



คู่มือประกอบสื่อการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์
ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

วิชาชีววิทยา

เรื่อง

อาณาจักรโปรทิสตา

โดย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รสริน พลวัฒน์

พุทธศักราช 2554



กองบรรณาธิการ

รองศาสตราจารย์นันทนา อังกินันท์

รองศาสตราจารย์สุมิตรา คงชื่นสิน

ผู้ช่วยศาสตราจารย์พัชรา ลิ้มปะเวช

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ต่อศักดิ์ สีลานันท์

นางปริญญา กสินรัตน์

นางรૂปนา บางยี่ขัน

สถานที่ให้ความอนุเคราะห์ภาพ/ ข้อมูล

ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



คำชี้แจง

สื่อประกอบการสอนวิชาชีววิทยาเรื่อง อาณาจักรโพรทิสตา เป็นตอนหนึ่งของสื่อ
ประกอบการสอนเรื่อง ความหลากหลายทางชีวภาพซึ่งมีทั้งหมด 9 ตอน คือ

1. ความสำคัญของความหลากหลายทางชีวภาพ
2. หลักการเบื้องต้นทางอนุกรมวิธาน
3. แบบทดสอบด้านการจำแนกและการระบุสิ่งมีชีวิต
4. อาณาจักรมอเนรา
5. อาณาจักรโพรทิสตา
6. อาณาจักรฟังไจ
7. อาณาจักรพืช
8. ความหลากหลายของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง
9. ความหลากหลายของสัตว์มีกระดูกสันหลัง

คู่มือการใช้สื่อประกอบการสอนวิชาชีววิทยา เรื่อง อาณาจักรโพรทิสตา จัดทำขึ้นเพื่อช่วย
ให้ผู้สอนเข้าใจจุดประสงค์ของสื่อประกอบการสอนที่ผลิตขึ้น รวมทั้งทราบขอบเขตของเนื้อหาสาระที่สื่อ
ประกอบการสอนเรื่องนี้กล่าวถึง และมีแนวทางในการใช้สื่อประกอบการสอนอย่างเหมาะสม เพื่อช่วย
ส่งเสริมความเข้าใจในเนื้อหาบทเรียนของผู้เรียน ตลอดจนกระตุ้นความสนใจ และเปิดโอกาสให้ผู้เรียน
ได้บูรณาการความรู้ที่ได้รับจากการอภิปราย ได้อย่างกว้างขวาง เพื่อให้การจัดการเรียนการสอนมี
ประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รสริน พลวัฒน์

ผู้จัดทำคู่มือ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ต่อศักดิ์ สีลานันท์

ผู้ตรวจคู่มือ



สารบัญ

	หน้า
จุดประสงค์	5
ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง	5
เนื้อหา	6
แนวทางในการจัดการเรียนรู้	31
ภาคผนวก	33
ก. คำอธิบายศัพท์	
ข. แหล่งเรียนรู้เพิ่มเติม	
รายชื่อสื่อการสอนวิชาชีพวิชาจำนวน 92 ตอน	34



จุดประสงค์

เพื่อให้ผู้เรียนสามารถ

1. อธิบายลักษณะของสิ่งมีชีวิตในอาณาจักรโพรทิสตาได้
2. อธิบายรูปแบบการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในอาณาจักรโพรทิสตาได้
3. ยกตัวอย่างของสิ่งมีชีวิตในอาณาจักรโพรทิสตาแต่ละกลุ่มได้
4. บอกความสำคัญของสิ่งมีชีวิตในอาณาจักรโพรทิสตาต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมได้

ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

เมื่อผู้เรียนได้ดูสื่อประกอบการสอนตอนนี้แล้วสามารถ

1. อธิบายลักษณะสำคัญของสิ่งมีชีวิตในอาณาจักรโพรทิสตาได้
2. อธิบายบทบาทการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตกลุ่มโพรทิสตาในระบบนิเวศได้
3. ยกตัวอย่างสิ่งมีชีวิตที่สำคัญในอาณาจักรโพรทิสตาได้
4. อธิบายความสำคัญของสิ่งมีชีวิตในอาณาจักรโพรทิสตาต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมได้



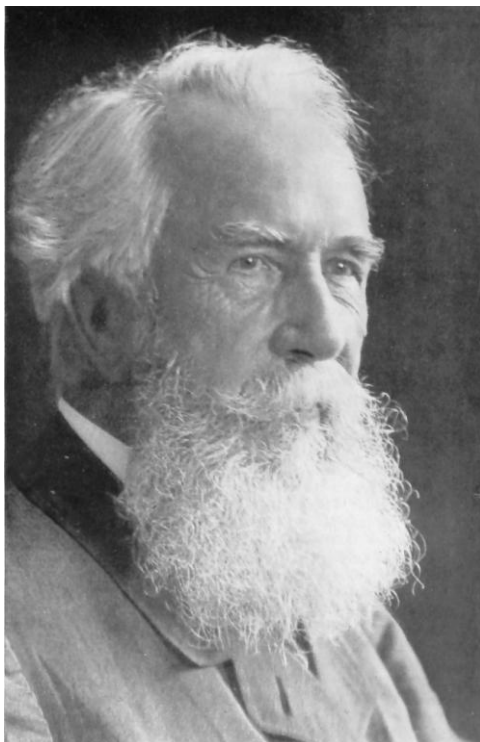
เนื้อหา

อาณาจักรโพรทิสตา (Kingdom Protista)

กำเนิดโพรทิสต์

ถ้าเรามองไปรอบ ๆ ตัวเราในทุกหนทุกแห่ง ทั้งบนบก ในน้ำ ในอากาศ บนต้นไม้ บนดิน ในอาคารบ้านเรือน บนร่างกายของสัตว์ รวมถึงบนร่างกายของมนุษย์เอง จะพบมีสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ จำนวนมากมาย ทั้งที่มองเห็นด้วยตาเปล่า หรืออาจจะต้องมองผ่านกล้องจุลทรรศน์ จึงจะมองเห็นรูปร่างที่แท้จริง ในอดีตสิ่งมีชีวิตเหล่านี้ถูกแบ่งกลุ่มออกเป็น 2 อาณาจักรใหญ่ ๆ คือ อาณาจักรพืชและอาณาจักรสัตว์

ต่อมาเมื่อมีการศึกษาสิ่งมีชีวิตจำนวนมากขึ้นทำให้เกิดปัญหาการจัดกลุ่มสิ่งมีชีวิตบางกลุ่มที่มีลักษณะร่วมที่คล้ายทั้งพืชและสัตว์อยู่ในตัวเดียวกัน เป็นสาเหตุให้นักพฤกษศาสตร์จัดสิ่งมีชีวิตนั้น ๆ ไว้ในอาณาจักรพืช และนักสัตววิทยาก็จัดไว้ในอาณาจักรสัตว์ ซึ่งไม่น่าจะเป็น การจัดจำแนกที่ดีนักที่สิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกันจะถูกจัดให้อยู่ในทั้งสองอาณาจักร



รูปที่ 1 Ernst Heinrich Philipp
August Haeckel (February
16, 1834–August 9, 1919)

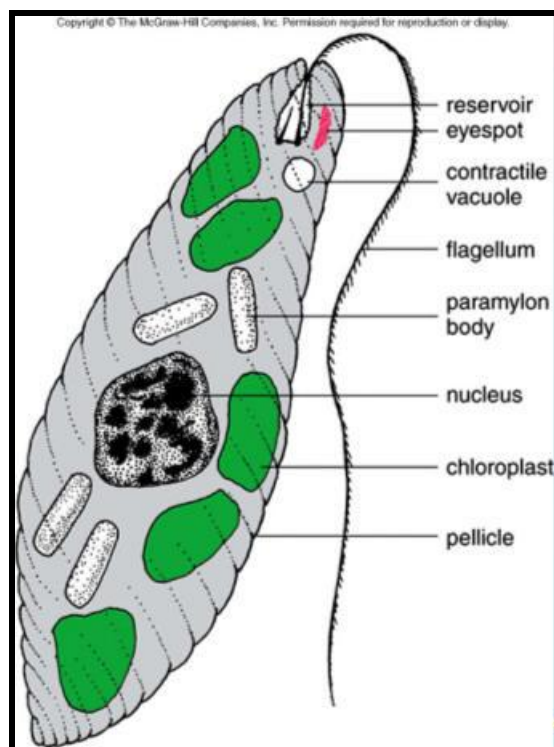
ในปี ค.ศ. 1866 **Ernst Haeckel** นักชีววิทยาชาวเยอรมัน (รูปที่ 1) ได้เสนอชื่อเรียกกลุ่มสิ่งมีชีวิตเหล่านี้ว่า **โพรทิสตา (protista)** ซึ่งหมายถึง “สิ่งมีชีวิตพวกแรก ๆ” ขึ้นมาใช้ จึงทำให้แยกสิ่งมีชีวิตที่ไม่มีลักษณะของพืชหรือสัตว์อย่างชัดเจนออกจากอาณาจักรพืชและอาณาจักรสัตว์ แล้วตั้งเป็นอาณาจักรใหม่ ชื่อ “อาณาจักรโพรทิสตา” โดยเรียกสิ่งมีชีวิตในกลุ่มนี้ว่า “โพรทิสต์” ซึ่งสามารถพบสิ่งมีชีวิตในอาณาจักรโพรทิสตาได้ทุกหนทุกแห่ง ไม่ว่าจะเป็นบนบก ในน้ำ บนต้นไม้ บนดิน ในอาคารบ้านเรือน และบนร่างกายของสัตว์ชนิดต่าง ๆ นักวิทยาศาสตร์เชื่อว่าโพรทิสต์อยู่ในโลกนี้ไม่น้อยกว่า 60,000 ชนิด



ลักษณะสำคัญของโพรทิสต์

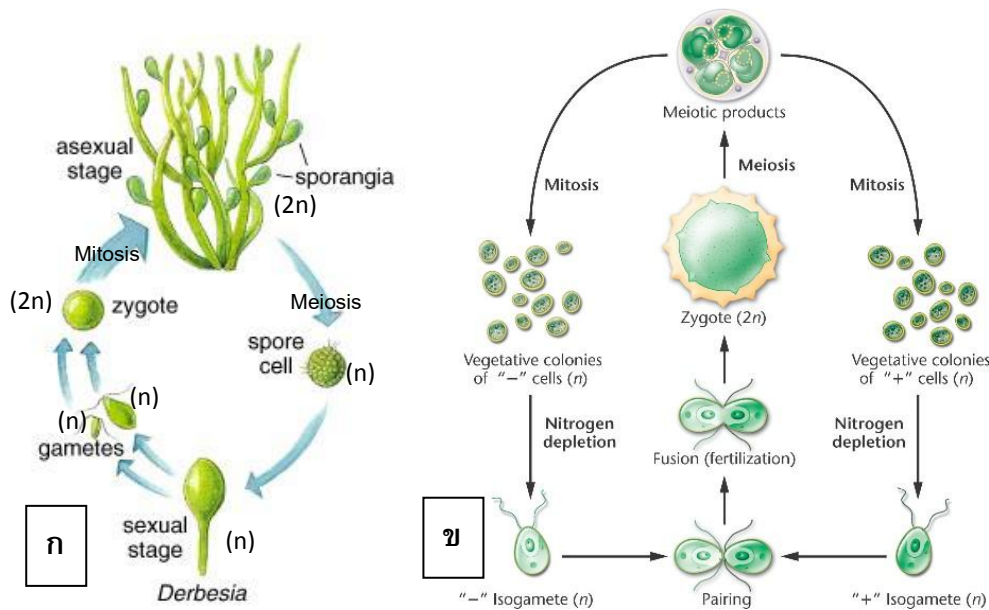
สิ่งมีชีวิตในอาณาจักรโพรทิสตามีลักษณะสำคัญ ดังนี้

1. เซลล์แบบยูแคริโอต (eukaryotic cell) สิ่งมีชีวิตในอาณาจักรโพรทิสตา เป็นสิ่งมีชีวิตกลุ่มแรกที่มีเซลล์แบบยูแคริโอต ซึ่งเป็นเซลล์ที่มีเยื่อห่อหุ้ม DNA ไว้ให้มองเห็นเป็นนิวเคลียส (nucleus) ของเซลล์ได้อย่างชัดเจน รวมทั้งมีออร์แกเนลล์ต่าง ๆ ภายในเซลล์แตกต่างกันไปในแต่ละกลุ่มสิ่งมีชีวิต เช่น เซลล์สาหร่ายมีผนังเซลล์ (cell wall) และคลอโรพลาสต์ (chloroplast) ที่ชัดเจน ในขณะที่เซลล์โพรทิสต์อื่น ๆ เช่น เซลล์ของยูกลีนา ผนังเซลล์มีรูปร่างไม่แน่นอน มีอายสปอตช่วยในการรับแสงเพื่อส่งสัญญาณกระตุ้นให้หนวด (flagellum) มีการเคลื่อนที่ (รูปที่ 2) เป็นต้น



รูปที่ 2 เซลล์แบบยูแคริโอตที่พบในยูกลีนา (จาก <http://www.flashcardmachine.com/organismal-biology-test1.html>)

2. วงชีวิตไม่มีระยะเอ็มบริโอ (embryo) สิ่งมีชีวิตอาณาจักรโพรทิสตา ไม่พบ เอ็มบริโอปรากฏในวงชีวิตซึ่งต่างจากพืชและสัตว์ ที่มีเอ็มบริโอพัฒนามาจากไซโกต (zygote) ในวงชีวิต สำหรับโพรทิสต์เมื่อเซลล์สืบพันธุ์ปฏิสนธิและได้ ไซโกตแล้ว ไซโกตจะมีการแบ่งแบบไมโอซิส (meiosis) ได้เซลล์ที่มีโครโมโซม 1 ชุด (n) เจริญเป็นโพรทิสต์ต้นใหม่ต่อไป เช่น *Chlamydomonas* sp. แต่มีโพรทิสต์บางกลุ่มที่ไซโกตเจริญเป็นต้นใหม่ที่มีโครโมโซม 2 ชุด (2n) อยู่ในธรรมชาติ แล้วค่อยแบ่งแบบไมโอซิส เพื่อสร้างเซลล์สืบพันธุ์ที่มีโครโมโซม 1 ชุด (n) ในภายหลัง เช่น *Derbesia* sp. (รูปที่ 3) เป็นต้น



รูปที่ 3 วงชีวิตของโพรทิสต์บางชนิด (ก) *Derbesia* sp. (ข) *Chlamydomonas* sp.

(ก) จาก <http://doral.bio5.wikispaces.com/Red,+Brown+%26+Green+Algae>

(ข) จาก http://www.nicerweb.com/bio3400/Locked/media/ch07/Chlamydomonas_life_cycle.html

3. รูปร่าง ประกอบด้วยเซลล์แบบง่าย ๆ ไม่ซับซ้อน มีหลายรูปแบบ (รูปที่ 4) เช่น

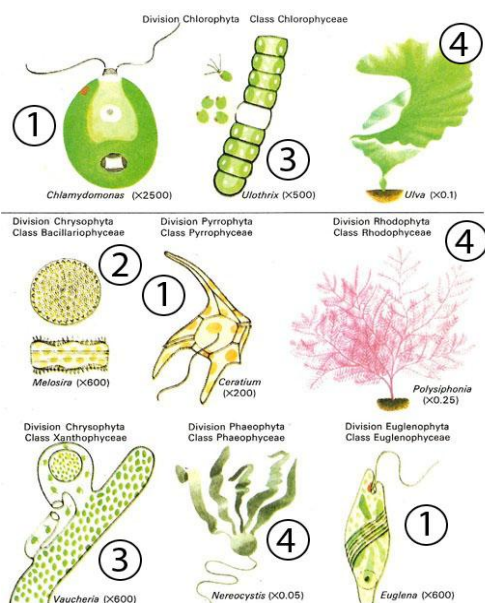
3.1 เซลล์เดี่ยว (unicellular) พบอาศัยแขวนลอยอยู่ในน้ำหรืออิงอาศัยบนพืชน้ำ

3.2 เซลล์รวมกันเป็นกลุ่ม เรียกว่า คอโลนี (colony)

3.3 เซลล์เรียงต่อกันเป็นสายเซลล์ (filament) แต่ยังไม่ทำหน้าที่รวมกัน

3.4 เซลล์มาเรียงตัวกันเป็นเนื้อเยื่อ (tissue) หรืออวัยวะ (organ) โดยแต่ละเซลล์

สามารถทำหน้าที่ของความเป็นสิ่งมีชีวิตได้อย่างครบถ้วนและเป็นอิสระ



รูปที่ 4 รูปร่างของสาหร่ายแบบต่าง ๆ (1) unicellular

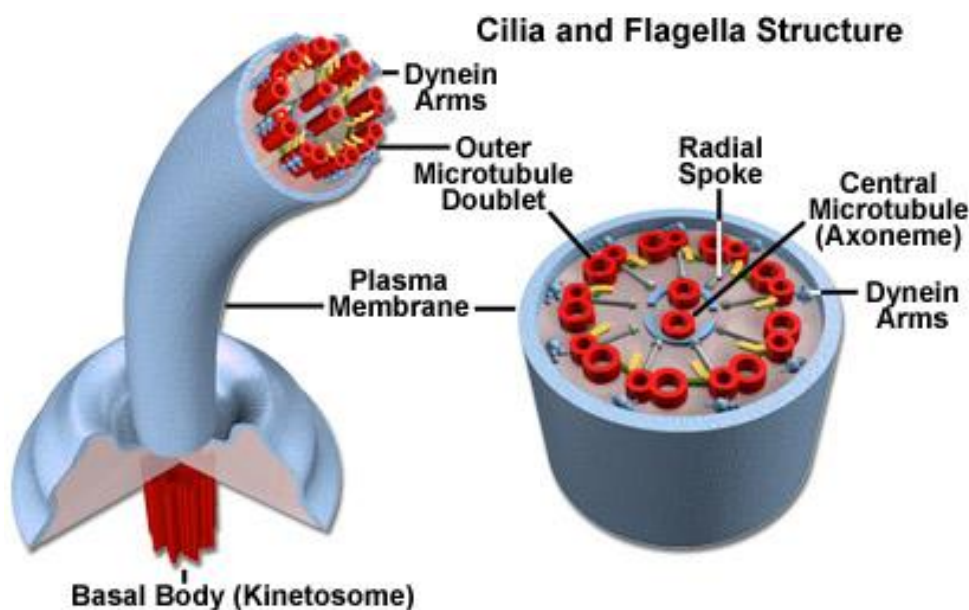
(2) colony (3) filament (4) tissue

(จาก <http://www.daviddarling.info/encyclopedia/A/algae.html>)



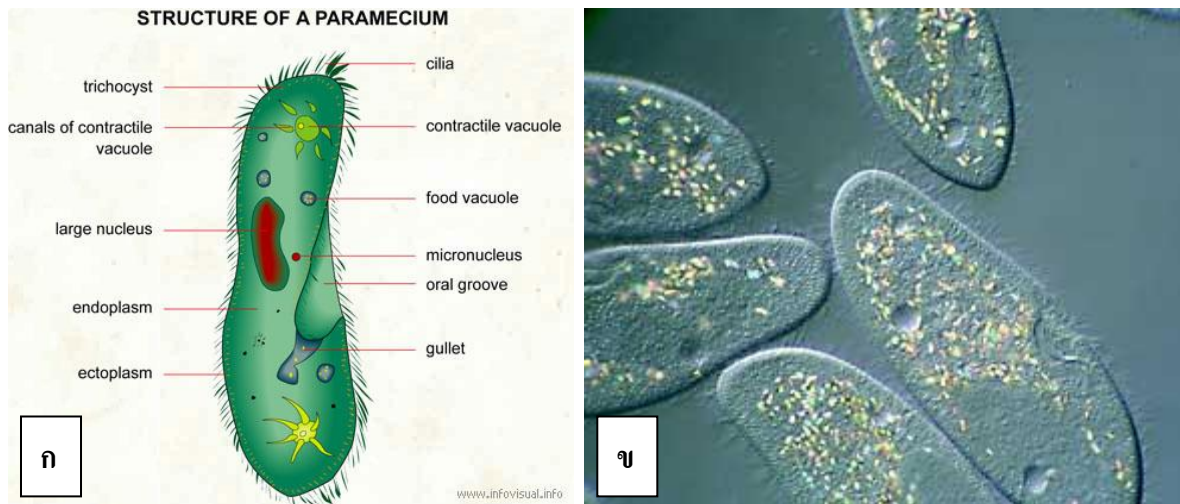
4. การเคลื่อนที่ ของโพทิสต์ ส่วนใหญ่เคลื่อนที่ไม่ได้แต่มี บางกลุ่มเคลื่อนที่ได้โดยอาศัย ออร์แกเนลล์พิเศษ ได้แก่

4.1 การเคลื่อนที่โดยขนเซลล์หรือซีเลีย (Cilia) ซีเลียเป็นส่วนที่ยื่นออกไปของเยื่อหุ้ม เซลล์มีลักษณะคล้ายขน ซึ่งมีโครงสร้างประกอบด้วยสายโปรตีน (microtubule) 9 คู่ ล้อมรอบแกนกลาง ซึ่งเป็นสายโปรตีน 1 คู่ และยึดอยู่กับ basal body ซึ่งเกิดมาจากเซนทริโอล (centriole) (รูปที่ 5) ซีเลีย ยาวประมาณ 5-10 ไมครอน ลักษณะการเคลื่อนที่ของซีเลียจะพัดโบกเป็นจังหวะพร้อม ๆ กัน ตัวอย่างเช่น ซีเลียที่พบในพารามีเซียม (รูปที่ 6)



รูปที่ 5 โครงสร้างของซีเลียและแฟลเจลลลา

(จาก <http://www.biokhem.info/e-book/pdf/biology1/bio1.htm>)

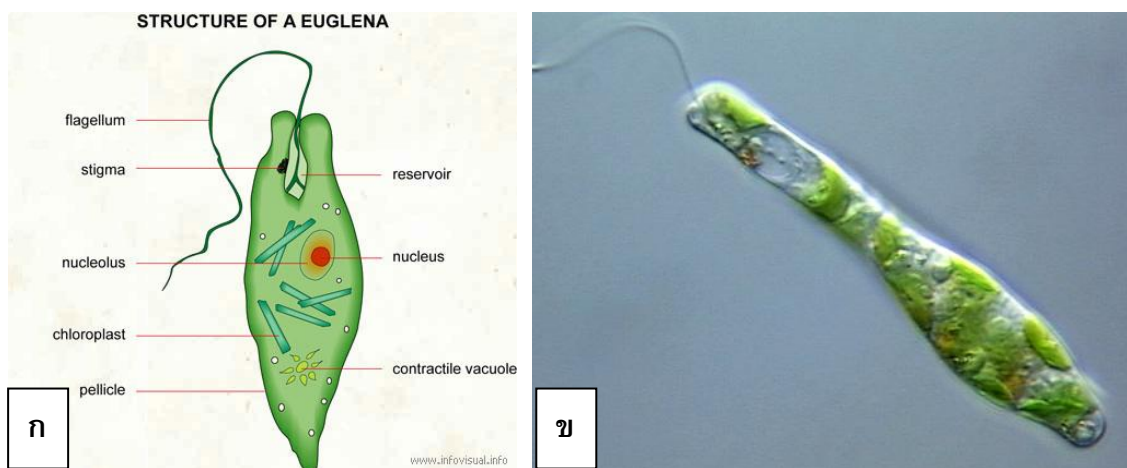


รูปที่ 6 พารามีเซียมใช้ซีเลีย (cilia) ช่วยในการเคลื่อนที่ (ก) ภาพจำลองแสดงโครงสร้างของพารามีเซียม (ข) ภาพถ่ายพารามีเซียมจากกล้องจุลทรรศน์

(ก) จาก http://www.infovisual.info/02/004_en.html

(ข) จาก <http://101science.com/paramecium.htm>

4.2 การเคลื่อนที่โดยหนวดหรือแฟลกเจลลัม (Flagellum) ซึ่งหนวดมีโครงสร้างแบบเดียวกับซีเลีย (รูปที่ 5) แต่มีขนาดยาวกว่าคือ ตั้งแต่ 150 ไมครอนหรือมากกว่า พบในสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว การโบกพัดของหนวด ทำให้เซลล์เคลื่อนที่ไปข้างหน้าหรือหมุน ตัวอย่างเช่น แฟลกเจลลัมในไดโนแฟลกเจลลา และยูกลีนา (รูปที่ 7)



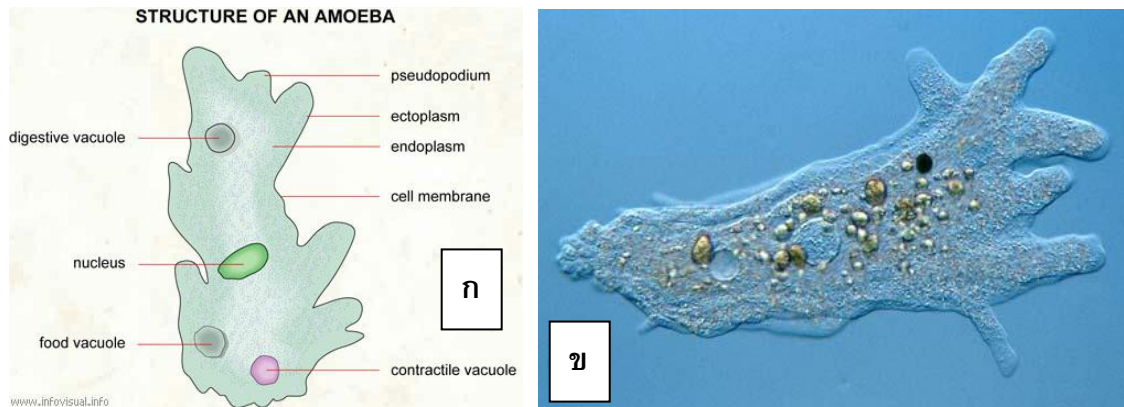
รูปที่ 7 ยูกลีนาใช้หนวด (flagellum) ช่วยในการเคลื่อนที่ (ก) ภาพจำลองแสดงโครงสร้างของยูกลีนา

(ข) ภาพถ่ายยูกลีนาจากกล้องจุลทรรศน์ (ก) จาก http://www.infovisual.info/02/001_en.html

(ข) จาก <http://www.fcps.edu/islandcreekes/ecology/euglena.htm>



4.3 การเคลื่อนที่โดยขาเทียม หรือชูโตโปเดียม (Pseudopodium) นอกจากออร์แกเนลล์พิเศษที่เซลล์สร้างขึ้นมาแล้วเซลล์อาจเคลื่อนที่ได้โดยการเคลื่อนไหลของโปรโทพลาสต์ (protoplast) ภายในเซลล์ ทำให้เกิดลักษณะคล้ายขาเทียม เช่น ขาเทียมในอะมีบา (รูปที่ 8)



รูปที่ 8 พารามีเซียมสร้างชูโตโปเดียม (pseudopodium) ช่วยในการเคลื่อนที่ (ก) ภาพจำลองแสดงโครงสร้างของพารามีเซียม (ข) ภาพถ่ายพารามีเซียมจากกล้องจุลทรรศน์

(ก) จาก http://www.Infovisual.info/02/003_en.html

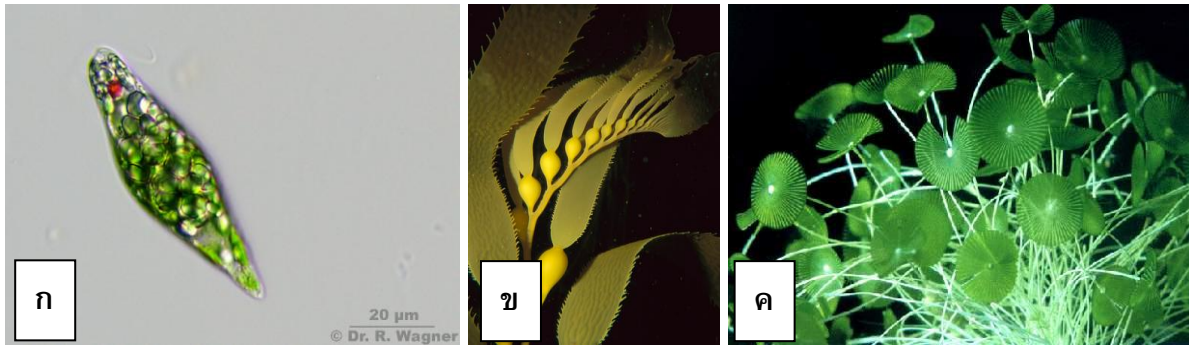
(ข) จาก <http://bangkok-guide.z-xxl.com/snack-knowledge/2319>

รูปแบบการดำรงชีวิตของโพรทิสต์

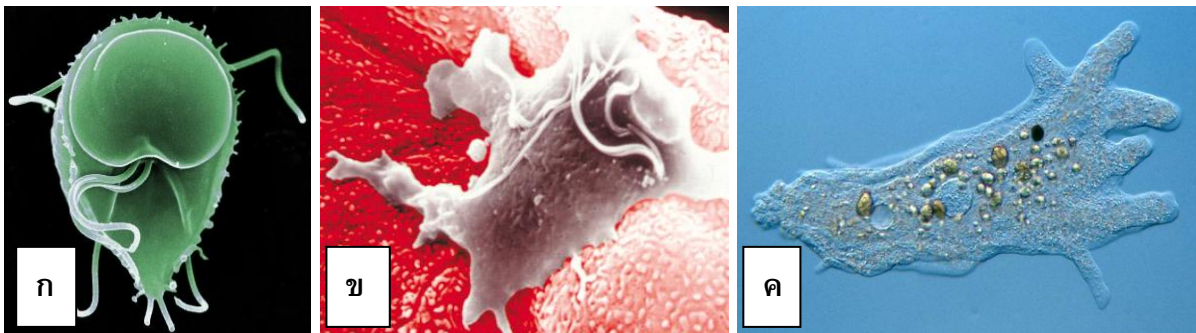
สิ่งมีชีวิตในอาณาจักรโพรทิสตา ส่วนใหญ่อาศัยอยู่ในน้ำหรือในบริเวณที่ชื้นแฉะ เป็นกลุ่มที่มีบทบาทต่อห่วงโซ่อาหารมาก แบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่ม คือ

1. ผู้ผลิต (producer) ได้แก่ โพรทิสต์ที่มีออร์แกเนลล์ที่เรียกว่าพลาสติด สามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้จึงผลิตอาหารหรือเปลี่ยนพลังงานจากแสงอาทิตย์มาไว้ในรูปของพลังงานเคมีเพื่อถ่ายทอดไปยังสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ เช่น สาหร่ายต่าง ๆ (รูปที่ 9)

2. ผู้บริโภค (consumer) ได้แก่ โพรทิสต์ที่กินผู้ผลิตเพื่อให้ได้พลังงาน ไม่สามารถสร้างอาหารเองได้ เป็นกลุ่มโพรทิสต์ที่ไม่มีพลาสติดหรือพลาสติดไม่สามารถทำงานได้ เช่น กลุ่มดิฟโฟโมเนด สกุล *Giardia* สกุล *Trichomonas* และกลุ่มอะมีบา (รูปที่ 10) เป็นต้น



รูปที่ 9 โพรทิสต์ที่เป็นผู้ผลิต (ก) *Euglyna* sp. (ข) *Macrocystis pyrifera* (ค) *Acetabularia ryukyuensis* (ก) จาก <http://vivadiversa.wikispaces.com/Euglena>
(ข) จาก <http://www.nationalgeographicstock.com/ngsimages/explore/explore.jsf>
(ค) จาก http://web.ku.edu/~ifaa/jpg/lnouye/lnouye_01.html



รูปที่ 10 โพรทิสต์ที่เป็นผู้บริโภค (ก) *Giardia intestinalis* (ข) *Trichomonas* sp. (ค) *Amoeba* sp.
(ก) จาก <http://www.thaigoodview.com/node/46207> (ข) จาก <http://microbewiki.kenyon.edu/index.php/Trichomoniasis> (ค) จาก http://carnegiescience.edu/first_light_case/horn/lessons/cellimages.html

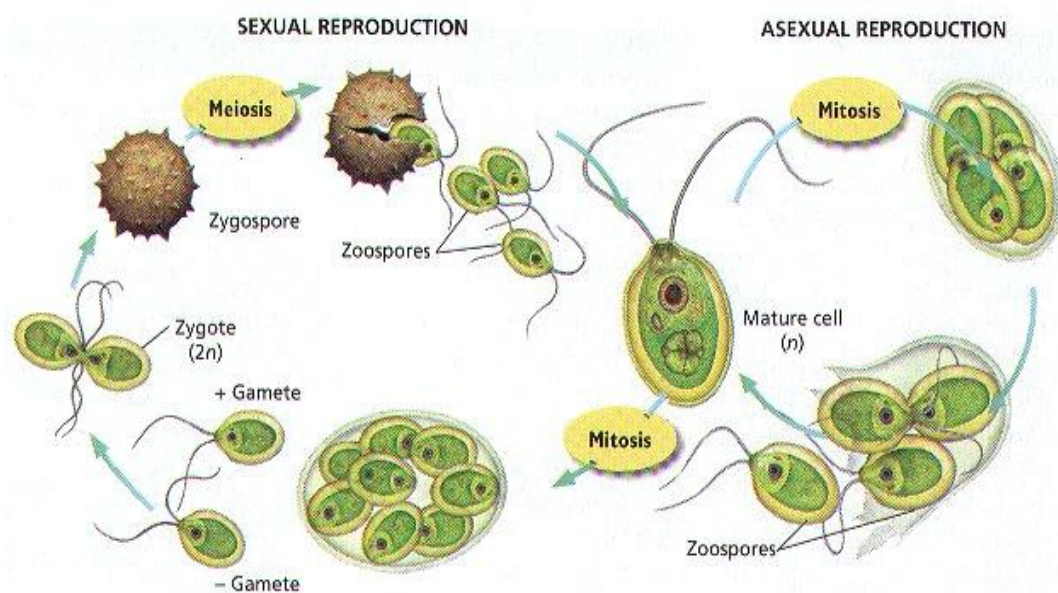
3. ผู้สลายสารอินทรีย์ (decomposer) เป็นโพรทิสต์ที่ได้พลังงานโดยการย่อยสลายซากอินทรีย์ต่าง ๆ เช่น กลุ่มราเมือก (รูปที่ 11)



รูปที่ 11 โพรติสต์ที่เป็นผู้ย่อยสลายอินทรีย์สารในกลุ่มราเมือก (slime mold) (ก) *Hemitrichia calyculata* (ข) *Physarum* sp. (ค) *Physarum polycephalum* (ก) จาก <http://blog.sciencegeekgirl.com/2008/10/02/beautiful-slime-molds/> (ข) จาก <http://www.nanowerk.com/news/newsid=12477.php> (ค) จาก <http://uwstudentweb.uwyo.edu/N/NROISING/SlimeMoldimages.htm>

การสืบพันธุ์ของโพรทิสต์

1. การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ (asexual reproduction) สิ่งมีชีวิตในอาณาจักรโพรทิสตาสามารถสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศโดยการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส (mitosis) เพื่อให้กำเนิดเซลล์ใหม่ โดยเซลล์ที่เกิดขึ้นนี้มีสารพันธุกรรมเหมือนเดิมทุกประการ เรียกเซลล์ใหม่ที่ได้ว่า ซูโอสปอร์ (zoospore) มักพบในกลุ่มสิ่งมีชีวิตที่เป็นแบบเซลล์เดียว (รูปที่ 12)

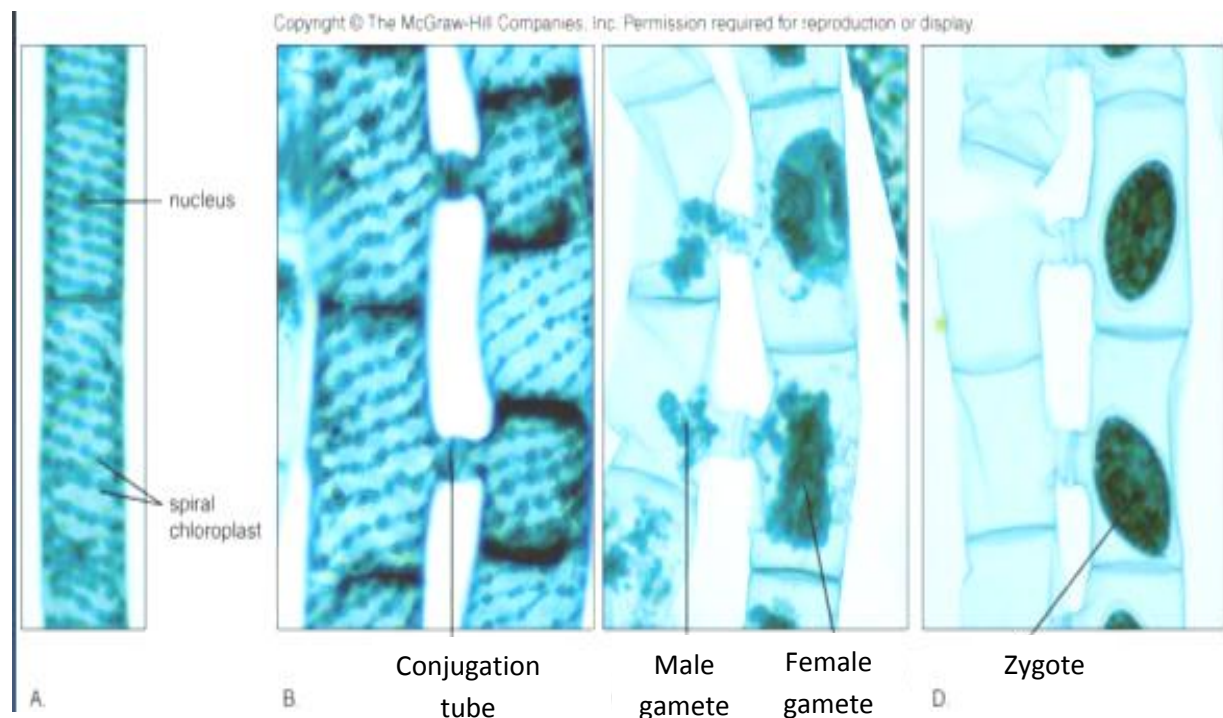


รูปที่ 12 แผนผังแสดงการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศและไม่อาศัยเพศของโพรทิสต์
(จาก http://www.silverfalls.k12.or.us/staff/read_shari/Chapter_27_AB.htm)



2. การสืบพันธุ์แบบอาศัย (sexual reproduction) โดยทั่วไปเซลล์ของโพติสต์จะสร้างเซลล์สืบพันธุ์ขึ้นมาจากเซลล์ที่เป็นเซลล์เวกเกตเททีฟ (vegetative cell) หรือเซลล์ที่เติบโตเต็มที่ (mature cell) โดยการเปลี่ยนแปลงตัวเซลล์เอง ในกรณีที่มีโครโมโซมเพียง 1 ชุด หรือผ่านกระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส (meiosis) ในกรณีที่มีโครโมโซม 2 ชุด เพื่อให้ได้เซลล์สืบพันธุ์ที่มีจำนวนโครโมโซมเพียง 1 ชุด เมื่อเซลล์สืบพันธุ์ที่ต่างแบบกันแต่อาจจะมีรูปร่างและขนาดเหมือนกันหรือต่างกันมารวมกัน จะได้เซลล์ที่มีโครโมโซมจำนวน 2 ชุด เรียกว่า ไซโกสปอร์ (zygospore) ซึ่งอาจจะเจริญเป็นเซลล์ใหม่ หรืออาจจะแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ได้ไซโกสปอร์ ที่มีโครโมโซม 1 ชุด จำนวน 4 สปอร์ เจริญเป็น โพติสต์ต้นใหม่ต่อไป (รูปที่ 12)

3. การสืบพันธุ์แบบคอนจูเกชัน (conjugation) เกิดในโพติสต์ที่มีเซลล์สืบพันธุ์ที่เคลื่อนที่ไม่ได้ อาจมีรูปร่างและขนาดเหมือนกันแต่มีพันธุกรรมแตกต่างกัน สร้างหลอดมาเชื่อมติดกันแล้วถ่ายทอด โปรโทพลาสต์จากเซลล์หนึ่งไปยังอีกเซลล์หนึ่ง ผ่านหลอดที่ต่อระหว่างเซลล์ (conjugation tube) ภายหลังจากการรวมกันของโปรโทพลาสต์ทั้งสอง และเกิดการปฏิสนธิ ได้ไซโกต (zygote) ที่มีโครโมโซม 2 ชุดแล้ว ไซโกตจะเกิดการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ได้เป็นสปอร์ที่มีโครโมโซม 1 ชุด แล้วแต่ละสปอร์จะเจริญต่อไปเป็นสาหร่ายต้นใหม่ เช่น ที่พบในโพติสต์สกุลสไปโรไจรา (รูปที่ 13)



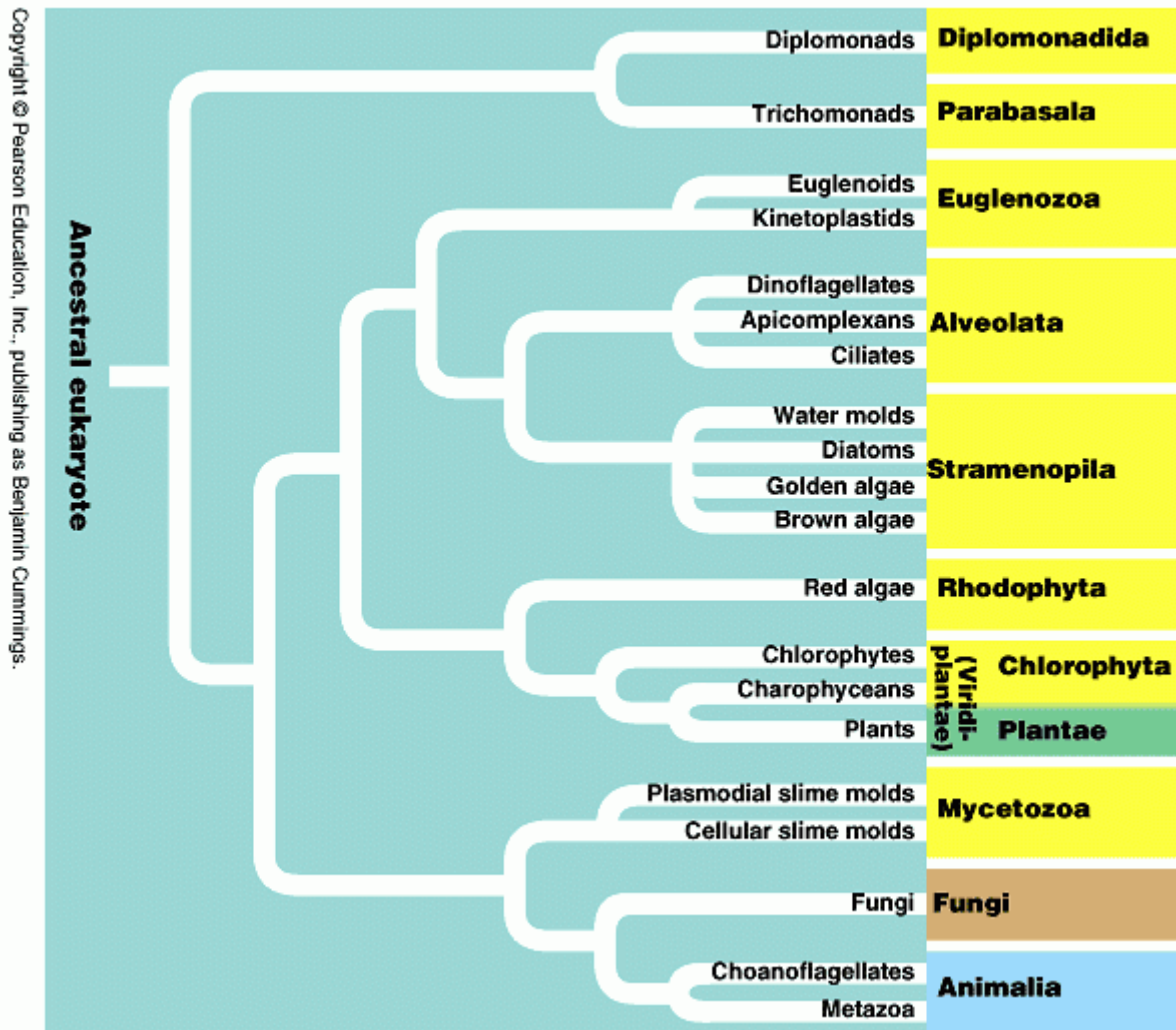
รูปที่ 13 การสืบพันธุ์แบบคอนจูเกชัน ในสาหร่ายสไปโรไจรา (*Spirogyra* sp.)

(จาก <http://people.bethel.edu/~johgre/bio114d/Bacteriaprotozoa.html>)



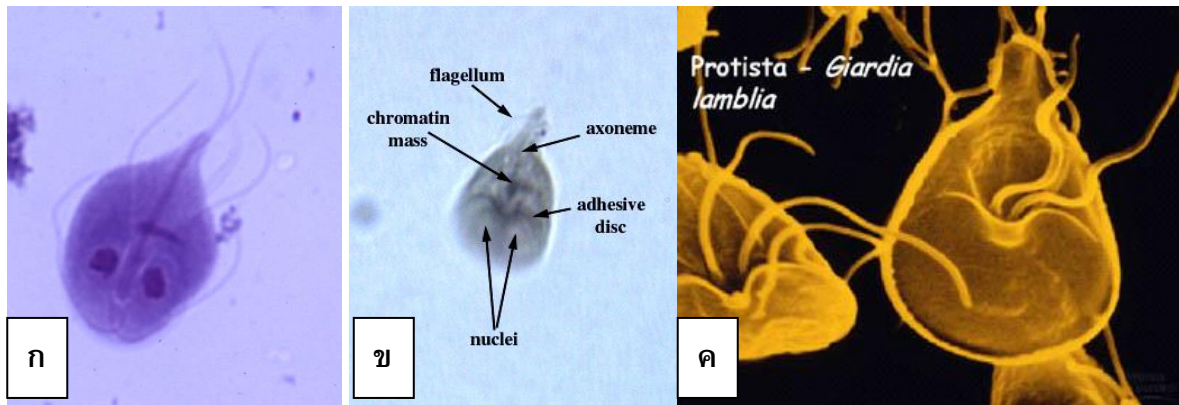
การจำแนกกลุ่มของสิ่งมีชีวิตในอาณาจักรโพรทิสตา

การจัดจำแนกกลุ่มสิ่งมีชีวิตในอาณาจักรโพรทิสตา โดยใช้ลักษณะฐานวิธานวิทยาจากการศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน และข้อมูลโมเลกุลดีเอ็นเอ แบ่ง ออกเป็นกลุ่ม ต่าง ๆ ได้จำนวน 8 กลุ่ม ดังรูปที่ 14 (เฉพาะที่ระบายสีเหลือง) ซึ่งมีรายละเอียดโดยสังเขป ดังนี้



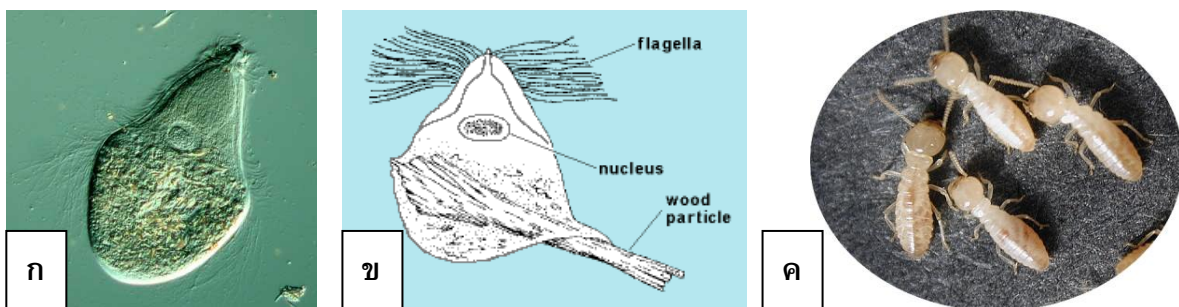
รูปที่ 14 แผนภาพการจัดจำแนกและแสดงวิวัฒนาการชาติพันธุ์ (phylogeny) ของสิ่งมีชีวิต
(จาก <http://sharon-taxonomy 2009-p2.wikispaces.com/Protista>)

1. กลุ่มดิโพลโมนาดีดา (Diplomonadida) เป็นกลุ่มโพรทิสต์ที่เป็นเซลล์ยูแคริโอตที่ไม่มีพลาสติดและไมโทคอนเดรียที่เปลี่ยนแปลงไปเป็นไมโทโซม (mitosome) ยังไม่สามารถเกิดการถ่ายทอดอิเล็กตรอนเพื่อสร้าง ATP โดยใช้ออกซิเจนได้ ดังนั้นจึง ได้พลังงานจาก การหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนเท่านั้น นอกจากนี้ยังไม่มียอร์แกเนลล์ ร่างแหเอนโดพลาสมิกเรติคูลัม กอลจิคอมเพล็กซ์และเซนทริโอล แต่มีหนวดหลายเส้น และมีนิวเคลียส 2 อัน เช่น *Giardia lamblia* ซึ่งเป็นปรสิตในลำไส้ของคน (รูปที่ 15)

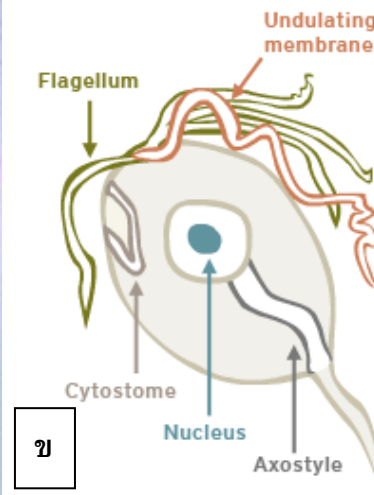


รูปที่ 15 *Giardia lamblia* (ก)-(ข) ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (ค) ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) (ก) จาก http://craig.f12network.com/microbiology/ch24_ck/giardiasis_and_cryptosporidiosis_ck.htm (ข) จาก <http://umanitoba.ca/science/zoology/faculty/dick/z346/giardiahome.html> (ค) จาก <http://mrogers.wikispaces.com/Protista+-+4th+Hour>

2. กลุ่มพาราบาซาลา (Parabasala) หรือกลุ่มพาราบาซาลิด (Parabasalids) เป็นโพรทิสต์ที่มีไมโทคอนเดรียที่ลดรูป เรียก ไฮโดรจีโนโซม (hydrogenosome) ได้พลังงานจากการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน ถ่ายปล่อยไฮโดรเจนออกมา ตัวอย่างโพรทิสต์กลุ่มนี้ได้แก่ ไตรโคนิมฟา (*Trichonympha*) อาศัยอยู่ในลำไส้ของปลวก (รูปที่ 16) มีการดำรงชีวิตแบบภาวะพึ่งพากัน โดยสร้างเอนไซม์มาช่วยย่อยเซลลูโลสในไม้ให้กับปลวก อีกชนิดคือ ไตรโคโมนาส (*Trichomonas*) เป็นพาราบาซาลิด ที่เป็นสาเหตุให้เกิดการติดเชื้อในช่องคลอด (รูปที่ 17)



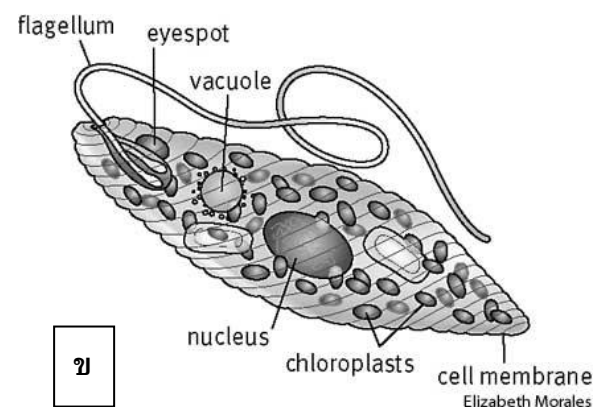
รูปที่ 16 *Trichonympha* sp. (ก) ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) (ข) ไดอะแกรมแสดงลักษณะสัณฐานวิทยา (ค) ปลวก (ก) จาก <http://skepticonwonder.fieldofscience.com/2008/10/sunday-protist-trichonympha.html> (ข) จาก <http://accessscience.com/search.aspx?root ID=796752> (ค) จาก http://www.connecticutvalleybiological.com/termites-c-598_640_643.html



รูปที่ 17 *Trichomonas vaginalis* (ก) ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ (ข) ไดอะแกรมแสดงลักษณะ
สัณฐานวิทยา (ก) จาก <http://leucorrhea.msherbs.com/>
(ข) จาก http://www.trichomoniasis.org/gfx/trichomonad_diagram.gif

3. กลุ่มยูกลีโนซัว (Euglenozoa) เป็นโพรทิสต์เซลล์เดียวที่มีผลึกโปรตีนรูปแท่งอยู่ในหมวด
แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มย่อย คือ

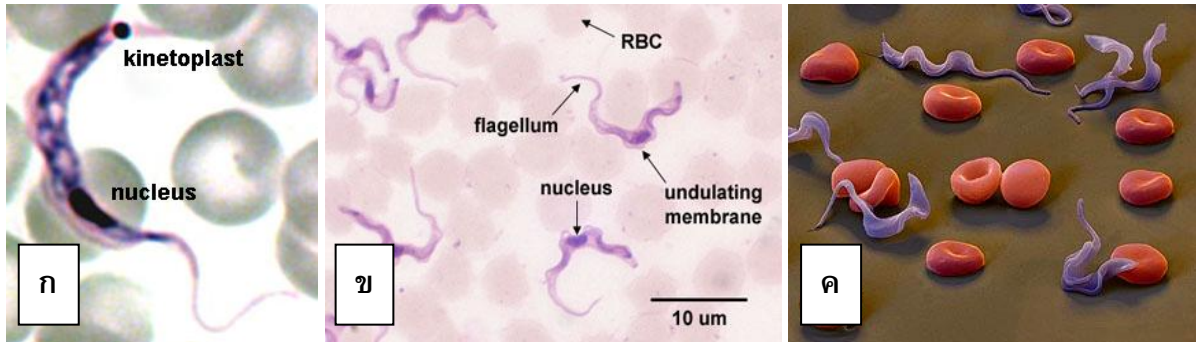
3.1 กลุ่มย่อยยูกลีโนอยด์ (Euglenoids) ภายในเซลล์มีคลอโรพลาสต์ที่มีสารสี ชนิด
คลอโรฟิลล์และแคโรทีน สามารถดำรงชีวิตได้ทั้งในฐานะผู้ผลิตเมื่อมีแสงและเป็นผู้บริโภคเมื่อไม่มีแสง
ได้แก่ ยูกลีนา (*Euglena*) (รูปที่ 18)



รูปที่ 18 ยูกลีนา (ก) ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ (ข) ภาพไดอะแกรมแสดงโครงสร้างของยูกลีนา
(ก) จาก <http://www.photomacrography.net/forum/viewtopic.php?t=12911&start=0&postdays=0&postorder=asc&highlight=&sid=860b0a067f32582a52d133bdd333b8ed;>
(ข) จาก <http://images.yourdictionary.com/euglena>



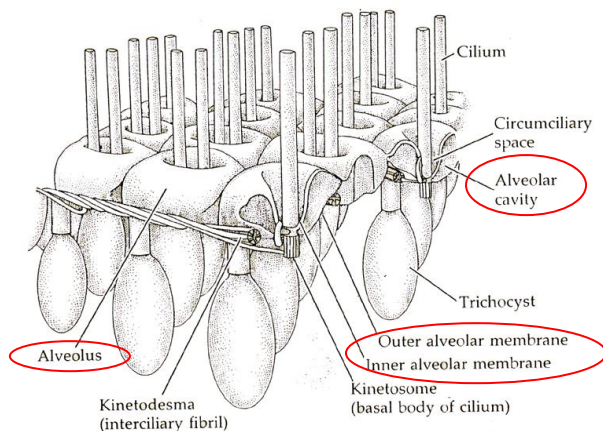
3.2 กลุ่มย่อยไคนีโตพลาสติด (Kinetoplastids) เป็นกลุ่มที่มีไมโทคอนเดรียเพียง 1 อันในเซลล์ซึ่งมีสารพันธุกรรมห่อหุ้มเป็นโครงสร้างไคนีโตพลาสต์ และไม่มีคลอโรพลาสต์ เป็นโปรทิสต์ที่ดำรงชีวิตแบบอิสระในน้ำจืด น้ำเค็ม และในสภาพแวดล้อมทั่วไป รวมทั้งเป็นปรสิตในเลือดของสัตว์มีกระดูกสันหลัง เช่น เชื้อทริปปาโนโซมา (*Trypanosoma cruzi*) ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคเหงาหลับในคน (รูปที่ 19)



รูปที่ 19 *Trypanosoma cruzi* (เซลล์สีม่วง) (ก)-(ข) ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ (ค) ภาพจำลองรูปร่างของเชื้อและเม็ดเลือดแดง (ก) จาก <http://archive.microbelibrary.org/ASMOOnly/Details.asp?ID=1259> (ข) จาก <http://faculty.ccbcmd.edu/courses/bio141/labmanual/lab22/trypan.html> (ค) จาก http://www.clfs.umd.edu/biology/machadolab/research_cruzi.htm

4. กลุ่มแอลวีโอลาตา (Alveolata) เป็นโปรทิสต์เซลล์เดียวที่มีลักษณะร่วมกันคือ มีถุงแบน ๆ ที่เรียกว่า แอลวีโอล (alveoli) เรียงตัวเป็นชั้นใต้เยื่อหุ้มเซลล์ (รูปที่ 20) ซึ่งยังไม่ทราบหน้าที่ที่ชัดเจนของถุงนี้ แบ่งออกเป็น 3 กลุ่มย่อย ได้แก่

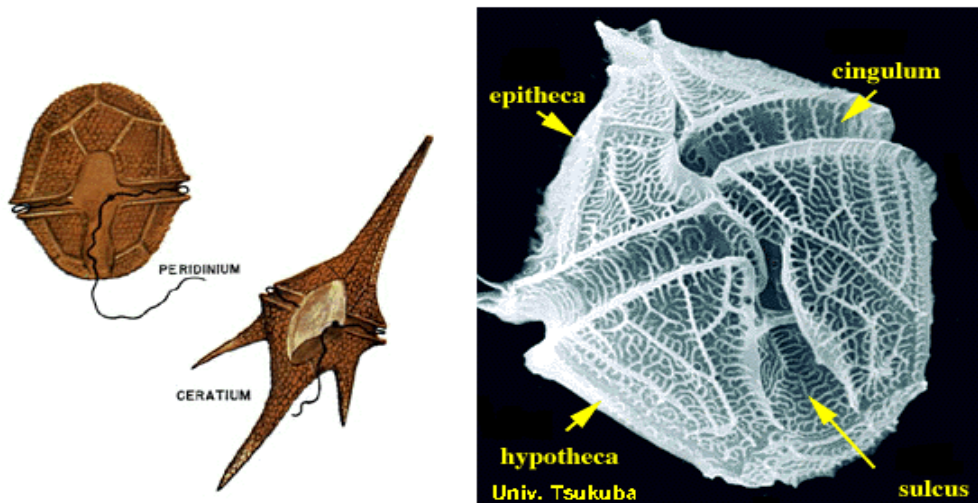
Infrastructure of *Paramecium* plasma membrane and pellicle (from Brusca & Brusca, 1990).



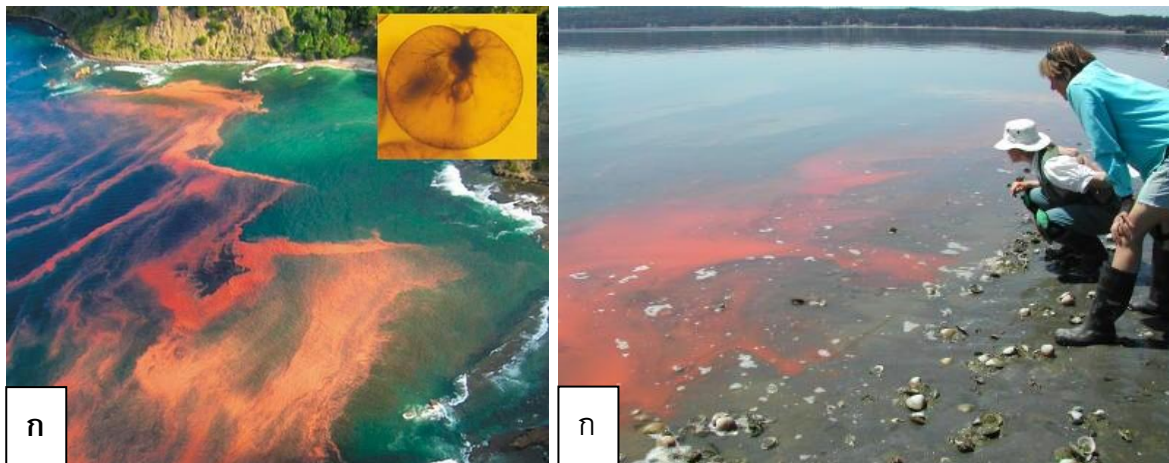
รูปที่ 20 ตำแหน่งของแอลวีโอลที่พบใต้เยื่อหุ้มเซลล์ของพารามีเซียม (เครื่องหมายชี้ของวงสีแดง)
(จาก http://www.bio.miami.edu/dana/160/160S10_9print.html)



4.1 กลุ่มย่อยไดโนแฟลเจลเลต (Dinoflagellates) เป็นโพรทิสต์เซลล์เดียวที่มี สารสี แคโรทีนและคลอโรฟิลล์ในพลาสติด ผนังเซลล์ เป็นเซลล์ลูโลสและสร้างผนังเซลล์เป็นแผ่นมาประกอบกัน หนวดมี 2 เส้น วางตัวในแนวรอบเซลล์และแนวด้านหลังของเซลล์อย่างละเส้น (รูปที่ 21) ไดโนแฟลเจลเลตบางชนิดมีการสะสมสารพิษในตัว เมื่อน้ำทะเลมีสารอินทรีย์ซึ่งเป็นแหล่งอาหารในปริมาณมาก ทำให้มีการเพิ่มจำนวนประชากร ไดโนแฟลเจลเลตอย่างรวดเร็ว ทำให้ทะเลมีสีแดง อันเนื่องมาจากสีของ แคโรทีนอยด์ในพลาสติดของไดโนแฟลเจลเลต ก่อให้เกิดเป็นปรากฏการณ์ขึ้นปลาวาฬหรือ red tide ขึ้น (รูปที่ 22) ซึ่งทำให้เกิดสารพิษของโซ่อาหารในทะเลและเกิดอันตรายต่อสัตว์น้ำเป็นจำนวนมาก



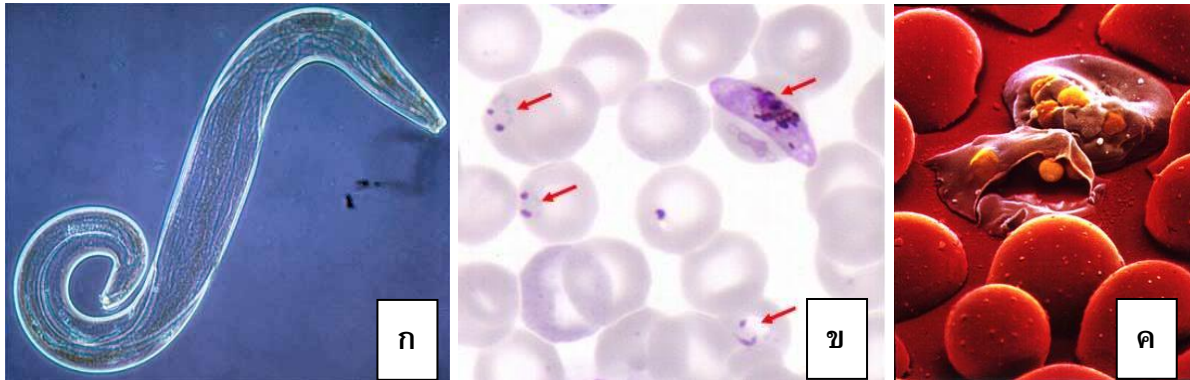
รูปที่ 21 โครงสร้างของ Dinoflagellate (จาก <http://withfriendship.com/user/sathvi/dinoflagellate.php>)



รูปที่ 22 (ก) การเกิดปรากฏการณ์ขึ้นปลาวาฬหรือ red tide อันเกิดมาจาก Dinoflagellate Blooming
(ข) ซากสัตว์น้ำที่ตายเนื่องจากความเป็นพิษของไดโนแฟลเจลเลต
(ก) จาก <http://www.Travelstarcom/red-tide-natural-phenomenon-algal-bloom/>
(ข) จาก <http://naturalunseenhazards.wordpress.com/tag/red-tide/>



4.2 กลุ่มย่อยเอพิกอมเพลกซา (Apicomplexas) เป็นโพรทิสต์ที่มีขนาดเล็กส่วนใหญ่ จะดำรงชีวิตเป็นปรสิต ได้แก่ พลาสโมเดียม (*Plasmodium*) ชนิดที่ทำให้เกิดโรคมาลาเรียในคนและสัตว์อื่น โดยมียุงก้นปล่องเป็นพาหะคือ *Plasmodium falciparum* (รูปที่ 23)



รูปที่ 23 *Plasmodium falciparum* (ก) ภาพจำลองพลาสโมเดียม (ข) พลาสโมเดียมระยะต่าง ๆ ภายในเซลล์เม็ดเลือดแดง (ค) ภาพถ่ายเม็ดเลือดแดงถูกทำลายโดยพลาสโมเดียม (ก)-(ค) จาก <http://www.thedaragunterproject.webs.com/apps/photos/photo?>

4.3 กลุ่มย่อยซิลิเอต (Ciliates) เป็นโพรทิสต์กลุ่มที่ใช้ซิเลียในการเคลื่อนที่ มักอาศัยอยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีน้ำขังหรือความชื้นสูง โพรทิสต์กลุ่มนี้จะมีหลากหลายของชนิดมากที่สุด เช่น พารามีเซียม (*Paramecium* sp.) และ วอร์ติเซลลา (*Vorticella* sp.) (รูปที่ 24) เป็นต้น

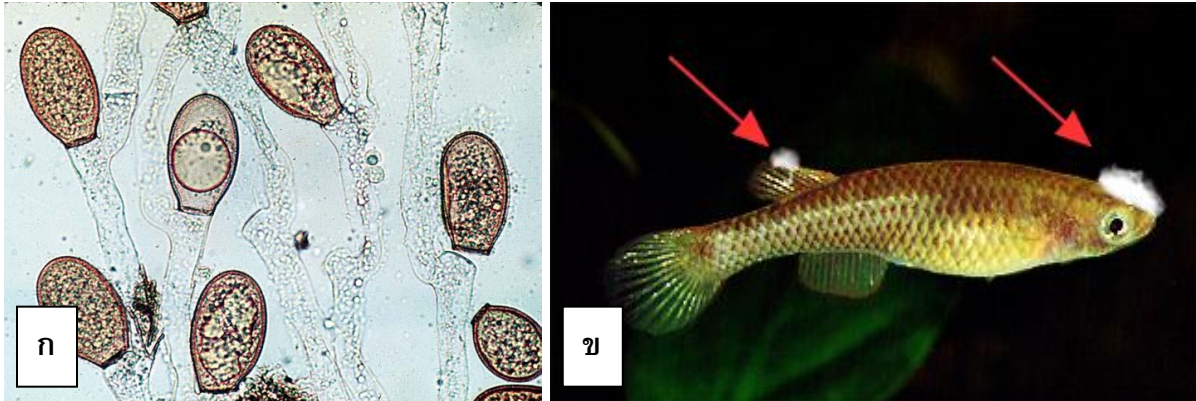


รูปที่ 24 (ก) พารามีเซียม (ข)ว อร์ติเซลลา (ก) จาก <http://www.fcps.edu/islandcreekes/ecology/paramecium.htm> (ข) จาก <http://www.microimaging.ca/protozoa/vorticella.html>

5. กลุ่มสตรามีโนฟิลา (Stramenopila) ส่วนใหญ่เป็นโพรทิสต์ที่สังเคราะห์ด้วยแสง ได้ และโพรทิสต์ที่เป็นผู้บริโภคละเอียดกลุ่ม ลักษณะร่วมกันของสตรามีโนไฟล์ คือ เซลล์สืบพันธุ์มีแฟลเจลลาที่มีขนและแฟลเจลลาที่ไม่มีขน แบ่งออกเป็น 4 กลุ่มย่อย ได้แก่

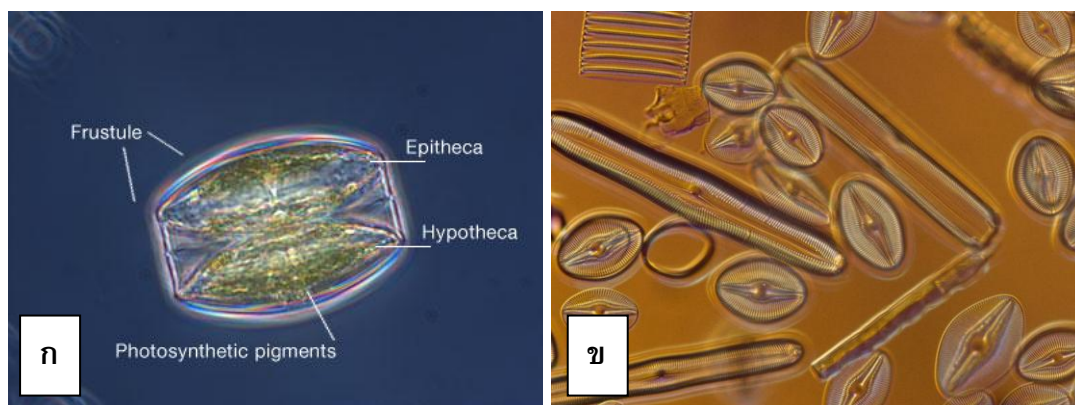


5.1 กลุ่มย่อยโอโอไมซีเทส (Oomycetes) เป็นกลุ่มโพรทิสต์คล้ายราที่มีลักษณะเป็นเส้นใยที่ไม่มีผนังเซลล์กั้น ภายในมีนิวเคลียสจำนวนมากมาย และมีเซลล์โลสเป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์ สามารถสืบพันธุ์ได้ทั้งแบบอาศัยเพศและไม่อาศัยเพศ มีการดำรงชีวิตโดยเป็นผู้ย่อยสลายและปรสิต บางชนิดอาศัยอยู่ในน้ำ เรียกว่า water molds มักทำให้เกิดโรคในสัตว์น้ำ เช่น การติดเชื้อราบนเกล็ดปลาจากเชื้อ *Saprolegnia parasitica* (รูปที่ 25)



รูปที่ 25 (ก) ลักษณะเส้นใยและการสร้างสปอร์ เชื้อ *Saprolegnia parasitica* (ข) ปลาที่ติดเชื้อ water mold (ก) จาก http://www.matay.gen.tr/Urunler/11_Halamid/Halamid_organism.htm
(ข) จาก <http://datacd-production.com/naklad/cddemoe/chov/nemoci2e.html>

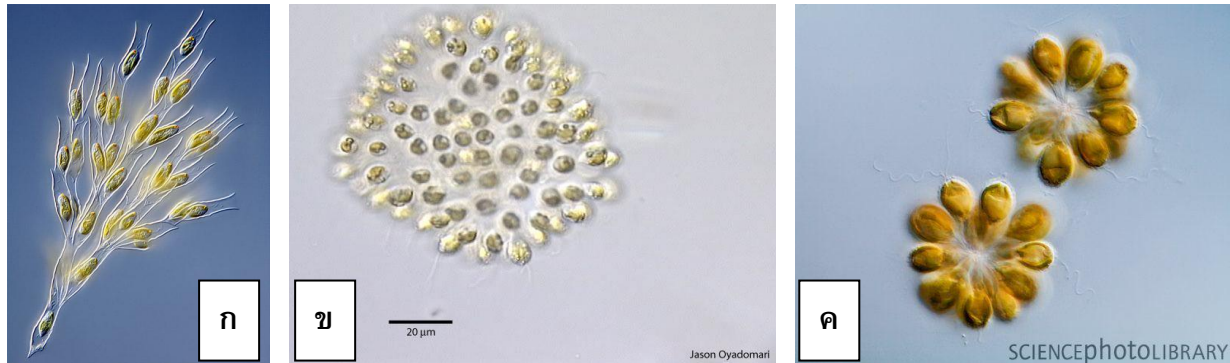
5.2 กลุ่มย่อยไดอะตอม (Diatom) เป็นโพรทิสต์ที่มีลักษณะเซลล์เดี่ยว อยู่เดี่ยว ๆ หรือรวมกันเป็นกลุ่มก็ได้ มีลักษณะสำคัญคือ ผนังเซลล์ประกอบด้วยสารพวกซิลิกาเป็นจำนวนมาก และมีลักษณะคล้ายฝากล่องและกล่องคือ มีฝากล่องเรียก epitheca และกล่องเรียก hypotheca ประกอบกัน และมีความแข็งแรงมาก (รูปที่ 26)



รูปที่ 26 (ก) โครงสร้างของไดอะตอม (ข) ไดอะตอมรูปทรงต่าง ๆ (ก) จาก <http://oceandatacenter.ucsc.edu/PhytoGallery/dinos20vs20diatoms.Html> (ข) จาก http://images.nationalgeographic.com/wpf/media-live/photos/000/093/cache/various-diatoms_9363_990x742.jpg

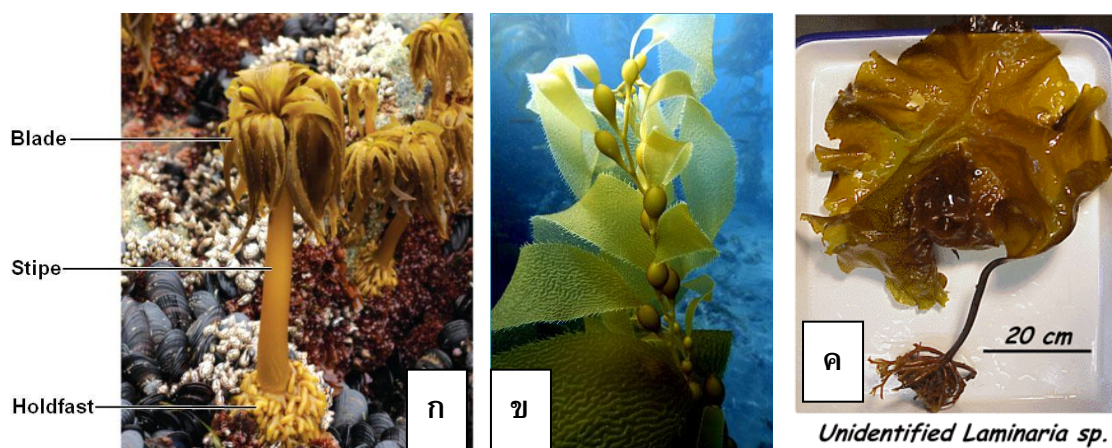


5.3 กลุ่มย่อยสาหร่ายสีทอง (Golden Algae) เป็นโพรทิสต์เซลล์เดียวที่มีสีเหลืองทอง อันเนื่องมาจากการสะสมสารสีพืกวแคโรทีนอยด์ไว้ในเซลล์ แต่ละเซลล์มีขนาด 2 เส้น และเซลล์มักต่อเรียงกันเป็นเส้นสายหรือค อลินี โดยการยึดกันของขนาด เช่น ไดโอบรียอน (*Diobryon* sp.) ยูโรกลีนา (*Uroglena* sp.) และ ซีนูรา (*Synura* sp.) (รูปที่ 27) เป็นต้น



รูปที่ 27 ความหลากหลายของสาหร่ายสีทอง (ก) *Dinobryon* sp. (ข) *Uroglena volvox* (ค) *Synura* sp. (ก) จาก <http://biocanvas.tumblr.com/post/7950148776/a-colony-of-golden-algae-as-seen-with> (ข) จาก <http://www.glerl.noaa.gov/seagrant/GLWL/Algae/Chrysophyta/Cards/Uroglena.html> (ค) จาก <http://www.sciencephoto.com/media/118225/enlarge>

5.4 กลุ่มย่อยสาหร่ายสีน้ำตาล (Brown Algae) เป็นสาหร่ายที่มีขนาดใหญ่และมีโครงสร้างซับซ้อนมากที่สุด บางชนิดมีเนื้อเยื่อที่หนาและ มีอวัยวะที่คล้ายราก คล้ายลำต้น และคล้ายใบ (รูปที่ 28) สาหร่ายกลุ่มนี้ในธรรมชาติมักพบมีสีน้ำตาล อันเนื่องมาจากการสะสมสารสีชนิดฟิวโคแซนทิน มากกว่าแคโรทีนและคลอโรฟิลล์

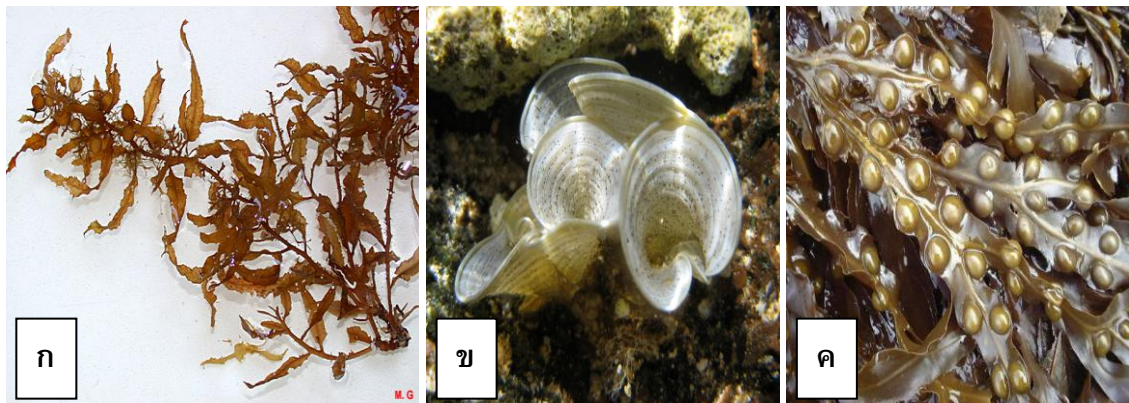


รูปที่ 28 ความหลากหลายของสาหร่ายสีน้ำตาล (ก) *Postelsia* sp. (ข) *Laminaria digitata* (ค) *Laminaria* sp. (Kelp) (ก) จาก [http://www.nicerweb.com/bio1152/Locked/media/ch28/sea weed.html](http://www.nicerweb.com/bio1152/Locked/media/ch28/sea%20weed.html) (ข) จาก <http://www.floressencetea.com/KelpINFO.html#tab=Home> (ค) จาก http://wn.com/Brown_algae



ถึงแม้สาหร่ายสีน้ำตาลจะมีโครงสร้างคล้ายพืช แต่อย่างไรก็ตามในเชิงวิวัฒนาการพบว่า สาหร่ายกลุ่มนี้มีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับสาหร่ายเซลล์เดียวมากกว่าพืชชั้นสูง สาหร่ายสีน้ำตาลบางชนิด เจริญอยู่ในบริเวณเดียวกันเป็นจำนวนมาก และมีความยาวได้ถึง 60 เมตร เช่น สาหร่ายเคลป์ (Kelp) หรือ *Laminaria* spp. ซึ่งเป็นแหล่งที่มีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำทะเล เพราะเป็นทั้งแหล่งอาหาร ที่อยู่อาศัย และที่หลบภัยของบรรดาสัตว์น้ำ และนำมาทำเป็นอาหารของมนุษย์

สาหร่ายสีน้ำตาล หลายชนิดมีคุณค่าทางเศรษฐกิจ เช่น สาหร่ายลามินาเรีย (*Laminaria* sp.) และสาหร่ายทุ่นหรือซาร์กัสซัม (*Sargassum* sp.) นิยมนำมาทำเป็นอาหารเนื่องจากมีธาตุไอโอดีนสูง สาหร่ายพาไดนา (*Padina* sp.) และสาหร่ายฟิวกัส (*Fucus* sp.) นำมาใช้ผลิตปุ๋ยโพแทสเซียม (รูปที่ 29) เป็นต้น



รูปที่ 29 (ก) สาหร่ายทุ่น (*Sargassum* sp.) (ข) สาหร่ายพาไดนา (*Padina* sp.) (ค) สาหร่ายฟิวกัส (*Fucus* sp.) (ก) จาก <http://manuel.gonzales.free.fr/pages/sargassum%20vulgare.html> (ค) จาก <http://www.stayinkauai.com/kauai-photo-of-the-day-padina-algae-at-poipu-beach/192/> (ค) จาก <http://www.theseashore.org.uk/theseashore/SpeciesPages/Bladderwrack%20French.jpg.html>

6. กลุ่มโรโดไฟตา (Rhodophyta) หรือกลุ่มสาหร่ายสีแดง (red algae) สาหร่ายกลุ่มนี้มีการสร้างเนื้อเยื่อ และกิ่งก้านสาขาคลายพืช บางชนิดอาศัยอยู่ในน้ำจืดแต่ส่วนใหญ่อาศัยอยู่ในน้ำเค็ม เนื่องจากสาหร่ายสีแดงมีสารสีเสริมชนิดไฟโคอีรีทริน (phycoerythrin) ซึ่งสามารถดูดกลืนแสงช่วงความยาวคลื่นแสงสีเขียวและสีน้ำเงินที่ส่องผ่านน้ำได้ลึกกว่าแสงสีอื่น ๆ สาหร่ายสีแดงจึงสามารถเจริญเติบโตในบริเวณน้ำลึกกว่าสาหร่ายสีน้ำตาลและสาหร่ายสีเขียวได้ และที่แตกต่างจากสาหร่ายกลุ่มอื่น ๆ คือ สาหร่ายกลุ่มนี้สร้างเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้ (sperm) แบบไม่มีหาง กลุ่มสาหร่ายสีแดงที่พบได้แก่ *Porphyra* sp. หรือจี๋น่าย นำมาทำเป็นอาหาร *Gracilaria* sp. หรือสาหร่ายผมนาง ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตวุ้น (รูปที่ 30) เป็นต้น



รูปที่ 30 ความหลากหลายของสาหร่ายสีแดง (ก) *Porphyra tenera* (ข) *Gracilaria* sp. (ค) *Fauchea laciniata* (ก) จาก <http://www.fao.org/fishery/species/2790/en>
(ข) จาก <http://ecologicalaquaculture.org/welcome/2011/07/12/seaweeds-have-omega-fatty-acids-preparing-gracilaria-salads-in-your-kitchen/>
(ค) จาก <http://pt-lobos.com/algae.html>

7. กลุ่มคลอโรไฟตา (Chlorophyta) หรือกลุ่มสาหร่ายสีเขียว (green algae) จัดแบ่งเป็น 2 กลุ่มตามลักษณะวิวัฒนาการและความซับซ้อนของลักษณะสัณฐานวิทยา และโครงสร้างสปีพันธุ์ ได้แก่

7.1 กลุ่มย่อยคลอโรไฟต์ (Chlorophytes) เป็นกลุ่มที่มีลักษณะคล้ายพืชทั้งลักษณะโครงสร้างผนังเซลล์ และส่วนประกอบของสารสี คือ คลอโรฟิลล์บี และแคโรทีน บางชนิดมีหน่วยช่วยในการเคลื่อนที่ ส่วนใหญ่จะพบในแหล่งน้ำจืด มีบางชนิดเท่านั้นที่พบในน้ำทะเล เป็นแหล่งอาหารที่สำคัญของสัตว์น้ำ และช่วยเพิ่มปริมาณออกซิเจนในน้ำ กลุ่มสาหร่ายสีเขียวมี ความหลากหลายมาก จัด แบ่งตามลักษณะนิสัย ได้ดังนี้

7.1.1 1 สาหร่ายเซลล์เดี่ยว (unicellular algae) สาหร่ายกลุ่มนี้มักพบลอยอยู่ในน้ำ อาจเรียกอีกอย่างว่า “แพลงก์ตอนพืช” เซลล์มีรูปร่างรี จนถึงกลม ทุกชนิดมีคลอโรฟิลล์แบบต่าง ๆ อยู่ภายในเซลล์ บางชนิดอาจมีหน่วยหลายเส้นช่วยในการเคลื่อนที่ เป็นกลุ่มสาหร่ายที่มีความหลากหลายมากที่สุดในกลุ่มสาหร่ายสีเขียว เช่น คลาไมโดโมแนส (*Chlamydomonas* sp.) (รูปที่ 31) เป็นสาหร่ายเซลล์เดี่ยวที่นำมาใช้เป็นตัวอย่างในการศึกษาด้านชีววิทยาโมเลกุล โดยเฉพาะการเคลื่อนที่ด้วยแฟลเจลลา และการเพิ่มจำนวนและพันธุกรรมของคลอโรพลาสต์ อีกชนิดคือ คลอเรลลา (*Chlorella* sp.) (รูปที่ 32) เป็นสาหร่ายสีเขียวเซลล์เดี่ยวที่มีการสะสมโปรตีนสูง จึงนิยมนำมาผลิตเป็นอาหารเสริม

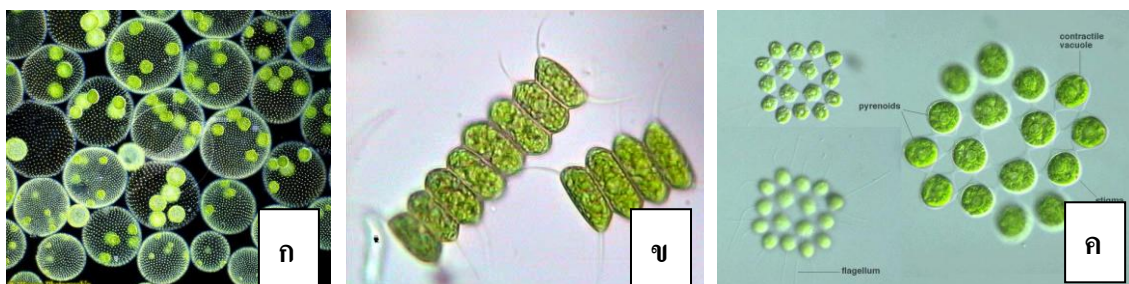
7.1.2 สาหร่ายที่อยู่รวมกันเป็นกลุ่ม (colonial algae) สาหร่ายกลุ่มนี้เกิดจากการรวมกันของสาหร่ายเซลล์เดี่ยวชนิดเดียวกันหลาย ๆ เซลล์ เกาะกลุ่มกันอยู่เป็นค อลีนีรูปร่างต่าง ๆ เช่น วอลวอกซ์ (*Volvox* sp.) ซีเนเดสมัส (*Scenedesmus* sp.) และโกเนียม (*Gonium* sp.) เป็นต้น (รูปที่ 33)



รูปที่ 31 *Chlamydomonas moewusii* (ก) ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ (ข) ภาพถ่ายจากกล้องอิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM)
(จาก <http://www.bch.umontreal.ca/protists/chlamy/appearance.html>)



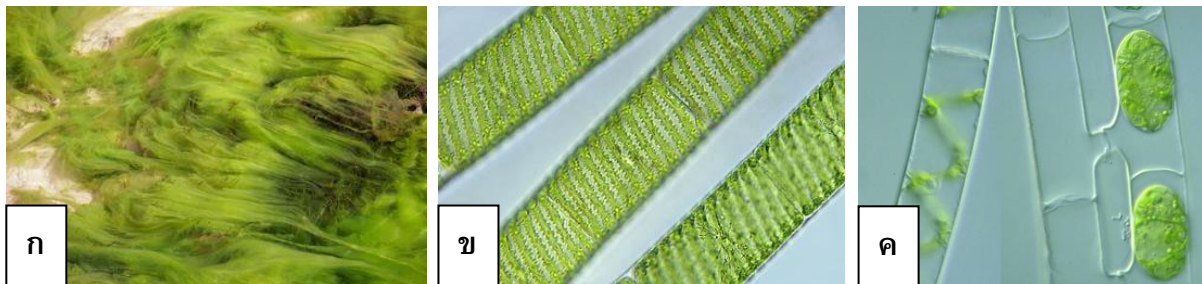
รูปที่ 32 *Chlorella* sp. (ก) ลักษณะเซลล์ของ *Chlorella* sp. (ข) ผลิตภัณฑ์อาหารเสริมที่ผลิตจาก *Chlorella* (ค) จาก http://plantphys.info/plant_biology/labaid/zzygmophyceae.shtml
(ข) จาก <http://www.shamansmarket.com/-strse-3667/Raw-Chlorella-Tablets--dsh-/Detail.bok>



รูปที่ 33 ลักษณะสาหร่ายที่อยู่รวมกันเป็นกลุ่ม (colony) (ก) *Volvox* sp. (ข) *Scenedesmus* sp.
(ค) *Gonium* sp. (ก) จาก <http://www.warrenphotographic.co.uk/med.php?n=05613>
(ข) จาก http://jcoll.org/genoma/vida_microsubmarina/microalgas/scenedesmus.html
(ค) จาก <http://protist.i.hosei.ac.jp/pdb/images/Chlorophyta/Gonium/index.html>



7.1.3 สาหร่ายที่มีลักษณะเป็นเส้น (filamentous algae) สาหร่ายชนิดนี้พบลอยอยู่ในแหล่งน้ำหรือยึดเกาะอยู่กับสิ่งต่าง ๆ ใต้น้ำ มีลักษณะเป็นเส้นที่เกิดจากเซลล์เดี่ยวเรียงต่อกันเป็นสายยาว แต่ละชนิดมีคลอโรพลาสต์รูปร่างแตกต่างกันไป และมีออร์แกเนลต่าง ๆ ที่ทำหน้าที่สมบูรณ์ภายในแต่ละเซลล์ ได้แก่ สไปโรไจรา (*Spirogyra* sp.) หรือเทาน้ำ (รูปที่ 34) เป็นสาหร่ายสีเขียวที่มีคลอโรพลาสต์เรียงตัวเป็นเกลียวอยู่ในเซลล์ มีการสะสมแป้งภายในเซลล์มาก อีกชนิดคือ คลาโดพอรา (*Cladophora* sp.) หรือไถ (รูปที่ 35) เป็นสาหร่ายสีเขียวที่มีคลอโรพลาสต์เรียงกันเป็นร่างแห (reticulate Chloroplast) รับประทานได้ มีโปรตีนสูง



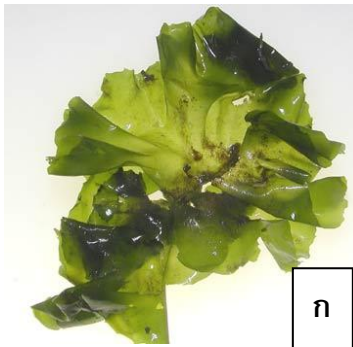
รูปที่ 34 *Spirogyra* (เทาน้ำ) (ก) ลักษณะถิ่นอาศัยในลำธารน้ำใส (ข) ลักษณะเส้นสายมองเห็นคลอโรพลาสต์เป็นแถบ (ค) การสืบพันธุ์แบบ conjugation ได้เซลล์ไซโกต (zygote) เจริญเติบโตเป็นต้นใหม่ต่อไป (ก) จาก <http://www.buzzle.com/articles/what-is-spirogyra.html> (ข) จาก http://chokchaischool.com/elearning/Chantana/kingdom/_2.html (ค) จาก http://protist.i.hosei.ac.jp/pdb/Images/Chlorophyta/Spirogyra/group_C/longata_1.html



รูปที่ 35 *Cladophora* sp. (ไถ) (ก) โครงสร้างแบบเส้นสาย (ข) คลอโรพลาสต์แบบร่างแห (ก) จาก http://www.rbgsyd.nsw.gov.au/science/Plant_Diversity_Research/australian_freshwater_algae/algpic/simple_branched_algae2 (ข) จาก <http://protist.i.hosei.ac.jp/pdb/images/Chlorophyta/Cladophora/index.html>



7.1.4 สาหร่ายที่มีลักษณะเป็นแผ่น (thallus algae) สาหร่ายกลุ่มนี้มีลักษณะเป็นแผ่นของโครงสร้างที่ประกอบด้วยเซลล์เรียงซ้อนกันหนาแน่นกว่าหนึ่งชั้น มีส่วนที่ยึดเกาะกับพื้นดินคล้ายราก คล้ายลำต้น และคล้ายใบ แต่ยังไม่มียอดลำเลียงใดๆ ได้แก่ *Ulva* sp. และสาหร่ายใบมะกรูด (*Halimeda* sp.) (รูปที่ 36) เป็นต้น



รูปที่ 36 สาหร่ายที่มีโครงสร้างเป็นแผ่น (ก) *Ulva* sp. (ข) *Halimeda discoidea* (ค) *Halimeda* sp.
(ก) จาก <http://sarinp.com/unit2/protista.htm>
(ข) จาก http://www.algaebase.org/search/species/detail/?species_id=3804
(ค) จาก <http://www.botany.hawaii.edu>

7.2 กลุ่มยอยคาโรไฟเซียน (Charophyceans) หรือ กลุ่มสาหร่ายไฟ สาหร่ายกลุ่มนี้แตกต่างจากคลอโรไฟต์ คือ สรีรวิทยาของการสังเคราะห์ด้วยแสง การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศแบบซับซ้อน และเซลล์วิทยา พบได้ทั่วไปในบริเวณน้ำตื้นและใส ตัวอย่างสาหร่ายในกลุ่มนี้ เช่น สาหร่ายไฟ (*Chara* sp.) และนิเทลลา (*Nitella* sp.) (รูปที่ 37) เป็นสาหร่ายกลุ่มที่มีโครงสร้างที่ประกอบด้วยเซลล์เรียงซ้อนกันหลายชั้น มีส่วนที่ยึดเกาะกับพื้นดินคล้ายราก ส่วนที่ตั้งขึ้นคล้ายลำต้นและมีการแตกกิ่งก้านหลายชั้นใกล้เคียงกับพืชชั้นสูงมาก โครงสร้างสืบพันธุ์เพศผู้และโครงสร้างสืบพันธุ์เพศเมียมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน และเมื่อเจริญเติบโตเต็มที่จะมีสีเหลือง ส้ม จนถึงสีแดง การศึกษาวิวัฒนาการของพืชในปัจจุบันพบว่าสาหร่ายไฟมีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับพืชที่เจริญบนบกมากที่สุด หรืออาจถือได้ว่าพืชที่เจริญบนบกมีวิวัฒนาการมาจากสาหร่ายไฟนั่นเอง



รูปที่ 37 สาหร่ายไฟ (*Nitella* sp.) (ก) ลักษณะการแตกกิ่งของสาหร่ายไฟ (ข) โครงสร้างสปีพันธุ เพศเมีย (Oogonium) (ค) โครงสร้างสปีพันธุเพศผู้ (Antheridium)

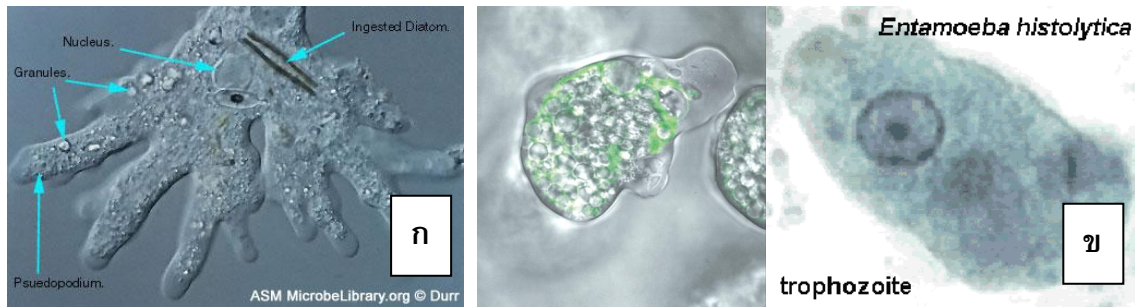
8. กลุ่มอะมีโบซัว (Amoebozoa) เป็นกลุ่มสิ่งมีชีวิตที่นำมาจัดกลุ่มโดยข้อมูลจากโมเลกุลดีเอ็นเอ มีการดำรงชีวิตมีทั้งเป็นผู้ย่อยสลาย ผู้บริโภคและปรสิต ซึ่งจะพบในบริเวณที่ชื้นแฉะและตามขอนไม้ หรือ ใบไม้เน่าเปื่อยในป่าแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มย่อย คือ

8.1 ราเมือกชนิดพลาสมเดียม (plasmodium slime molds) ซึ่งเป็นเซลล์ที่มีหลาย นิวเคลียสภายในเซลล์ และอีกชนิดเป็นราเมือกชนิดเซลล์ลูลาร์ (cellular slime molds) เป็นเซลล์ที่มี 1 นิวเคลียส หลายเซลล์มาอยู่รวมกัน ราเมือกมีบทบาทเป็นผู้ย่อยสลายที่สำคัญในระบบนิเวศ ได้แก่ สเต โมนิทิส (*Stemonitis* sp.) และ ฟิซาลัม (*Physarum* sp.) เป็นต้น (รูปที่ 38)



รูปที่ 38 กลุ่มราเมือก (ก) *Stemonitis axifera* (ข) *Physarum nutans* (ค) *Physarum polycephalum*
(ก) จาก http://sanamyan.com/myxomycetes/stemonitis_axifera.php
(ข) จาก <http://www.naturephoto-cz.eu/physarum-nutans-picture-6400.html>
(ค) จาก <http://www.flickr.com/photos/randomtruth/4350484166/>

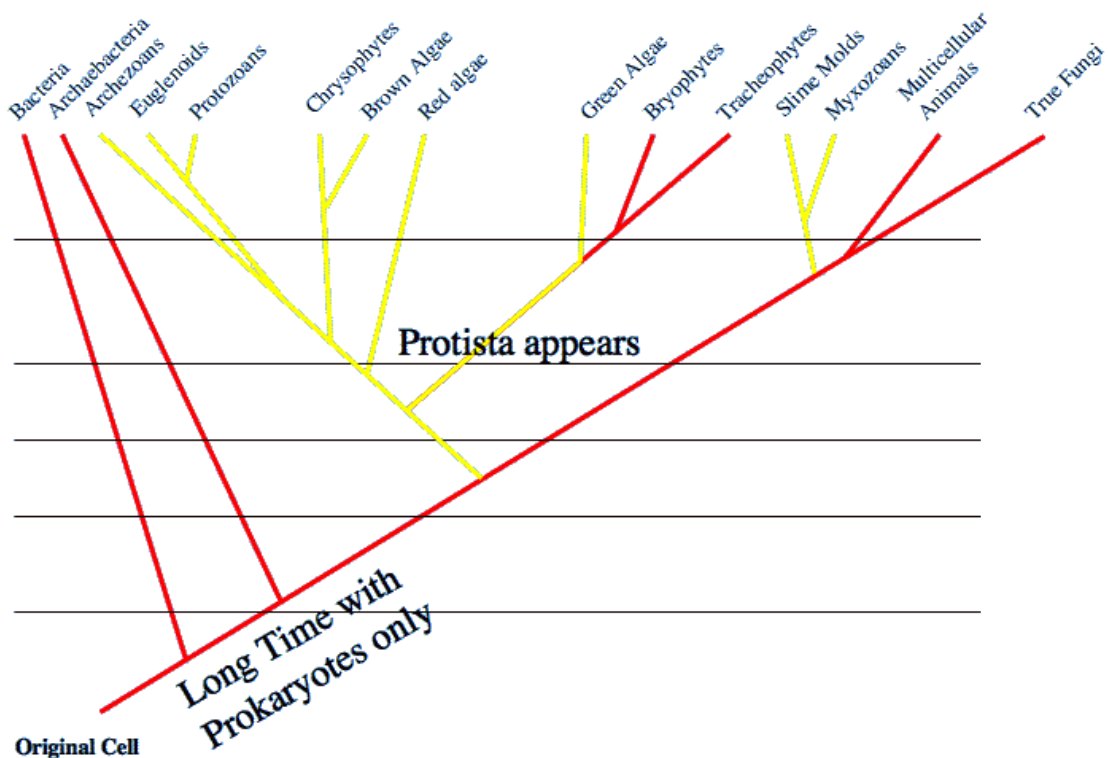
8.2 แอนตามีบา (entamoeba) เป็นโพรทิสต์ที่ถูกจัดไว้ในกลุ่มเดียวกันด้วยข้อมูล โมเลกุลดีเอ็นเอ ลักษณะทั่วไปมีเท้าเทียม (Pseudopodium) หรือเพื่อใช้ในการเคลื่อนที่หรือกินอาหาร โดยการยื่นเท้าเทียมไปล้อมรอบอาหาร ส่วนใหญ่จะดำรงชีวิตแบบอิสระ ที่รู้จักกันดี คือ *Amoeba proteus* แต่บางชนิดเป็นปรสิตที่สำคัญ เช่น *Entamoeba histolytica* เป็นสาเหตุของโรคบิด (รูปที่ 39)



รูปที่ 39 โปรทิสต์กลุ่มอะมีบา (ก) *Amoeba proteus* (ข) *Entamoeba histolytica* ระยะ trophozoite
(ก) จาก <http://archive.microbelibrary.org/ASMOOnly/details.asp?ID=508>
(ข) จาก http://www.uvm.edu/cmb/student_details.php?people_id=435

วิวัฒนาการของโปรทิสต์

จากการศึกษาหลักฐานทางวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตในอาณาจักรโปรทิสตา พบฟอสซิลที่เก่าแก่ที่สุดอายุ 2,100 ล้านปี โดยซากดึกดำบรรพ์ที่พบเป็นสิ่งบ่งชี้ถึงการดำรงชีวิตของกลุ่มโปรทิสต์ที่อยู่ในน้ำ จากข้อมูลซากดึกดำบรรพ์ ลักษณะสัณฐานวิทยา และโมเลกุลดีเอ็นเอของโปรทิสต์กลุ่มต่าง ๆ ที่ได้ศึกษาเป็นที่ยืนยันได้ว่าสิ่งมีชีวิตในอาณาจักรโปรทิสตา เป็นบรรพบุรุษของสิ่งมีชีวิตในกลุ่มรา พืช และสัตว์ (รูปที่ 40)



รูปที่ 40 แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตในอาณาจักรโปรทิสตา (เส้นสีเหลือง) กับสิ่งมีชีวิตกลุ่มอื่น ๆ (จาก <http://plantphys.info/organismal/lehtml/protista.shtml>)



บทบาทของโปรทิสต์

สิ่งมีชีวิตในอาณาจักรโปรทิสตา เป็นกลุ่มที่มีความสำคัญต่อระบบนิเวศเป็นอย่างมากในฐานะที่เป็นสิ่งมีชีวิตกลุ่มแรกที่เป็นผู้ผลิต เป็นผู้สร้างออกซิเจนให้กับแหล่งน้ำ และสามารถนำมาแปรรูปในเชิงอุตสาหกรรมได้อีกมากมาย เช่น อาหาร อาหารเสริมเพื่อสุขภาพ เครื่องสำอางค์ น้ำยาขัดเงา ยาสีฟัน ปุ๋ย และผลิตน้ำมันเชื้อเพลิง เป็นต้น



แนวทางในการจัดการเรียนรู้

การเรียนการสอนเรื่องอาณาจักรโปรทิสตา เป็นหัวข้อที่มีเนื้อหามาก ดังนั้นวิธีการที่จะให้ผู้เรียนมีความสนใจมากยิ่งขึ้น ผู้สอนต้องออกแบบกิจกรรมให้ผู้เรียนได้ทดสอบความรู้ความสามารถของตนเอง ให้รู้จักสิ่งมีชีวิตในอาณาจักรโปรทิสตาเพิ่มมากขึ้น โดยมีกิจกรรมดังนี้

1. กิจกรรมก่อนถึงชั่วโมงเรียน

ผู้สอนเตรียมผลิตภัณฑ์หรือแผ่นโฆษณาเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์ของสาหร่ายในชีวิตประจำวัน มาให้ผู้เรียนสังเกตและศึกษาในห้องเรียน ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ เช่น อาหาร อาหารเสริม ยาสีฟัน และ เครื่องสำอาง เป็นต้น ให้ผู้เรียนช่วยกันค้นคว้าเพิ่มเติม จากใน internet หรือเอกสารต่าง ๆ เพื่อบอกว่า ผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เหล่านั้นทำมาจากสาหร่ายอะไรบ้าง

2. กิจกรรมภายในชั่วโมงเรียน

ชื่อกิจกรรม ตามล่าหาโปรทิสต์

วัตถุประสงค์ เพื่อให้ผู้เรียนสามารถบอกลักษณะสำคัญของสิ่งมีชีวิตกลุ่มของโปรทิสต์ได้

วัสดุอุปกรณ์ สไลด์ กระดาษปิดสไลด์ กล้องจุลทรรศน์ หลอดหยด ปากคิ๊บ เข็มเขี่ย ภาชนะเก็บตัวอย่าง

วิธีการ ผู้สอนแบ่งผู้เรียนเป็นกลุ่ม ๆ ละไม่เกิน 5 คน เพื่อไปตามล่าโปรทิสต์ในแหล่งน้ำที่กำหนด หลังจากนั้นผู้เรียนนำน้ำที่เก็บมาจัดเตรียมสไลด์แบบ whole mouth method เพื่อนำตัวอย่างสิ่งมีชีวิตในน้ำส่องดูใต้กล้องจุลทรรศน์ หลังจากนั้นให้ผู้เรียนกรอกข้อมูลลงในตารางรายงานผลการศึกษา ผู้สอนอาจจะมีการจัดรางวัลสำหรับกลุ่มที่สามารถหาโปรทิสต์ได้มากที่สุด

ตารางบันทึกผล

ชนิด (วาดภาพ)	ลักษณะโปรทิสต์			
	รูปทรง	สี	ลักษณะสำคัญ	สภาพแหล่งน้ำ
1.				
2.				
3.				

การอภิปรายผล จากผลการศึกษาที่ได้รับ ผู้สอนให้ผู้เรียนช่วยกันรายงานผลที่ละกลุ่มตามหัวข้อดังนี้

- 1.1 รูปทรงของโปรทิสต์ ได้แก่ เซลล์เดี่ยว คอโลนี เส้นสาย เนื้อเยื่อ เป็นต้น
- 1.2 สีของโปรทิสต์ ได้แก่ สีเขียว สีแดง สีนํ้าตาล เป็นต้น
- 1.3 ลักษณะเด่นของโปรทิสต์ ได้แก่ โครงสร้างในการเคลื่อนที่ เซลล์บางรูปทรงไม่แน่นอน หรือพบโครงสร้างพิเศษบางอย่าง เช่น โครงสร้างสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ เป็นต้น
- 1.4 ถิ่นอาศัยของโปรทิสต์ มีปัจจัยทางกายภาพ เช่น สีของน้ำ ความขุ่นของน้ำ อุณหภูมิ น้ำ ปริมาณแสง การอยู่ร่วมกับสิ่งมีชีวิตอื่นในน้ำ เป็นต้น



- 1.5 ประโยชน์ของโปรทิสต์ที่พบ เช่น เพิ่มออกซิเจนให้กับน้ำ ช่วยลดภาวะโลกร้อน บางชนิดเป็นอาหารของโปรโตซัว บางชนิดเป็นอาหารของคน เป็นต้น
- 1.6 โทษที่คาดว่าจะเกิดจากโปรทิสต์ เช่น ถ้าโปรทิสต์ตายจะทำให้เกิดน้ำเน่าเสีย ถ้ามีมากเกินไปจะขัดขวางทางสัญจรของสัตว์น้ำ เป็นต้น

การอภิปรายผู้สอนอาจเสริมคำถามเพื่อให้ผู้เรียนได้คิดและใช้ประสบการณ์จริงในการตอบคำถาม โดยมีคำถามและมีแนวทางคำตอบดังนี้

- คำถาม :** ถ้าเราพบสิ่งมีชีวิตที่มีรูปร่างแบบเส้นสาย (filament) จะใช้ลักษณะอะไรเป็นเกณฑ์ตัดสินว่าตัวอย่างที่พบนั้นเป็นสิ่งมีชีวิตในอาณาจักรมอเนรา หรืออาณาจักรโปรติสตา

ตอบ : ถ้าเป็นตัวอย่างมีเมือกห่อหุ้ม หรือสร้างเซลล์เฮเทอโรซิส หรือสร้าง dead cell จัดให้อยู่ในอาณาจักรมอเนรา ถ้าไม่พบลักษณะดังกล่าวเลยก็ควรจัดไว้ในอาณาจักรโปรติสตา
- คำถาม:** โปรทิสต์กลุ่มสาหร่ายไฟ พบลักษณะอะไรบ้างที่แตกต่างจากสาหร่ายกลุ่มอื่น ๆ

ตอบ : 1) โครงสร้างของต้นพืชที่มีส่วนคล้ายราก คล้ายลำต้น และคล้ายใบ

2) โครงสร้างเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้ และเพศเมีย ปรากฏให้เห็นอย่างชัดเจน



ภาคผนวก

ก. คำอธิบายศัพท์

ไฟโลเจเนติกทรี phylogenetic tree	ผังแสดงลำดับวิวัฒนาการชาติพันธุ์ของสิ่งมีชีวิต โดยอาศัยข้อมูลจากการศึกษาทางสัณฐานวิทยาและชีวโมเลกุลควบคู่กันไป ลักษณะที่ได้จะบ่งบอกความใกล้เคียงหรือห่างกันทางวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตแต่ละกลุ่ม
ทัลลัส thallus	การจัดเรียงตัวของเซลล์หลาย ๆ เซลล์ที่เป็นแผ่นมีความหนามากกว่า 1 ชั้น หรือเพียง 1 ชั้นเซลล์
ซูโอสปอร์ zoospore	สปอร์ที่มีหนวด (flagellum) เพื่อใช้ในการเคลื่อนที่ พบในการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ ของกลุ่มรา แบคทีเรีย และสาหร่าย
ไซโกสปอร์ zygospore	โครงสร้างระยะดิพลอยด์ของวงชีพ เจริญมาจากเซลล์ที่เกิดจากการรวมกันของนิวเคลียสทำให้มีโครโมโซม 2 ชุด (zygote) ซึ่งจะแบ่งแบบไมโอซิสให้เซลล์ที่มีโครโมโซม 1 ชุด จำนวน 4 เซลล์ เพื่อเจริญในระยะแฮพลอยด์ต่อไป พบในกลุ่มรา และโพรทิสต์
ไซโกต zygote	เซลล์ที่เกิดจากการรวมกันของนิวเคลียสเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้และนิวเคลียสเซลล์สืบพันธุ์เพศเมีย มีโครโมโซม 2 ชุด (2n) ซึ่งจะเจริญต่อไปเป็นไซโกสปอร์ในกลุ่มโพรทิสต์ หรืออาจจะเจริญต่อไปเป็นเอมบริโอที่พบในอาณาจักรพืช

ข. แหล่งเรียนรู้เพิ่มเติม

1. Reece, J.B, L.A. Urry, M.J. Cain, S.A. Wasserman, P.V. Minorsky and R.B. Jackson. 2011. Campbell Biology, 9th edition (Global Edition). Pearson Education, Inc., San Francisco.
2. Barnes. 1998. The Diversity of Living Organisms. Blackwell Publishing, University of Cambridge, Cambridge, UK.



รายชื่อสื่อการสอนวิชาชีววิทยาจำนวน 92 ตอน

ตอนที่	ชื่อตอน	อาจารย์ผู้จัดทำสื่อ
1	ชีววิทยาคืออะไร	รศ.ดร.ประคอง ตั้งประพฤทธิกุล
2	ชีวจริยธรรม	รศ.ดร.สุจินดา มัลย์วิจิตรนนท์
3	การวางแผนการทดลอง และการตรวจสอบสมมติฐาน	ผศ.ดร.พงษ์ชัย หาญยุทธนากร
4	ตัวอย่างการทดลองทางชีววิทยา	ผศ.ดร.พงษ์ชัย หาญยุทธนากร
5	ส่วนประกอบและวิธีการใช้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	อ.ดร.จิรารักษ์ กิตนะ
6	การเตรียมตัวอย่างเพื่อศึกษาและประมาณขนาดด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	อ.ดร.จิรารักษ์ กิตนะ
7	ปฏิกิริยา polymerization และ hydrolysis	อ.ดร.จุฑาพันธ์ุ พินสวัสดิ์
8	โปรตีน	ผศ.ดร.พงษ์ชัย หาญยุทธนากร
9	กรดนิวคลีอิก	ผศ.ดร.พงษ์ชัย หาญยุทธนากร
10	การดำรงชีวิตของเซลล์	ผศ.ดร.พงษ์ชัย หาญยุทธนากร
11	การสื่อสารระหว่างเซลล์; บทนำ	ผศ.ดร.อรรณณ สัตยาลย์
12	การสื่อสารระหว่างเซลล์; การสื่อสารระยะไกลในพืชและสัตว์	ผศ.ดร.อรรณณ สัตยาลย์
13	การสื่อสารระยะไกลในสัตว์	ผศ.ดร.อรรณณ สัตยาลย์
14	องค์ประกอบของการสื่อสารระหว่างเซลล์	ผศ.ดร.อรรณณ สัตยาลย์
15	ทางเดินอาหารและกระบวนการย่อยอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้อง	ผศ.ดร.พัชนี สิงห์อาษา
16	การย่อยอาหารในลำไส้เล็ก	ผศ.ดร.พัชนี สิงห์อาษา
17	ภาพรวมของการสลายอาหารระดับเซลล์	อ.ดร.จุฑาพันธ์ุ พินสวัสดิ์
18	ลูกโซ่หายใจ	อ.ดร.จุฑาพันธ์ุ พินสวัสดิ์
19	oxidative phosphorylation	อ.ดร.จุฑาพันธ์ุ พินสวัสดิ์
20	การแลกเปลี่ยนแก๊สของสัตว์น้ำและสัตว์บก	รศ.ดร.ประคอง ตั้งประพฤทธิกุล
21	เรื่องกลไกการหายใจและศูนย์ควบคุมการหายใจในคน	รศ.ดร.ประคอง ตั้งประพฤทธิกุล
22	ไต: หน่วยไต และการสร้างปัสสาวะของไตคน	รศ.ดร.ประคอง ตั้งประพฤทธิกุล



ตอน ที่	ชื่อตอน	อาจารย์ผู้จัดทำสื่อ
23	ระบบหมุนเวียนเลือดแบบเปิด (open circulatory system) และแบบปิด (closed circulatory system)	รศ.ดร.วิทยา ยศยิ่งยวด
24	องค์ประกอบของเลือด หมู่เลือด และการแข็งตัวของเลือด	รศ.ดร.วิทยา ยศยิ่งยวด
25	การป้องกันตนเองของร่างกาย และระบบภูมิคุ้มกัน	รศ.ดร.วิทยา ยศยิ่งยวด
26	การเคลื่อนที่ของปลา	รศ.วิภา เมฆวิชัย
27	กลไกการหดตัวของกล้ามเนื้อโครงร่าง	รศ.ดร.ประคอง ตั้งประพจน์กุล
28	การทำงานของเซลล์ประสาท	อ.ดร.นพดล กิตนะ
29	การถ่ายทอดกระแสประสาทระหว่างเซลล์ประสาท	อ.ดร.นพดล กิตนะ
30	เซลล์รับความรู้สึก	รศ.ดร.ประคอง ตั้งประพจน์กุล
31	หูและการได้ยิน	รศ.ดร.ประคอง ตั้งประพจน์กุล
32	ฮอร์โมนคืออะไร	รศ.ดร.สุจินดา มัลย์วิจิตรนนท์
33	ชนิดของฮอร์โมนและชนิดของเซลล์เป้าหมาย	รศ.ดร.สุจินดา มัลย์วิจิตรนนท์
34	การสืบพันธุ์ระดับเซลล์ 1 วัฏจักรเซลล์ อินเทอร์เฟส และ division phase	ผศ.ดร.อรรพรรณ สัตยาลัย
35	การสืบพันธุ์ระดับเซลล์ 2 วัฏจักรเซลล์ division phase mitosis	ผศ.ดร.อรรพรรณ สัตยาลัย
36	การสืบพันธุ์ระดับเซลล์ 3 วัฏจักรเซลล์; division phase; meiosis	ผศ.ดร.อรรพรรณ สัตยาลัย
37	เซลล์พืช	ผศ.ดร.มานิต คิโดอยู่
38	เนื้อเยื่อพืช	ผศ.ดร.มานิต คิโดอยู่
39	ปากใบและการควบคุมการเปิด-ปิดของปากใบ	อ.ดร.อัญชลี ใจดี
40	การลำเลียงน้ำของพืช	รศ.ดร.ปรีดา บุญ-หลง
41	พลังงานชีวิต	รศ.ดร.ศุภจิตรา ชัชวาลย์
42	ปฏิกิริยาแสง (Light reaction)	รศ.ดร.ศุภจิตรา ชัชวาลย์
43	ปฏิกิริยาคาร์บอน (carbon reaction) – Calvin cycle	ผศ.ดร.บุญธิดา โฆษิตทรัพย์
44	กลไกการเพิ่มความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในพืช C ₄	ผศ.ดร.บุญธิดา โฆษิตทรัพย์
45	กลไกการเพิ่มความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในพืช CAM	ผศ.ดร.บุญธิดา โฆษิตทรัพย์



ตอน ที่	ชื่อตอน	อาจารย์ผู้จัดทำสื่อ
46	ปัจจัยจำกัดในการสังเคราะห์ด้วยแสง	รศ.ดร.ปรีดา บุญ-หลง
47	โครงสร้างของดอก (Structure of Flower)	ผศ.ดร.ต่อศักดิ์ สีสานันท์
48	การปฏิสนธิในพืชดอก	ผศ.ดร.ต่อศักดิ์ สีสานันท์
49	การเกิดและโครงสร้างผล	อ.ดร.สร้อยนภา ญาณวัฒน์
50	การงอกของเมล็ด	รศ.นันทนา อังกินันท์
51	การวัดการเจริญเติบโตของพืช	อ.ดร.อัญชลี ใจดี
52	ออกซิน	ผศ.ดร.กนกวรรณ เสรีภาพ
53	การใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชในการเกษตร	ผศ.พัชรา ลิ้มปะนะเวช
54	การเคลื่อนไหวของพืช	ผศ.ดร.กนกวรรณ เสรีภาพ
55	ความน่าจะเป็นและกฎแห่งการแยก	ผศ. เรืองวิทย์ บรรจงรัตน์
56	กฎแห่งการรวมกลุ่มอย่างอิสระ	ผศ. เรืองวิทย์ บรรจงรัตน์
57	มัลติเปิลแอลลีล (Multiple alleles)	อ.ดร.วรลักษณ์ เกษตรานันท์
58	พอลิยีน (Polygene)	อ.ดร.วรลักษณ์ เกษตรานันท์
59	โครงสร้างของดีเอ็นเอ (DNA structure)	อ.ดร.เพลินพิศ โชคชัยชานาญกิจ
60	โครงสร้างของโครโมโซม (Chromosome structure)	อ.ดร.เพลินพิศ โชคชัยชานาญกิจ
61	การถอดรหัสพันธุกรรม (Transcription)	อ.ดร.ธนะกาญจน์ มัญชุพานี
62	การแปลรหัสพันธุกรรม (Translation)	อ.ดร.ธนะกาญจน์ มัญชุพานี
63	แนะนำพันธุวิศวกรรม	อ.ดร.ปฐมวดี ญาณทัศน์ย์จิต
64	ขั้นตอนของพันธุวิศวกรรม	อ.ดร.ปฐมวดี ญาณทัศน์ย์จิต
65	สิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม (Genetically modified organisms: GMOs)	อ.ดร.รัชนิกร ธรรมโชติ
66	ชาร์ล ดาร์วิน คือใคร	ผศ.ดร.เจษฎา เด่นดวงบริพันธ์
67	หลักฐานการเกิดวิวัฒนาการ	ผศ.ดร.เจษฎา เด่นดวงบริพันธ์
68	ทฤษฎีวิวัฒนาการของดาร์วิน	ผศ.ดร.เจษฎา เด่นดวงบริพันธ์
69	วิวัฒนาการของเชื้อดื้อยา	ผศ.ดร.เจษฎา เด่นดวงบริพันธ์



ตอนที่	ชื่อตอน	อาจารย์ผู้จัดทำสื่อ
70	วิวัฒนาการของมนุษย์	ผศ.ดร.เจษฎา เด่นดวงบริพันธ์
71	อาณาจักรมอเนอรา	ผศ.ดร.รสริน พลวัฒน์
72	อาณาจักรโพรทิสตา	ผศ.ดร.รสริน พลวัฒน์
73	อาณาจักรฟังไจ	ผศ.ดร.จิตรตรา เพ็ญเขียว
74	ความหลากหลายของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง	ผศ.ดร.อาจอง ประทัดสุนทรสาร
75	ความหลากหลายของสัตว์มีกระดูกสันหลัง	รศ.วีณา เมฆวิชัย
76	กลไกของพฤติกรรม	รศ.ดร.อุษณีย์ ยศยิ่งยวด
77	พฤติกรรมการเรียนรู้แบบต่าง ๆ	รศ.ดร.อุษณีย์ ยศยิ่งยวด
78	การสื่อสารระหว่างสัตว์	รศ.ดร.อุษณีย์ ยศยิ่งยวด
79	แนวคิดเกี่ยวกับระบบนิเวศ	ผศ.ดร.อาจอง ประทัดสุนทรสาร
80	ไบโอมบนบก	ผศ.ดร.อาจอง ประทัดสุนทรสาร
81	การสำรวจระบบนิเวศบนบก	ผศ.ดร.อาจอง ประทัดสุนทรสาร
82	ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับปัจจัยทางกายภาพ	ผศ.ดร.วิเชษฐ คุนซื่อ
83	ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตชนิดต่างๆ ในระบบนิเวศ	ผศ.ดร.วิเชษฐ คุนซื่อ
84	โซ่อาหารและใยอาหาร	ผศ.ดร.วิเชษฐ คุนซื่อ
85	วัฏจักรสาร	ผศ.ดร.วิเชษฐ คุนซื่อ
86	ความหมายของคำว่าประชากร(population) และประวัติการศึกษาประชากร	รศ.ดร.กำธร ชีรคุปต์
87	วิธีการหาความหนาแน่นของประชากรโดยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบวางแปลง (quadrat sampling method)	รศ.ดร.กำธร ชีรคุปต์
88	การเพิ่มขนาดของประชากร (population growth)	รศ.ดร.กำธร ชีรคุปต์
89	โครงสร้างอายุ (age structure) ของประชากร	รศ.ดร.กำธร ชีรคุปต์
90	ประเภทของทรัพยากร	อ.ดร.พงษ์ชัย ดำรงโรจน์วัฒนา
91	ปัญหาที่มีต่อทรัพยากรธรรมชาติและสภาพแวดล้อม	อ.ดร.พงษ์ชัย ดำรงโรจน์วัฒนา
92	หลักการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ	อ.ดร.พงษ์ชัย ดำรงโรจน์วัฒนา