

บทที่ 19

อาณาจักรโปรติสตา

เค้าโครงเรื่อง

19.1 ลักษณะทั่วไปของ โปรติสต์

19.2 โปรโตซัว

- 19.2.1 ไพลัมไรโซโปดา
- 19.2.2 ไพลัมแอกทีโนโปดา
- 19.2.3 ไพลัมฟอแรมินิเฟรา
- 19.2.4 ไพลัมเอพิกอมเพลกซา
- 19.2.5 ไพลัมซูโฮมาสทีจนา
- 19.2.6 ไพลัมซิลิโอพอร่า

19.3 แอลจี

- 19.3.1 ไพลัมไดโนแฟลเจลลลลตา
- 19.3.2 ไพลัมคริโซไฟตา
- 19.3.3 ไพลัมเบซิลลารีโอไฟตา
- 19.3.4 ไพลัมยูกลีโนไฟตา
- 19.3.5 ไพลัมคลอโรไฟตา
- 19.3.6 ไพลัมพีโอไฟตา
- 19.3.7 ไพลัมโรโตไฟตา

19.4 โปรติสต์ลักษณะคล้ายฟังไจ

- 19.4.1 ไพลัมมิโกโซไมคอตตา
- 19.4.2 ไพลัมเอเครซีโอไมคอตตา
- 19.4.3 ไพลัมโอโอไมคอตตา

19.5 ความสำคัญของ โปรติสต์

- 19.5.1 ต้นกำเนิดของยูแคริโอท

19.5.2 ต้นกำเนิดของสิ่งมีชีวิตหลายเซลล์

19.5.3 ความสำคัญด้านการแพทย์

โปรติสต์เป็นพวุกยูแคริโอทที่รู้จักกันมานานถึง 3 ศตวรรษ นับตั้งแต่ลีเวนฮุคใช้กล้องจุลทรรศน์เพื่อศึกษาจุลชีพจากแหล่งน้ำตามธรรมชาติ เชื่อกันว่ามีวิวัฒนาการมาจากโพรแคริโอท ซึ่งมีโครงสร้างและส่วนประกอบของเซลล์ง่ายกว่า โปรติสต์ส่วนใหญ่เซลล์เดียว ถือเป็นยูแคริโอทที่สมบูรณ์ และเป็นต้นกำเนิดของสิ่งมีชีวิตหลายเซลล์ที่มีอยู่ในปัจจุบัน

19.1 ลักษณะทั่วไปของ โปรติสต์

ถึงแม้ว่าโปรติสต์ส่วนใหญ่จะเป็นสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว แต่โครงสร้าง รูปร่าง ถิ่นที่อยู่อาศัย ตลอดจนวงจรชีวิต มีความหลากหลายมาก ส่วนใหญ่พบได้ในแหล่งน้ำทั่วไปและมีบทบาทเป็นแหล่งตอนในระบบนิเวศ นอกจากนี้แหล่งน้ำแล้วยังสามารถพบได้ตามดินชั้นในน้ำที่ซึ่งอยู่บนใบไม้ บางชนิดอาจอาศัยอยู่ร่วมกับสิ่งมีชีวิตอื่น ในช่องเหงือกของร่างกาย ในเนื้อเยื่อ หรือในเซลล์ โดยมีบทบาทเป็นการอยู่อาศัยแบบพึ่งพา หรือปรสิต

โดยทั่วไปโปรติสต์ต้องการออกซิเจนในกระบวนการเมแทบอลิซึม โดยใช้ไมโทคอนเดรีย ทำหน้าที่ในกระบวนการหายใจระดับเซลล์ บางชนิดมีคลอโรพลาสต์จึงเป็นพวกสร้างอาหารได้ด้วยตนเอง บางชนิดดำรงชีพโดยต้องกินอาหาร บางชนิดดำรงชีพได้ทั้งสองแบบคือสร้างอาหารได้ด้วยตนเองและบางครั้งกินอาหารเพื่อเสริมสร้างโภชนาการให้ดีขึ้น เช่นพวุกยูกลีนา

เนื่องจากเป็นสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว จึงมีวิวัฒนาการให้ส่วนใดส่วนหนึ่งของเซลล์พัฒนาเป็นโครงสร้างช่วยในการเคลื่อนที่ อาจอยู่ในรูปแบบของดินเทียม ซีเลีย หรือแฟลเจลลา มีการบัญญัติคำว่า **undulipodia** เพื่อให้ต่างไปจากแฟลเจลลาของพวกโพรแคริโอท แต่ยังไม่เป็นที่นิยมใช้

19.2 โปรโตซัว

คำว่า โปรโตซัวหมายถึง สัตว์แรกเริ่ม เป็นคำที่ตั้งขึ้นในสมัยที่อนุกรมวิธานยังไม่มี การจำแนกออกเป็น 5 อาณาจักรเช่นในปัจจุบัน เมื่อมีการปรับปรุงอนุกรมวิธานใหม่แล้ว โปร

โตช้าหมายถึง โปรติสต์ที่มีการกินอาหารคล้ายกับพวกสัตว์ สร้างอาหารเองไม่ได้ต้องกินอาหาร เพื่อนำไปย่อยแล้วเข้าสู่กระบวนการเมแทบอลิซึมต่อไป ในกลุ่มของโปรโตชีวจำแนกเป็น 6 ไฟลัมคือ

19.2.1 **ไฟลัมไรโซปอดา (Rhizopoda)** โปรติสต์ในไฟลัมนี้ถือว่ามีรูปร่างและการดำรงชีพง่ายที่สุด ลักษณะทั่วไป เซลล์เดี่ยว มีเปลือกหุ้มหรือไม่มี มีอวัยวะสำหรับการเคลื่อนที่ เรียกว่า **ตีนเทียม (pseudopodia)** สืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ พบได้ในแหล่งน้ำจืด น้ำกร่อย น้ำเค็ม และในดินชั้น ที่รู้จักกันดีคือ *Amoeba* และ *Arcebia* บางชนิดเป็นปรสิตและทำให้เกิดโรคเช่น เชื้อโรคมืด (*Entamoeba histolytica*)

19.2.2 **ไฟลัมแอคทีโนปอดา (Actinopoda)** อวัยวะสำหรับการเคลื่อนที่มีลักษณะเป็นเส้นเรียกว่า **axopodia** แฉกเป็นรัศมีมือออกไปจากส่วนกลางของเซลล์ แกนของแต่ละเส้นคือไมโครทิวบูล ได้แก่พวก **heliozoan** ซึ่งเป็นแพลงตอนน้ำจืด และพวก **radiolarian** ซึ่งเป็นแพลงตอนน้ำเค็ม

19.2.3 **ไฟลัมฟอรัมมิเฟรา (Foraminifera)** เป็นโปรติสต์ที่อาศัยอยู่ในทะเลทั้งหมด มักอาศัยอยู่ในทรายหรือเกาะติดอยู่กับก้อนหินหรือสาหร่าย บางชนิดเป็นแพลงตอน ลักษณะสำคัญคือเปลือกเป็นรูพรุนหุ้มเซลล์ที่แบ่งเป็นหลายห้อง ส่วนใหญ่เป็นสารประกอบเกลือแคลเซียมคาร์บอเนต ไซโทพลาซึมยื่นเป็นเส้นออกมาจากรูพรุนทำหน้าที่สำหรับการเคลื่อนที่และกินอาหาร หลายชนิดมีแอลจีอาคัยแบบฝังพายู่ภายในเปลือก เปลือกของฟอรัมเป็นส่วประกอบสำคัญของชั้นหินตะกอน ซึ่งเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของผิวโลกถูกดันขึ้นมาอยู่บนบกให้ประโยชน์ทำอุตสาหกรรมซอลค์ และอุตสาหกรรมประเภทอื่นที่จำเป็นต้องใช้แคลเซียมคาร์บอเนตเป็นวัตถุดิบ

19.2.4 **ไฟลัมเอพิคอมเพลกซา (Apicomplexa)** ชื่อเดิมของโปรติสต์กลุ่มนี้คือ **Sporozoa** ซึ่งดำรงชีพแบบปรสิตอยู่ภายในสัตว์ โดยมีเซลล์ที่เรียกว่า **sporozoite** ทำหน้าที่เป็นระยะติดต่อ สปอโรซอัยท์เป็นเซลล์รูปรีเวดด้านหน้าแหลม มีโครงสร้างสำหรับช่วยให้เจาะเข้าไปในโฮสต์เซลล์ได้ง่าย วงชีวิตซับซ้อนประกอบด้วยระยะการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศในสัตว์มีกระดูกสันหลัง สลับกับระยะการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศในสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง ชนิดที่เป็นภัยร้ายแรงต่อมนุษย์คือ *Plasmodium* ซึ่งเป็นปรสิตอยู่ในเม็ดเลือดแดงของมนุษย์และสัตว์ทำให้เกิดอาการของโรคไข้จับสั่น ระยะสปอโรซอัยท์อยู่ในต่อมน้ำลายของยุงก้นปล่องซึ่งทำหน้าที่เป็น

พาหะนำโรค

19.2.5 **ไฟลัมซูโอมาสติจينا (Zoomastigina)** มีชื่อสามัญว่า zoomastigote จากคำภาษากรีกว่า *mastix* แปลว่า แล้ เซลล์รูปยาวโค้งมีโครงสร้างสำหรับเคลื่อนที่เป็นแฟลเจลลูล้านยาวคล้ายแล้ หาอาหารจากการกินสารอินทรีย์จากสภาพแวดล้อมด้วยวิธีฟาโกไซโทซิส ส่วนใหญ่อยู่แบบโดดเดี่ยว บางชนิดอยู่รวมกันเป็นโคโลนี บางชนิดดำรงชีพแบบพึ่งพาอาศัยสัตว์อื่น เช่น *Trichonympha* ซึ่งอาศัยอยู่ภายในลำไส้ปลวกทำหน้าที่ช่วยย่อยเซลลูโลสให้ปลวก ขณะเดียวกันก็ดูดกินอาหารอื่นที่ย่อยแล้วที่อยู่ภายในช่องของลำไส้ปลวกด้วย (รูป 19-1 ก.) บางชนิดเช่น *Trypanosoma* ดำรงชีพแบบปรสิตอยู่ในน้ำเลือดของสัตว์ทำให้เกิดโรคใช้หลักโดยมีแมลงวันพวก tsetse fly เป็นพาหะ (รูป 19-1 ข.)

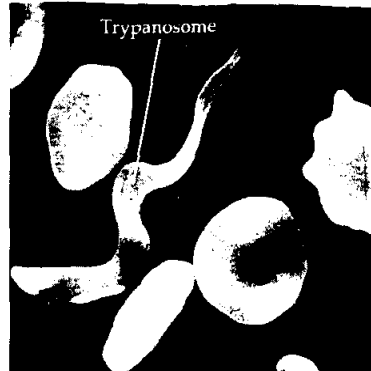
รูป 19-1 ซูโอมาสติโกท ก. *Trichonympha* ให้สังเกตอนุภาคเซลลูโลสที่อยู่ในกระเพาะทางส่วนล่างของเซลล์ ข. ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของ *Trypanosoma* ส่วนเรียวยาวด้านบนคือ แล้ เซลล์ที่อยู่ใกล้เคียงคือเม็ดเลือดแดง

ก.



50 μm

ข.



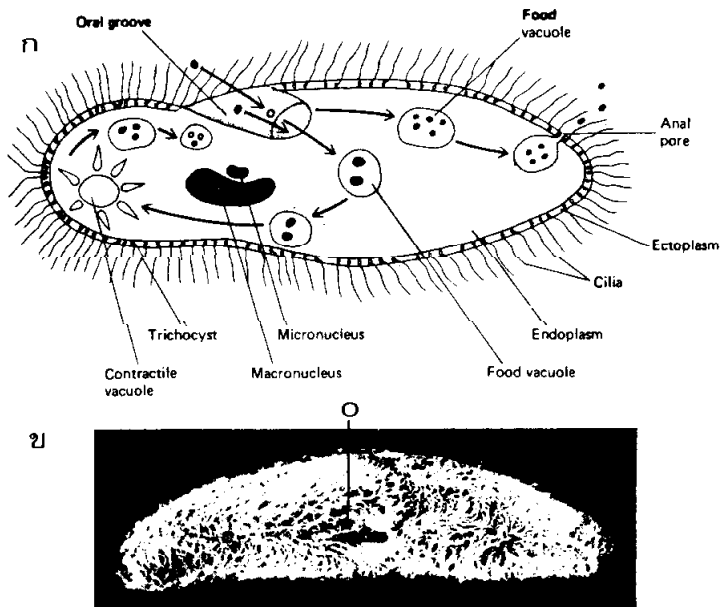
5 μm

จาก Campbell, Neil A. 1990

19.2.6 **ไฟลัมซิลิโอฟอรา (Ciliophora)** รูปร่างของเซลล์มีความหลากหลายมาก โครงสร้างสำหรับการเคลื่อนที่และช่วยพัดโบกอาหารเข้าช่องปากคือ ซีเลีย อาศัยอยู่ในน้ำจืด มีนิวเคลียส 2 อัน อันใหญ่เรียก **macronucleus** ประกอบด้วยสารพันธุกรรมมากกว่า 50 ชุด ทำหน้าที่ควบคุมกระบวนการต่าง ๆ ในการดำรงชีวิต เช่นการกินอาหาร การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส อันเล็กเรียก **micronucleus** อาจมีอันเดียวหรือหลายอัน ทำหน้าที่ควบคุมถ่ายทอด

ลักษณะทางพันธุกรรมด้วยการผสมพันธุ์แบบอาศัยเพศที่เรียกว่า การสังยุค (conjugation) โปรติสต์พวกนี้ที่รู้จักกันดีคือ *Paramecium* (รูป 19-2) ซึ่งมีซิเลียรอบเซลล์ว่ายน้ำหากินอิสระ *Stentor* ยึดติดอยู่กับที่ด้วยส่วนที่เรียกว่าก้าน (stalk) มีซิเลียเฉพาะบริเวณขอบรอบร่องปากทำหน้าที่ช่วยนำอาหารเข้าสู่ปากเพียงอย่างเดียว

รูป 19-2 โปรติสต์พวกซีเลียเอท ให้สังเกตซิเลียรอบเซลล์และร่องปาก (oral groove ใช้สัญลักษณ์ O ในรูป ข.) ก. แผนภาพแสดงรายละเอียดโครงสร้างของ *Paramecium caudatum* ข. ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของ *Paramecium multimicronucleatum* แสดงให้เห็นซิเลียรอบเซลล์และร่องปาก



จาก Villee, Claude A., et al. 1989

19.3 แอลจี

โปรติสต์ในกลุ่มของพวกสาหร่ายส่วนใหญ่มีคลอโรพลาสต์ ดำรงชีพแบบสร้างอาหารได้ด้วยตนเองคล้ายพืช คำว่าสาหร่ายที่ใช้สำหรับกลุ่มของแอลจีจึงมีความหมายว่าสิ่งมีชีวิตในน้ำพวกที่ดำรงชีพคล้ายพืช (ยกเว้นพวกไซแอนแบคทีเรียที่มีชื่อสามัญว่า สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน แต่ไม่ใช่โปรติสต์) นักอนุกรมวิธานบางท่านจัดหมวดหมู่ของสาหร่ายสีเขียว สาหร่ายสีแดง และสาหร่ายสีน้ำตาลไว้ในอาณาจักรของพวกพืชที่มีหลายเซลล์

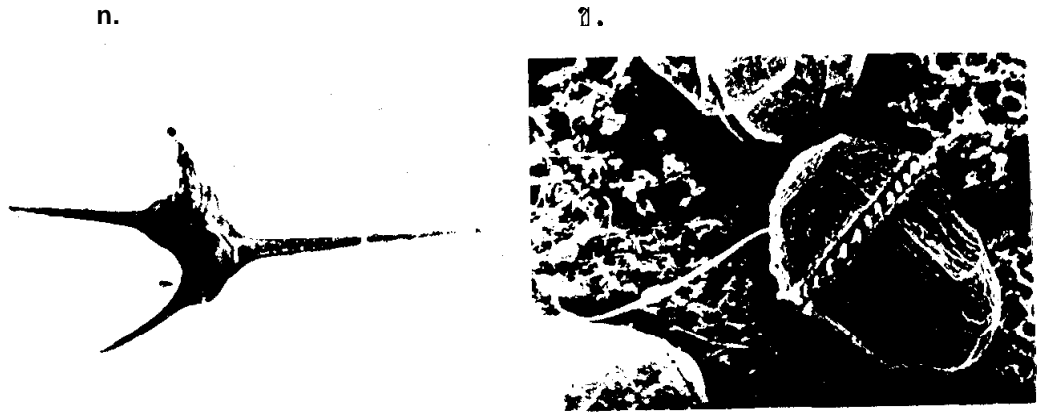
สาหร่ายที่สังเคราะห์ด้วยแสงได้ มีคลอโรฟิลล์เอ เช่นเดียวกับที่มีอยู่ในโพแคริโอท (ไซแอนโอแบคทีเรีย) และในพวกพืช แต่สารสีอื่นที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง มีสัดส่วนและชนิดต่างกัน ใช้ประโยชน์ช่วยในการจัดหมวดหมู่และบ่งชี้ความสัมพันธ์ระหว่างไฟลัม สารเคมีที่เป็นโครงสร้างของผนังเซลล์ รูปร่าง และโครงสร้างของคลอโรพลาสต์ จำนวนแฟลเจลลา และอาหารสะสมในเซลล์ ใช้เป็นข้อมูลสำหรับการจัดหมวดหมู่และจำแนกชนิดได้ด้วย

19.3.1 **ไฟลัมไดโนแฟลเจลลตา (Dinoflagellata)** เป็นแฟลงตอนพืชที่พบลอยอยู่บริเวณส่วนบนของแหล่งน้ำเปิดในทะเลและมหาสมุทร ถือเป็นสิ่งมีชีวิตตั้งต้นของห่วงโซ่อาหารของระบบนิเวศทางทะเล การเจริญอย่างรวดเร็วทำให้เกิดน้ำเสียที่เรียกว่าชื้อปลาวาฬ (red tide) บางชนิดอาศัยอยู่ร่วมกับสัตว์พวกแมงกระพรุนทำหน้าที่ช่วยผลิตสารที่เป็นโครงสร้างของหินปะการัง และเป็นแหล่งอาหารของกลุ่มสิ่งมีชีวิตในแนวปะการัง บางชนิดที่ไม่มีคลอโรพลาสต์ ดำรงชีพแบบปรสิตอยู่ในสัตว์ทะเล บางชนิดดำรงชีพแบบกินสัตว์ จึงมีความหลากหลายในการดำรงชีพมาก สิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวพวกโปรติสท์บางกลุ่มจึงไม่อาจนิยามได้ว่าเป็นพวกดำรงชีพแบบพืชคือ แอลจี หรือดำรงชีพแบบสัตว์คือ โปรโตซัว เนื่องจากไม่สามารถทราบพื้นฐานทางด้านสายวิวัฒนาการต้นกำเนิดที่แน่ชัดได้

ไดโนแฟลเจลเลท ที่ทราบชื่อหลายพันชนิดแล้วถือว่าเป็นพวกเซลล์เดี่ยว มีบางชนิดที่รวมอยู่เป็นโคโลนี พลาสติดประกอบด้วยคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และสารสีพวกแคโรทีนอยด์หลายสารโดยเฉพาะ peridinin ซึ่งพบเฉพาะในไฟลัมนี้จึงทำให้พลาสติดมีสีน้ำตาล อาหารสะสมในเซลล์เป็นพวกแป้ง ลักษณะเด่นคือแผ่นเซลล์โลลที่ต่อกันหุ้มเซลล์ โดยมีร่องให้เป็นที่อยู่ของแฟลเจลลา 2 เส้น หมุนรอบเซลล์ทำให้เคลื่อนที่แบบหมุนควงส่วน (รูป 19-3 ข.)

19.3.2 **ไฟลัมคริโซไฟตา (Chrysophyta)** โปรติสท์ในไฟลัมนี้เรียกชื่อตามลักษณะสีเหลืองและสีน้ำตาลของสารสีแคโรทีนอยด์ที่ปนอยู่กับคลอโรฟิลล์เอและซีในพลาสติด มีแฟลเจลลาสำหรับใช้เพื่อการเคลื่อนที่ อาหารสะสมในเซลล์เป็นพอลิแซ็กคาไรด์ที่มีโครงสร้างต่างจากแป้ง เรียกว่า laminarin มีชื่อสามัญว่า สาหร่ายสีทอง เป็นแฟลงตอนอยู่ในน้ำจืด บางชนิดอยู่รวมกันเป็นโคโลนีเช่น สกุล *Dinobryon* สาหร่ายสีทองทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม ถ้าแหล่งน้ำแห้งหรือเป็นน้ำแข็งในหน้าหนาว จะปรับเปลี่ยนผนังเซลล์หนาในรูปของซิสต์

รูป 19-3 ตัวอย่างโปรติสท์พวกไดโนแฟลเจลเลท ก. *Ceratium* ข. ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของ *Gymnodinium* ให้สังเกตเกลียวแฟลเจลลาที่อยู่ในร่องขวางแผ่นเปลือกเซลล์โลสที่หุ้มเซลล์ไว้



จาก Barrett, James M., et al. 1986

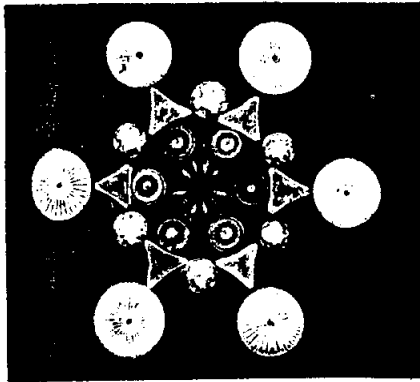
เมื่อสภาพแวดล้อมเหมาะสม ผนังเซลล์แตกเจริญเป็นสาหร่ายแบ่งเซลล์ได้อีก พบสาหร่ายชนิดนี้ในซากดึกดำบรรพ์ยุค Precambrian

19.3.3 **ไฟลัมเบซิลลารีโอไฟตา (Bacillariophyta)** โปรติสท์ในไฟลัมนี้มีชื่อสามัญว่า **diatom** สารสีที่มีอยู่ในพลาสติดมีส่วนประกอบเช่นเดียวกับสาหร่ายสีทอง ลักษณะเด่นพิเศษคือ ผนังหุ้มเซลล์เป็นสารประกอบพวกซิลิกาใสคล้ายแก้ว เซลล์เดี่ยวมีลักษณะสมมาตร (รูป 9-4) พบได้ทั้งน้ำจืดและน้ำทะเล เป็นแหล่งตอนพีทที่สำคัญของห่วงโซ่อาหาร อาหารสะสมในเซลล์เป็นก้อนไขมันจึงช่วยให้ลอยตัวอยู่บนผิวน้ำได้ บางชนิดเคลื่อนที่แบบคลื่นไถล เปลือกของไดอะตอมที่สะสมอยู่ในชั้นหินนี้ถือเป็นซากดึกดำบรรพ์ที่มีประโยชน์ในอุตสาหกรรมเพื่อใช้เป็นสารสำหรับการกรอง และเป็นเค้มน้ำมันที่อาจมีน้ำมันปิโตรเลียมอยู่ใต้ชั้นหินเหล่านี้ด้วย

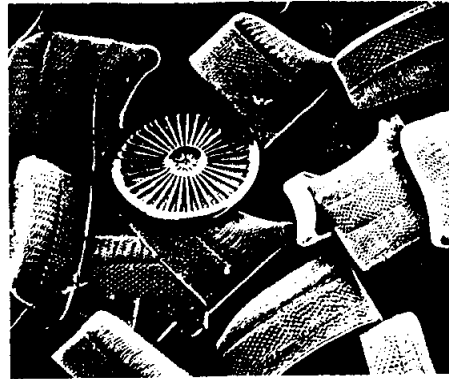
19.3.4 **ไฟลัมยูกลีโนไฟตา (Euglenophyta)** โปรติสท์ในไฟลัมนี้มีลักษณะพิเศษต่างจากสาหร่ายอื่น คือ รูปร่างคล้ายโปรโตซัวมีแฟลเจลลลาสำหรับใช้เพื่อการเคลื่อนที่ มีคลอโรพลาสต์ที่ประกอบด้วยคลอโรฟิลล์เอและบี (เช่นเดียวกับพวกสาหร่ายสีเขียวและพีช) อาหารสะสมคือ พอลิแซ็กคาไรด์ที่เรียกว่า **paramylon** สกุลที่พบในแหล่งน้ำจืดทั่วไปคือ *Euglena* (รูป 19-5) ดำรงชีพได้สองแบบคือ ถ้าอยู่ในที่มืดหรือแสงน้อย จะกินอาหารแบบฟาโกไซโทซิสคล้ายพวกโปรโตซัว ถ้าอยู่ในที่มีแสง สามารถมีกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงได้ บางชนิด

รูป 19-4 ไตอะตอมที่มีเปลือกลักษณะสมมาตรได้หลายแบบ ก. ภาพจากกล้องจุลทรรศน์ธรรมดา ข. ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

ก.



ข.



จาก Barrettt, James M., et al. 1986

ไม่มีคลอโรพลาสต์จึงต้องดำรงชีพแบบกินอาหาร ถือเป็น โปรติสต์ที่อีก ไฟลัมหนึ่งที่มีลักษณะพิเศษต่างจากพวุกยูแคริโอตอื่น โดยไม่มีลักษณะของสายวิวัฒนาการว่าจะ เป็นพืชหรือสัตว์

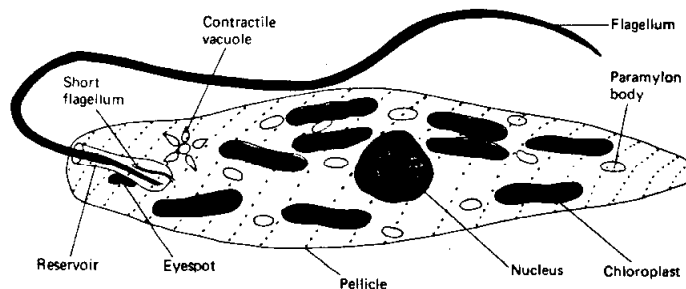
รูป 19-5 ยูกลีนา ก. ลักษณะที่เห็นผ่านทางกล้องจุลทรรศน์ธรรมดา ข. แผนภาพแสดงรายละเอียดส่วนประกอบโครงสร้างของเซลล์ ให้สังเกตจุดรับแสง (eyespot หรือ stigma) ที่ข้างโคนแฟลเจลลา ทำหน้าที่รับการกระตุ้นจากแสง

จาก Vilee, Claude A., et al. 1989

ก.



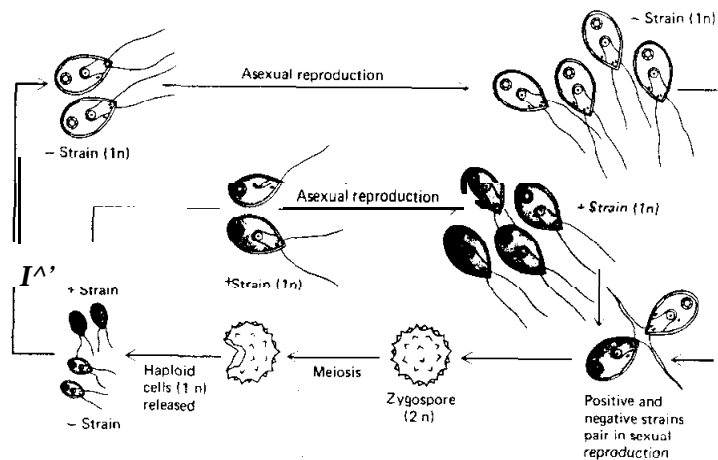
ข.



19.3.5 **ไฟลัมคลอโรไฟตา (Chlorophyta)** ชื่อสามัญคือสาหร่ายสีเขียวตามลักษณะสารสีเขียวของคลอโรฟิลเอและบี ที่มีอยู่ในคลอโรพลาสต์ (เช่นเดียวกับพวกยูกลีโนยด์และพืช) จึงทำให้เชื่อกันว่าน่าจะเป็นต้นกำเนิดของพืชชนิดต่าง ๆ สาหร่ายสีเขียวส่วนใหญ่เป็นเซลล์เดี่ยว พบได้ในแหล่งน้ำจืด น้ำกร่อย และบางชนิดพบในน้ำทะเล ถือเป็นแหล่งตอนพีที่สำคัญของระบบนิเวศและมีจำนวนชนิด (มากกว่า 7,000 ชนิด) มากที่สุดในกลุ่มของพวกสาหร่าย การดำรงชีพนอกจากสร้างอาหารได้ด้วยตนเองแล้ว ยังพบอาศัยอยู่ร่วมกับฟังไจเช่น ไลเคน สกุลที่มีโครงสร้างและการดำรงชีพง่ายที่สุดคือ *Chlamydomonas* (รูป 19-6 ก.) ซึ่งมีลักษณะคล้ายเซลล์สืบพันธุ์ของสาหร่ายที่มีโครงสร้างซับซ้อนขึ้นมา เช่น สกุล *Ulva* บางชนิดเซลล์ต่อกันเป็นเส้นเช่น สกุล *Spirogyra* (รูป 19-6 ข.) สาหร่ายสีเขียวมากชนิดสามารถสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศควบคู่ไปกับการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศได้

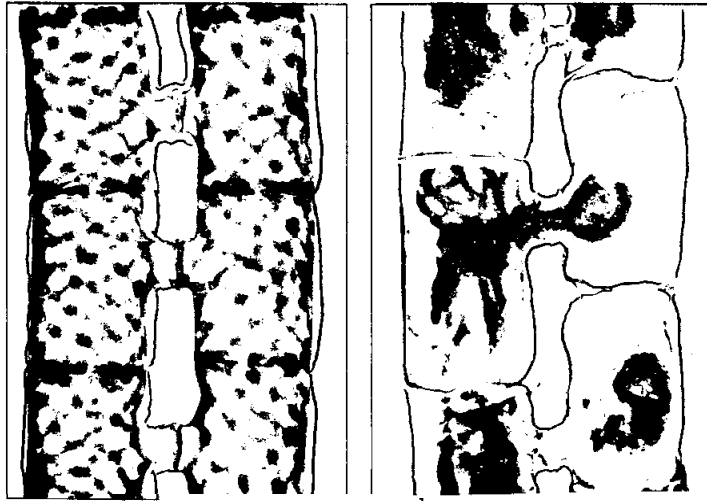
รูป 19-6 ลักษณะและวงชีวิตของสาหร่ายสีเขียว ก. *Chlamydomonas* สืบพันธุ์ได้ทั้งแบบอาศัยเพศและไม่อาศัยเพศ ข. *Spirogyra* ให้สังเกตแถบคลอโรพลาสต์ที่บิดเป็นเกลียวในเซลล์ที่เรียงติดต่อกันเป็นเส้นและมีการสังเคราะห์สารพันธุกรรมของทั้งสองเส้นเข้าด้วยกัน (รูปขวา)

ก.



จาก Vilee, Claude A., et al. 1989

ข.



จาก Villed, Claude A., et al. 1989

19.3.6 **ไฟลัมมีโอไฟตา (Phaeophyta)** โปรติสท์ในกลุ่มสาหร่ายสีน้ำตาลนับถือเป็นสาหร่ายที่มีโครงสร้างซับซ้อนมากที่สุด มีโครงสร้างคล้ายพืช ชื่อสามัญคือสาหร่ายสีน้ำตาลมาจากลักษณะสีน้ำตาลหรือสีมะกอกของสารสี **fucozanthin** ซึ่งเป็นสารสีในกลุ่มแคโรทีนอยด์ที่มีอยู่ในพลาสติด นอกจากนี้ยังมีคลอโรฟิลล์ซีและคลอโรฟิลล์เอ ซึ่งจำเป็นในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง อาหารสะสมอยู่ในรูปของ laminarin เช่นเดียวกับสาหร่ายสีทอง จึงมีกระบวนการทางชีวเคมีและโครงสร้างภายในเซลล์คล้ายคลึงกันและเชื่อว่าสาหร่ายสีน้ำตาลน่าจะมิวิวัฒนาการมาจากสาหร่ายสีทอง

สาหร่ายสีน้ำตาลพบได้ในน้ำทะเลชายฝั่งแถบเขตอบอุ่นที่อุณหภูมิของน้ำเย็น แสงส่องทะลุได้ลึกจะเจริญได้ดี ผนังเซลล์ประกอบด้วยเซลล์ูโลสและเจลาตินที่เรียกว่า **algin** จึงทำให้มีลักษณะลื่น ส่วนล่างของโครงสร้างเรียก hold fast ใช้ยึดติดกับก้อนหินเพื่อให้ส่วนที่เป็นแผ่นคล้ายใบลอยตัวได้แต่ไม่หลุดออกไปตามกระแสน้ำ เช่นในพวก kelp หรือหญ้าทะเล สกุลที่มีขนาดใหญ่ยาวหลายเมตร คือ *Laminaria* ใช้ประโยชน์เป็นอาหารทั้งของมนุษย์และสัตว์ บางชนิดมีโครงสร้างเป็นถุง (airsac) เพื่อช่วยให้ลอยตัวไปตามกระแสน้ำเช่น สกุล *Sargassum* สาหร่ายสีน้ำตาลส่วนใหญ่สืบพันธุ์แบบสลับระหว่างอาศัยเพศและไม่อาศัยเพศเช่นเดียวกับพืชและมีการเจริญสร้างโครงสร้างพิเศษขึ้นมาเพื่อใช้สำหรับการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศด้วย

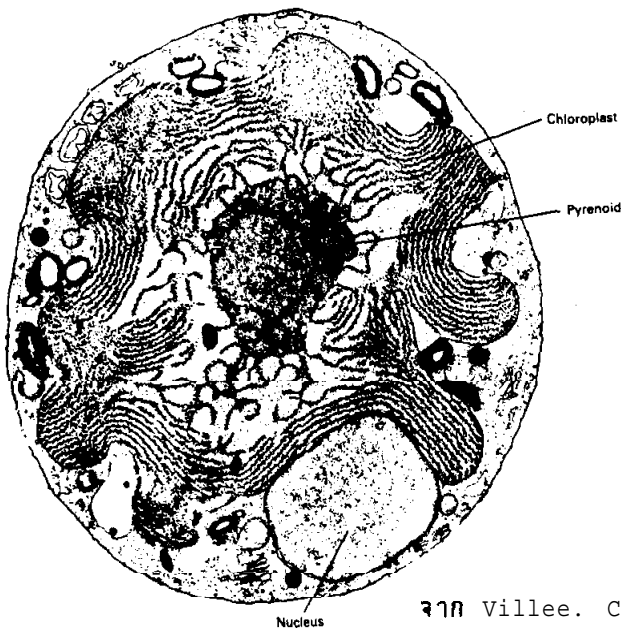
19.3.7 **ไฟลัมโรโดไฟตา (Rhodophyta)** ชื่อสามัญคือสาหร่ายสีแดง ตามลักษณะสารสี **phycoerythrin** ที่มีอยู่ในพลาสติด สารสีชนิดนี้อยู่ในกลุ่มของสารสี phycobili

protein พบเฉพาะในสาหร่ายสีแดงและไซแอนโอแบคทีเรียเท่านั้น อาหารสะสมคือ พอลิแซ็กคาไรด์คล้ายไกลโคเจนเรียกว่า **floridean starch** หรือ **pyrenoid** (รูป 19-7) ผนังเซลล์ประกอบด้วยเซลล์โลสและแอลจินคล้ายกับสาหร่ายสีน้ำตาล

สาหร่ายสีแดงเกือบทุกชนิดเป็นพวกหลายเซลล์แบบเดียวกับสาหร่ายสีน้ำตาลและอยู่ในกลุ่มที่มีชื่อสามัญว่าทุ้มทะเล โครงสร้างที่ใช้สังเคราะห์แสงเป็นแผ่นยาวคล้ายสาหร่ายสีน้ำตาลมีการแตกสาขาค่อยก้านของพืช ด้านล่างสุดมี **hold fast** สำหรับยึดกับหิน พบในแหล่งน้ำชายฝั่งทะเลของเขตร้อนชื้น ที่พบตามชายทะเลฝั่งตะวันออกของไทยคือสาหร่ายผมนาง ใช้ประโยชน์สกัดเอาวุ้นมาทำอาหาร ลักษณะที่ต่างจากสาหร่ายที่มีโครงสร้างซับซ้อนอื่นคือมีการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศเพียงแบบเดียว เซลล์สืบพันธุ์ไม่มีแฟลเจลลาจึงต้องอาศัยลอยตามน้ำเพื่อการปฏิสนธิ

รูป 19-7 ก. ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนของสาหร่ายสีแดงเซลล์เดี่ยวชนิด *Porphyridium cruentum* ให้สังเกตคลอโรพลาสต์รูปดอกกุหลาบเพียงอันเดียวที่เชื่อมต่ออยู่กับอาหารสะสม (pyrenoid) ข. ลักษณะทั่วไปของสาหร่ายสีแดง

ก.



ข.



๓๑๓ Villee. Claude A., et al. 1989

19.4 โปรติสต์ลักษณะคล้ายฟังไจ

การจัดอนุกรมวิธานของสิ่งมีชีวิตเดิมเคยแบ่งเป็นอาณาจักรพืชและอาณาจักรสัตว์ ในปัจจุบันแยกออกเป็น 5 อาณาจักร แต่กลุ่มของราเมือก (**slime mold**) ก็ยังเป็นปัญหาว่าจะจัดไว้ในอาณาจักรใด เนื่องจากลักษณะและการดำรงชีวิตคล้ายฟังไจ อันเป็นผลเนื่องมาจากวิวัฒนาการแบบ convergence แต่การจัดโครงสร้างของเซลล์ การสืบพันธุ์และวงชีวิตดำเนินตามแบบพวกโปรติสต์ จึงจัดรวมกลุ่มอยู่ในอาณาจักรโปรติสตา

19.4.1 **ไฟลัมมิกโซไมคอตา (Myxomycota)** มีชื่อสามัญว่า plasmodial slime mold เนื่องจากระยะที่มีการกินอาหารของวงชีวิตมีเซลล์ลักษณะคล้ายรูปร่างของอะมีบา เจริญแผ่ออกเป็นบริเวณกว้างหลายเซนติเมตร โดยที่มีการแบ่งเฉพาะนิวเคลียสออกไปเป็นนิวคลีโอลเล็ก ๆ จำนวนมาก ($2n$) แต่ไม่มีการแบ่งเซลล์ไซโทพลาซึมจึงต่อเนื่องกันเรียกว่า coenocytic mass และกินอาหารแบบฟาโกไซโทซิส สามารถพบราเมือกได้ตามดินชื้น ไม้ไผ่เน่า และขอนไม้ผุ หลายชนิดมีสารสีอยู่ในเซลล์ด้วย จึงทำให้เห็นราเมือกเป็นสีเหลืองหรือสีส้ม ในกรณีที่สภาพแวดล้อมแห้ง หรืออาหารถูกดูดกลืนจนหมด ราเมือกจะเปลี่ยนแปลงเข้าสู่ระยะการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ โดยที่เซลล์สืบพันธุ์มีแฟลเจลลา

19.4.2 **ไฟลัมเอคราซิโอไมคอตา (Acrasiomycota)** มีชื่อสามัญว่า cellular slime mold ระยะกินอาหารในวงชีวิตประกอบด้วยเซลล์เดี่ยวแต่ละเซลล์ที่กินอาหารเฉพาะของตนเอง ไม่มีการไหลต่อเนื่องของไซโทพลาซึม เช่นในกรณีของพวกมิกโซไมคอตา เมื่ออาหารหมดจึงจะรวมกันเป็นหน่วยเดี่ยวลักษณะเป็นก้อนและยังคงสภาพของเยื่อหุ้มเซลล์แต่ละเซลล์ไว้ ไม่มีการรวมกันของไซโทพลาซึม ข้อที่ต่างไปจากมิกโซไมคอตาอีกประการหนึ่งคือ แต่ละเซลล์มีจำนวนโครโมโซมเป็นแฮพลอยด์ (n) มีโครงสร้างสำหรับสร้างสปอร์ เมื่อจะมีการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ โดยทั่วไปเซลล์ที่ทำหน้าที่เป็นเซลล์สืบพันธุ์ไม่มีแฟลเจลลา

19.4.3 **ไฟลัมโอโอไมคอตา (Oomycota)** มีชื่อสามัญว่า oomycete ได้แก่พวกราน้ำ ราสนิมขาว (white rust) และ downy mildew ราพวกโอโอไมซีท ลักษณะทั่วไปคล้ายฟังไจ มีเส้นใยแตกแขนง ไซโทพลาซึมติดต่อกันตลอด ลักษณะการกินอาหารคล้ายฟังไจ ผนังเซลล์เป็นสารประกอบพอลิแซ็กคาไรดพวกเซลลูโลส (ฟังไจเป็นพวกไคติน) วงชีวิตประกอบด้วยเซลล์ดิพลอยด์เป็นส่วนใหญ่ (ฟังไจเป็นแฮพลอยด์) เซลล์ที่เกิดจากการสร้างสปอร์ (แบบ

ไม่อาศัยเพศ) มีแฟลเจลลา (ฟังไจไม่มีแฟลเจลลา)

ราน้ำดำรงชีพแบบกินซากอินทรีย์จึงสามารถพบได้บนทรากสัตว์หรือพืชที่ตายอยู่ในน้ำ ถือเป็นผู้อยู่ย่อยสลายที่สำคัญของระบบนิเวศในแหล่งน้ำจืด บางพวกเป็นปรสิตอยู่ที่เหง้าหรือเหงือกของปลาน้ำจืด ราสนิมขาวและ downy mildew เป็นปรสิตของพืชบก

19.5 ความสำคัญของโปรติสต์

เนื่องจากโปรติสต์มีความหลากหลายของรูปร่างและการดำรงชีพจึงมีบทบาทสำคัญต่อระบบนิเวศทั้งในแง่ของการทำหน้าที่เป็นแหล่งตอน เป็นผู้ผลิตและการเป็นผู้ย่อยสลาย เป็นสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวจึงเหมาะสำหรับเป็นตัวแทนของพวกยูแคริโอทที่จะนำมาศึกษาได้ง่าย และถือว่าเป็นต้นกำเนิดของพวกยูแคริโอทและสิ่งมีชีวิตหลายเซลล์ด้วย

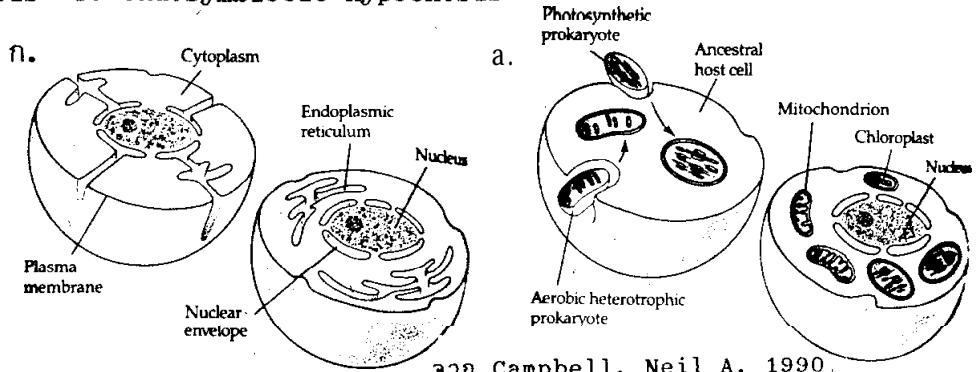
19.5.1 ต้นกำเนิดของยูแคริโอท โปรติสต์แรกเริ่มก็คือยูแคริโอทแรกเริ่ม จากหลักฐานทางธรณีวิทยาพบว่า โพรแคริโอทเริ่มถือกำเนิดขึ้นในโลกเมื่อประมาณ 3.5 พันล้านปีมาแล้ว และใช้ระยะเวลาอันนับ 2 พันล้านปีที่จะวิวัฒนาการมาเป็นยูแคริโอทแรกเริ่ม ซากคดของสิ่งมีชีวิตคล้ายยูแคริโอทถูกพบในชั้นหินของมหายุค Precambrian รู้จักกันในชื่อ acritarch ซึ่งมีขนาดและรูปร่างคล้ายผนังหุ้มเซลล์ของสาหร่ายที่พบในปัจจุบัน ชนิดที่เก่าแก่ที่สุดอยู่ในชั้นหินที่มีอายุ 1.5 พันล้านปี การที่โพรแคริโอทใช้เวลาอันนับพันล้านปีจึงจะมีวิวัฒนาการมาสู่ยูแคริโอทแรกเริ่มมีหลักฐานทางสรีรวิทยาที่สนับสนุนหลักฐานทางธรณีวิทยาคือ ยูแคริโอทแทบทุกชนิดต้องการออกซิเจนเพื่อกระบวนการเมแทบอลิซึมและเชื่อกันว่าไซแอนโอแบคทีเรียใช้เวลาอันนับพันล้านปีผลิตออกซิเจนให้ออกมาสะสมอยู่ในบรรยากาศของโลก

แนวคิดต้นกำเนิดของยูแคริโอทคือ (1) **autogenous hypothesis** (รูป 19-8 ก.) และ (2) **endosymbiotic hypothesis** (รูป 19-8 ข.) สมมติฐานแรกคาดว่าระบบที่มีเยื่อหุ้มของเซลล์ออร์แกเนลล์เกิดจากการว่าเข้าสู่ภายในของเยื่อหุ้มเซลล์ของพวกโพรแคริโอท เกิดเป็นเยื่อหุ้มนิวเคลียส เอนโดพลาสมิกเรติคูลัม โกลจิคอมเพลกซ์ และไลโซโซมสำหรับไมโทคอนเดรีย และคลอโรพลาสต์ อาจมีการเปลี่ยนแปลงพิเศษอีกครั้งหนึ่ง ให้มีการว่าเข้าสู่ด้านในของเยื่อหุ้มที่อยู่ชั้นใน สำหรับสมมติฐานที่สอง คาดว่ามีการเข้ามาอาศัยอยู่ร่วมกันภายในโฮสต์เซลล์ของโพรแคริโอทที่มีรูปแบบการดำรงชีวิตหลากหลายทั้งที่สังเคราะห์อาหาร

ได้ และที่สังเคราะห์อาหารไม่ได้ สมมติฐานนี้เน้นที่ต้นกำเนิดของคลอโรพลาสต์และไมโทคอนเดรีย และใช้อธิบายความหลากหลายของชนิดสารสีที่มีอยู่ในพลาสติดของสาหร่ายซึ่งบางชนิดมีสารสีอย่างเดียวกันกับในพวกไซแอนโอแบคทีเรียด้วย เมื่อเปรียบเทียบโครงสร้างและหน้าที่ของยูแบคทีเรียกับคลอโรพลาสต์และไมโทคอนเดรียจะพบว่ามีความคล้ายคลึงกัน จึงเป็นการเสริมสมมติฐานว่า ยูแคริโอทแรกเริ่มน่าจะมีวิวัฒนาการมาจากโพรแคริโอท

รูป 19-7 แผนภาพสมมติฐานต้นกำเนิดของยูแคริโอท ก. autogenous

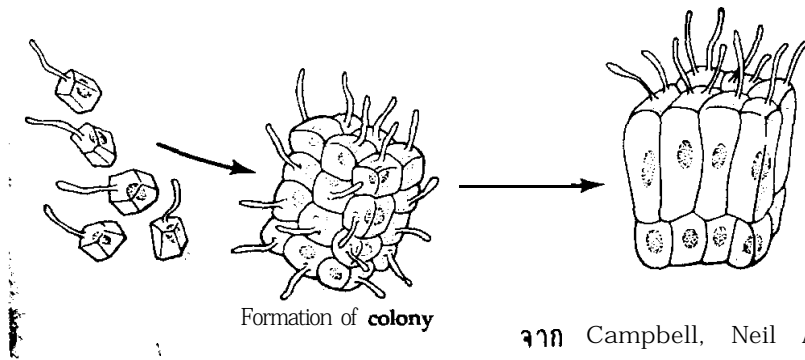
hypothesis ข. endosymbiotic hypothesis



จาก Campbell, Neil A. 1990.

19.5.2 ต้นกำเนิดของสิ่งมีชีวิตหลายเซลล์ แนวคิดที่ว่า โปรติสท์เซลล์เดี่ยวน่าจะเป็นต้นกำเนิดของสิ่งมีชีวิตหลายเซลล์ได้มาจากความจริงที่ว่า โปรติสท์หลายชนิดรวมกันอยู่เป็นโคโลนี เช่น *Volvox* จึงมีความน่าจะเป็นว่าสิ่งมีชีวิตหลายเซลล์แรกเริ่มเกิดจากการรวมเป็นโคโลนีของบรรพบุรุษโปรติสท์พวกสาหร่าย โปรติสท์ หรืออาจเกิดจากการรวมเป็นโคโลนีของพวกที่มีแฟลเจลลา เข้ากับพวกที่ไม่มีแฟลเจลลา (รูป 19-8) ทำให้ได้สิ่งมีชีวิตหลายเซลล์ที่ต้องทำงานประสานกัน โดยที่มีวิวัฒนาการจากบรรพบุรุษต่างสายวิวัฒนาการ กล่าวคือ สายวิวัฒนาการของโปรติสท์ที่จะมาเป็นพืช เป็นฟังไจ หรือเป็นสัตว์ หลักฐานสิ่งมีชีวิตหลายเซลล์ที่มีความพิเศษจากเส้นสาหร่าย พบในชั้นหินในช่วงปลายมหายุค Precambrian เมื่อประมาณ 700 ล้านปีมาแล้ว และพบมากขึ้นเมื่อเข้าสู่มหายุค Paleozoic โดยเฉพาะในสมัย Cambrian เมื่อประมาณ 570 ล้านปีมาแล้ว

รูป 19-8 แผนภาพสมมติฐานต้นกำเนิดของสิ่งมีชีวิตหลายเซลล์



19.5.3 ความสำคัญด้านการแพทย์ โปรติสต์หลายชนิดดำรงชีพแบบปรสิตรังภายนอก และภายในของสัตว์และพืชจนทำให้เกิดพยาธิสภาพขึ้นแก่สัตว์และพืชเหล่านั้น โปรติสต์ปรสิตรังที่สำคัญส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มของพวกโปรติสต์ในหลายไฟลัม เช่น *Entamoeba histolytica* เป็นสาเหตุของโรคบิด *Giardia lamblia* เป็นสาเหตุของโรคท้องร่วง *Trypanosoma* เป็นสาเหตุของโรคไข้หลับ และ *Plasmodium* เป็นสาเหตุของโรคไข้จับสั่น รายละเอียดของโปรติสต์ที่ก่อให้เกิดโรคศึกษาได้จากวิชาปรสิตวิทยา