบวนการแสวงหาความรู้ ทักษะการบันทึกความรู้ ทักษะการคิด ทักษะการจัดการกับความรู้ ทักษะการแสดงออก ทักษะการสร้างความรู้ใหม่ และทักษะการทำงานเป็นกลุ่ม โดยเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเอง และมีครูเป็นผู้สร้างโอกาสทางการเรียนการสอน

ผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่าชุดกิจกรรมการเรียนรู้ชุดนี้ จะเป็นประโยชน์ต่อการเรียนรู้ของผู้เรียน อำนวยความสะดวกและเป็นประโยชน์ต่อการจัดการเรียนการสอนของครู และเป็นส่วนหนึ่งในการพัฒนาคุณภาพ และมาตรฐานการศึกษา กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ขอขอบพระคุณคณะผู้เชี่ยวชาญ ตลอดจนผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่ตรวจสอบให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุง เพื่อการแก้ไขชุดกิจกรรมการเรียนรู้ให้มีความสมบูรณ์อันส่งผลให้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้นี้มีประสิทธิภาพ และสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ไว้ ณ โอกาสนี้

ชลกร มีกุล

ครูชำนาญการ โรงเรียนตราษตระการคุณ

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
คำนำ.....	ก
สารบัญ.....	๗
ผังโนทัศน์.....	1
คำชี้แจงเกี่ยวกับชุดกิจกรรม.....	2
คำแนะนำในการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้สำหรับครู	3
คำแนะนำในการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้สำหรับผู้เรียน.....	4
ผลการเรียนรู้ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้.....	5
แบบทดสอบก่อนเรียน.....	7
บัตรคำสั่ง.....	10
บัตรเนื้อหาตอนที่ 1.....	11
บัตรกิจกรรมตอนที่ 1 กิจกรรมที่ 1.....	22
บัตรกิจกรรมตอนที่ 1 กิจกรรมที่ 2.....	25
บัตรแบบฝึกหัดตอนที่ 1.....	30
บัตรเฉลยกิจกรรมตอนที่ 1 กิจกรรมที่ 1.....	34
บัตรเฉลยแบบฝึกหัดตอนที่ 1.....	35
บัตรเนื้อหาตอนที่ 2.....	39
บัตรกิจกรรมตอนที่ 2 การทดลองที่ 1.....	56
บัตรกิจกรรมตอนที่ 2 การทดลองที่ 2.....	61
บัตรแบบฝึกหัดตอนที่ 2.....	66
บัตรเฉลยกิจกรรมตอนที่ 2 การทดลองที่ 1.....	68
บัตรเฉลยกิจกรรมตอนที่ 2 การทดลองที่ 2.....	70
บัตรเฉลยแบบฝึกหัดตอนที่ 2.....	72
แบบทดสอบหลังเรียน.....	74
กระดาษคำตอบแบบทดสอบก่อนเรียน-หลังเรียน.....	77
เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียน-หลังเรียน.....	78
บรรณานุกรม.....	79





ผังมโนทัศน์

สารชีวโมเลกุล

วิชาเคมี 5 (ว33225) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6





คำชี้แจงเกี่ยวกับชุดกิจกรรม

1. ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการเรียนแบบร่วมมือ รายวิชาเคมี 5 รหัสวิชา ว33225 สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง สารชีวโมเลกุล ประกอบด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้จำนวน 4 ชุดดังนี้
ชุดที่ 1 คาร์โบไฮเดรต
ชุดที่ 2 กรดนิวคลีอิก
ชุดที่ 3 โปรตีน
ชุดที่ 4 ลิพิด
2. ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ชุดนี้ เป็นชุดที่ 3 เรื่อง โปรตีน ใช้ประกอบแผนการจัดการเรียนรู้ รายวิชาเคมี 5 รหัสวิชา ว33225 สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 4 แผน ใช้เวลา 7 ชั่วโมง
3. ส่วนประกอบของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ชุดนี้ ประกอบด้วย
 - คำชี้แจงเกี่ยวกับชุดกิจกรรม
 - คำแนะนำในการใช้ชุดกิจกรรมสำหรับครู-นักเรียน
 - ผลการเรียนรู้, สำคัญ, สำคัญการเรียนรู้
 - แบบทดสอบก่อนเรียน (pre-test), แบบทดสอบหลังเรียน (post-test)
 - บัตรคำสั่ง, บัตรเนื้อหา, บัตรกิจกรรม, บัตรแบบฝึกหัด, บัตรเฉลยกิจกรรม, บัตรเฉลยแบบฝึกหัด
 - เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียน-หลังเรียน
 - บรรณานุกรม
4. ผู้ใช้ชุดกิจกรรมชุดนี้ ควรศึกษาคำแนะนำในการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ให้เข้าใจก่อนนำไปใช้



คำแนะนำในการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ สำหรับครู

1. ศึกษารายละเอียดในคู่มือครู เกี่ยวกับแผนการจัดการเรียนรู้ เนื้อหาที่สอน เอกสารชุดกิจกรรมการเรียนรู้ และคำชี้แจงต่าง ๆ ให้เข้าใจ ก่อนดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้
2. เตรียมสื่ออุปกรณ์ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้พร้อม และเพียงพอแก่นักเรียนในชั้นเรียนแต่ละกลุ่ม
3. เมื่อมีกิจกรรมให้แบ่งกลุ่มนักเรียนเป็นกลุ่ม ๆ ละ 4-5 คน จำนวนกลุ่มขึ้นอยู่กับจำนวนนักเรียนในชั้นเรียน โดยพิจารณาความสามารถ เก่ง ปานกลาง และอ่อน ให้มีการเลือกประธาน และเลขานุการกลุ่ม และแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบ
4. ก่อนจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ครูควรชี้แจงให้นักเรียนเข้าใจบทบาทของตนเอง แนะนำขั้นตอนการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ แนวปฏิบัติ ในระหว่างการทำกิจกรรมการเรียนรู้
5. ให้นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน จำนวน 15 ข้อ เพื่อประเมินความรู้พื้นฐานของนักเรียน
6. หากนักเรียนศึกษาวิธีการปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้ ไม่เข้าใจ ครูควรให้คำแนะนำเพิ่มเติม
7. เมื่อนักเรียนทำกิจกรรมครบทุกกิจกรรมแล้ว ให้ทำแบบทดสอบหลังเรียน จำนวน 15 ข้อ เพื่อวัดความรู้ความเข้าใจอีกครั้ง แล้วตรวจคำตอบ เพื่อเปรียบเทียบความก้าวหน้าทางการเรียน
8. การวัดและประเมินผล ประเมินจากแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน สังเกตพฤติกรรมการปฏิบัติงาน ประเมินผลการปฏิบัติงาน ตรวจบัตรแบบฝึกหัด และคะแนนรวมของกลุ่ม
9. เมื่อสิ้นสุดการปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้ ครูให้นักเรียนตรวจสอบ เก็บชุดกิจกรรมการเรียนรู้ วัสดุ สิ่งของ และอุปกรณ์ ให้เรียบร้อย เพื่อสะดวกในการใช้ครั้งต่อไป



คำแนะนำในการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ สำหรับผู้เรียน

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ที่จัดทำขึ้นนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ นักเรียนได้เรียนรู้ โดยเน้นการเรียนรู้แบบร่วมมือ ซึ่งนักเรียนจะได้เรียนรู้ผ่านกิจกรรมต่าง ๆ ในชุดกิจกรรม เพื่อให้ การศึกษาสัมฤทธิ์ผล และเกิดประโยชน์สูงสุด นักเรียน ควรปฏิบัติตามคำชี้แจงต่อไปนี้

1. ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ชุดที่ 3 เรื่อง โปรตีน ใช้เวลา 7 ชั่วโมง
2. นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 4-5 คน โดยความสามารถ ของนักเรียนเป็น 3 ระดับ คือ เก่ง ปานกลาง และอ่อน เลือกประธาน และเลขานุการ พร้อมทั้งให้ ทุกคนได้รับผิดชอบหน้าที่ในการดำเนินกิจกรรมในกลุ่ม (แต่ละกิจกรรมไม่ซ้ำ คนเดิม)
3. อ่านคำชี้แจง คำแนะนำ ให้เข้าใจก่อนลงมือศึกษาชุดกิจกรรม
4. ศึกษามาตรฐานการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ สาระสำคัญ และสาระการเรียนรู้
5. ทำแบบทดสอบก่อนเรียน จำนวน 15 ข้อ เพื่อประเมินความรู้พื้นฐานของนักเรียน
6. ปฏิบัติกิจกรรมตามขั้นตอนในชุดกิจกรรมเรียนรู้ ที่เน้นกระบวนการเรียนรู้แบบ ร่วมมือโดยเริ่มจากกิจกรรมแรก ไปถึงกิจกรรมสุดท้ายตามลำดับ และสามารถ ขอคำแนะนำจากครู เมื่อมีปัญหาในการปฏิบัติกิจกรรม
7. เมื่อปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ ตามบัตรกิจกรรม และบัตรแบบฝึกหัด เสร็จเรียบร้อยแล้ว ให้ตรวจสอบคำตอบได้จากบัตรเฉลยกิจกรรม และบัตรเฉลยแบบฝึกหัด
8. เมื่อนักเรียนทำกิจกรรม และแบบฝึกหัดเสร็จเรียบร้อยแล้ว ให้ทำแบบทดสอบ หลังเรียน จำนวน 15 ข้อ เพื่อวัดความรู้ความเข้าใจอีกครั้ง แล้วตรวจสอบคำตอบ เพื่อเปรียบเทียบความก้าวหน้าทางการเรียน
9. นักเรียนควรศึกษาด้วยความเอาใจใส่ และดำเนินกิจกรรมให้เป็นไปตามเวลาที่กำหนด มีความรับผิดชอบและความซื่อสัตย์ โดยไม่เปิดดูเฉลยก่อน



ผลการเรียนรู้

สืบค้น ทดลอง และอธิบาย โครงสร้างของโปรตีน คาร์โบไฮเดรต ลิพิด และกรดนิวคลีอิก อธิบายสมบัติและการทดสอบไขมัน โปรตีน คาร์โบไฮเดรต รวมทั้ง อภิปรายเกี่ยวกับประโยชน์ของโปรตีน คาร์โบไฮเดรต ลิพิด และกรดนิวคลีอิก

สาระสำคัญ

โปรตีน เป็นสารชีวโมเลกุลขนาดใหญ่ที่พบมากที่สุดในสิ่งมีชีวิต ประกอบขึ้นจากหน่วยย่อยๆ ที่เรียกว่า กรดอะมิโน (amino acid) มาเชื่อมต่อกันด้วยพันธะเพปไทด์ ธาตุที่เป็นองค์ประกอบหลักของโปรตีน ประกอบด้วยธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน ไนโตรเจน นอกจากนั้นยังพบธาตุอื่นๆ คือ ซัลเฟอร์ ฟอสฟอรัส เป็นต้น โปรตีนพบในอาหารประเภทเนื้อสัตว์ นม ไข่ ถั่วและงา ซึ่งสามารถทดสอบโปรตีนด้วยวิธีทดสอบไบยูเรต โปรตีนแต่ละชนิดมีลำดับการเรียงตัวของกรดอะมิโนที่จำเพาะโดยโครงสร้างของโปรตีนมีดังนี้ โครงสร้างปฐมภูมิ โครงสร้างทุติยภูมิ โครงสร้างตติยภูมิ และโครงสร้างจตุรภูมิ และโปรตีนยังมีการจัดโมเลกุลให้เกิดโครงสร้างสามมิติที่เหมาะสมกับการทำหน้าที่ต่างๆ ได้แก่ โปรตีนก้อนกลมและโปรตีนเส้นใย นอกจากนี้ยังมีเอนไซม์ เป็นโปรตีนชนิดหนึ่งที่ทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาในเซลล์สิ่งมีชีวิต จะทำหน้าที่ได้ดีเมื่ออยู่ในสภาพที่เหมาะสม แต่ถ้าสภาพเปลี่ยนแปลงไป เช่น มีอุณหภูมิสูงมาก pH เปลี่ยนแปลง เอนไซม์จะไม่สามารถทำหน้าที่ได้ และการทำลายพันธะเพปไทด์ พันธะไฮโดรเจนหรือการเปลี่ยนแปลงลำดับกรดอะมิโนในโปรตีน จะทำให้โครงสร้างของโปรตีนเปลี่ยนไปเรียกว่า การแปลงสภาพโปรตีน

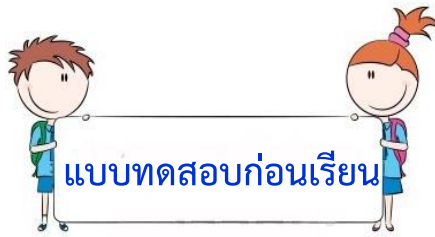




จุดประสงค์การเรียนรู้

1. ระบุธาตุองค์ประกอบหลักและหน่วยย่อยของโปรตีนได้
2. อธิบายความหมายและความสำคัญของกรดอะมิโนจำแนกได้
3. อธิบายการเกิดพันธะเพปไทด์และระบุตำแหน่งของพันธะเพปไทด์ในโมเลกุลของโปรตีนได้
4. อธิบายวิธีทดสอบโปรตีนในอาหารได้
5. บอกสมบัติและประโยชน์ของเอนไซม์ต่อสิ่งมีชีวิตได้
6. บอกความหมายและปัจจัยที่มีผลต่อการแปลงสภาพของโปรตีนได้





แบบทดสอบก่อนเรียน

ชุดที่ 3 เรื่อง โปรตีน

วิชาเคมี 5 (ว33225)

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

คะแนนเต็ม 15 คะแนน

เวลา 15 นาที

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบชุดนี้มีจำนวน 15 ข้อ เป็นแบบปรนัยเลือกตอบ มี 4 ตัวเลือก
2. ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุด ลงในกระดาษคำตอบ

1. ถ้าเพปไทด์สายหนึ่งประกอบด้วยกรดอะมิโนจำนวน 6 หน่วย จะเกิดพันธะเพปไทด์ทั้งหมดกี่พันธะ

1. 6
2. 5
3. 7
4. 3

2. ข้อใดเป็นการแปลงสภาพของโปรตีน

1. โปรตีนตกตะกอน
2. พันธะเพปไทด์และพันธะไฮโดรเจนในโมเลกุลของโปรตีนถูกทำลาย
3. พันธะเพปไทด์ในโมเลกุลโปรตีนถูกทำลาย และโปรตีนเกิดการคลายเกลียว
4. พันธะไฮโดรเจนหรือแรงยึดเหนี่ยวอื่นในสายพอลิเพปไทด์หรือระหว่างสายพอลิเพปไทด์ถูกทำลาย

แต่พันธะเพปไทด์ไม่ถูกทำลาย

3. ปัจจัยในข้อใดที่ทำให้โปรตีนแปลงสภาพ

1. การให้ความร้อน
2. ตัวทำละลายอินทรีย์
3. ไอออนของโลหะหนัก
4. การใช้กรดหรือเบส

ข้อใดถูกต้อง

1. 1 เท่านั้น
2. 1 และ 2 เท่านั้น
3. 3 และ 4 เท่านั้น
4. 1 2 3 และ 4



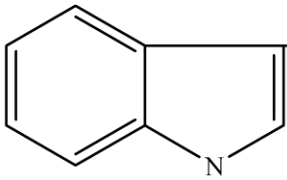
4. สารใดไม่สามารถทำปฏิกิริยากับสารละลายไบยูเรตได้

1. โปรตีน
2. ไดเพปไทด์
3. ไตรเพปไทด์
4. พอลิเพปไทด์

5. ข้อใดไม่ใช่หน้าที่หลักของสารอาหารประเภทโปรตีน

1. ให้พลังงานแก่ร่างกาย
2. ซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอ
3. เสริมสร้างร่างกายให้เติบโต
4. ช่วยการทำงานของระบบอวัยวะดำเนินไปได้

6. จากกรดอะมิโน 4 ชนิดต่อไปนี้

กรดอะมิโน	สูตรโครงสร้าง
A	$\text{HOOC}-(\text{CH}_2)_2-\underset{\text{NH}_2}{\text{CH}}-\text{COOH}$
B	$\text{CH}_3-\underset{\text{NH}_2}{\text{CH}}-\text{COOH}$
C	 $\text{CH}_2-\underset{\text{NH}_2}{\text{CH}}-\text{COOH}$
D	$\text{H}_2\text{N}-(\text{CH}_2)_4-\underset{\text{NH}_2}{\text{CH}}-\text{COOH}$

กรดอะมิโนใดที่มีสมบัติเป็นเบส

1. A และ B
2. C และ D
3. A และ C
4. D เท่านั้น



7. ข้อใดต่อไปนี้ไม่ใช่สารประเภทโปรตีน
 1. ไยแมงมุม
 2. เซลล์สัตว์
 3. คอเลสเทอรอล
 4. ฮีโมโกลบิน
8. กรดอะมิโนที่จำเป็นสำหรับทารกคือข้อใด
 1. ไลซีนและลิวซีน
 2. อาร์จินีน และฮีสติดีน
 3. ไอโซลิวซีนและเวอลีน
 4. ทรีปโตเฟนและเมไทโอนีน
9. ธาตุหลักเราจะพบได้ในโปรตีนชนิดใด
 1. Myosin และ Actin
 2. Myoglobin และ Actin
 3. Myoglobin และ Myosin
 4. Hemoglobin และ Myoglobin
10. สมบัติสำคัญของเอนไซม์ที่มีต่อสับสเตรทคือข้อใด
 1. รูปร่างโมเลกุลของเอนไซม์
 2. ขนาดโมเลกุลของเอนไซม์
 3. รูปร่างของแอคทีฟไซต์ของเอนไซม์
 4. ความเฉพาะเจาะจงในการทำปฏิกิริยา
11. โครงสร้างโมเลกุลของเพนตะเพปไทด์ ประกอบด้วยกรดอะมิโนต่อกันกี่โมเลกุล และมีพันธะเพปไทด์กี่พันธะ
 1. 4 และ 5
 2. 5 และ 4
 3. 4 และ 4
 4. 5 และ 5



12. พันธะชนิดใดที่เชื่อมระหว่างกรดอะมิโนไกลซีนและอะลานีน
 1. พันธะไฮโดรเจน
 2. พันธะไดซัลไฟด์
 3. พันธะไอออนิก
 4. พันธะเพปไทด์
13. เมื่อทำการต้มโปรตีนโดยใช้กรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ได้เป็นสารใด
 1. กลูโคส
 2. เพปไทด์
 3. กรดอะมิโน
 4. กลีเซอรอล
14. ข้อความใดถูกต้องเกี่ยวกับเอนไซม์
 1. เป็นสารพวกโปรตีน
 2. เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่เกิดได้ดีในสิ่งไม่มีชีวิต
 3. เป็นสารที่เพิ่มพลังงานก่อกัมมันต์ในปฏิกิริยาเคมี
 4. แต่ละชนิดจะทำงานได้ทั่วไปไม่เฉพาะเจาะจงกับสับสเตรต
15. ปัจจัยในข้อใดที่มีผลต่อการทำงานของเอนไซม์
 1. ค่า pH อุณหภูมิ ความดัน
 2. แสง ค่า pH พลังงานก่อกัมมันต์
 3. อุณหภูมิ ค่า pH ความเข้มข้นของสับสเตรต
 4. ค่า pH ความดัน ความเข้มข้นของสับสเตรต



คำชี้แจง ประธานกลุ่มอ่านขั้นตอนการปฏิบัติกิจกรรมให้สมาชิกทราบดังนี้

1. ให้สมาชิกภายในกลุ่ม ร่วมกันศึกษาเนื้อหา และอภิปรายร่วมกัน ซึ่งเนื้อหาแบ่งเป็นตอน ๆ ดังนี้

ตอนที่ 1 กรดอะมิโน พันธะเพปไทด์ โครงสร้างและสมบัติของโปรตีน

ตอนที่ 2 เอนไซม์และการแปลงสภาพโปรตีน

2. เมื่อนักเรียนศึกษาจบเนื้อหาในตอนที่ 1 ให้ปฏิบัติตามกิจกรรมตามบัตรกิจกรรม
3. ตอบคำถามในบัตรแบบฝึกหัด
4. ตรวจสอบคำตอบจากบัตรเฉลยแบบฝึกหัด
5. ทำซ้ำขั้นตอนในข้อ 2-4 ในเนื้อหาตอนที่ 2





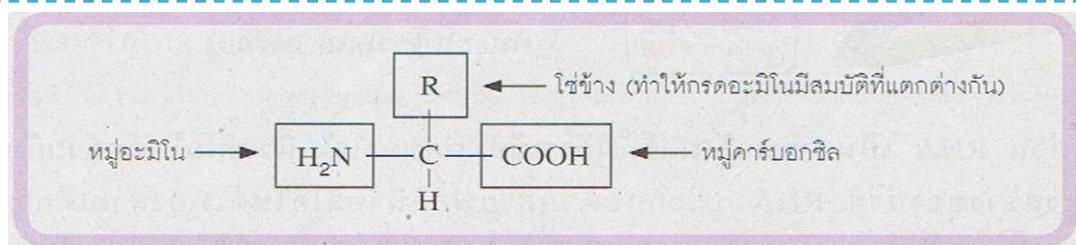
โปรตีน (Protein)

ประกอบด้วยธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน และไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบหลัก และมีธาตุอื่นๆ เป็นองค์ประกอบด้วย ได้แก่ ธาตุกำมะถัน ฟอสฟอรัส เหล็ก สังกะสี และทองแดง

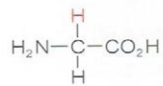
โปรตีนเป็นสารที่มีมวลโมเลกุลสูง ประกอบด้วยกรดอะมิโนจำนวนมากเชื่อมต่อกันด้วยพันธะเพปไทด์

กรดอะมิโนและพันธะเพปไทด์

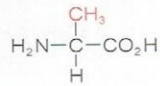
กรดอะมิโน เป็นสารประกอบอินทรีย์ มีหมู่ฟังก์ชัน 2 หมู่ คือ หมู่อะมิโน ($-NH_2$) และหมู่คาร์บอกซิล ($-COOH$) สามารถเขียนโครงสร้างทั่วไปได้ดังนี้



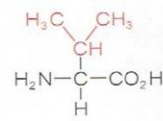
โปรตีนเป็นพอลิเมอร์ธรรมชาติที่เกิดจากการรวมตัวของกรดอะมิโนจำนวนมากโปรตีนมีหลายชนิด โปรตีนนั้นพบในร่างกายมนุษย์ประกอบด้วยกรดอะมิโนหลัก 20 ชนิด เป็นโครงสร้างพื้นฐานโดยกรดอะมิโนบางชนิดร่างกายสังเคราะห์ได้ แต่บางชนิดต้องได้รับจากภายนอกเท่านั้น เรียกว่า กรดอะมิโนจำเป็น ได้แก่ เมไทโอนีน ทรีโอนีน ไลซีน เวลีน ลิวซีน ไอโซลิวซีน ฟีนิลอะลานีน ทริптоเฟน และฮิสติดีน กรดอะมิโนที่เป็นโครงสร้างพื้นฐานของโปรตีนมีโครงสร้างแตกต่างกันดังนี้



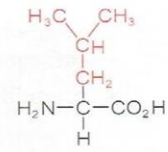
ไกลซีน (Gly) G



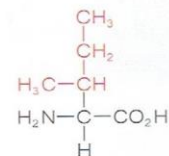
อะลานีน (Ala) A



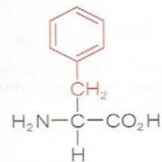
แวลีน (Val) V



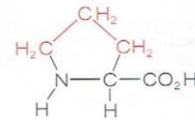
ลิวซีน (Leu) L



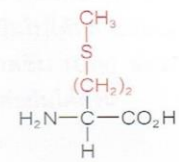
ไอโซลิวซีน (Ile) I



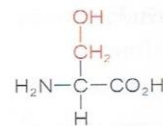
ฟีนิลอะลานีน (Phe) F



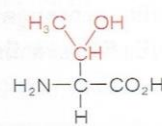
โพรลีน (Pro) P



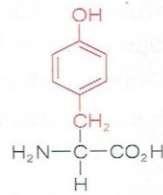
เมไทโอนีน (Met) M



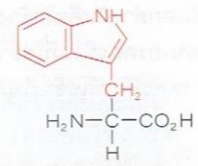
ซีรีน (Ser) S



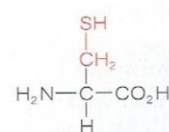
ทรีโอนีน (Thr) T



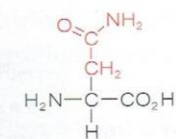
ไทโรซีน (Tyr) Y



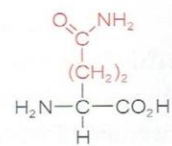
ทริปโตเฟน (Trp) W



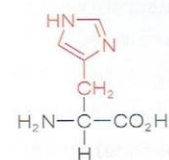
ซิสเตอีน (Cys) C



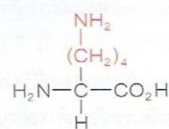
แอสปาราจีน (Asn) N



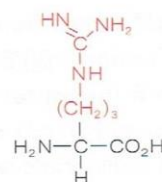
กลูตามีน (Gln) Q



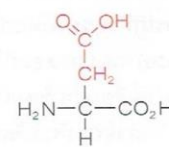
ฮิสติดีน (His) H



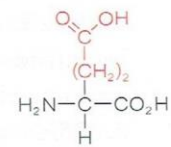
ไลซีน (Lys) K



อาร์จินีน (Arg) R



กรดแอสปาร์ติก (Asp) D

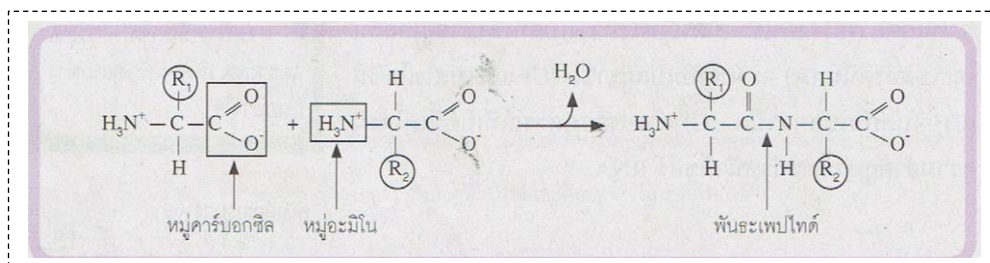


กรดกลูตามิก (Glu) E

โครงสร้างพื้นฐานของโปรตีน



พันธะเพปไทด์ เป็นพันธะที่เป็นพันธะที่เชื่อมกรดอะมิโนเข้าด้วยกัน ซึ่งเป็นพันธะโคเวเลนต์ระหว่างอะตอมของคาร์บอนในหมู่คาร์บอกซิลของกรดอะมิโนในโมเลกุลหนึ่งกับอะตอมของไนโตรเจนในหมู่อะมิโนของกรดอะมิโนโมเลกุลหนึ่ง



สารประกอบที่มีกรดอะมิโน 2 หน่วย เรียกว่า ไดเพปไทด์ ถ้ามีกรดอะมิโน 40 – 50 หน่วย เรียกว่า พอลิเพปไทด์ และถ้ามีกรดอะมิโนมากกว่า 50 หน่วย เรียกว่า โปรตีน

โครงสร้างของโปรตีน

สิ่งมีชีวิตส่วนใหญ่ใช้กรดอะมิโนเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์โปรตีน หรือสามารถกล่าวได้ว่าโปรตีนเป็นพอลิเมอร์ธรรมชาติที่มีกรดอะมิโนเป็นมอนอเมอร์นั่นเอง โดยกรดอะมิโนหลายโมเลกุลเชื่อมต่อกันด้วย พันธะเพปไทด์ (peptide bonds) ถ้ากรดอะมิโน 2 โมเลกุลเกิดปฏิกิริยารวมตัวกันจะได้ไดเมอร์ ที่เรียกว่า ไดเพปไทด์ (dipeptide) และกรดอะมิโน 3 โมเลกุล ทำปฏิกิริยารวมตัวกันได้ไตรเมอร์ที่เรียกว่า ไตรเพปไทด์ (tripeptide) และถ้ากรดอะมิโนหลายๆโมเลกุลทำปฏิกิริยาจนเกิดเป็นสายยาวจะได้สารประกอบเรียกว่า พอลิเพปไทด์ (polypeptide) โปรตีนส่วนใหญ่เป็นพอลิเพปไทด์ที่มีมวลโมเลกุลมากกว่า 5,000 กรัมต่อโมล ซึ่งประกอบด้วยกรดอะมิโนหลายชนิดและมีจำนวนแตกต่างกัน ยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะเพปไทด์และพันธะชนิดอื่นๆ ทำให้เกิดโครงสร้างได้ 4 ระดับคือ

1. โครงสร้างปฐมภูมิ (primary structure) เป็นโครงสร้างที่แสดงตำแหน่งกรดอะมิโนในสายเพปไทด์หรือในโมเลกุลโปรตีน ซึ่งแต่ละชนิดจะมีจำนวนและลำดับของกรดอะมิโนที่จำเพาะ การจัดลำดับกรดอะมิโนในโครงสร้างปฐมภูมิ กำหนดให้ปลายหมู่อะมิโนอยู่ด้านซ้ายและปลายหมู่คาร์บอกซิลด้านขวา ถ้าทราบจำนวนและชนิดของกรดที่เป็นองค์ประกอบย่อย จะสามารถเขียนลำดับกรดอะมิโนหรือโครงสร้างปฐมภูมิของโปรตีนที่เป็นไปได้หลายแบบ เช่น ไดเพปไทด์ที่ประกอบด้วยกรดอะมิโนไกลซีน (Gly) และอะลานีน (Ala) สามารถเขียนลำดับกรดอะมิโนที่ต่อกันได้ดังนี้



ไตรเพปไทด์ที่ประกอบด้วยกรดอะมิโนไทโรซีน(Tyr) ฮิสติดีน(His) และซิสเตอีน(Cys) สามารถเขียนลำดับกรดอะมิโนที่ต่อกันได้ดังนี้

Tyr-His-Cys

His-Tyr-Cys

Cys-Tyr-His

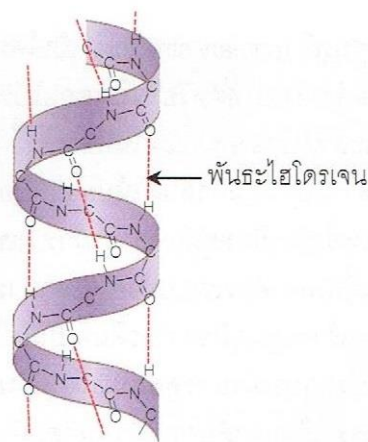
Tyr-Cys-His

His-Cys-Tyr

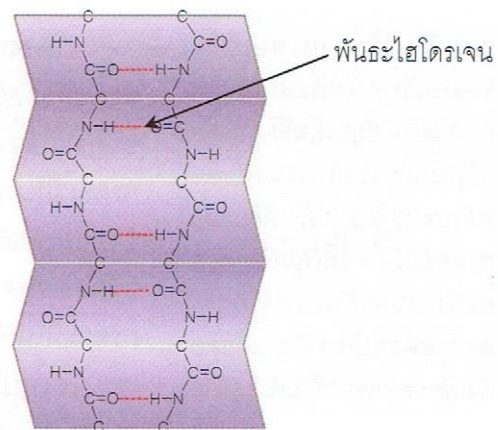
Cys-His-Tyr

พอลิเพปไทด์และโปรตีนที่ประกอบด้วยกรดอะมิโนจำนวนมากนั้น ส่วนใหญ่ไม่อยู่ในรูปเป็นสายยาวตรง แต่มีการม้วนตัวหรือพับเข้าหากัน เนื่องจากการสร้างพันธะระหว่างกรดอะมิโนภายในสายหรือระหว่างสายพอลิเพปไทด์ ทำให้เกิดโครงสร้าง 3 มิติที่มีลักษณะจำเพาะแตกต่างกันหลายระดับ

2. โครงสร้างทุติยภูมิ(secondary structure) เป็นโครงสร้างที่เกิดจากการขด ม้วนตัว หรือเรียงตัว ของโครงสร้างปฐมภูมิ ถ้าเกิดจากการสร้างพันธะไฮโดรเจนระหว่าง C=O ของกรดอะมิโนหนึ่ง กับ N-H ของกรดอะมิโนถัดไปอีก 4 หน่วย ในสายพอลิเพปไทด์เดียวกัน จะเกิดโครงสร้างในลักษณะบิดเป็นเกลียวซึ่งเรียกว่า เกลียวแอลฟา ถ้าเกิดจากการสร้างพันธะไฮโดรเจนระหว่าง C=O กับ N-H ของกรดอะมิโนระหว่างสายพอลิเพปไทด์ที่อยู่คู่กัน จะเกิดโครงสร้างมีลักษณะเป็นแผ่นซึ่งเรียกว่า แผ่นพลิต์บีต้า



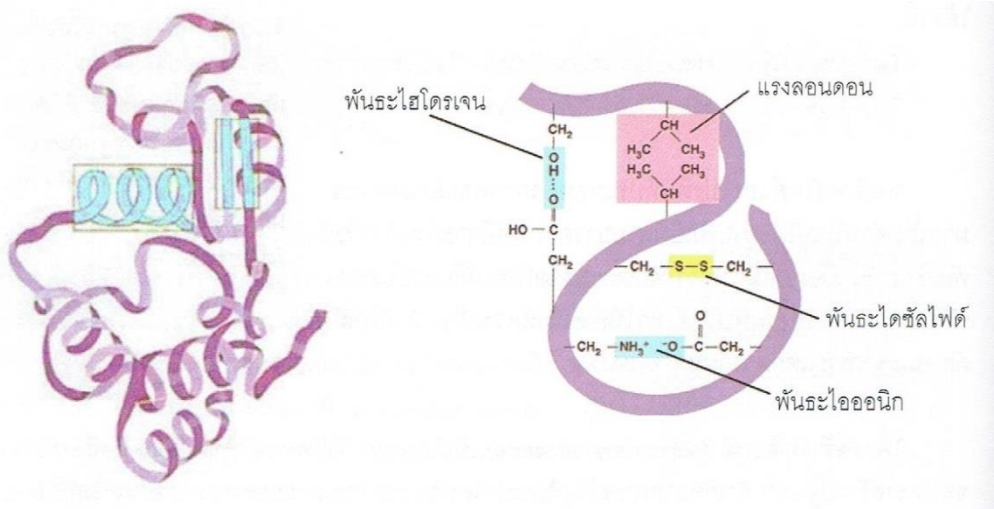
โครงสร้างแบบเกลียวแอลฟา



โครงสร้างแบบแผ่นพลิต์บีต้า



3. โครงสร้างตติยภูมิ (tertiary structure) เกิดจากโครงสร้างในระดับทุติยภูมิม้วนเข้าหากันหรือไขว้กันโดยอาศัยแรงยึดเหนี่ยวอ่อนๆ โครงสร้างตติยภูมิของโปรตีนแต่ละชนิดจะมีลักษณะจำเพาะขึ้นอยู่กับลำดับและชนิดของกรดอะมิโนในสายพอลิเพปไทด์ ทำให้เกิดเป็นโครงสร้างที่มีความเหมาะสมสำหรับการทำหน้าที่ต่างๆ ของโปรตีนเหล่านั้น เช่น ไมโอโกลบิน เป็นโปรตีนสะสมออกซิเจนในกล้ามเนื้อซึ่งมีโครงสร้างสุดท้ายในระดับตติยภูมิ

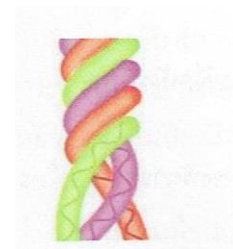


โครงสร้างตติยภูมิและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างพันธะ

4. โครงสร้างจตุรภูมิ (quaternary structure) เกิดจากการรวมตัวกันของหน่วยย่อยชนิดเดียวหรือต่างชนิดกันของโครงสร้างตติยภูมิ โดยมีแรงยึดเหนี่ยวยึดหน่วยย่อยเข้าด้วยกัน ลักษณะโครงสร้างใหม่ขึ้นอยู่กับโครงสร้างตติยภูมิซึ่งเป็นหน่วยย่อย โดยอาจมีการรวมตัวกันเป็นลักษณะก้อนกลม เช่น ฮีโมโกลบินหรือเป็นมัดคล้ายเส้นใย เช่น คอลลาเจน



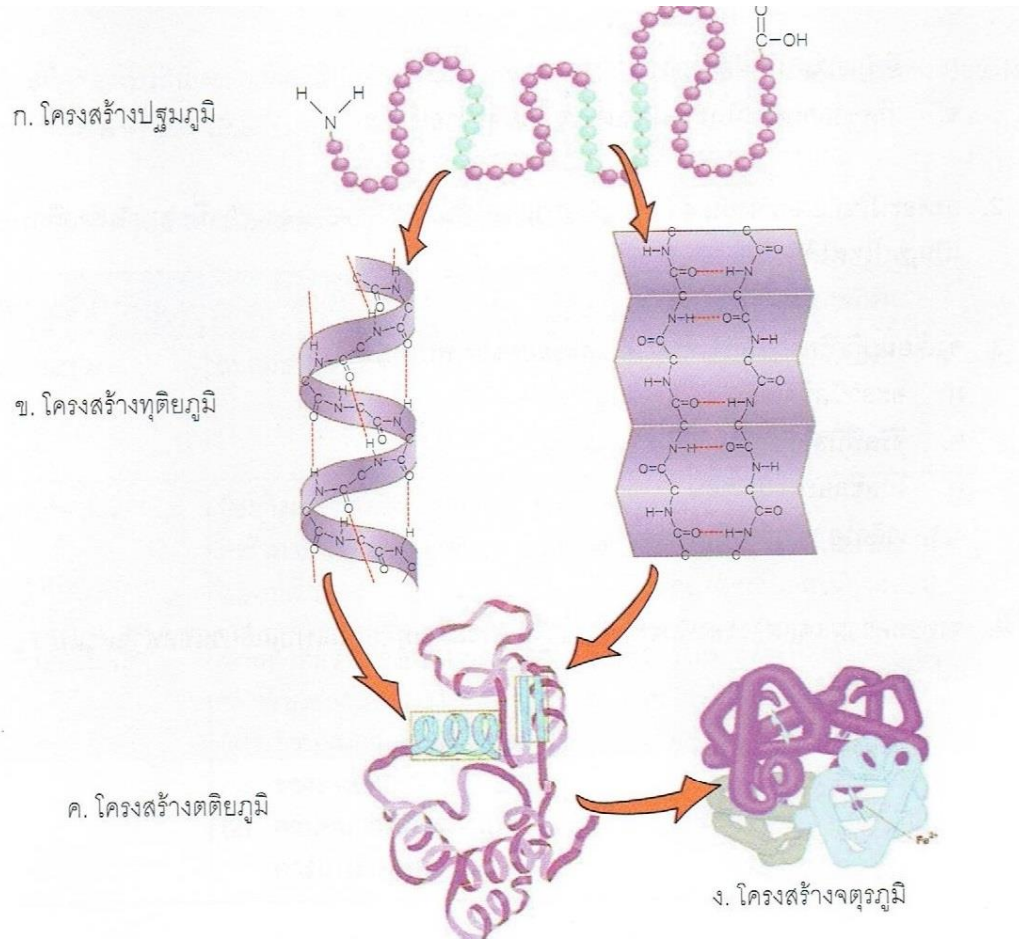
ฮีโมโกลบิน



คอลลาเจน



ฮีโมโกลบินเป็นตัวอย่างของโปรตีนที่มีโครงสร้างเกิดขึ้น 4 ระดับ ซึ่งลำดับการเกิดโครงสร้างของฮีโมโกลบินแสดงได้ดังรูป



แสดงลำดับการเกิดโครงสร้างของฮีโมโกลบิน



ชนิดและหน้าที่ของโปรตีน

โปรตีน มีหลายชนิด หน้าที่ของโปรตีนแต่ละชนิดขึ้นอยู่กับโครงสร้าง 3 มิติของโปรตีนนั้น และโครงสร้างของโปรตีนก็ขึ้นอยู่กับกรดอะมิโนที่เป็นองค์ประกอบของสารพอลิเพปไทด์ ซึ่งแบ่งได้ดังนี้

แบ่งตามลักษณะการจัดตัวในโครงสร้าง 3 มิติ จะแบ่งได้เป็น

1. โปรตีนก้อนกลม (globular protein) เกิดจากสายพอลิเพปไทด์รวมตัวม้วนพับพันกัน และอัดรวมกันมีลักษณะเป็นก้อนกลม ละลายน้ำได้ดี ส่วนใหญ่ทำหน้าที่เกี่ยวกับเมตาบอลิซึมต่างๆ ที่เกิดขึ้นภายในเซลล์ ตัวอย่างของโปรตีนก้อนกลม เช่น เอนไซม์ ฮอร์โมนอินซูลิน ฮีโมโกลบิน และอัลบูมินในพลาสมา

2. โปรตีนเส้นใย (fibrous protein) เกิดจากสายพอลิเพปไทด์พันกัน ในลักษณะเหมือนเส้นใย สายยาวๆ ละลายน้ำได้น้อย ส่วนใหญ่ทำหน้าที่เป็นโปรตีนโครงสร้างเพราะมีความ แข็งแรงและยืดหยุ่นสูง ตัวอย่างของโปรตีนเส้นใย เช่น ไฟโบรอินในเส้นไหม อีลาสตินในเอ็น คอลลาเจนในเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน ไมโอซินในกล้ามเนื้อ เคราตินในผม ขน เล็บ ครีปปลา และกีบสัตว์ เป็นต้น

แบ่งตามหน้าที่ สามารถแบ่งได้ตามตารางดังนี้

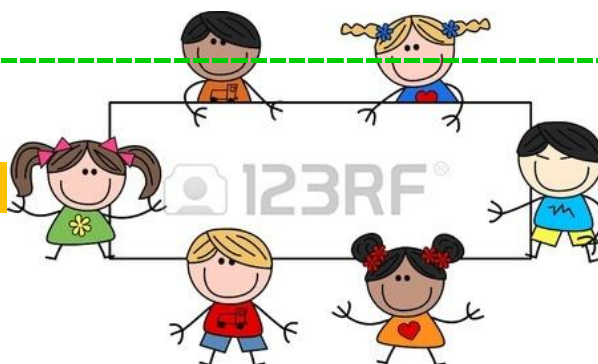
ชนิดของโปรตีน	หน้าที่	ตัวอย่างและแหล่งที่พบ
โปรตีนสะสม	สะสมธาตุต่างๆ	1.เฟอริทิน สะสมธาตุเหล็กในตับ ม้าม และไขกระดูก 2.อัลบูมินในไข่ขาว
โปรตีนป้องกัน	ป้องกันและกำจัดสิ่งแปลกปลอมที่เข้ามาภายในเซลล์ เช่น แบคทีเรีย	1.แอนติบอดี 2.เอนไซม์ เช่น ไลโซไซม์ในน้ำตา หรือพอลิฟินอล ออกซิเดสในกุ้งและปู
โปรตีนฮอร์โมน	ทำหน้าที่แตกต่างกันตามชนิดของฮอร์โมน เช่น 1.ควบคุมการเจริญเติบโตของร่างกาย 2.ควบคุมการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรต	1.โกรทฮอร์โมน สร้างที่ต่อมใต้สมอง 2.อินซูลิน ผลิตจากอวัยวะที่ตับอ่อน

ชนิดของโปรตีน	หน้าที่	ตัวอย่างและแหล่งที่พบ
โปรตีนเร่งปฏิกิริยา (เอนไซม์)	เร่งปฏิกิริยาในเซลล์สิ่งมีชีวิต	1.เฮกโซไคเนสพบในเซลล์พืชและเซลล์สัตว์ 2. เพนนิซิลลินในแบคทีเรีย
โปรตีนโครงสร้าง	ให้ความแข็งแรงและช่วยคงรูปร่างโครงสร้างต่างๆของ	1.คอลลาเจน ซึ่งพบในกระดูก เอ็นเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน



การทดสอบโปรตีน

การทดสอบด้วยสารละลายไบยูเรต เมื่อนำสารที่มีพันธะเพปไทด์ตั้งแต่ 2 พันธะขึ้นไป(พอลิเพปไทด์ หรือโปรตีน) มาทดสอบกับสารละลายไบยูเรต ($\text{CuSO}_4 + \text{NaOH}$) จะได้สารเชิงซ้อนสีม่วง แต่เมื่อนำกรดอะมิโนมาทดสอบด้วยสารละลายไบยูเรต จะไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง





บัตรกิจกรรม ชุดที่ 3 โปรตีน

ตอนที่ 1 กรดอะมิโน พันธะเพปไทด์ โครงสร้างและสมบัติของโปรตีน

กิจกรรมที่ 1 ปริศนาอักษรไขว้ “โปรตีน”

สื่อ : เกมปริศนาอักษรไขว้ 1 แผ่น

1. ให้นักเรียนในกลุ่มร่วมกันอภิปรายถึงเนื้อหาที่ได้ศึกษาไปเกี่ยวกับโปรตีน
2. ประธานกลุ่ม แบ่งให้สมาชิกภายในกลุ่มรับผิดชอบค้นหาปริศนาอักษรไขว้ “โปรตีน” ดังนี้
 - สมาชิกคนที่ 1 แนวตั้ง ข้อ 1-5
 - สมาชิกคนที่ 2 แนวตั้ง ข้อ 6-10
 - สมาชิกคนที่ 3 แนวนอน ข้อ 1-5
 - สมาชิกคนที่ 4 แนวนอน ข้อ 6-10

* หากมีสมาชิกมากกว่า 4 คน ให้สมาชิกคนที่ 5 เป็นผู้ช่วยสมาชิกคนใดคนหนึ่ง
3. ตรวจสอบคำตอบกับบัตรเฉลยกิจกรรม





ปริศนาอักษรไขว้ “โปรตีน”

1					3											9			
										7									
					6			5											
								3											
	1																		
																10			
4							4												
								6											
										5									
				2															
			7										8						
8																			
9																			
10																			



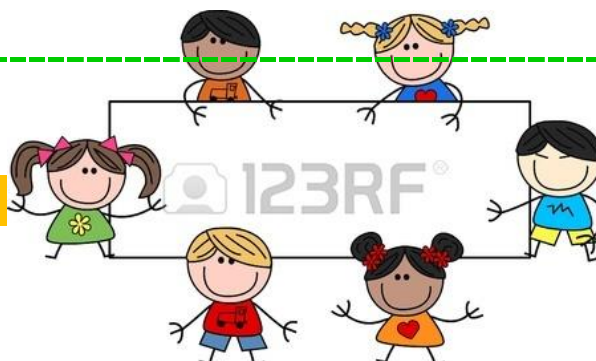
ปริศนาอักษรไขว้ “โปรตีน”

แนวตั้ง

1. พันธะที่เกิดขึ้นระหว่างอะตอมของ C ในหมู่ COOH ของกรดอะมิโนในโมเลกุลหนึ่งกับอะตอมของ N ในหมู่ $-\text{NH}_2$ ของกรดอะมิโนอีกโมเลกุลหนึ่ง
2. มอนอเมอร์ของโปรตีน
3. การสร้างพันธะไฮโดรเจนระหว่าง $\text{C}=\text{O}$ กับ $\text{N}-\text{H}$ ของกรดอะมิโนระหว่างสายพอลิเพปไทด์ที่อยู่คู่กัน
4. ชื่อของไตรเพปไทด์ที่เกิดจากการรวมตัวของกรดอะมิโน ไกลซีน, อะลานีน และเวอลีน ตามลำดับ
5. โปรตีนที่ทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาในเซลล์สิ่งมีชีวิต
6. โครงสร้างของโปรตีนที่มีขนาดใหญ่ที่สุด
7. โมเลกุลที่เกิดจากกรดอะมิโนมารวมกัน 2 โมเลกุล
8. การทดสอบกับสารละลายคอปเปอร์ (II) ซัลเฟต (CuSO_4) เจือจางในสารละลายเบส (NaOH)
9. พันธะที่สร้างระหว่าง $s-s$ ในโมเลกุลพอลิเพปไทด์
10. สายพอลิเพปไทด์พันกัน ในลักษณะเหมือนเส้นใยสายยาวๆ ละลายน้ำได้น้อย

แนวนอน

1. การสร้างพันธะไฮโดรเจนระหว่าง $\text{C}=\text{O}$ ของกรดอะมิโนหนึ่งกับ $\text{N}-\text{H}$ ของกรดอะมิโนถัดไปอีก 4 หน่วย ในสายพอลิเพปไทด์เดียวกัน
2. หน่วยย่อยของโปรตีนที่ร่างกายไม่สามารถสังเคราะห์เองได้ต้องได้รับจากภายนอกเท่านั้น
3. โมเลกุลเพปไทด์ที่มีพันธะเพปไทด์ 2 พันธะ
4. กรดอะมิโนที่มีหมู่ R คือ $-\text{CH}_3$
5. โปรตีนที่มีหน้าที่ให้ความแข็งแรงและช่วยคงรูปร่างโครงสร้างพบในกระดูก เอ็น เนื้อเยื่อ
6. สารประกอบที่เกิดจากกรดอะมิโนหลายๆโมเลกุลทำปฏิกิริยาจนเกิดเป็นสายยาว
7. ชื่อย่อของโมเลกุลเพปไทด์ คือ Ala – Leu – Gly
8. เป็นโครงสร้างที่แสดงลำดับกรดอะมิโนในสายเพปไทด์
9. กรดอะมิโนที่จำเป็นในเด็ก
10. โปรตีนที่ทำหน้าที่ขนส่งสารไปสู่ส่วนต่างๆของร่างกาย





บัตรกิจกรรม ชุดที่ 4 โปรตีน

กิจกรรมที่ 2 Protein team game tournament

สื่อ : บัตรคำถาม และบัตรคำตอบ จำนวน 8 ชุด

1. ให้นักเรียนในกลุ่มร่วมกันอภิปรายถึงเนื้อหาที่ได้ศึกษาไปเกี่ยวกับพอลิเมอร์
2. ประธานกลุ่ม แบ่งสมาชิกภายในกลุ่มตามความสามารถ เพื่อไปแข่งขันกับกลุ่มอื่น ซึ่งคนเก่งในแต่ละกลุ่มไปรวมกัน คนอ่อนแต่ละกลุ่มไปรวมกันเป็นกลุ่มใหม่เรียกว่า กลุ่มแข่งขัน
3. สมาชิกในกลุ่มแข่งขัน เริ่มแข่งขัน ดังนี้
 - 3.1 แข่งขันกันตอบคำถาม 8 คำถาม
 - 3.2 สมาชิกคนแรกหยิบบัตรคำถามขึ้นมา 1 คำถาม และอ่านคำถามให้กลุ่มฟัง
 - 3.3 ให้สมาชิกที่อยู่ซ้ายมือของผู้อ่านคำถามคนแรกตอบคำถามก่อน ต่อไปให้คนถัดไปตอบจนครบ
 - 3.4 ผู้อ่านคำถามเปิดบัตรคำตอบ แล้วอ่านเฉลยที่ถูกต้องให้กลุ่มฟัง
 - 3.5 ให้คะแนนคำตอบดังนี้
 - ผู้ตอบถูกเป็นคนแรกได้ 2 คะแนน ผู้ตอบถูกคนต่อ ๆ ไปได้ 1 คะแนน
 - ผู้ตอบผิดได้ 0 คะแนน
 - 3.6 ต่อไปสมาชิกกลุ่มที่ 2 จับคำถามที่ 2 และเริ่มเล่นตามขั้นตอน 3.2-3.4 จนกระทั่งคำถามหมด
 - 3.7 ทุกคนรวมคะแนนของตนเอง



ผู้ที่ได้คะแนนสูงสุดอันดับ 1 ได้โบนัส 10 คะแนน

ผู้ที่ได้คะแนนสูงสุดอันดับ 2 ได้โบนัส 8 คะแนน

ผู้ที่ได้คะแนนสูงสุดอันดับ 3 ได้โบนัส 5 คะแนน

ผู้ที่ได้คะแนนสูงสุดอันดับ 4 ได้โบนัส 4 คะแนน

3.8 สมาชิกกลุ่มกลับกลุ่มเดิมของตน แล้วนำคะแนนที่แต่ละคนได้มารวมเป็นคะแนนกลุ่ม





บัตรคำถาม-บัตรคำตอบ จำนวน 8 ชุด



เวนิลไอโซลิวซิลทริปโตเฟน
เกิดจากกรดอะมิโนกี่ชนิด และมีพันธะ
เพปไทด์กี่พันธะ



เวนิลไอโซลิวซิลทริปโตเฟน
เกิดจากกรดอะมิโน 4 ชนิด มีพันธะ
เพปไทด์ทั้งหมด 3 พันธะ



กรดอะมิโนที่แตกต่างกัน
4 โมเลกุล เมื่อรวมตัวกันจะเกิด
เป็นเพปไทด์กี่ชนิด



กรดอะมิโนที่แตกต่างกัน 4 โมเลกุล
เมื่อรวมตัวกันจะเกิดเป็นเพปไทด์
4! ชนิด = $4 \times 3 \times 2 \times 1 = 24$ ชนิด



โปรตีนที่ทำหน้าที่ป้องกันและ
กำจัดสิ่งแปลกปลอมที่เข้ามา
ภายในเซลล์



แอนติบอดี และเอนไซม์ เป็นโปรตีน
ที่ทำหน้าที่ป้องกันและกำจัดสิ่ง
แปลกปลอมที่เข้ามาภายในเซลล์



พันธะที่เกิดขึ้นแบบเกลียวแอลฟา
และแบบแผ่นพลีทบีตาเป็นพันธะชนิดใด
และเกิดขึ้นในโครงสร้างระดับใด



ในโครงสร้างทุติยภูมิจะเกิดพันธะ
ไฮโดรเจน แบบเกลียวแอลฟา
และแผ่นพลีทบีตา



โปรตีนที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับ
กระบวนการเมแทบอลิซึมต่างๆที่เกิดขึ้น
ภายในเซลล์คือโปรตีนชนิดใด



โปรตีนก้อนกลม (globular protein)
ส่วนใหญ่ทำหน้าที่เกี่ยวกับ
เมแทบอลิซึมต่างๆ ที่เกิดขึ้นภายในเซลล์
เช่น เอนไซม์ ฮอร์โมนอินซูลิน
ฮีโมโกลบิน และอัลบูมินในพลาสมา



โปรตีนที่ทำหน้าที่สร้างความแข็งแรง
และช่วยคงรูปโครงสร้างต่างๆ
ของร่างกาย



คอลลาเจน และเคราติน เป็นโปรตีนที่ทำ
หน้าที่ให้ความแข็งแรงและช่วยคงรูปร่าง
โครงสร้างต่างๆของร่างกาย



กรดอะมิโน ไคเพปไทด์ ไตรเพปไทด์
และพอลิเพปไทด์ นำมาทดสอบด้วย
สารละลายไบยูเรต แล้วจะไม่เกิดการ
เปลี่ยนแปลง



กรดอะมิโนและไคเพปไทด์ เมื่อทดสอบ
กับสารละลายไบยูเรตแล้วจะไม่เกิดการ
เปลี่ยนแปลง



เมื่อนำโปรตีนมาทำปฏิกิริยากับ
สารละลายไบยูเรต จะเกิดการ
เปลี่ยนแปลงอย่างไร



เมื่อนำโปรตีนมาทำปฏิกิริยา
กับสารละลายไบยูเรต จะเกิดสาร
เชิงซ้อนสีม่วง



ตอนที่ 1 กรดอะมิโนและพันธะเพปไทด์ โครงสร้างและสมบัติของโปรตีน

คำชี้แจง จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

1. กรดอะมิโน เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีหมู่ฟังก์ชันกี่หมู่ อะไรบ้าง

.....

.....

.....

.....

2. พันธะเพปไทด์(peptide bond) คืออะไร

.....

.....

.....

3. โครงสร้างของทุติยภูมิของโปรตีนที่มีโครงสร้างแบบเกลียวแอลฟา และแบบแผ่นพลีทบีต้ามี่ความแตกต่างกันอย่างไร

.....

.....

.....

4. เฮโมโกลบินและอินซูลินจัดเป็นโปรตีนที่มีโลหะเป็นองค์ประกอบด้วย จงระบุว่าเฮโมโกลบิน และอินซูลินมีโลหะอะไรบ้างเป็นองค์ประกอบ

.....

.....

5. สารกำหนดให้ต่อไปนี้ กรดอะมิโน ไตเปไทด์ ไตรเพไทด์ และพอลิเพไทด์ สารใดเมื่อนำมาทดสอบด้วยสารละลายไบยูเรต แล้วจะไม่เกิดการแปลง

.....



6. จงบอกหน้าที่ของโปรตีนก่อนกลมและโปรตีนเส้นใย พร้อมยกตัวอย่างโปรตีนแต่ละชนิด

.....

.....

.....

7. กรดอะมิโนที่แตกต่างกัน 4 โมเลกุล (กำหนดให้ A B C และ D) เมื่อรวมกันจะเกิดเป็นพันธะเพปไทด์ ได้กี่ชนิด อะไรบ้าง

.....

.....

.....





บัตรเฉลยกิจกรรม
ชุดที่ 4 พอลิเมอร์



ตอนที่ 1 ปฏิกริยาพอลิเมอไรเซชัน โครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์

ปริศนาอักษรไขว้ “พอลิเมอร์”



บัตรเฉลยแบบฝึกหัด

ชุดที่ 4



ตอนที่ 1 ปฏิริยาพอลิเมอร์เซชัน โครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์

1. กรดอะมิโน เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีหมู่ฟังก์ชันที่หมู่ อะไรบ้าง

กรดอะมิโน...เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีหมู่ฟังก์ชัน 2 หมู่ คือ หมู่อะมิโน(NH_2) และหมู่คาร์บอกซิล ($-\text{COOH}$).....

2. พันธะเพปไทด์(peptide bond) คืออะไร

เป็นพันธะที่เกิดขึ้นระหว่างอะตอมของคาร์บอนในหมู่คาร์บอกซิลของกรดอะมิโนในโมเลกุลหนึ่งกับอะตอมของไนโตรเจนในหมู่อะมิโนของกรดอะมิโนอีกโมเลกุลหนึ่ง.....

3. โครงสร้างของทุติยภูมิของโปรตีนที่มีโครงสร้างแบบเกลียวแอลฟา และแบบแผ่นพลีทปีต้ามีความแตกต่างกันอย่างไร

โครงสร้างแบบเกลียวแอลฟา เกิดจากการสร้างพันธะไฮโดรเจนระหว่าง $\text{C}=\text{O}$ ของกรดอะมิโนหนึ่งกับ $\text{N}-\text{H}$ ของกรดอะมิโนถัดไปอีก 4 หน่วย ในสายพอลิเพปไทด์เดียวกัน ส่วนโครงสร้างแบบแผ่นพลีทปีต้าเกิดจากการสร้างพันธะไฮโดรเจนระหว่าง $\text{C}=\text{O}$ กับ $\text{N}-\text{H}$ ของกรดอะมิโนระหว่างสายพอลิเพปไทด์ที่อยู่คู่กัน

4. เฮโมโกลบินและอินซูลินจัดเป็นโปรตีนที่มีโลหะเป็นองค์ประกอบด้วย จงระบุว่าเฮโมโกลบิน และอินซูลินมีโลหะอะไรบ้างเป็นองค์ประกอบ

เฮโมโกลบินมีโลหะ Fe เป็นองค์ประกอบ ส่วนอินซูลินมีโลหะ Zn เป็นองค์ประกอบ.....

5. สารกำหนดให้ต่อไปนี้ กรดอะมิโน ไคเพปไทด์ ไตรเพปไทด์ และพอลิเพปไทด์ สารใดเมื่อนำมาทดสอบด้วยสารละลายไบยูเรต แล้วจะไม่เกิดการแปลง

กรดอะมิโนและไคเพปไทด์.....

6. จงบอกหน้าที่ของโปรตีนก่อนกลมและโปรตีนเส้นใย พร้อมยกตัวอย่างโปรตีนแต่ละชนิด

โปรตีนก่อนกลม...ส่วนใหญ่ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกันกระบวนการต่างที่เกิดขึ้นภายในเซลล์ เช่น เอนไซม์ต่างๆ ฮอโมนอินซูลิน และโปรตีนขนส่ง ได้แก่ ฮีโมโกลบิน และโกลบูลินในพลาสมา



7. กรดอะมิโนที่แตกต่างกัน 4 โมเลกุล (กำหนดให้ A B C และ D) เมื่อรวมกันจะเกิดเป็นพันธะเพปไทด์ ได้กี่ชนิด อะไรบ้าง

กรดอะมิโนที่แตกต่างกัน 4 โมเลกุล จะรวมกันเป็นพอลิเพปไทด์ได้ 24 ชนิด ดังนี้

ABCD ... ABDC ... ACBD ... ACDB ... ADBC ... ADCB

BACD ... BADC ... BCDA ... BCAD ... BDCA ... BDAC

CABD ... CADA ... CBAD ... CBDA ... CDAB ... CDBA

DABC ... DACB ... DBAC ... DBCA ... DCAB ... DCBA



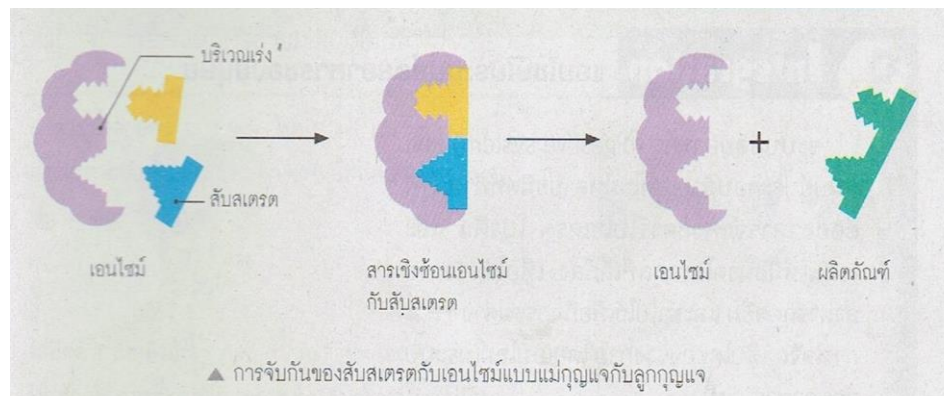


ตอนที่ 2 เอนไซม์และการแปลงสภาพโปรตีน

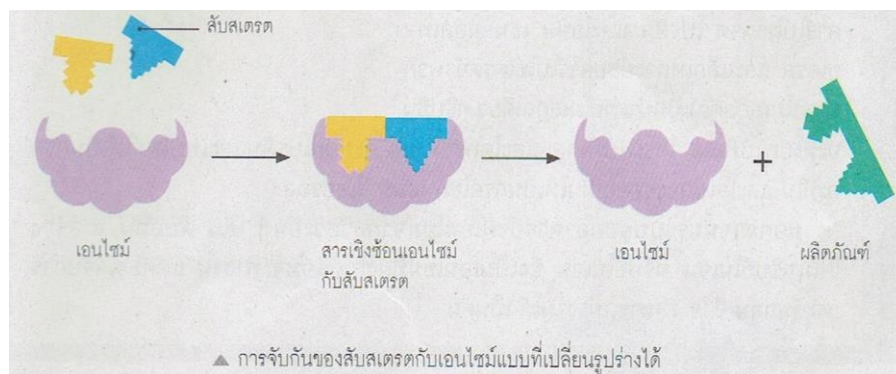
เอนไซม์(enzyme)

เป็นโปรตีน ที่ทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในเซลล์สิ่งมีชีวิต ทำให้สารตั้งต้นเกิดปฏิกิริยาได้ง่ายขึ้นโดยรวมตัวกับเอนไซม์ได้อย่างเหมาะสม เอนไซม์ช่วยลดพลังงานก่อกัมมันต์มีผลทำให้ปฏิกิริยาเกิดเร็วขึ้น เช่น การย่อยโปรตีนที่ลำไส้เล็กจนได้กรดอะมิโน ใช้เวลาเพียง 2-3 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส และ pH เกือบเป็นกลาง แต่ถ้าทำในห้องปฏิบัติการโดยต้มโปรตีนกับกรดเข้มข้นที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ต้องใช้เวลาไม่น้อยกว่า 24 ชั่วโมง โดยปกติเอนไซม์ทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาได้ดีกว่าตัวเร่งปฏิกิริยาที่เป็นสารอนินทรีย์ เช่นการสลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 1 โมลให้เป็นน้ำและออกซิเจน โดยไม่มีตัวเร่งปฏิกิริยาจะมีพลังงานก่อกัมมันต์ 72.4 กิโลจูล ถ้ามีเหล็กเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาจะใช้พลังงานก่อกัมมันต์ 54.34 กิโลจูล แต่ถ้าใช้เอนไซม์คะตะเลสจากตับเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา จะใช้พลังงานก่อกัมมันต์เพียง 20.9 กิโลจูล

การทำงานของเอนไซม์เริ่มต้นจากสารตั้งต้นซึ่งในทางชีวเคมีเรียกว่า สับสเตรต (substrate) เข้าจับกับเอนไซม์และเกิดการเปลี่ยนแปลงจนกระทั่งปฏิกิริยาสิ้นสุด ได้ผลิตภัณฑ์และเอนไซม์กลับคืนมา การที่เอนไซม์สามารถทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาได้ดี เนื่องจากมีบริเวณเร่ง (active site) ซึ่งเป็นบริเวณจำเพาะที่จะให้สับสเตรตเข้ามาจับ เอนไซม์จำนวนมากไม่มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างทั้งก่อนและหลังการจับกับสับสเตรต และสามารถจับเข้ากันได้พอดีแบบแม่กุญแจกับลูกกุญแจ



สำหรับเอนไซม์บางตัวนักวิทยาศาสตร์พบหลักฐานเพิ่มเติมซึ่งบ่งชี้ว่าโครงสร้างของโมเลกุลของเอนไซม์เปลี่ยนไปขณะจับสับสเตรต โดยที่บริเวณเร่งของเอนไซม์สามารถถูกเหนี่ยวนำให้เหมาะสมกับสับสเตรตที่เข้ามาจับ คือเปลี่ยนรูปร่างได้



นอกจากนี้ยังพบว่าโดยทั่วไปเอนไซม์ชนิดหนึ่งๆสามารถทำปฏิกิริยาได้เฉพาะอย่างเท่านั้น เช่น อะไมเลสเป็นเอนไซม์ย่อยแป้ง ดังนั้นจึงพบว่ามีเอนไซม์หลายชนิดในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต

เนื่องจากเอนไซม์จะทำหน้าที่ที่ก่อเมื่อจับกับสับสเตรตที่เหมาะสม ดังนั้นเอนไซม์จำนวนมากจึงมีชื่อเรียกตามชนิดของสับสเตรต โดยลงท้ายเสียงเป็น -ส เช่น ซูเครส อะไมเลส ไลเปส ยูรีเอส แต่เอนไซม์บางชนิดอาจมีชื่อเฉพาะ เนื่องจากเป็นชื่อที่ตั้งขึ้นขณะที่พบเอนไซม์ไม่กี่ยุค เช่น เพปซิน ทริปซิน ซึ่งเป็นเอนไซม์ช่วยในการย่อยโปรตีน ภายหลังเมื่อพบเอนไซม์จำนวนมากขึ้นจึงกำหนดหลักเกณฑ์ในการเรียกชื่อเอนไซม์อย่างเป็นระบบมากขึ้น เอนไซม์แต่ละชนิดมีลักษณะการทำหน้าที่เฉพาะตัว



ปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของเอนไซม์

1. อุณหภูมิ เป็นปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของเอนไซม์ ซึ่งเอนไซม์จะทำงานได้ดีในอุณหภูมิที่เหมาะสม โดยเมื่อมีการเพิ่มอุณหภูมิจะทำให้ปฏิกิริยาที่เร่งด้วยเอนไซม์เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งอาจไม่เป็นผลดีเสมอไป เพราะแม้ว่าการเพิ่มอุณหภูมิจะทำให้อัตราเร็วของปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น แต่อาจทำให้โครงสร้างของเอนไซม์เปลี่ยนแปลงไป จนทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของเอนไซม์ลดลง หรือเอนไซม์ไม่สามารถทำหน้าที่ได้ อย่างไรก็ตาม อัตราเร็วของปฏิกิริยาบางชนิดที่มีเอนไซม์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาจะไม่เพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นเสมอไป แต่จะมีอุณหภูมิช่วงหนึ่งที่เท่านั้นที่จำเพาะและเหมาะสมต่อการทำหน้าที่ได้ดีที่สุดของเอนไซม์ในสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิด เช่น เอนไซม์จากสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม ส่วนใหญ่จะเร่งปฏิกิริยาได้ดีที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส และจะไม่สามารถเร่งปฏิกิริยาได้ที่อุณหภูมิสูงกว่า 60 องศาเซลเซียส แต่เอนไซม์ในแบคทีเรียจะมีอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเร่งปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส เป็นต้น

2. pH เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการทำงานของเอนไซม์ที่ทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยา หาก pH ไม่เหมาะสมจะทำให้เอนไซม์ทำหน้าที่ไม่เต็มที่ เอนไซม์แต่ละชนิดจะมีค่า pH หนึ่งที่เหมาะสมต่อการทำงานซึ่งส่วนใหญ่จะอยู่ในช่วงระหว่าง pH 5-9 โดยความสามารถเอนไซม์ในการจับกับสับสเตรต และในการเร่งปฏิกิริยาอาจขึ้นอยู่กับความสมดุลของประจุของหมู่ต่างๆ ในบริเวณเร่งและบริเวณจับของเอนไซม์ รวมทั้งประจุของสับสเตรตเอง ซึ่งที่ pH ต่ำและสูงเกินไปมักทำให้ประจุเปลี่ยนไป จนไม่เหมาะสมที่จะทำปฏิกิริยากัน นอกจากนี้ที่ pH สูงมากหรือต่ำมากอาจทำให้โครงสร้างของเอนไซม์เสียรูปร่าง 3 มิติไปจนทำงานไม่ได้ เช่น ค่า pH ที่เหมาะสมต่อการทำงานของเอนไซม์เปปซิน คือ pH เท่ากับ 1.5 แต่เอนไซม์ทริปซิน คือ ที่ pH เท่ากับ 8 เป็นต้น

เอนไซม์	pH ที่เหมาะสม
ไลเปส(ตับอ่อน)	8.0
ไลเปส(กระเพาะอาหาร)	4.0-5.0
ไลเปส(น้ำมันละหุ่ง)	4.7
เปปซิน	1.5-1.6
ทริปซิน	7.8-8.7
ยูรีเอส	7.0
มอลเทส	6.1-6.8
อะไมเลส(ตับอ่อน)	6.7-7.0
อะไมเลส(ข้าวมอลต์ ถั่ว)	4.6-5.2
อะเลส	7.0
ซูเครส(ลำไส้เล็ก)	6.2



3. ความเข้มข้นของสับสเตรต ซึ่งเมื่อเอนไซม์คงที่ ถ้าเพิ่มความเข้มข้นของสับสเตรตจะทำให้ อัตราการเร่งปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น จนถึงจุดๆหนึ่งแล้วคงที่ และถ้าความเข้มข้นของสับสเตรตเข้มข้นเกินไป จะทำให้เอนไซม์หยุดการทำงานได้

4. ความเข้มข้นของเอนไซม์ หากเพิ่มความเข้มข้นจะช่วยเร่งปฏิกิริยาให้เกิดเร็วขึ้น แต่ถ้ามากเกินไปพออัตราการเกิดปฏิกิริยาจะมีค่าคงที่

การแปลงสภาพโปรตีน

โปรตีนแต่ละชนิดจะมีโครงสร้าง 3 มิติ ที่จำเพาะต่อการทำงานที่แตกต่างกัน เช่น เฮโมโกลบิน มีโครงสร้าง 3 มิติเป็นแบบจตุรภูมิ โปรตีนเส้นใยมีโครงสร้าง 3 มิติเป็นแบบทุติยภูมิชนิดเกลียวแอลฟา เป็นต้น ซึ่งถ้าแรงยึดเหนี่ยวในโครงสร้าง 3 มิติ ของโปรตีนถูกทำลาย จะทำให้โครงสร้างของโปรตีนเปลี่ยนแปลงไป โดยการคลายตัวออก ทำให้สมบัติของโปรตีนจะเปลี่ยนแปลงไปด้วย ส่งผลให้ไม่สามารถสามารถทำหน้าที่ของโปรตีนนั้นๆได้ เรียกว่า การแปลงสภาพโปรตีน

ปัจจัยที่มีผลต่อการแปลงสภาพโปรตีน มีดังนี้

1. ความร้อน ซึ่งการแปลงสภาพโปรตีนจะเกิดขึ้นเมื่อโปรตีนมีอุณหภูมิสูงประมาณ 50 องศาเซลเซียสขึ้นไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของโปรตีน

2. สารละลายกรดและสารละลายเบส อาจทำให้โมเลกุลโปรตีนเปลี่ยนแปลงได้ เนื่องจากเกิดการรับหรือเสีย H^+ ทำให้โมเลกุลโปรตีนมีประจุบวกขึ้น จึงสามารถจับกับไอออนอื่นได้ เช่น จับกับไอออนลบจากกรด ทำให้โปรตีนเกิดการรวมตัวเป็นก้อนแข็ง เป็นต้น

3. ในตัวทำละลายอินทรีย์ที่มีพันธะไฮโดรเจน เช่น แอลกอฮอล์ จะเกิดการสร้างพันธะไฮโดรเจนกับโปรตีนได้ ทำให้โปรตีนแข็งตัวและละลายน้ำได้น้อยลง เป็นต้น

4. ไอออนของโลหะหนัก เช่น Pb^{2+} Hg^{2+} และ Ag^+ ไอออนเหล่านี้จะทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโนทางด้านที่มีประจุลบ เกิดเป็นเกลือที่ไม่ละลายน้ำ ซึ่งทำให้โปรตีนไม่ละลายน้ำ และตกตะกอนออกมา

นอกจากนี้ การเติมสารซักฟอก การฉายรังสีเอกซ์ หรือการเขย่าแรงๆ ก็สามารถทำให้เกิดการแปลงสภาพโปรตีนได้เช่นกัน ซึ่งความรู้เกี่ยวกับการแปลงสภาพโปรตีนนี้สามารถนำมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้ดังนี้



- 1) การคำนวณเวลาในการต้มไข่ ซึ่งหากต้มในน้ำที่มีอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที จะทำให้โปรตีนในไข่แข็งตัว
- 2) การยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อโรคบางชนิดด้วยแอลกอฮอล์ โดยโปรตีนในผนังเซลล์ของเชื้อโรคจะเกิดพันธะไฮโดรเจนกับแอลกอฮอล์ และเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพ
- 3) การล้างท้องผู้ที่ดื่มสารพิษที่เป็นไอออนของโลหะหนัก โดยแพทย์จะให้ผู้ป่วยรับประทานไข่ขาวดิบ เพื่อให้ไข่ขาวติดรวมตัวกับโลหะหนัก แล้วทำให้อาเจียนออกมา ก่อนที่ไอออนของโลหะหนักจะดูดซึมเข้าสู่ร่างกาย ซึ่งอาจเป็นอันตรายถึงขั้นเสียชีวิตได้
- 4) การทำความสะอาดเครื่องมือแพทย์เพื่อฆ่าเชื้อโรค จะใช้หม้อนึ่งอัดความดันที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ซึ่งความร้อนจะทำให้โปรตีนในจุลินทรีย์ถูกทำลาย
- 5) การให้ความร้อนกับน้ำนมที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จะทำให้โปรตีนในน้ำนมแข็งตัวซึ่งเป็นวิธีการทำโยเกิร์ต
- 6) การบีบมะนาวลงในอาหาร จะทำโปรตีนในอาหารเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพ และตกตะกอนขาวขุ่น
การเปลี่ยนแปลงสภาพโปรตีนจะมีเพียงโครงสร้างทุติยภูมิ ตติยภูมิ และจตุรภูมิ เท่านั้นที่ถูกทำลาย แต่โครงสร้างปฐมภูมินั้นยังไม่ถูกทำลาย





ตอนที่ 2 เอนไซม์และการแปลงสภาพโปรตีน

การทดลองที่ 1 สมบัติของเอนไซม์และปัจจัยบางประการที่มีผลต่อการทำงานของ

ตอนที่ 1 การเร่งปฏิกิริยาของเอนไซม์

ตอนที่ 2 ผลของอุณหภูมิต่อการทำงานของเอนไซม์

- สื่อ :
1. สารเคมีและอุปกรณ์
 2. ใบกิจกรรมการทดลองตอนที่ 1 และตอนที่ 2
 3. บันทึกกิจกรรมการทดลองตอนที่ 1 และตอนที่ 2

1. นักเรียนในกลุ่มร่วมกันศึกษาวิธีการทำการทดลองกิจกรรมที่ 1
2. ประธานกลุ่มรับอุปกรณ์การทดลองจากครู และมอบหมายหน้าที่ให้สมาชิก ดังนี้
 - สมาชิกคนที่ 1 และ 2 ทำหน้าที่ทดลอง
 - สมาชิกคนที่ 3 ทำหน้าที่จดบันทึกผลการทดลอง
 - สมาชิกคนที่ 4 ทำหน้าที่ตอบคำถามท้ายการทดลอง
3. สมาชิกในกลุ่มร่วมกันอภิปรายและสรุปผลการทดลอง
4. ทำความสะอาดและเก็บอุปกรณ์การทดลองส่งคืนครู



ใบกิจกรรม การทดลองที่ 1



สมบัติของเอนไซม์และปัจจัยบางประการที่มีผลต่อการทำงานของเอนไซม์ สารเคมีและอุปกรณ์

รายการ	ต่อ 1 กลุ่ม
สารเคมี	
1. ยีสต์	1 ช้อนเบอร์ 2
2. น้ำตาลทราย	0.5 g
3. สารละลายเบนดิกต์	2 cm ³
4. น้ำสับปะรด	4 cm ³
5. สารละลายเจลาติน	5 cm ³
6. น้ำกลั่น	10 cm ³
7. น้ำแข็ง	
อุปกรณ์	
1. กระจกบอทวงขนาด 10 cm ³	1 ใบ
2. หลอดทดลองขนาดกลาง	2 หลอด
3. หลอดทดลองขนาดเล็ก	5 หลอด
4. ช้อนเบอร์ 2	1 อัน
5. ปีกเกอร์ขนาด 50 cm ³	3 ใบ
6. ปีกเกอร์ขนาด 250 cm ³	2 ใบ
7. ตะเกียงแอลกอฮอล์พร้อมที่กั้นลมและตะแกรงลวด	1 ชุด
8. เทอร์มอมิเตอร์	1 อัน
9. แท่งแก้วคน	1 อัน
10. ที่วางหลอดทดลอง	1 อัน

ตอนที่ 1 การเร่งปฏิกิริยาของเอนไซม์



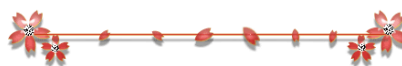
วิธีการทดลอง

1. ละลายน้ำตาลทราย 0.5 g ในน้ำ 10 cm³ และแบ่งสารละลายออกเป็น 2 ส่วนเท่าๆกันใส่ในหลอดทดลองขนาดกลาง 2 หลอด
2. ใส่ยีสต์ 1 ช้อนเบอร์ 2 ลงในสารละลายหลอดที่ 1 ผสมให้เข้ากัน และตั้งหลอดทดลองทั้ง 2 หลอด ไว้เป็นเวลา 10 นาที
3. เติมสารละลายเบเนดิกต์ลงในสารทั้ง 2 หลอด หลอดละ 1 cm³ อุ้มน้ำเดือดเป็นเวลา 2 นาที สังเกตการเปลี่ยนแปลง

ตอนที่ 1 ผลของอุณหภูมิต่อการทำงานของเอนไซม์

วิธีการทดลอง

1. ใส่น้ำสับปะรดสดลงในหลอดทดลองขนาดเล็ก 4 หลอด หลอดละ 1 cm³ แล้วทำให้แต่ละหลอดมีอุณหภูมิ ดังนี้
หลอดที่ 1 อุณหภูมิห้อง
หลอดที่ 2 อุณหภูมิ 60°C นาน 5 นาทีแล้วตั้งไว้ให้เย็น
หลอดที่ 3 อุณหภูมิ 80°C นาน 5 นาทีแล้วตั้งไว้ให้เย็น
หลอดที่ 4 อุณหภูมิ 100°C นาน 5 นาทีแล้วตั้งไว้ให้เย็น
2. ใส่สารละลายเจลาตินลงในหลอดทดลองที่ใส่น้ำสับปะรดทั้ง 4 หลอด หลอดละ 1 cm³ เขย่าและใส่สารละลายเจลาตินจำนวน 1 cm³ ลงในหลอดที่ 5 สำหรับเปรียบเทียบตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 4 นาที
3. แช่หลอดทดลองทั้ง 5 หลอด ในบีกเกอร์ที่มีน้ำแข็งประมาณ 8-10 นาที สังเกตการเปลี่ยนแปลง



บันทึกกิจกรรมการทดลองที่ 1



สมบัติของเอนไซม์และปัจจัยบางประการที่มีผลต่อการทำงานของเอนไซม์

จุดประสงค์ของกิจกรรม

1. ทำการทดลองเพื่อศึกษาสมบัติของเอนไซม์และผลของอุณหภูมิต่อการทำงานของเอนไซม์
2. บอกสมบัติของเอนไซม์ได้

ผลการปฏิบัติกิจกรรม

ตอนที่ 1

หลอดที่	การเปลี่ยนแปลงเมื่อเติมสารละลายเบนดิคต์	
	ก่อนให้ความร้อน	หลังให้ความร้อน
1		
2		

ตอนที่ 2

หลอดที่	อุณหภูมิของน้ำสับปะรด ก่อนผสมเจลาติน	การเปลี่ยนแปลงของเจ ลาติน ภายหลังแช่ในน้ำแข็ง
1		
2		
3		
4		

คำถามท้ายกิจกรรม

1. สารละลายน้ำตาลทรายที่เติมยีสต์และไม่เติมยีสต์เมื่อทดสอบด้วยสารละลายเบนดิคต์ได้ผลการทดลองแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร

.....
.....

2. สารละลายเจลาตินในหลอดใดแข็งตัวได้เพราะเหตุใด

.....
.....
.....



สรุปผลการปฏิบัติกิจกรรม

.....

.....

.....

.....

.....

.....





ตอนที่ 2 เอนไซม์และการแปลงสภาพโปรตีน

การทดลองที่ 2 การแปลงสภาพโปรตีน

- สื่อ : 1. สารเคมีและอุปกรณ์ การทดลองที่ 2 การแปลงสภาพโปรตีน
2. ใบกิจกรรมการทดลองที่ 2 การแปลงสภาพโปรตีน
3. บันทึกกิจกรรมการทดลองที่ 2 การแปลงสภาพโปรตีน

1. นักเรียนในกลุ่มร่วมกันศึกษาวิธีการทำการทดลองกิจกรรมที่ 2
2. ประธานกลุ่มรับอุปกรณ์การทดลองจากครู และมอบหมายหน้าที่ให้สมาชิก ดังนี้
 - สมาชิกคนที่ 1 และ 2 ทำหน้าที่ทดลอง
 - สมาชิกคนที่ 3 และ 4 ทำหน้าที่จดบันทึกผลการทดลอง
3. สมาชิกในกลุ่มร่วมกันอภิปรายและสรุปผลการทดลอง
4. ทำความสะอาดและเก็บอุปกรณ์การทดลองส่งคืนครู





ใบกิจกรรม การทดลองที่ 2

การแปลงสภาพโปรตีน

สารเคมีและอุปกรณ์

รายการ	ต่อ 1 กลุ่ม
สารเคมี	
1. ไช้ขาวดิบ	5 cm ³
2. กรดแอสติกเข้มข้น	0.5 cm ³
3. สารละลาย NaOH 6.0 mol/dm ³	0.5 cm ³
4. สารละลาย NaOH 2.5 mol/dm ³	2 cm ³
5. เอทานอล 95 %	0.5 cm ³
6. สารละลาย Pb(NO ₃) ₂ 0.5 mol/dm ³	0.5 cm ³
7. สารละลาย CuSO ₄ 0.1 mol/dm ³	2 cm ³
อุปกรณ์	
1. ปีกเกอร์ขนาด 250 cm ³	1 ใบ
2. หลอดทดลองขนาดเล็ก	5 หลอด
3. หลอดหยด	1 อัน
4. กระจกบอทดวงขนาด 10 cm ³	1 ชุด
5. ตะเกียงแอลกอฮอล์พร้อมที่ก้นลมและตะแกรงลวด	1 ใบ
6. ที่จับหลอดทดลอง	1 อัน



วิธีการทดลอง

1. ใส่ไข่ขาวดิบในหลอดทดลองขนาดเล็กหลอดละ 1 cm^3 จำนวน 5 หลอด แล้วทำการทดลองต่อไป ดังนี้

หลอดที่ 1 ให้ความร้อนด้วยการต้มในน้ำเดือด 2 นาที

หลอดที่ 2 ใส่กรดซิดิกเข้มข้น 5 หยด

หลอดที่ 3 ใส่สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 6 mol/dm^3 5 หยด

หลอดที่ 4 ใส่เอทานอล 95% 5 หยด

หลอดที่ 5 ใส่สารละลาย $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 0.5 mol/dm^3 สังเกตการเปลี่ยนแปลงบันทึกผล

2. ทำให้สารละลายแต่ละหลอดเป็นเบส โดยหยดสารละลาย NaOH 2.5 mol/dm^3 ทีละหยด และทดสอบความเป็นเบสด้วยกระดาษลิตมัส

3. เติมสารละลาย CuSO_4 0.1 mol/dm^3 ลงในหลอดที่ 1 – 5 หลอดละ 5 หยด เขย่าสังเกตการเปลี่ยนแปลงและบันทึกผล





บันทึกกิจกรรมการทดลองที่2

การแปลงสภาพโปรตีน

จุดประสงค์ของกิจกรรม

1. ทำการทดลองเพื่อศึกษาการแปลงสภาพโปรตีนเนื่องจากปัจจัยต่างๆได้
2. ระบุปัจจัยที่มีผลต่อการแปลงสภาพโปรตีน

ผลการปฏิบัติกิจกรรม

หลอดที่	การทดลอง	การเปลี่ยนแปลงที่สังเกตได้	การเปลี่ยนแปลงเมื่อทดสอบไบยูเรต
1			
2			
3			
4			
5			

คำถามท้ายกิจกรรม

1. มีปัจจัยใดบ้างที่ทำให้ไข่ขาวถูกแปลงสภาพได้

.....
.....

2. ในการแปลงสภาพโปรตีน พันธะเพปไทด์ และโครงสร้างปฐมภูมิเปลี่ยนแปลงด้วยหรือไม่ทราบได้อย่างไร

.....
.....

สรุปผลการปฏิบัติกิจกรรม

.....
.....



ตอนที่ 2 เอนไซม์และการแปลงสภาพโปรตีน

คำชี้แจง จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

1. เพราะเหตุใดเอนไซม์จึงให้ปฏิกิริยาในสิ่งมีชีวิตเกิดเร็วขึ้น

.....

.....

.....

.....

2. การแปลงสภาพโปรตีนจะส่งผลให้โปรตีนเกิดการเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร

.....

.....

.....

.....

3. การแปลงสภาพโปรตีนเป็นการทำลายพันธะเพปไทด์ของโครงสร้างปฐมภูมิ ทติยภูมิ ตติยภูมิและจตุรภูมิของโปรตีน ข้อความนี้กล่าวถูกต้องหรือไม่ เพราะเหตุใด

.....

.....

.....

.....



4. ปัจจัยใดบ้างเป็นสาเหตุที่ทำให้โปรตีนเปลี่ยนแปลงสภาพไป

.....

.....

.....

.....

5. นักเรียนสามารถนำความรู้ในเรื่องการแปลงสภาพโปรตีนมาใช้ปฐมพยาบาลผู้ที่รับประทานสารพิษที่มีไอออนของโลหะหนักเข้าสู่ร่างกายได้อย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

6. การใช้แอลกอฮอล์เช็ดแผลจัดเป็นการแปลงสภาพโปรตีนหรือไม่ เพราะเหตุใด

.....

.....

.....





บัตรเฉลยกิจกรรม ชุดที่ 3 โปรตีน



ตอนที่ 2 เอนไซม์และการแปลงสภาพโปรตีน

การทดลองที่ 1 สมบัติของเอนไซม์และปัจจัยบางประการที่มีผลต่อการทำงานของ

ตอนที่ 1 การเร่งปฏิกิริยาของเอนไซม์

ตอนที่ 2 ผลของอุณหภูมิต่อการทำงานของเอนไซม์

บันทึกกิจกรรมการทดลองที่ 1

การตรวจสอบสมบัติทางกายภาพบางประการของพลาสติกชนิดต่าง ๆ

จุดประสงค์ของกิจกรรม

1. ทำการทดลองเพื่อศึกษาสมบัติของเอนไซม์และผลของอุณหภูมิต่อการทำงานของเอนไซม์
2. บอกสมบัติของเอนไซม์ได้

ผลการปฏิบัติกิจกรรม

ตอนที่ 1

หลอดที่	การเปลี่ยนแปลงเมื่อเติมสารละลายเบนดิกต์	
	ก่อนให้ความร้อน	หลังให้ความร้อน
1	สีฟ้า	สารละลายเปลี่ยนเป็นสีส้มและมีตะกอนสีแดงอิฐเกิดขึ้น
2	สีฟ้า	ไม่เปลี่ยนแปลง



ตอนที่ 2

หลอดที่	อุณหภูมิของน้ำสับปะรด ก่อนผสมเจลาติน	การเปลี่ยนแปลงของเจลาติน ภายหลังแช่ในน้ำแข็ง
1	อุณหภูมิห้อง	ไม่แข็งตัว
2	60°C	แข็งตัวบางส่วน
3	80°C	แข็งตัวหมด
4	100°C	แข็งตัวหมด

คำถามท้ายกิจกรรม

1. สารละลายน้ำตาลทรายที่เติมยีสต์และไม่เติมยีสต์เมื่อทดสอบด้วยสารละลายเบเนดิกต์ได้ผลการทดลองแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร

ไม่แตกต่างกัน คือเป็นสารละลายสีฟ้า.....

2. สารละลายเจลาตินในหลอดใดแข็งตัวได้เพราะเหตุใด

สารละลายเจลาตินในหลอดที่มีอุณหภูมิ 80°C และ 100°C จะเกิดการแข็งตัว เนื่องจากเอนไซม์ในน้ำสับปะรดที่อุณหภูมิประมาณ 80°C และ 100°C จะแปลงสภาพหมดจึงไม่สามารถเร่งปฏิกิริยาได้ ซึ่งในน้ำสับปะรดมีเอนไซม์โบรมิเลนที่ย่อยสลายเจลาตินได้ เมื่อได้รับความร้อนถึงระดับหนึ่ง เอนไซม์จะแปลงสภาพและไม่สามารถย่อยสลายเจลาตินได้ เจลาตินจึงแข็งตัวเมื่อแช่ในน้ำแข็ง

สรุปผลการปฏิบัติกิจกรรม

จากการทดลองตอนที่ 1 พบว่าสารละลายน้ำตาลทรายที่เติมยีสต์ลงไปจะทำปฏิกิริยากับสารละลายเบเนดิกต์ ได้ตะกอนสีแดงอิฐเกิดขึ้น เนื่องจากยีสต์มีเอนไซม์ที่ช่วยเร่งปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส น้ำตาลทรายให้เป็นกลูโคสและฟรักโทส จึงทำให้สามารถทำปฏิกิริยากับสารละลายเบเนดิกต์ได้

.....จากการทดลองตอนที่ 2 พบว่าน้ำสับปะรดที่มีเอนไซม์โบรมิเลนสามารถย่อยสลายเจลาตินเกิดเป็นสายโปรตีนที่สั้นลง ทำให้เจลาตินไม่แข็งตัว เมื่อแช่ในน้ำแข็ง ซึ่งเจลาตินจะมีสถานะเป็นของเหลวที่อุณหภูมิสูงและเป็นของแข็งที่อุณหภูมิต่ำ แต่ถ้ามมีการเพิ่มอุณหภูมิ เอนไซม์จะถูกแปลงสภาพจนไม่สามารถย่อยสลายเจลาตินได้ เจลาตินจึงแข็งตัวได้เมื่อแช่ในน้ำแข็งนั่นคือ อุณหภูมิจึงเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการทำงานของเอนไซม์และเอนไซม์จะทำงานได้ดีที่อุณหภูมิเหมาะสม



บัตรเฉลยกิจกรรม ชุดที่ 3 โปรตีน



ตอนที่ 2 เอนไซม์และการแปลงสภาพโปรตีน

การทดลองที่ 2 การแปลงสภาพโปรตีน

บันทึกกิจกรรมการทดลองที่ 2

การแปลงสภาพโปรตีน

จุดประสงค์ของกิจกรรม

1. ทำการทดลองเพื่อศึกษาการแปลงสภาพโปรตีนเนื่องจากปัจจัยต่างๆได้
2. ระบุปัจจัยที่มีผลต่อการแปลงสภาพโปรตีน

ผลการปฏิบัติกิจกรรม

หลอดที่	การทดลอง	การเปลี่ยนแปลงที่สังเกตได้	การเปลี่ยนแปลงเมื่อทดสอบไบูเรต
1	ให้ความร้อน	ไข่ขาวแข็งตัวเป็นสีขาว	สารสีม่วงน้ำเงิน
2	เติมกรดแอสติกเข้มข้น	ไข่ขาวจับตัวเป็นก้อนขุ่นขาวเกือบหมด	สารสีม่วงน้ำเงิน
3	เติมสารละลาย NaOH	ไข่ขาวแข็งตัวและใส	สารสีม่วงน้ำเงิน
4	เติมเอทานอล	ไข่ขาวจับตัวเป็นก้อนขุ่นขาวลอยอยู่ผิวหน้า	สารสีม่วงน้ำเงิน
5	เติมสารละลาย $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$	ไข่ขาวเป็นตะกอนขุ่นอยู่ก้นหลอด	สารสีม่วงน้ำเงิน



คำถามท้ายกิจกรรม

1. มีปัจจัยใดบ้างที่ทำให้ไข่ขาวถูกแปลงสภาพได้

ความร้อน...สารละลายกรด...สารละลายเบส...แอลกอฮอล์...และโลหะหนัก

2. ในการแปลงสภาพโปรตีน พันธะเพปไทด์ และโครงสร้างปฐมภูมิเปลี่ยนแปลงด้วยหรือไม่ทราบได้อย่างไร

ไม่เปลี่ยนแปลง. ทราบได้จากผลการทดสอบในยูเรตพบว่าได้สารสีม่วงซึ่งช่วยให้ทราบว่าพันธะเพปไทด์ของโครงสร้างปฐมภูมิยังไม่ถูกทำลาย.

สรุปผลการปฏิบัติกิจกรรม

จากการทดลองพบว่า...ไข่ขาวทุกหลอดเกิดการเปลี่ยนแปลง...โดยบางหลอดแข็งตัว...บางหลอดเกิดตะกอนขุ่นขาว...การเปลี่ยนแปลงดังกล่าว เรียกว่า การแปลงสภาพโปรตีน...แสดงว่าความร้อน...สารละลายกรด...สารละลายเบส...แอลกอฮอล์และโลหะหนัก...เป็นปัจจัยที่ทำให้ไข่ขาวเกิดการแปลงสภาพ...และเมื่อพิจารณาผลการทดสอบในยูเรตพบว่าได้สารสีม่วงเกิดขึ้น...ทำให้ทราบว่าพันธะเพปไทด์ของโครงสร้างปฐมภูมิไม่ถูกทำลาย...แม้ว่าจะถูกแปลงสภาพโปรตีน...มีเพียงโครงสร้างทุติยภูมิ...ตติยภูมิ และจตุรภูมิต่างกันที่ถูกทำลาย





บัตรเฉลยแบบฝึกหัด

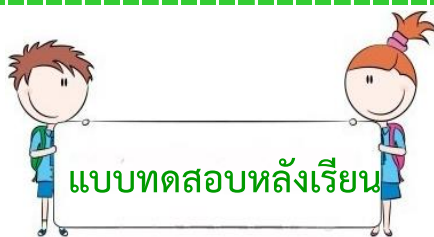
ชุดที่ 3 โปรตีน



ตอนที่ 2 เอนไซม์และการแปลงสภาพโปรตีน

1. เพราะเหตุใดเอนไซม์จึงให้ปฏิกิริยาในสิ่งมีชีวิตเกิดเร็วขึ้น
เพราะเอนไซม์จะไปลดค่าพลังงานก่อกัมมันต์ของปฏิกิริยา...ซึ่งส่งผลให้อนุภาคของสารตั้งต้นรวมตัวกับเอนไซม์ได้อย่างเหมาะสม...ปฏิกิริยาจึงเกิดได้เร็วขึ้น
2. การแปลงสภาพโปรตีนจะส่งผลให้โปรตีนเกิดการเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร
การแปลงสภาพโปรตีน จะทำให้โครงสร้าง 3 มิติ ของโปรตีนเปลี่ยนแปลงไป โดยทำให้เกลียวของโปรตีนคลายออก...ส่งผลให้โปรตีนแข็งตัว และไม่ละลายน้ำ
3. การแปลงสภาพโปรตีนเป็นการทำลายพันธะเพปไทด์ของโครงสร้างปฐมภูมิทุติยภูมิ ตติยภูมิและจตุรภูมิของโปรตีน ข้อความนี้กล่าวถูกต้องหรือไม่ เพราะเหตุใด
ไม่ถูกต้อง...เนื่องจากการแปลงสภาพโปรตีนพันธะเพปไทด์ของโครงสร้างปฐมภูมิไม่ถูกทำลาย มีเพียงโครงสร้างทุติยภูมิ...ตติยภูมิและจตุรภูมิเท่านั้นที่ถูกทำลาย
4. ปัจจัยใดบ้างเป็นสาเหตุที่ทำให้โปรตีนแปลงสภาพไป
การให้ความร้อน...การเติมสารละลายกรด...หรือสารละลายเบส...การเติมแอลกอฮอล์...การเติมโลหะหนัก...การเติมสารซักฟอก...และการฉายรังสีเอกซ์
5. นักเรียนสามารถนำความรู้ในเรื่องการแปลงสภาพโปรตีนมาใช้ปฐมพยาบาลผู้ที่รับประทานสารพิษที่มีไอออนของโลหะหนักเข้าสู่ร่างกายได้อย่างไร
โดยแพทย์จะให้ผู้ป่วยรับประทานไข่ขาวดิบ...เพื่อให้ไข่ขาวติดรวมตัวกับโลหะหนัก...แล้วทำให้อาเจียนออกมา
6. การใช้แอลกอฮอล์เช็ดแผลจัดเป็นการแปลงสภาพโปรตีนหรือไม่ เพราะเหตุใด
การใช้แอลกอฮอล์เช็ดแผลจัดเป็นการแปลงสภาพโปรตีน...เนื่องจากแอลกอฮอล์ทำให้เยื่อหุ้มเซลล์ของแบคทีเรียเกิดการละลาย...และเข้าไปทำให้โปรตีนในแบคทีเรียเกิดการแข็งตัว





ชุดที่ 3 เรื่อง โปรตีน

วิชาเคมี 5 (ว33225)

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

คะแนนเต็ม 15 คะแนน

เวลา 15 นาที

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบชุดนี้มีจำนวน 15 ข้อ เป็นแบบปรนัยเลือกตอบ มี 4 ตัวเลือก
 2. ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุด ลงในกระดาษคำตอบ
1. ข้อใดเป็นการเลือกปฏิบัติได้เหมาะสมที่สุด
 1. เก็บขวดน้ำพลาสติกไม่ใช้แล้วไว้ใส่น้ำมันเบนซิน
 2. ใช้ภาชนะที่เคลือบด้วยพอลิเอทเธอร์ฟลูออโรเอทิลีนในการทอดปลา
 3. ใช้ถ้วยชามที่ผลิตจากพอลิเอทิลีนอุ่นอาหารในเตาไมโครเวฟ
 4. เก็บรวบรวมถ้วยชามประเภทเมลามีนที่ชำรุดไว้เพื่อการนำกลับมาใช้ใหม่
 2. กระบวนการใดทำให้มอนอเมอร์เชื่อมต่อกันเป็นพอลิเมอร์
 1. ไฮโดรไลซิส
 2. มอนอเมอไรเซชัน
 3. พอลิเมอไรเซชัน
 4. การเชื่อมขวาง (crosslink)
 3. โครงสร้างของพลาสติกในข้อใดที่ไม่สอดคล้องกับสมบัติของพลาสติกนั้น

สมบัติ	โครงสร้าง		
	โซ่ตรง	โซ่กิ่ง	ตาข่าย
1. ยืดหยุ่น โค้งงอได้	✓	✓	-
2. นำกลับมาใช้ใหม่ได้	✓	✓	-
3. นำมาขึ้นรูปใหม่ได้	-	-	✓
4. ได้รับความร้อน ไม่อ่อนตัว	-	✓	✓



4. ข้อใดเป็นสมบัติของพลาสติกเทอร์โมเซต
- ก. เมื่อเผาไฟเกิดเปลวสีน้ำเงินขอบเหลือง กลิ่นคล้ายขนสัตว์ ติดไฟ
 - ข. ไม่สามารถนำกลับมาขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่
 - ค. มีโครงสร้างแบบตาข่ายหรือร่างแห
 - ง. ละลายได้ในสารไฮโดรคาร์บอน
- 1. ก และ ข
 - 2. ข และ ค
 - 3. ค และ ง
 - 4. ก และ ง
5. เส้นใยในข้อใดต่อไปนี้ เมื่อเปียกน้ำ ความเหนียวและความแข็งแรง จะลดลงทุกชนิด
- 1. ขนแกะ ขนแพะ ไหม
 - 2. ลินิน ปอ ขนแกะ
 - 3. ไหม ฝ้าย ลินิน
 - 4. ฝ้าย ปอ นุ่น
6. พิจารณาข้อความต่อไปนี้
- ก. ไนลอนและอีพอกซีจัดเป็นเทอร์โมพลาสติก
 - ข. ซิลิโคนที่ใช้ในงานศัลยกรรมจัดเป็นพอลิเมอร์ชนิดหนึ่ง
 - ค. ยางธรรมชาติและยางเทียม IR ต่างมีไอโซพรีนเป็นมอนอเมอร์
 - ง. เอทิลีนจัดเป็นมอนอเมอร์ที่มีขนาดเล็ก ที่สุด ในการผลิตพอลิเมอร์
- ข้อใดถูกต้อง
- 1. ก ข และ ค
 - 2. ก ค และ ง
 - 3. ก ข และ ง
 - 4. ข ค และ ง



7. จากปฏิกิริยา

สาร X + $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{NH}_3}$ สารเหนียวใสสีน้ำเงิน $\rightarrow$ ฉีดให้เป็นเส้นใย
ข้อใดเป็นสาร X ได้ทุกตัว

1. ไยมะพร้าว ไยไหม ไยหิน
2. ผ้าฝ้าย ผ้าไหม ผ้าลินิน
3. ไยฝ้าย ไยขน ไยแก้ว
4. กระดาษทิชชู ไยมะพร้าว กระดาษหนังสือพิมพ์

8. กระบวนการวัลคาไนเซชัน คืออะไร

1. กระบวนการที่ทำให้พอลิไอโซพรีนต่อกันเป็นสายยาวเพิ่มขึ้น
2. กระบวนการที่ทำให้ยางสังเคราะห์มีโครงสร้างใกล้เคียงยางธรรมชาติ
3. กระบวนการที่ทำให้ยางสังเคราะห์มีความยืดหยุ่นใกล้เคียงยางธรรมชาติ
4. กระบวนการที่ทำให้พอลิเมอร์ของยางเชื่อมต่อกันเป็นร่างแห โดยมีกำมะถันเป็นตัวเชื่อม

9. สารจากธรรมชาติต่อไปนี้ สารใดจัดเป็นโคพอลิเมอร์

1. โปรตีน
2. แป้ง
3. เซลลูโลส
4. ยางธรรมชาติ

10. พอลิเมอร์ที่มีสูตรโครงสร้าง $(-\text{CH}_2\underset{\text{CH}_3}{\underset{|}{\text{CH}}}\text{CH}_2\underset{\text{COOCH}_3}{\underset{|}{\text{CH}}}-)_n$ เกิดจากการรวมตัวกันของมอนอเมอร์ชนิดใด

และปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบใด





กระดาษคำตอบ

แบบทดสอบก่อนเรียน-หลังเรียน



ชื่อ-สกุล เลขที่..... ม.6/.....

แบบทดสอบก่อนเรียน				
ข้อ	1	2	3	4
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
คะแนนรวม				

แบบทดสอบหลังเรียน				
ข้อ	1	2	3	4
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
คะแนนรวม				





เฉลยแบบทดสอบ
ก่อนเรียน-หลังเรียน



เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียน	
ข้อ	คำตอบ
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	

เฉลยแบบทดสอบหลังเรียน	
ข้อ	คำตอบ
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	





บรรณานุกรม

- คณิตา ตังคณานุรักษ์. (2522). *สรุปเข้ม เคมีพื้นฐานและเพิ่มเติม ม.6*. กรุงเทพฯ: แม็ค.
- นิพนธ์ ตังคณานุรักษ์ และคณิตา ตังคณานุรักษ์. (2554). *Compact เคมี ม.6 เล่ม 5*. กรุงเทพฯ: แม็ค.
- บัญชา แสนทวี, ชนิกานต์ นุ่มมีชัย, ปฐมาภรณ์ พูลเกษม, ภาวิณี รัตนคอน และเรืองอุไร ศรีคำภา. (2549). *หนังสือปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เล่ม 3 สารและสมบัติของสาร ม.4-6*. กรุงเทพฯ: วัฒนาพานิช.
- บัญชา แสนทวี, ชนิกานต์ นุ่มมีชัย, ภาวิณี รัตนคอน และนริสรา ศรีเคลือบ. (ม.ป.ป.). *หนังสือเรียน รายวิชาพื้นฐาน วิทยาศาสตร์ สารและสมบัติของสาร ม.4-6*. กรุงเทพฯ: วัฒนาพานิช.
- บัญชา แสนทวี, ขวลิต เข้มพรหมมา และดาริกา วีรวินันทกุล. (2540). *หนังสือเรียนสมบูรณ์แบบ วิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ สารสังเคราะห์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย*. กรุงเทพฯ: วัฒนาพานิช.
- พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพะเยาว์ ยินดีสุข. (2551). *ทักษะ 5C เพื่อการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้และ การจัดการสอนแบบบูรณาการ*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- โรจน์ฤทธิ์ โรจนธเนศ, วรวิทย์ บรรพวิจิตร และจตุรงค์ สุภาพพร้อม. (2548). *ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ เคมี ม.6*. กรุงเทพฯ: พัฒนาคุณภาพวิชาการ.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ. (2554). *คู่มือครู รายวิชา เพิ่มเติม เคมี เล่ม 5 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ สกสศ. ลาดพร้าว.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ. (2556). *หนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม เคมี เล่ม 5 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (พิมพ์ครั้งที่ 2)*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ สกสศ. ลาดพร้าว.
- สมพงศ์ จันทรโพธิ์ศรี. (2557). *รวมโจทย์ข้อสอบเคมี ม.6 เทอม 1-2*. กรุงเทพฯ: ไฮเอ็ดพับลิชชิง.
- สำราญ พฤษสุนทร. (2552). *ตะลุยโจทย์ Entrance เคมี ม.4-5-6*. กรุงเทพฯ: พ.ศ.พัฒนา.