

บทที่ 6

โปรโตซัว

โปรโตซัว เป็นยูคาริโอตเซลล์ มีลักษณะเป็นเซลล์เดี่ยวเป็นส่วนใหญ่ และอาจมีการมารวมกันเป็นกลุ่มก้อนเรียกว่า โคลอนี (colony) มีสายไซโทพลาสซึมที่เชื่อมกัน ไม่มีผนังเซลล์ เคลื่อนที่ได้ในบางระยะของวงจรชีวิต สามารถพบได้ทั่วไปในทะเล น้ำจืด และทนต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมโดยการสร้างซิสต์ (cyst) การศึกษาเกี่ยวกับโปรโตซัวเรียกว่าวิทยาของสัตว์เซลล์เดี่ยว (protozoology)

6.1 ความสำคัญของโปรโตซัว

โปรโตซัวแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ

6.1.1 โปรโตซัวที่ดำรงชีวิตเป็นอิสระ พบได้ทั่วไปในแหล่งน้ำ เช่น น้ำเค็ม น้ำจืด ซากอินทรีย์เน่า เปื้อนผุพัง ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการกระจายตัวของโปรโตซัว คือ ความชื้น แสงสว่าง สารอาหารที่เพียงพอ อุณหภูมิ และสภาพแวดล้อมทางกายภาพและชีวภาพ

6.1.2 โปรโตซัวที่อาศัยอยู่กับสิ่งมีชีวิตอื่น มีดังนี้ คือ

1) คอมเมนซาลิซึม (commensalism) เป็นการอยู่ร่วมกันที่ไม่ได้ไม่เสียประโยชน์ เช่น *Entamoeba gingivalis* อาศัยอยู่ที่ฟันเพื่อคอยกินเศษอาหาร

2) ภาวะพึ่งพากัน (mutualism) เป็นการอยู่ร่วมกันโดยที่ต่างฝ่ายต่างได้รับประโยชน์ร่วมกัน เช่น *Trichonympha* อยู่ในลำไส้ของปลวก ช่วยย่อยไม้เป็นอาหารของปลวก

3) ภาวะปรสิต (parasitism) เป็นการที่ปรสิตเข้าไปอาศัยอยู่กับโฮสต์อื่น เช่น สปอโรซัวเป็นปรสิตที่สำคัญที่สุดที่ทำให้เกิดโรค

6.2 ลักษณะสัณฐานวิทยาและสรีรวิทยาของโปรโตซัว

จัดเป็นสิ่งมีชีวิตในกลุ่มยูคาริโอต ประกอบด้วยโครงสร้าง (ภาพที่ 6.1) ดังต่อไปนี้คือ

6.2.1 ไซโทพลาสซึม (cytoplasm) โปรโตซัวบางชนิดมีรงควัตถุกระจายอยู่ทั่วไซโทพลาสซึม ทำให้โปรโตซัวมีสีต่างๆ ไซโทพลาสซึมแบ่งเป็น

1) เอ็กโทพลาสซึม (ectoplasm) มีลักษณะชั้นเป็นเนื้อเดียวอยู่ด้านนอกสุด มีหน้าที่คือ ป้องกันอวัยวะภายใน ตอบสนองต่อสิ่งเร้า เคลื่อนที่หาอาหารโดยใช้เท้าเทียม (pseudopodium) ส่วนต่างๆของร่างกายก็ไหลไปตามการเคลื่อนที่ของร่างกาย นอกจากนี้สามารถเคลื่อนที่โดยใช้ซิเลีย (cilia) เป็นขนสั้นๆ ใช้แฟลกเจลลา (flagella) ซึ่งเป็นเส้นยาวๆมักอยู่ด้านหน้า และอันคูลเลตติ้งเมมเบรน (undulating membrane) เป็นเยื่อบางๆเกิดจากการติดกันของขน

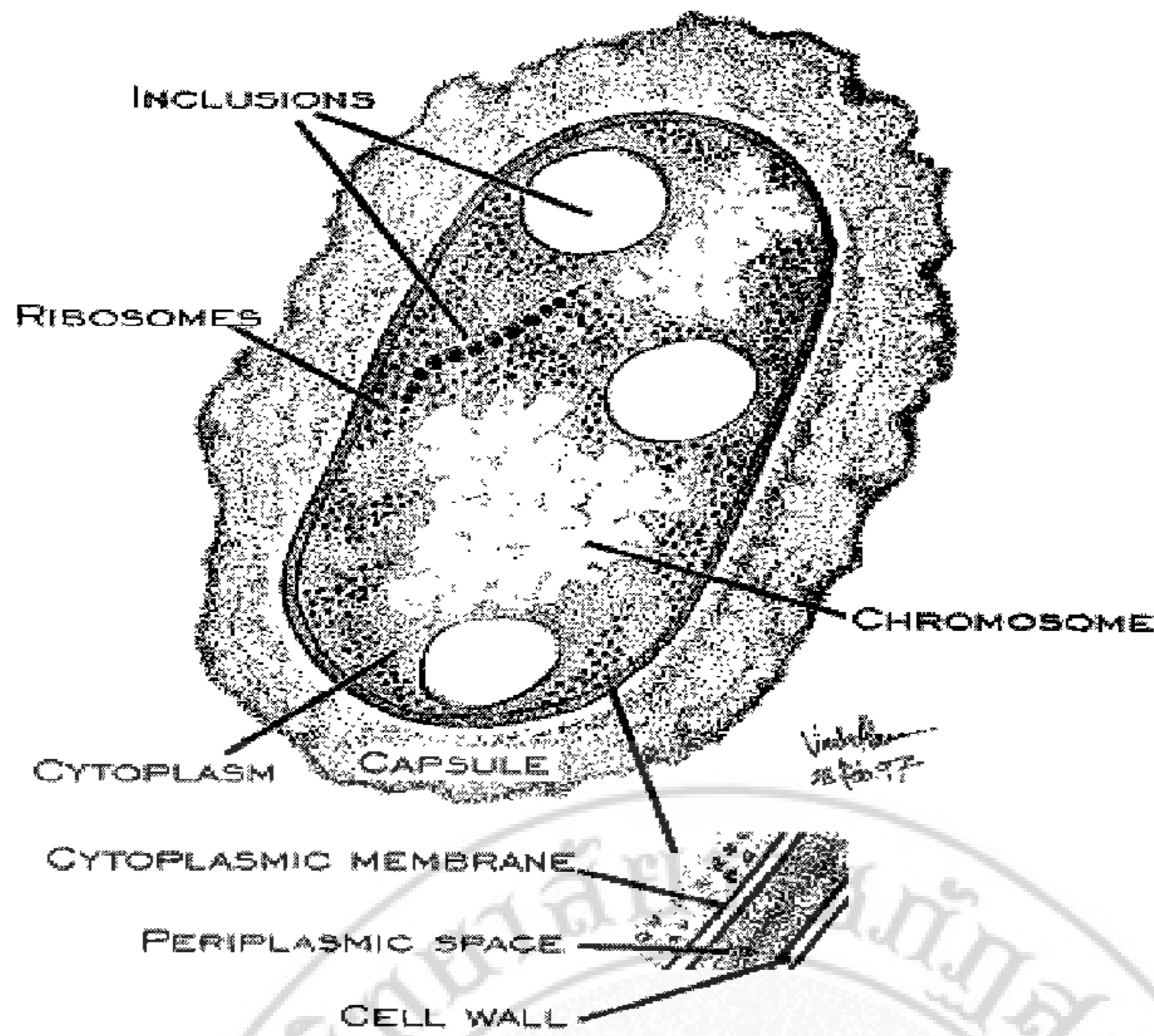
2) เอนโดพลาสซึม (endoplasm) มีลักษณะใสเป็นเนื้อเดียวประกอบด้วยโครงสร้างอื่นๆ เช่น ฟูดแวคิวโอล (food vacuole) ทำหน้าที่เก็บอาหารที่โปรโตซัวกินเข้าไป คอนแทรกไทลแวคิวโอล (contractile vacuole) ควบคุมปริมาณน้ำภายในเซลล์ แกลไกลโคเจนแมส (glycogen mass) เก็บสะสมแป้ง

6.2.2 นิวเคลียส (nucleus) มีนิวเคลียสมากกว่า 1 อัน เช่น แมโครนิวเคลียส (macronucleus) ทำหน้าที่ควบคุมเมแทบอลิซึมของเซลล์ และกระบวนการรีเจนเนอเรชั่น (regeneration) ส่วนไมโครนิวเคลียส (micronucleus) มีหน้าที่เกี่ยวกับกระบวนการสืบพันธุ์ ส่วนใหญ่จะพบในพวกซีลิเอต

6.2.3 เยื่อหุ้มเซลล์ (cell envelope) ผิวชั้นนอกสุดเรียกว่า เพลลิเคิล (pellicle) มีความหนาและยืดหยุ่นป้องกันความแห้งแล้งและสารเคมี เยื่อหุ้มเซลล์มีหน้าที่ดังนี้ คือ

- 1) ควบคุมการแลกเปลี่ยนของสาร
- 2) ป้องกันอันตรายให้แก่เซลล์
- 3) รับการกระตุ้นทางเคมีและกายภาพ

มีการสร้างซิสต์เมื่อสภาวะแวดล้อมไม่เหมาะสม



ภาพที่ 6.1 โครงสร้างของโปรโตซัว

ที่มา : www.bact.wisc.edu/themicrobial/world/valkebact

6.2.4 อวัยวะที่ใช้ในการเคลื่อนที่ แบ่งเป็น

- 1) **ชูโดพอดีย (pseudopodia)** เกิดจากการไหลของไซโทพลาสซึมกลายเป็นเท้าเทียม พบในพวกอะมีบา (*Amoeba*)
- 2) **แฟลกเจลลา (flagella)** เป็นส่วนที่ยื่นยาวออกมาจากไซโทพลาสซึม ส่วนใหญ่มีมากกว่า 1 เส้น มีการเคลื่อนไหวในลักษณะที่เป็นคลื่น พบในพวกทริพาโนโซมา (*Trypanosoma*)
- 3) **ซิเลีย (cilia)** เป็นเส้นสั้นๆ ส่วนใหญ่มีมากกว่า 1 เส้น ช่วยในการเคลื่อนที่ การกินอาหาร การรับสัมผัส พบในพวกพารามีเซียม (*Paramecium*)

6.3 การสืบพันธุ์ของโปรโตซัว

มีการสืบพันธุ์ 2 แบบ (ภาพที่ 6.2) คือ

6.3.1 การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ (asexual reproduction)

เกิดขึ้นโดยวิธีง่ายๆ โดยการแบ่งเซลล์จากหนึ่งเป็นสอง โดยเซลล์ลูกที่ได้อาจมีขนาดเท่ากันหรือไม่เท่ากัน หรือถ้าแบ่งแล้วได้หลายๆเซลล์เรียกว่า มัลติเปิ้ล ฟิชชัน (multiple fission) หรืออาจใช้วิธีการแตกหน่อ (budding)

1) การแบ่งตัวจากหนึ่งเป็นสอง (binary fission) เป็นวิธีที่พบมากที่สุดซึ่งมีทั้งวิธีการแบ่งตัวตามยาว เช่น พวกลีลาเซลล์ และการแบ่งตัวตามขวาง เช่น พวกลีลาเซลล์ ในพวกลีลาเซลล์ ยกเว้น ไดโนแฟลลเจลเลตการแบ่งตัวต้องเกิดขึ้นตามยาว เพราะแฟลลเจลลาไม่สามารถแบ่งตัวได้ จะต้องสร้างจากเบซัลบอดี แต่พวกลีลาเซลล์ การแบ่งตัวจะตั้งฉากกับแกนของเซลล์เพราะแฟลลเจลลาอยู่ทางด้านข้างของเซลล์

การแบ่งตัวตามขวางพบในพวกลีลาเซลล์เป็นส่วนใหญ่ การแบ่งตัวจะตั้งฉากกับแกนความยาวของเซลล์ การแบ่งตัวเริ่มด้วยการคอดตรงส่วนกลางของเซลล์จนเกิดเป็นร่องแยกส่วนบนและล่างของเซลล์ออกจากกัน และได้เซลล์ใหม่ 2 เซลล์

พวกลีลาเซลล์มีนิวเคลียส 2 ชนิด คือแมโครนิวเคลียส และไมโครนิวเคลียส เมื่อมีการแบ่งตัวจากหนึ่งเป็นสองแบบไม่อาศัยเพศ ไมโครนิวเคลียสแบ่งตัวไมโทซิส (mitosis) ส่วนแมโครนิวเคลียสมีการสร้างดีเอ็นเอ และแบ่งเป็น 2 ส่วนโดยวิธีอะไมโทซิส (amitosis) ด้วย

2) การแบ่งตัวแบบทวีคูณ (multiple fission)

ภายในเซลล์แม่เกิดการแบ่งนิวเคลียสมากมาย จากนั้นไซโทพลาสซึมจะเข้าไปล้อมรอบแต่ละนิวเคลียสกลายเป็นเซลล์ลูกจำนวนมาก การแบ่งตัวแบบนี้พบบ่อยในสปอโรซัว (Sporozoa) ไม่ค่อยพบในพวกลีลาเซลล์ และซีลิเอต

3) การแตกหน่อ (budding)

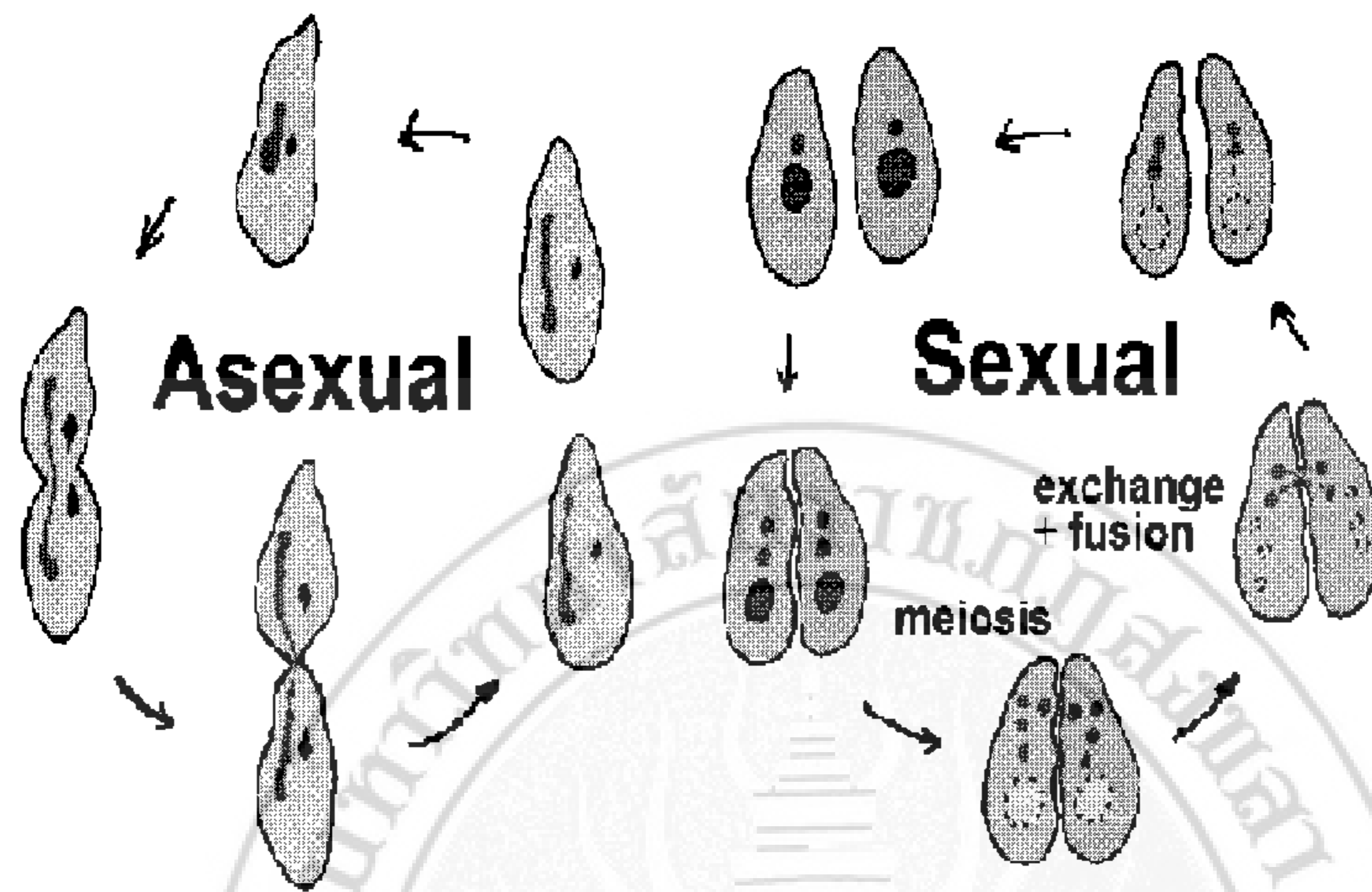
เป็นกระบวนการสร้างเซลล์ใหม่ที่เล็กกว่าเซลล์เดิม โดยที่เซลล์แม่อยู่กับที่ปล่อยให้เซลล์ลูกเคลื่อนที่ออกไป เซลล์ที่เคลื่อนที่ได้ต่างจากเซลล์แม่ที่มีความสามารถในการเปลี่ยนแปลงได้ต่ำกว่า มีอวัยวะในการเคลื่อนที่พิเศษกว่า พบในพวกลีลาเซลล์ที่อยู่กับที่เป็นส่วนใหญ่ การแตกหน่ออาจมีการยื่นออกด้านนอกเซลล์มีซิเลียและว่ายน้ำออกไป (exogenous budding) เซลล์ลูกเคลื่อนที่ได้และมีการแตกหน่อภายในเซลล์แม่ (endogenous budding)

6.3.2 การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ (sexual reproduction)

มีการผสมกันของเซลล์สืบพันธุ์ทั้ง 2 ชนิด เรียกว่าซินแกมมี (syngamy) หรือแกมีโทแกมี (gametogamy) พบในโปรโตซัวหลายชนิด กระบวนการคอนจูเกชัน (conjugation) เป็นการรวมกันชั่วคราวของเซลล์ เพื่อแลกเปลี่ยนนิวเคลียสซึ่งกันและกันพบในพวกลีลาเซลล์

เซลล์สืบพันธุ์ที่มีรูปร่างเหมือนกันเรียกว่าไอโซแกมีต (isogamete) แต่ถ้ารูปร่างไม่เหมือนกัน เรียกว่าแอนนิโซแกมีต (anisogamete) เซลล์สืบพันธุ์ที่มีขนาดเล็กกว่าและเคลื่อนที่ได้

เรียกว่า ไมโครแกมมีต (microgamete) เซลล์สืบพันธุ์ที่มีขนาดใหญ่กว่าและเคลื่อนที่ได้เรียกว่าแมคโครแกมมีต (macrogamete)



ภาพที่ 6.2 การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศและแบบไม่อาศัยเพศของโปรโตซัว

ที่มา : www.tulane.edu/./notes/images/ciliate

6.4 การจัดหมวดหมู่ของโปรโตซัว

โปรโตซัวอยู่ในอาณาจักรโพรทิสตา (Kingdom Protista) แบ่งได้ดังนี้คือ

6.4.1 ฟิแลมซาร์โคเมสทิกอโฟรา (Phylum Sarcomastigophora)

- 1) พวกที่เคลื่อนที่โดยใช้แฟลกเจลลา (flagella) (ภาพที่ 6.3) หรือเท้าเทียม (pseudopodia) (ภาพที่ 6.4)
- 2) มี 1 นิวเคลียส
- 3) มีการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศโดยการผสมกันของเซลล์
- 4) สืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศโดยการแบ่งตัวจากหนึ่งเป็นสอง เมื่อสภาวะแวดล้อมไม่เหมาะสมก็จะมีการสร้างซิสต์
- 5) ไม่มีการสร้างสปอร์
- 6) ส่วนใหญ่จะดำรงชีวิตอิสระใช้เท้าเทียม และแฟลกเจลลาในการเคลื่อนที่
- 7) ตัวอย่างโปรโตซัวที่ใช้แฟลกเจลลาในการเคลื่อนที่

ไดโนแฟลกเจลเลต (Dinoflagellate) มีเกราะ (เซลลูโลสมาเชื่อมเป็นแผ่นสวยงาม มี 2 ฝามาประกบกัน) เช่น เซอราเทียม (*Ceratium*) และไม่มีเกราะ เช่น *Gymnodinium* และ *Gonyaulax* ทำให้เกิดเรดไทด์ (red tide) จะมีการเพิ่มจำนวนแล้วปล่อยสารพิษออกมาทำให้สัตว์น้ำอื่นตายได้ อาจมีสีแดง สีน้ำตาล หรือสีเหลือง

ยูกลีนา (*Euglena*) มีโครโมพลาสต์ที่เรียกว่า โครมาโทพอร์ (chromatophore)

ทริพาโนโซมา แคมเบียน (*Trypanosoma gambiense*) ทำให้เกิดโรคแคมเบียน หรือโรคเหงาหลับในแอฟริกา (African sleeping sickness) เชื้อจะเข้าไปในน้ำไขสันหลัง หรือระบบประสาทส่วนกลาง เกิดอาการอ่อนเพลีย ง่วงนอน ชูบพอม และเสียชีวิต

ทริพาโนโซมา โรเดสเซนส์ (*Trypanosoma rhodesiense*) ทำให้เกิดโรคเหงาหลับในแอฟริกา

ทริพาโนโซมา ครูไซส์ (*Trypanosoma cruzi*) ทำให้เกิดโรคชากาส์ (Chaga's disease) มีมวนเพศเมียเป็นพาหะ กัดตามแขนและใบหน้าของเด็กในเวลากลางคืน

ลิชมาเนีย โดโนวานี (*Leishmania donovani*) มีมวนดูดเลือดเป็นพาหะ เกิดการติดเชื้อในต่อมน้ำเหลืองแพร่กระจายผ่านกระแสเลือดไปยังอวัยวะต่างๆทั่วร่างกาย

ไทรโคนิมฟา (*Trichonympha*) โปรโตซัวอยู่ร่วมกับปลวกแบบพึ่งพาอาศัยกัน โปรโตซัวย่อยเซลลูโลสในไม้ให้กลายเป็นน้ำตาลให้ตัวเอง และปลวกก็นำไปใช้ได้เช่นกัน

ไจอาเดีย แลมเลีย (*Giardia lamblia*) ทำให้เกิดโรคอุจจาระร่วง (giardiasis)

วอลว็อก (*Volvox*) อยู่รวมกันเป็นโคโลนีมีเจลาทีนัส (gelatinous) หุ้มรอบแต่ละเซลล์ ตัวอย่างโปรโตซัวที่ใช้ทำเทียมการเคลื่อนที่

อะมีบา (*Amoeba*) มีเปลือกห่อหุ้มตัว และมีรูเปิดให้ซูโดโพเดียยื่นออกมา

อะมีบา (*Amoeba*) ที่เป็นปรสิต คือ *Entamoeba histolytica* ทำให้เกิดโรคบิดมีตัว

อะมีบา (*Amoeba*) ที่ไม่ทำให้เกิดโรค คือ *Entamoeba gingivalis* กินแบคทีเรียที่โคนฟัน

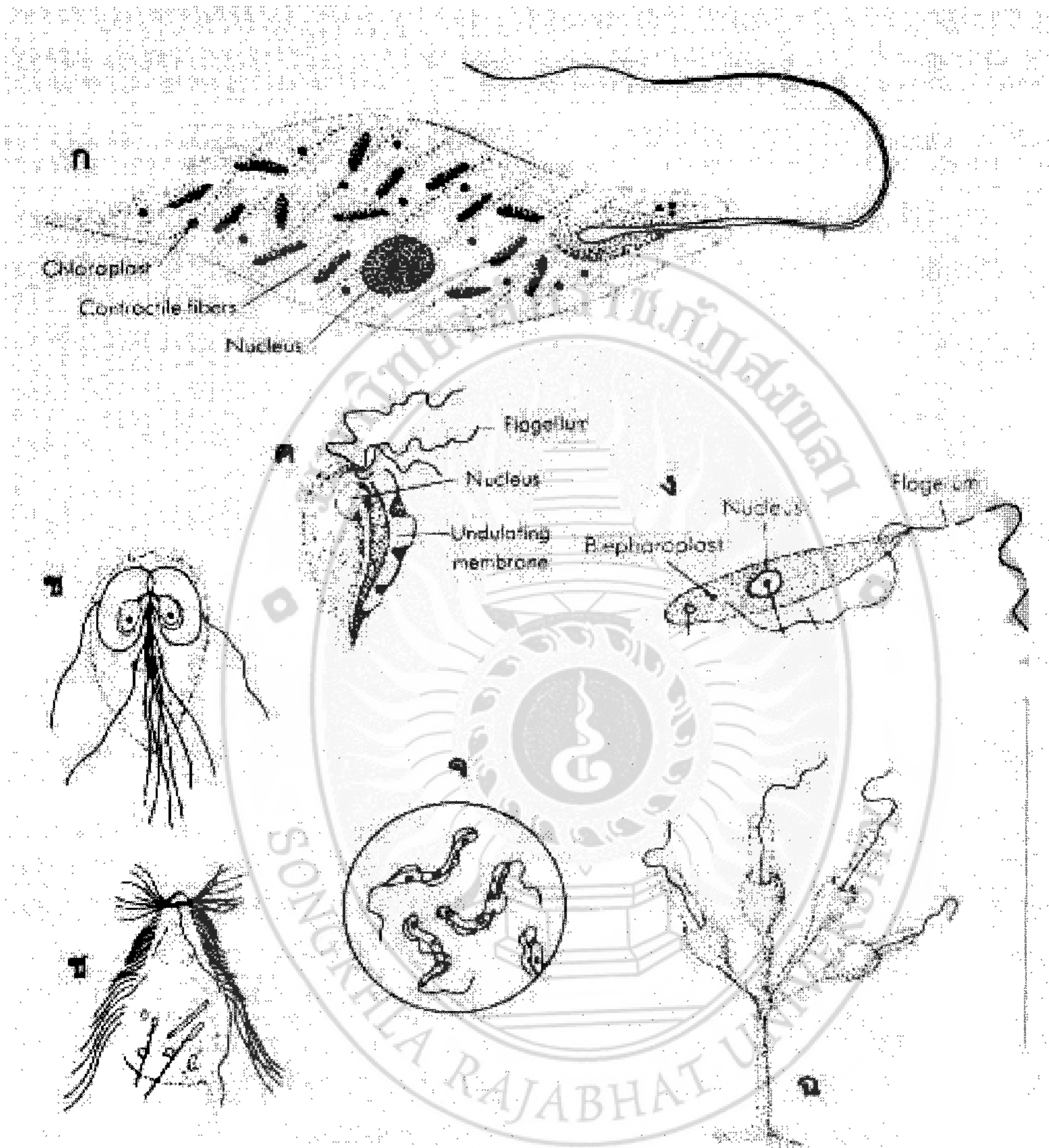
อะมีบา (*Amoeba*) ที่ไม่ทำให้เกิดโรค คือ *Entamoeba coli* กินแบคทีเรียในลำไส้คนเป็นอาหาร

อาเซลลาร์ (*Arcella*) เซลล์เป็นรูปคล้ายโดม ด้านใต้มีซูโดโพเดียยื่นออกมา

ดิฟฟูเจีย (*Diffugia*) รูปร่างคล้ายเซลล์ไข่ มีรูเปิดเพื่อให้ซูโดโพเดียยื่นออกมาได้

ฟอรัมมินิเฟอแรนส์ (*Foraminiferans*) ส่วนใหญ่อยู่ในทะเล เซลล์ประกอบด้วยหินปูนหรือ

เฮลิโอโซแอน (*Heliozoans*) มีแคปซูลแข็งประกอบด้วยซิลิโคนไดออกไซด์ มีชูโคโทเดียใช้ในการจับอาหาร



ภาพที่ 6.3 โปรโตซัวที่ใช้แฟลกเจลลา (flagella) ในการเคลื่อนที่

ก. *Euglena gracilis*

ข. *Giardia intestinalis*

ค. *Trichonympha hominis*

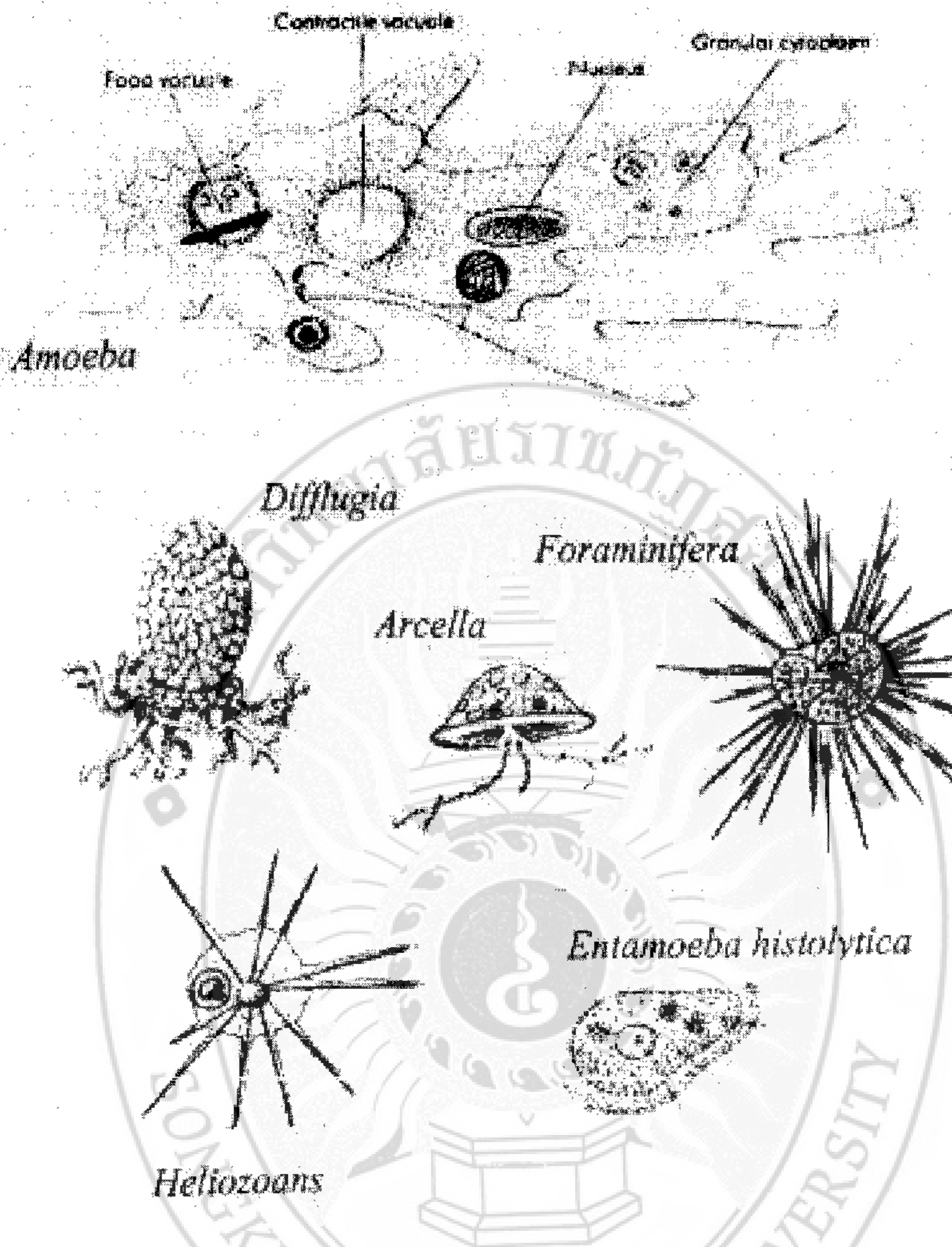
ง. *Trypanosoma rhodesiense*

จ. *Trypanosoma cruzi*

ฉ. *Codosica*

ช. *Trichonympha*

ที่มา : นงลักษณ์ สุวรรณพินิจ และปรีชา สุวรรณพินิจ 2548 : 428



ภาพที่ 6.4 โปรโตซัวที่ใช้เท้าเทียม (pseudopodia) ในการเคลื่อนที่
ที่มา : นงลักษณ์ สุวรรณพินิจ และปรีชา สุวรรณพินิจ 2548 : 421

6.4.2 ไฟลัมเอพิกอมเพล็กซา (Phylum Apicomplexa)

- 1) พวกที่เป็นปรสิต
- 2) มีการสร้างสปอร์
- 3) ไม่มีซิเลีย บางระยะมีแฟลกเจลลา

4) กินอาหารโดยใช้ซูโคโพเคียจับอาหารเข้าไปในเซลล์กลายเป็นแวกิวโอล แล้วมีเอนไซม์ออกมาย่อยเรียกว่ากินอาหารแบบฟาโกไซโทซิส (phagocytosis)

5) มีการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศโดยวิธีซิงแกมี และแบบไม่อาศัยเพศ

6) ตัวอย่างเช่น *Plasmodium* ทำให้เกิดไข้จับสั่น (โรคมาลาเรีย) ยุงตัวเมียที่มีเชื้อมากัดคน เชื้อจะมากับต่อมน้ำลายยุงเรียกว่า สปอโรซอइट (sporozoite) เข้าไปแบ่งตัวในตับเรียกว่าเมอโรซอइट (merozoite) เข้าไปอยู่ในเม็ดเลือดแดง เมื่อเม็ดเลือดแดงแตกปล่อยสารพิษทำให้เกิดอาการไข้และหนาวสั่น และเชื้อก็จะเข้าเม็ดเลือดแดงอื่นต่อไป เชื้อมีการเปลี่ยนรูปร่างเป็นแกมีโตไซต์ (gametocyte) เมื่อยุงมากัดคนที่มีแกมีโตไซต์ ก็จะได้แกมีโตไซต์มีการผสมพันธุ์กันจนได้ ซิงแกมีต (syngamete) เกิดการแบ่งตัวได้สปอโรซอइटต่อไปเรื่อยๆ เป็นการเพิ่มจำนวนแบบอาศัยเพศ (ภาพที่ 6.5)

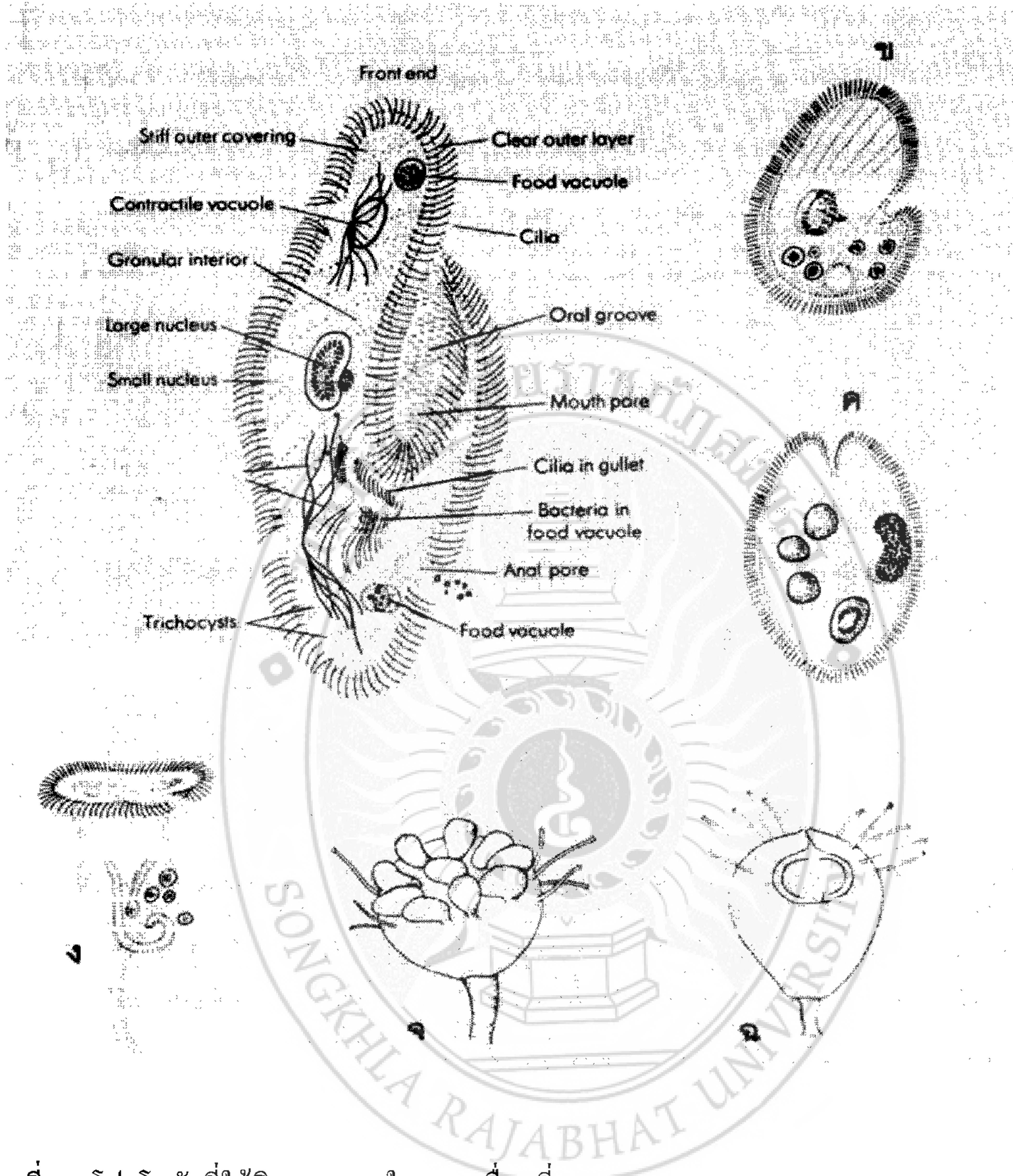


ภาพที่ 6.5 โปรโตซัวที่ทำให้เกิดโรคไข้มาลาเรีย

ที่มา : www.biodiac.bio.uottawaca/./diagbw/prot017B

6.4.3 ไฟลัมซิลิโอพอร่า (Phylum Ciliophora)

- 1) พวกที่สร้างซิลเลีย (ภาพที่ 6.6)
- 2) อาหารเข้าทางช่องปาก ซึ่งอยู่ตรงฐานของออร์ัลกรูฟ (oral groove) พัดพาอาหารเข้าไปในฟูดเวกิวโอล และมีเอนไซม์มาย่อย
- 3) มีนิวเคลียส 2 แบบ คือแมคโครนิวเคลียส (ควบคุมการเจริญเติบโต และการแบ่งตัวแบบไม่อาศัยเพศของเซลล์) และไมโครนิวเคลียส (ควบคุมการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ)
- 4) มีการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศโดยคอนจูเกชัน และไม่อาศัยเพศโดยการแบ่งตัวจากหนึ่งเป็นสอง
- 5) ดำรงชีวิตอิสระ เช่น *Paramecium* และมีส่วนน้อยที่เป็นปรสิต
- 6) ตัวอย่างโปรโตซัวที่ใช้ซิลเลียในการเคลื่อนที่
 - โคลโปดา (*Colpoda*) พบได้ในน้ำจืด
 - ไดดีเนียม (*Didinium*) กินพารามีเซียมเป็นอาหาร
 - วอร์ติเซลล์ล่าร์ (*Vorticella*) มีลักษณะคล้ายกระดิ่ง มีซิลเลียรอบๆ เพื่อพัดพาอาหารเข้าสู่ช่องปาก
 - บาแลนติเดียม โคลไล (*Balantidium coli*) ทำให้เกิดโรคบิดมีตัว
 - โทโคโฟธา (*Tokophyra*) มีการแตกหน่อเข้าไปในตัว
 - อีฟีโลตาร์ (*Ephelota*) มีการแตกหน่อภายนอก



ภาพที่ 6.6 โปรโตซัวที่ใช้ซิเลีย (cilia) ในการเคลื่อนที่

ก. *Paramecium*

ข. *Colpoda*

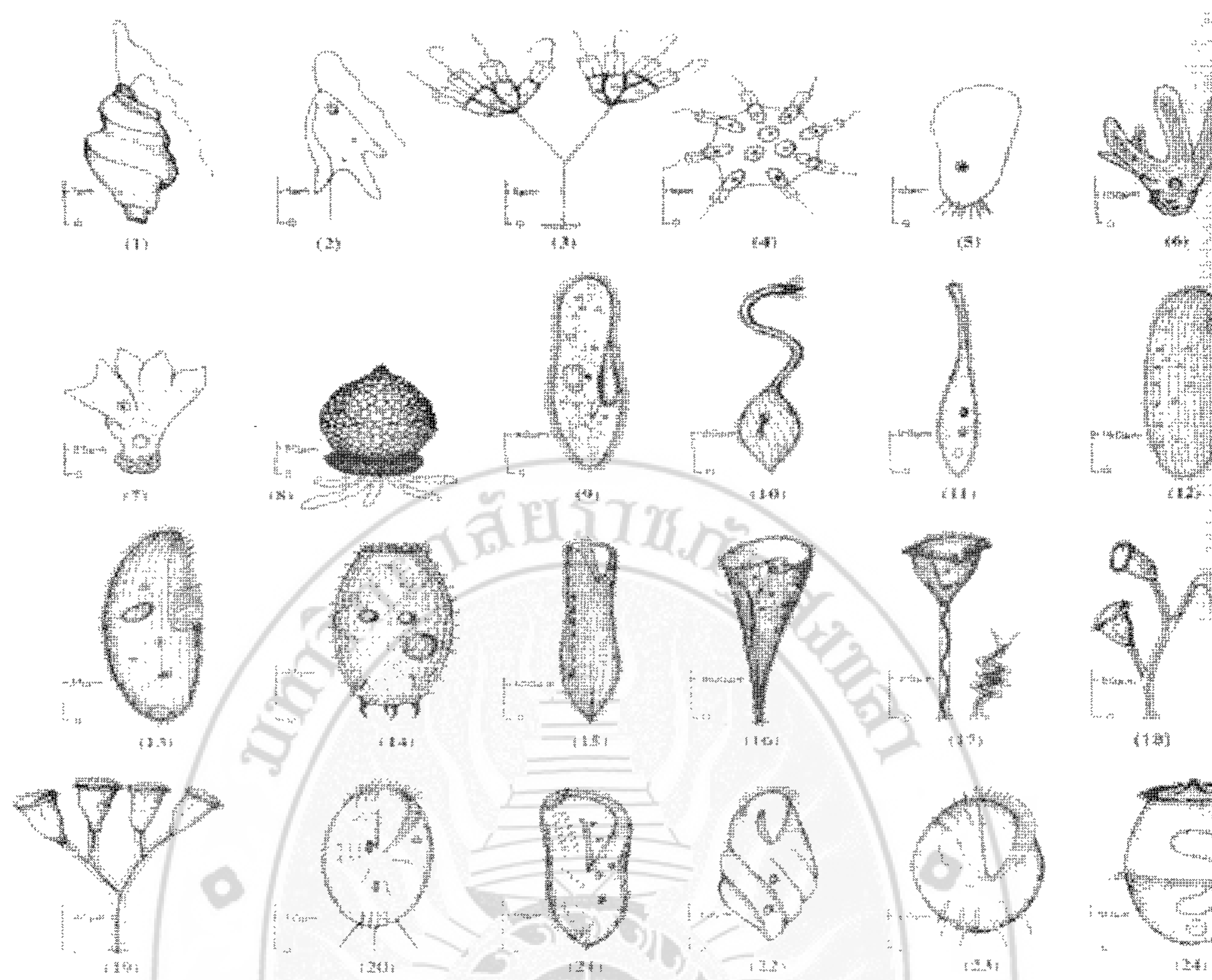
ค. *Balantidium coli*

ง. *Vorticella*

จ. *Ephelota*

ฉ. *Tokophyra*

ที่มา : นงลักษณ์ สุวรรณพินิจ และปรีชา สุวรรณพินิจ 2548 : 423



ภาพที่ 6.7 โปรโตซัวชนิดต่างๆ

ที่มา : www.tulane.edu/./notes/images/ciliate

6.5 บทสรุป

โปรโตซัวสามารถพบได้ทั้งในน้ำจืด และน้ำทะเล มีทั้งกลุ่มที่ดำรงชีวิตอย่างอิสระ และอาศัยอยู่กับสิ่งมีชีวิตอื่น โครงสร้างประกอบไปด้วยเยื่อหุ้มเซลล์ ไซโทพลาสซึมซึ่งมีออร์แกเนลล์ต่างๆ นิวเคลียส และอวัยวะที่ใช้ในการเคลื่อนที่ ลักษณะการเคลื่อนที่นำมาใช้ในการจำแนกโปรโตซัว แบ่งเป็นกลุ่มที่เคลื่อนที่โดยใช้แฟลกเจลลาเท่าเทียม ซิลเลีย และไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ และการสืบพันธุ์แบ่งเป็น 2 แบบ คือ แบบอาศัยเพศเป็นการรวมกันของเซลล์สืบพันธุ์ และแบบไม่อาศัยเพศ เช่น การแตกหน่อ การแบ่งตัวจากหนึ่งเป็นสอง และการแบ่งตัวแบบทวิคูณ