บทที่ 1
คุณสมบัติทั่วไป
(General Properties)

แบคทีเรีย เป็นจุลินทรีย์ชนิดหนึ่งที่มีขนาดเล็ก ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ต้องใช้กล้องจุลทรรศน์ช่วยจึงจะมองเห็น มีเซลล์เดียว (unicellular) มีผนังเซลล์ (cell wall) แข็ง (rigid) นิวเคลียส (nucleus) เห็นได้ไม่ชัด อาจจะเจริญเติบโตได้เฉพาะในสภาวะแวดล้อมที่มีแก๊สออกซิเจนซึ่งเรียกว่าแอโรบิคแบคทีเรีย (aerobic bacteria) หรือเจริญเติบโตได้เฉพาะในสภาวะแวดล้อมที่ไม่มีแก๊สออกซิเจนซึ่งเรียกว่าแอนแอโรบิคแบคทีเรีย (anaerobic bacteria) หรือเป็นพวกที่ออกซิเจนไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตซึ่งเรียกว่าแฟคัล-เตติบแอนแอโรบิคแบคทีเรีย (facultative anaerobic bacteria) สามารถใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์ (phototroph) หรือได้พลังงานจากการออกซิเดชั่น (oxidation) สารประกอบเคมี (chemotroph) และดำรงชีวิตอยู่ได้โดยมีกระบวนการต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการดำรงชีวิตเกิดขึ้นภายในเซลล์อย่างสมบูรณ์ เพิ่มจำนวนได้โดยการแบ่งตัวตามขวาง (transverse fission) แล้วได้เซลล์ที่มีขนาดเท่ากันหรือใกล้เคียงกัน ส่วนใหญ่ไม่มีการสร้างเส้นใย ยกเว้นแบคทีเรียบางชนิด เช่น *Mycobacterium* sp., *Actinomyces* sp. และ *Streptomyces* sp. ที่สร้างเส้นใยคล้ายเส้นใยของฟังไจ (fungi)

เนื่องจากมีแบคทีเรียเป็นหมู่ใหญ่ซึ่งได้แบ่งออกเป็นหลายหมู่ย่อย ๆ ที่แตกต่างกันออกไปอีก และแบคทีเรียชนิดต่าง ๆ ในแต่ละหมู่ย่อยยังมีลักษณะบางอย่างแตกต่างกันจึงนับเป็นการยากอย่างยิ่งที่จะให้คำจำกัดความครอบคลุมแบคทีเรียทุกชนิด ถ้าให้คำจำกัดความกว้างมากจุลินทรีย์ชนิดอื่น ๆ ที่ใกล้เคียงก็จะถูกนับว่าเป็นแบคทีเรีย แต่ถ้าให้คำจำกัดความแคบและละเอียดมากก็จะครอบคลุมแบคทีเรียได้ไม่ทุกชนิด ดังนั้นไม่ควรยึดถืออยู่แต่คำจำกัดความให้มากนัก แต่ควรจะศึกษาถึงคุณสมบัติทั่วไปของแบคทีเรีย เพื่อจะได้เข้าใจเกี่ยวกับแบคทีเรียได้ดียิ่งขึ้น

โปรคาริโอติกและยูคาริโอติกเซลล์ (procaryotic and eucaryotic cell)

ในปี ค.ศ. 1968 Murray ได้นำกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (electron

microcope) มาศึกษาโครงสร้างของเซลล์อย่างละเอียด แล้วเสนอให้แบ่งสิ่งมีชีวิตออกเป็น 2 อาณาจักร (kingdom) คือ อาณาจักรยูคาริโอตา (kingdom Eucaryotae) และอาณาจักรโปรคาริโอตา (kingdom Procaryotae) โดยอาศัยพื้นฐานความแตกต่างในด้านการจัดระบบต่าง ๆ ภายในเซลล์ดังสรุปไว้ในตารางที่ 1-1 สิ่งมีชีวิตในอาณาจักรยูคาริโอตาจะมีเซลล์เป็นแบบยูคาริโอติกเซลล์ ได้แก่ พังไจ โปรโตซัว (protozoa) สาหร่ายอื่น ๆ ที่ไม่ใช่สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน พืชและสัตว์ ส่วนสิ่งมีชีวิตในอาณาจักรโปรคาริโอตาจะมีเซลล์เป็นแบบโปรคาริโอติกเซลล์ ได้แก่ แบคทีเรียและสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน

แม้ว่าแบคทีเรียและสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินมีเซลล์เป็นแบบโปรคาริโอติกเซลล์เหมือนกัน และถูกจัดไว้ในอาณาจักรเดียวกัน แต่สิ่งมีชีวิตทั้งสองชนิดนี้ยังมีลักษณะที่สำคัญอื่น ๆ แตกต่างกันอีก Murray จึงแบ่งสิ่งมีชีวิตในอาณาจักรโปรคาริโอตาออกเป็น 2 ดิวิชั่น (division) ดังต่อไปนี้คือ

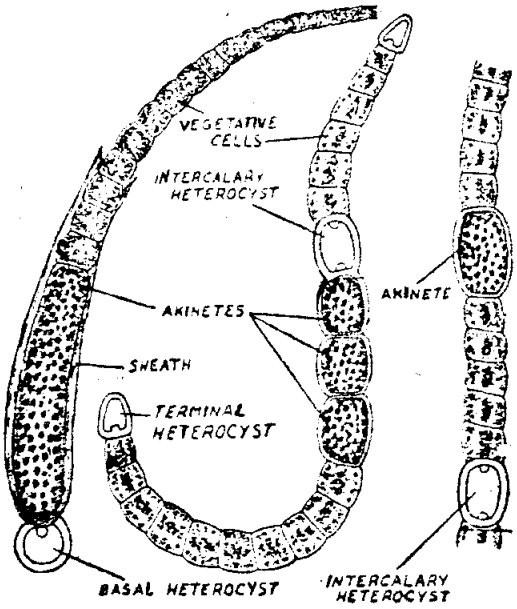
1. ดิวิชั่น ไซยะไนแบคทีเรีย (division Cyanobacteria) สิ่งมีชีวิตในดิวิชั่นนี้ได้แก่ สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นเซลล์เดียวอยู่เดี่ยว ๆ หรือเซลล์ต่อกันเป็นเส้นสาย (filament) ที่มีการแตกแขนงหรือไม่แตกแขนงก็ได้ เซลล์แต่ละเซลล์ที่มาต่อกันเป็นเส้นสายนี้จะสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ด้วยเซลล์เพียงเซลล์เดียวและไม่มีการเปลี่ยนแปลงไปทำหน้าที่เฉพาะอย่างแบบพืชชั้นสูงหรือสัตว์ เซลล์มีผนังเซลล์แข็งซึ่งประกอบด้วยชั้นหลายชั้นโดยมีชั้นเปปติโด-ไกลแคน (peptidoglycan) อยู่ภายในส่วนผนังเซลล์ด้านนอกมักจะมีสารซึ่งมีลักษณะเหนียว ๆ หรือเป็นเส้นสายหุ้มอยู่ ภายในเซลล์ไม่มีคลอโรพลาสท์ (chloroplast) แบบพืชชั้นสูง แต่มีรงควัตถุ (pigment) ซึ่งทำหน้าที่ในการสังเคราะห์แสงที่เรียกว่า คลอโรฟิลเอ (chorophyll a) ซึ่งดูดพลังงานจากแสงที่มีความยาวคลื่นประมาณ 680 นาโนมิเตอร์ (nanometer ซึ่งใช้สัญญลักษณ์ nm และมีค่าเท่ากับ 10^{-9} เมตร) และไฟโคบิไลโปรตีน (phycobiliprotein) ซึ่งดูดพลังงานจากแสงที่มีความยาวคลื่น 560 - 630 นาโนมิเตอร์กระจัดกระจายอยู่ทั่วเซลล์ สารคลอโรฟิลที่มีอยู่นี้จะเป็นชนิดเดียวกันกับสารคลอโรฟิลของพืช ในการสังเคราะห์แสงจะใช้น้ำเป็นตัวรีดิวซ์ (reduce) หรือตัวให้อิเล็กตรอน (electron) โดยน้ำเปลี่ยนไปเป็นออกซิเจนแล้วได้ ATP

ตารางที่ 1-1 ความแตกต่างที่สำคัญของสิ่งมีชีวิตในอาณาจักรโปรคาริโอตาและอาณาจักรยูคาริโอตา

	อาณาจักรโปรคาริโอตา	อาณาจักรยูคาริโอตา
จำนวนโครโมโซม (chromosome)	1	1 หรือมากกว่า 1
การแบ่งตัวของนิวเคลียสแบบไมโตสิส (mitosis)	-	+
เยื่อหุ้มนิวเคลียส	-	+
การมีเบสิกโปรตีน (basic protein) เกาะติดกับ DNA (deoxyribonucleoprotein) ในนิวเคลียส	-	+
นิวคลีโอลัส (nucleolus)	-	+
ไซโตพลาสมิกสตรีมมิ่ง (cytoplasmic streaming)	-	+ หรือ -
ขนาดของไรโบโซม (ribosome)	70 S	80 S
กอลไจแอพพาราตัส (golgi apparatus)	-	+
เอ็นโดพลาสมิกเร็ตติคูลัม (endoplasmic reticulum)	-	+
พิโนไซโตสิส (pinocytosis)	-	+ หรือ -
ฟาโกไซโตสิส (phagocytosis)	-	+ หรือ -
ไมโตคอนเดรีย (mitochondria)	-	+
คลอโรพลาส (chloroplast)	-	+ หรือ -

(adenosine triphosphate) และโคเอ็นไซม์ (coenzyme) รูปรีดิวซ์ในปฏิกริยาที่ต้องใช้แสง (light reaction) ATP และโคเอ็นไซม์รูปรีดิวซ์ที่ได้นี้จะถูกนำไปใช้ในการเปลี่ยนคาร์บอนไดออกไซด์ (carbondioxide) ให้กลายเป็นคาร์โบไฮเดรต (carbohydrate) โดยใช้วัฏจักรคลาวิน (Calvin cycle) ในปฏิกริยาที่ไม่ต้องใช้แสง (dark reaction)

สำหรับการสืบพันธุ์ สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินจะสืบพันธุ์โดยการแบ่งตัวตามขวางพวกที่มีเซลล์ต่อกันเป็นเส้นสาย เซลล์ตรงส่วนกลางจะแบ่งตัวซ้ำกันหลายครั้ง แล้วจึงเกิดการขาดออกจากกันเป็นท่อน ๆ แบบสุ่ม ในบางจีนัสยังสามารถสร้างเซลล์ที่มีลักษณะพิเศษซึ่งเรียกว่าเอไคนีท (akinete) และเฮ็ทเทอโรซิสท์ (heterocyst) ดังรูปที่ 1-1 เอไคนีทหรือสปอร์



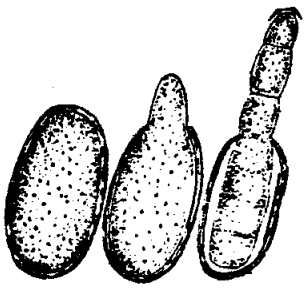
(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 1-1 ลักษณะเอไคนีทและเฮ็ทเทอโรซิสท์ของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน

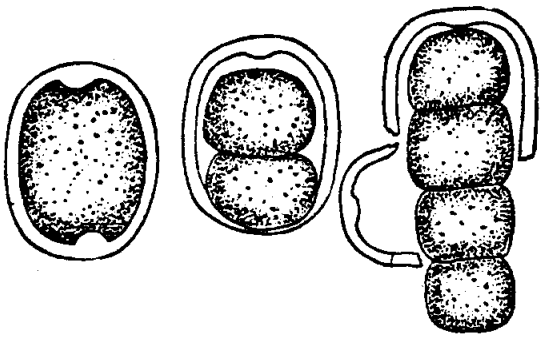
(ก) *Gloeotrichia* sp.

(ข) และ (ค) *Anabaena desikacharyiensis*

ในระยะพัก (resting spore) จะมีขนาดใหญ่และมีผนังหนามากกว่า เซลล์อื่น ๆ ในเส้นสาย สามารถทนต่อสภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมได้ ส่วน เฮ็ท เทอโรซิสท์ เป็น เซลล์ที่มีผนังหนามากกว่า เซลล์อื่น ๆ ในเส้นสาย ทำหน้าที่ตรึงไนโตรเจนจากอากาศ ทั้ง เอโคนีท และ เฮ็ท เทอโรซิสท์ สามารถงอกแล้วเจริญเติบโตไปเป็น เซลล์ที่ต่อกันเป็น เส้นสายได้ดังรูปที่ 1-2 และ 1-3



รูปที่ 1-2 ลักษณะการงอกของ เอโคนีท



รูปที่ 1-3 ลักษณะการงอกของ เฮ็ท เทอโรซิสท์

2. ดิวิชั่น แบคทีเรีย สิ่งมีชีวิตในดิวิชั่นนี้ ได้แก่ แบคทีเรียทุกชนิดซึ่งมีลักษณะ เป็นเซลล์เดียว อยู่เดี่ยว ๆ ต่อกันเป็นเส้นสายหรือเกาะกันเป็นกลุ่ม ทั้งนี้แล้วแต่ชนิดของแบคทีเรียและกรรมวิธีที่นำมาใช้ตรวจสอบ เซลล์ที่มาต่อกันเป็นเส้นสายหรือเกาะกันเป็นกลุ่มนี้จะสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ด้วยเซลล์เพียงเซลล์เดียวและไม่มีการเปลี่ยนแปลงไปทำหน้าที่เฉพาะอย่างแบบพืชหรือสัตว์ชั้นสูง เซลล์มีผนังเซลล์แข็ง เนื่องจากมีเปปติโดไกลแคนเป็นองค์ประกอบ และมีการสืบพันธุ์หรือเพิ่มจำนวนได้ด้วยวิธีที่เซลล์แบ่งตัวตามขวางออกเป็น 2 ส่วน เท่า ๆ กัน โดยเยื่อเซลล์ (cytoplasmic membrane) จะเจริญจากภายนอกทั้งสองข้างของเซลล์เข้าไปภายในจนในที่สุดจะชนกันเกิดเป็นเซลล์ใหม่สองเซลล์

แบคทีเรียบางชนิดสามารถสืบพันธุ์แบบใช้เพศและแตกหน่อ (budding) บางชนิดสามารถสร้างสปอร์ขึ้นภายในเซลล์ แต่สปอร์ที่สร้างขึ้นนี้ไม่ใช่วิธีการสืบพันธุ์แบบการสร้างสปอร์ของพังไจ เนื่องจากแบคทีเรียหนึ่งเซลล์จะสร้างสปอร์ได้หนึ่งสปอร์และสปอร์หนึ่งสปอร์จะงอกกลายเป็นเวเจ็ทเตตีบ (vegetative) เซลล์หนึ่งเซลล์ แบคทีเรียบางชนิดมีแฟลกเจลล่า (flagella, เอกพจน์เป็น flagellum) ช่วยในการเคลื่อนที่ บางชนิดเคลื่อนที่ได้โดยการหมุนตัวและยืดหดตัวของเซลล์ บางชนิดไกลดิ่ง (gliding) บนผิวอาหารแข็งได้ ในขณะที่บางชนิดจะไม่สามารถเคลื่อนที่ได้

สำหรับแหล่งของพลังงานแบคทีเรียอาจจะได้พลังงานจากปฏิกริยาออกซิเดชั่นของสารประกอบเคมี (chemotroph) หรือได้พลังงานจากแสง (phototroph) สามารถแบ่งแบคทีเรียโดยอาศัยแหล่งของพลังงานและแหล่งของคาร์บอนเป็นหลักดังต่อไปนี้ คือ

2.1 โฟโตโทรฟิคแบคทีเรีย (phototrophic bacteria) ได้พลังงานจากแสง

2.1.1 โฟโตไลโธโทรฟิคแบคทีเรีย หรือ โฟโตออโตโทรฟิคแบคทีเรีย (photolithotrophic bacteria หรือ photoautotrophic bacteria) ใช้คาร์บอนไดออกไซด์จากสภาวะแวดล้อมซึ่งเจริญเติบโตเป็นแหล่งคาร์บอน ได้แก่ แบคทีเรียที่สังเคราะห์แสง (photosynthetic bacteria) ทุกชนิด เช่น *Chlorobium* sp., *Chloropseu-*

domonas sp., *Chromatium* sp. และ *Rhodospirillum* sp.

2.1.2 โฟโตออแกโนโทรฟิคแบคทีเรียหรือโฟโตเฮ็ทเทอโรโทรฟิคแบคทีเรีย (photoorganotrophic becteria หรือ photoheterotrophic bacteria) ใช้สารประกอบอินทรีย์ต่าง ๆ ซึ่งอยู่ภายนอกเซลล์เป็นแหล่งคาร์บอน ได้แก่ แบคทีเรียที่มีการสังเคราะห์แสงบางชนิด เช่น *Chromatium* sp. และ *Rhodospirillum* sp.

2.2 เค็มโมโทรฟิคแบคทีเรีย (chemotrophic bacteria) ได้พลังงานจากปฏิกริยาออกซิเดชั่น-รีดักชั่น (oxidation-reduction) ของสารประกอบเคมี

2.2.1 เค็มโมไลโธโทรฟิคแบคทีเรียหรือเค็มโมออโตโทรฟิคแบคทีเรีย (chemolithotrophic bacteria หรือ chemoautotrophic bacteria) ใช้คาร์บอนไดออกไซด์จากสภาวะแวดล้อมซึ่งเจริญเติบโตเป็นแหล่งคาร์บอน ได้แก่ แบคทีเรียกลุ่มไนโตรโซ (nitroso) กลุ่มไนโตร (nitro) กลุ่ม *Hydrogenomonas* sp. กลุ่มออกซิไดส์ (oxidize) สารประกอบเหล็กและกลุ่มออกซิไดส์สารประกอบกำมะถัน

2.2.2 เค็มโมออแกโนโทรฟิคแบคทีเรียหรือเค็มโมเฮ็ทเทอโรโทรฟิคแบคทีเรีย (chemoorganotrophic bacteria หรือ chemoheterotrophic bacteria) ใช้สารประกอบอินทรีย์ต่าง ๆ ซึ่งอยู่ภายนอกเซลล์เป็นแหล่งคาร์บอน ได้แก่ แบคทีเรียทั่ว ๆ ไป

ในการสังเคราะห์สารประกอบต่าง ๆ ของเซลล์ เค็มโมโทรฟิคแบคทีเรียนำพลังงานที่ได้มาใช้ในการสังเคราะห์สารประกอบต่าง ๆ ของเซลล์ในสภาวะแอโรบ เฉพาะแอโรบหรือแฟคคัลเตตีบแอนแอโรบ ส่วนโฟโตโทรฟิคแบคทีเรียจะทำให้เกิดการสังเคราะห์แสง (photosynthesis) ในสภาวะแอนแอโรบ โดยใช้สารประกอบต่าง ๆ ที่ไม่ใช่น้ำเป็นตัวรีดิวซ์หรือตัวให้อิเล็กตรอน ดังนั้นผลจากการสังเคราะห์แสงจึงไม่ได้ออกซิเจน รงควัตถุ (pigment) ซึ่งทำหน้าที่ในการสังเคราะห์แสงของแบคทีเรียไม่ได้เป็นคลอโรฟิล (chlorophyll) ชนิดเดียวกับคลอโรฟิลของพืชและสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน แต่เป็นสารชนิดอื่นที่เรียกว่าแบคเทอริโอคลอโรฟิล (bacteriochlorophyll) หรือแบคทีเรียลคลอโรฟิล (bacterial chlorophyll) ซึ่ง

กระจัดกระจายอยู่ในไซโตพลาสซึม (cytoplasm) ในลักษณะของโมเลกุลขนาดใหญ่ที่เรียกว่า โครแมทโตฟอร์ (chromatophore)

ในปัจจุบันการจัดสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินและแบคทีเรีย เข้าไว้ในอาณาจักรโปรคาริโอตา ซึ่งมีเซลล์แบบโปรคาริโอติกเซลล์ ตามข้อเสนอของ Murray นี้เป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไป แต่ได้มีการจัดแบ่งสิ่งมีชีวิตในอาณาจักรโปรคาริโอตาใหม่ออกเป็น 2 ดิวิชั่น ดิวิชั่นแรกเป็นพวกที่มีการสังเคราะห์แสง ได้แก่ สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินและแบคทีเรียที่สามารถสังเคราะห์แสง ดิวิชั่นที่สอง เป็นพวกที่ไม่มีการสังเคราะห์แสง ได้แก่ แบคทีเรียอื่น ๆ ที่ไม่สามารถสังเคราะห์แสง ริกเก็ตเซีย (rickettsia) และ มายโคพลาสม่าส์ (mycoplasmas)

สัณฐานวิทยาของแบคทีเรีย

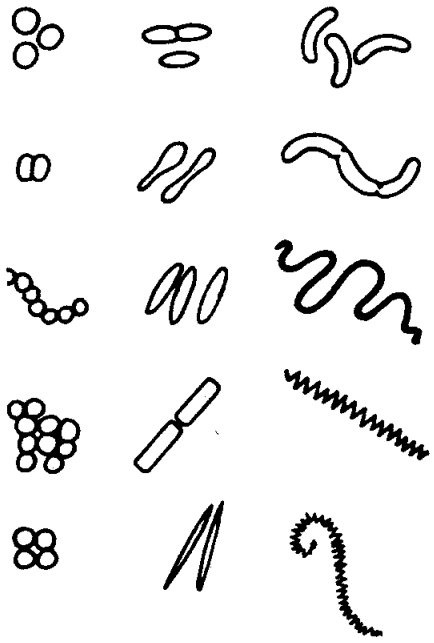
ลักษณะทางสัณฐานวิทยา (morphological characteristic) ของแบคทีเรีย ได้แก่ รูปร่าง (shape) ขนาด (size) โครงสร้าง (structure) และการจัดเรียงตัวเป็นกลุ่ม (arrangement) ของเซลล์ ในบทนี้จะกล่าวถึงลักษณะของแบคทีเรียทุกลักษณะ ยกเว้นโครงสร้างซึ่งจะกล่าวถึงอย่างละเอียดในบทต่อไป

รูปร่าง แบคทีเรียแต่ละชนิดจะมีรูปร่างแน่นอน ซึ่งเป็นรูปร่างเฉพาะอย่างประจำตัว โดยส่วนใหญ่จะมีรูปร่างเพียงอย่างหนึ่งอย่างใดใน 3 แบบ (รูปที่ 1-4) ดังต่อไปนี้ คือ

1. คอคคัส (coccus) พหูพจน์เรียกว่า คอคไค (cocci) แบคทีเรียที่มีรูปร่างแบบนี้อาจจะมีรูปร่างเป็นทรงกลมหรือรูปไข่ ซึ่งแยกอยู่เดี่ยว ๆ เป็นคู่ ต่อกันเป็นเส้นสายหรือเป็นกลุ่ม

2. บาซิลลัส (bacillus) พหูพจน์เรียกว่า บาซิลไล (bacilli) แบคทีเรียที่มีรูปร่างแบบนี้จะมีรูปร่างเป็นรูปทรงกระบอกหรือรูปท่อน (rod shape) ตอนปลายของเซลล์อาจจะมน แหลมหรือมีลักษณะเป็นปลายตัด ซึ่งแยกอยู่เดี่ยว ๆ เป็นคู่ ต่อกันเป็นเส้นสายหรือเป็นกลุ่ม

3. สไปริลลัม (spirillum) พหูพจน์เรียกว่า สไปริลล่า (spirilla) แบคทีเรียที่มีรูปร่างแบบนี้จะมีรูปร่าง เป็น เกลียว ซึ่งปกติอยู่เป็น เซลล์เดียว เดี่ยว ๆ จำนวนและลักษณะของขด เกลียวจะแตกต่างกันในแบคทีเรียแต่ละชนิด เช่น *Vibrio cholerae* เซลล์จะบิดโค้งงอ เป็น เกลียวไม่สมบูรณ์ *Borrelia* sp. เซลล์จะบิดโค้งงอ เป็น เกลียวหลายขดแต่ขด เกลียวจะอยู่ห่าง ๆ กัน *Treponema* sp. และ *Leptospira* sp. เซลล์จะบิดโค้งงอเป็น เกลียวละ เอียดหลายขด เป็นต้น



(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 1-4 รูปร่างของแบคทีเรียแบบต่าง ๆ

(ก) คอคไค

(ข) บาซิลไล

(ค) สไปริลล่า

จากการศึกษาในห้องปฏิบัติการนอกจากจะพบว่าแบคทีเรียส่วนใหญ่มีรูปร่างเพียงอย่างใดอย่างหนึ่งใน 3 แบบ ดังได้กล่าวมาแล้ว ยังพบว่ามีแบคทีเรียบางชนิดรูปร่างมีลักษณะพิเศษแตกต่างออกไป เช่น *Hyphomicrobium* sp. เซลล์มีเส้นใย (hyphae) ต่อออกไป (รูปที่ 1-6) *Ancalomicrobium adetum* เซลล์มีพรอสธีซี (prosthecae) ยื่นออกมารอบเซลล์ (รูปที่ 1-7) *Streptomyces* sp. สร้างไมซีเลี่ยม (mycelium) อย่างแท้จริง และสืบพันธุ์โดยการสร้างสปอร์อากาศ (aerial spore) ขึ้นบนเส้นใยเฉพาะสำหรับสร้างสปอร์ หรือเกิดการแตกหักของเวเจ็ทเตตีบไมซีเลี่ยม (vegetative mycelium) *Gallionella* sp. เซลล์มีสทอค (stalk) ซึ่งมีลักษณะเป็นสายแบนและบิดยื่นออกมาเป็นต้น

ขนาด การวัดขนาดของแบคทีเรียทำได้โดยอาศัยกล้องจุลทรรศน์ ออคคูล่าร์ไมโครมิเตอร์ (ocular micrometer) และสเตจไมโครมิเตอร์ (stage micrometer) ออคคูล่าร์ไมโครมิเตอร์มีลักษณะเป็นแผ่นแก้วกลมตรงกลางแบ่งเป็นช่อง แต่ละช่องมีความห่างเท่ากัน เมื่อต้องการจะวัดขนาดของแบคทีเรีย ก็หาค่าความห่างของขีดแบ่งช่องของออคคูล่าร์ไมโครมิเตอร์ โดยนำออคคูล่าร์ไมโครมิเตอร์ใส่เข้าไปในอายพีช (eyepiece)หรือออคคูล่าร์ (ocular) แล้วเปรียบเทียบความห่างของขีดแบ่งช่องของออคคูล่าร์ไมโครมิเตอร์กับสเตจไมโครมิเตอร์ ซึ่งมีความห่างของขีดแบ่งช่องแน่นอน คือ มีความห่างช่องละ 10 ไมครอน (micron ซึ่งใช้สัญญลักษณ์ μ และหนึ่งไมครอนมีค่าเท่ากับ $\frac{1}{1,000}$ มิลลิเมตรหรือ $\frac{1}{25,400}$ นิ้ว) หลังจากทราบค่าความห่างของขีดแบ่งช่องในออคคูล่าร์ไมโครมิเตอร์ นำสไลด์ที่ย้อมสีแบคทีเรียเรียบร้อยใส่แทนสเตจไมโครมิเตอร์แล้ววัดขนาดของแบคทีเรีย

แบคทีเรียแต่ละชนิดจะมีขนาดแตกต่างกัน และแม้แต่แบคทีเรียชนิดเดียวกันก็ยังมีขนาดแตกต่างกันได้เมื่อมีอายุและสภาวะแวดล้อมสำหรับการเจริญเติบโตต่างกัน แบคทีเรียที่มีขนาดเล็กที่สุดจะมีขนาดเท่ากับไวรัส (virus) ขนาดโต คือ ประมาณ 0.2 ไมครอน ดังนั้นจึงมองด้วยกล้องจุลทรรศน์แสงสว่างที่ใช้แสงธรรมดา (light microscope) เกือบไม่เห็นส่วนแบคทีเรีย ซึ่งมีขนาดใหญ่ที่สุดอาจมีขนาดเท่ากับยีสต์หรือโปรโตซัวขนาดเล็ก แต่ถึงแม้ว่าแบคทีเรียจะมีขนาด

แตกต่างกันมากมาย โดยทั่วไปขนาดของแบคทีเรียก็จะอยู่ในช่วงค่อนข้างจำกัด คือ แบคทีเรียซึ่งมีรูปร่างแบบทรงกลมหรือรูปไข่จะมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.5-4 ไมครอน แบคทีเรียซึ่งมีรูปร่างเป็นท่อน ส่วนกว้างจะมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.5-4 ไมครอน ส่วนยาวจะมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.5-20 ไมครอน สำหรับแบคทีเรียที่มีรูปร่างเป็นเกลียว ส่วนกว้างจะมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.5 ไมครอน ส่วนยาวจะมีเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 10 ไมครอน และบางชนิดอาจจะมีเส้นผ่าศูนย์กลางถึง 100 ไมครอน

ขนาดของแบคทีเรียมีส่วนสัมพันธ์กับการดำรงชีวิต คือ แบคทีเรียที่มีขนาดเล็กจะสามารถเปลี่ยนแปลงไปตามสภาวะแวดล้อมได้ดีกว่าและรวดเร็วกว่าแบคทีเรียที่มีขนาดโต สาเหตุที่ทำให้มันสามารถเปลี่ยนแปลงไปตามสภาวะแวดล้อมได้ดีกว่าและรวดเร็วกว่าแบคทีเรียที่มีขนาดโตก็เพราะแบคทีเรียซึ่งมีขนาดเล็กมีค่าอัตราส่วนของพื้นที่ผิว (surface area) ต่อปริมาตร (volume) สูงกว่าแบคทีเรียขนาดโต จากการที่มีพื้นที่ผิวมาก ทำให้แบคทีเรียมีโอกาสที่จะสัมผัสโดยตรงกับอาหารหรือสิ่งแวดล้อมได้มากกว่า นอกจากนี้แบคทีเรียที่มีขนาดเล็กยังมีกระบวนการเมตาบอลิซึม (metabolism) เกิดขึ้นในอัตราสูงกว่าแบคทีเรียที่มีขนาดโตด้วย และเมื่อมีกระบวนการเมตาบอลิซึมเกิดขึ้นในอัตราสูงก็จะมีอัตราการเจริญเติบโต (growth rate) สูงตามไปด้วย ทั้งนี้เนื่องจากอัตราการเกิดกระบวนการเมตาบอลิซึมและอัตราการเจริญเติบโตมีความสัมพันธ์กัน

การจัดเรียงตัวเป็นกลุ่ม แบคทีเรียเพิ่มจำนวนได้โดยการแบ่งตัวตามขวางตั้งฉากกับแกนในแนวยาวของเซลล์ โดยเยื่อเซลล์จะเจริญจากภายนอกเข้าไปภายใน จนเกิดเป็นผนังกั้นเซลล์ แบ่งออกเป็นเซลล์อิสระสองเซลล์ติดกัน ต่อมาผนังกั้นเซลล์จะค่อย ๆ หนาขึ้นและแบ่งออกเป็นสองชั้น หลังจากเกิดผนังกั้นเซลล์เป็นสองชั้นแล้ว เซลล์ทั้งสองก็อาจจะแยกออกจากกันเป็นสองเซลล์ทันทีหรือยังคงติดกันอยู่ชั่วระยะเวลาหนึ่งแล้วค่อยแยกออกจากกัน หรือไม่แยกออกจากกันเลยก็ได้ โดยเฉพาะในขณะที่แบคทีเรียมีการแบ่งตัวอย่างรวดเร็ว ก็จะมีแนวโน้มทำให้เซลล์ที่เกิดขึ้นไม่แยกออกจากกันและรวมตัวกันเป็นกลุ่มมากยิ่งขึ้น ซึ่งลักษณะการจัดเรียงตัวเป็นกลุ่มนี้จะแตกต่างกันในแบคทีเรียแต่ละชนิด และมีประโยชน์ในการจัดชนิดของแบคทีเรีย

แบ่งการจัดเรียงตัวเป็นกลุ่มของแบคทีเรียออกได้เป็น 7 แบบ (รูปที่ 1-5) ด้วยกันคือ

1. ดิพโพลคอคไค (diplococci) แบคทีเรียที่มีรูปร่างแบบทรงกลม แบ่งตัวในระนาบเดียว แล้วอยู่ติดกันสองเซลล์ เช่น *Diplococcus* sp.

2. สเตรปโตคอคไค (streptococci) แบคทีเรียที่มีรูปร่างแบบทรงกลมแบ่งตัวในระนาบเดียว แล้วอยู่ติดต่อกันเป็นเส้นยาว เช่น *Streptococcus* sp.

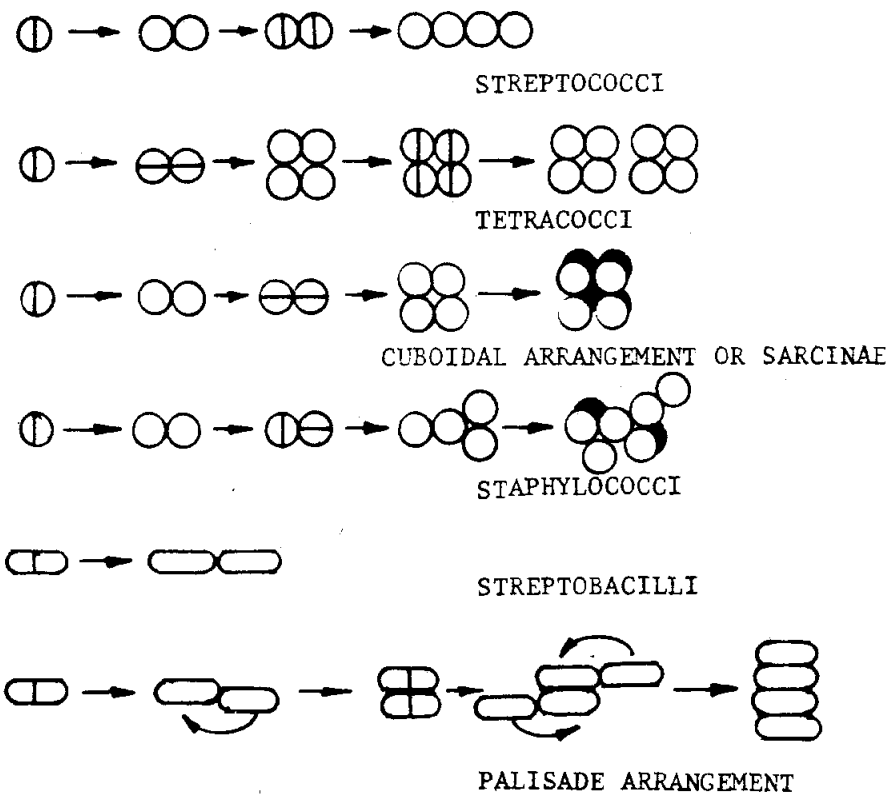
3. เตตระคอคไค (tetracocci) แบคทีเรียที่มีรูปร่างแบบทรงกลมแบ่งตัวสองระนาบตั้งฉากกันแล้วจับกลุ่มกันเป็นสี่เซลล์ เช่น *Lampropedia* sp.

4. คิวบอยดอลอะเรนจ์เม็นท์ (cuboidal arrangement หรือ sarcinae) แบคทีเรียที่มีรูปร่างแบบทรงกลม แบ่งตัวสามระนาบซึ่งตั้งฉากกัน แล้วเกิดเป็นกลุ่มแปดเซลล์รูปลูกบาศก์ เช่น *Sarcina* sp.

5. สแตปไฟโลคอคไค (staphylococci) แบคทีเรียที่มีรูปร่างแบบทรงกลม แบ่งตัวสามระนาบอยู่ในลักษณะต่างกัน ระนาบในการแบ่งตัวนี้เกิดขึ้นไม่เป็นระเบียบ และหลังจากแบ่งตัวแล้วเซลล์จับกันเป็นกลุ่มใหญ่ เช่น *Staphylococcus* sp.

6. สเตรปโตบาซิลไล (streptobacilli) แบคทีเรียที่มีรูปร่างเป็นท่อนมีระนาบในการแบ่งตัวอยู่ในแนวเดียว และหลังจากแบ่งตัวแล้วเซลล์จะต่อกันเป็นเส้นสายยาว เช่น *Bacillus* sp. และ *Lactobacillus* sp.

7. พาลิเซด (palisade) แบคทีเรียที่มีรูปร่างเป็นท่อนแบ่งตัวตามขวางแล้วหมุนมาซ้อนกันโดยมีด้านข้างเรียงชิดติดกันเป็นชั้น เช่น *Corynebacterium diphtheriae*



รูปที่ 1-5 ความสัมพันธ์ระหว่างระนาบในการแบ่งตัวกับลักษณะการจัดเรียงตัวเป็นกลุ่มของแบคทีเรีย

การจัดเรียงตัวเป็นกลุ่มของแบคทีเรียที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติเหล่านี้ อาจจะถูกทำลายได้ โดยสภาพแวดล้อมทางฟิสิกส์หรือทางเมคคานิก (mechanic) เช่น เราเลี้ยงแบคทีเรียในอาหารเหลวแล้วเขย่าเส้นสายของมันก็จะขาดออกจากกัน หรือเวลานำของเหลวที่มีเซลล์แบคทีเรีย

อยู่มาเกลี่ยลงบนสไลด์ก็จะทำให้เส้นสายของเซลล์แบคทีเรียขาดออกจากกันได้

การตั้งชื่อแบคทีเรีย

การตั้งชื่อแบคทีเรียจะต้องมีระเบียบและเป็นไปตามกฎเกณฑ์ซึ่งสมาคมจุลชีววิทยานานาชาติได้กำหนดไว้ดังต่อไปนี้

1. ชื่อวิทยาศาสตร์ ชื่อวิทยาศาสตร์ของแบคทีเรียประกอบด้วยคำ 2 คำตามระบบการตั้งชื่อตามแบบไบโนเมียล (binomial) คือ คำแรกเป็นชื่อของจีนัส (genus) คำที่สองเป็นชื่อของสปีชี่ (species) ชื่อจีนัสอาจจะมีรากศัพท์มาจากภาษาลาตินหรือกรีก และอาจจะมีเพศหญิง เพศชาย หรือเพศเป็นกลาง เช่น *Lactobacillus* (เพศชาย) *Erwinia* (เพศหญิง) และ *Clostridium* (เพศเป็นกลาง) เป็นต้น สำหรับการเขียนชื่อจีนัสต้องใช้อักษรตัวแรกเป็นตัวพิมพ์ใหญ่เสมอและสามารถเขียนชื่อจีนัสแบบย่อได้โดยนำเอาเพียงอักษรตัวแรกหรือ 2-3 อักษรตอนแรกมาใช้ แต่ในการเขียนแบบย่อนี้ควรเขียนอย่างเต็มก่อนเมื่อกล่าวถึงครั้งแรกในเรื่องนั้นหรือบทนั้น แล้วจึงเขียนย่อเมื่อกล่าวถึงทีหลัง ในกรณีที่นำชื่อจีนัสมาบรรยายรูปร่างลักษณะของแบคทีเรีย ไม่จำเป็นต้องเขียนอักษรตัวแรกเป็นตัวพิมพ์ใหญ่ เช่น *Streptococcus* หมายถึงจีนัสของแบคทีเรีย แต่ streptococcus หมายถึงแบคทีเรียซึ่งมีรูปร่างเป็นรูปทรงกลมต่อกันเป็นเส้นสาย ส่วนชื่อสปีชี่จะมีเพศสอดคล้องกับเพศของชื่อจีนัส ไม่ต้องใช้อักษรตัวแรกเป็นตัวพิมพ์ใหญ่และเขียนย่อไม่ได้ ทั้งชื่อจีนัสและสปีชี่ของแบคทีเรียนี้จะต้องพิมพ์ตัวเอนหรือเขียนหรือพิมพ์ธรรมดาแล้วขีดเส้นใต้ที่แต่ละคำ เช่น *Streptococcus bovis* หรือ <u>Streptococcus bovis</u> เป็นต้น

ชื่อวิทยาศาสตร์ของแบคทีเรียมักจะชี้จุดเด่นเฉพาะบางอย่างของแบคทีเรีย ซึ่งถ้าเข้าใจหรือรู้ถึงความเป็นมาแล้วจะทำให้จดจำชื่อได้ง่าย และเข้าใจเกี่ยวกับแบคทีเรียได้ดียิ่งขึ้น เช่น แสดงถึงผู้ค้นพบ (Escherich เป็นผู้ค้นพบ *Escherichia* sp.)แสดงรูปร่างของเซลล์ (*Bacillus* = ท่อนเล็ก) แสดงการเรียงตัวของเซลล์ (*Sarcina* = เป็นกลุ่ม)

แสดงการสร้างรงควัตถุ (*Staphylococcus aureus* = *Staphylococcus* ที่สร้างรงควัตถุสีทอง) แสดงต้นกำเนิดหรือที่อยู่อาศัย (*Escherichia coli* = *Escherichia* ที่อาศัยตรงบริเวณลำไส้ใหญ่) แสดงการก่อให้เกิดโรค (*Salmonella typhi* = *Salmonella* ที่เป็นสาเหตุของไข้ไทฟอยท์) แสดงคุณสมบัติทางชีวเคมี (*Bacillus thiaminolyticus* = *Bacillus* ที่ย่อยสลาย thiamine) เป็นต้น

ในกรณีที่แบคทีเรียในสปีชี่เดียวกันมีความแตกต่างกัน แต่ยังไม่แตกต่างถึงขั้นที่จะจัดเป็นสปีชี่ใหม่ ก็จะจัดสปีชี่ออกไปเป็นวาไรที (variety) ต่าง ๆ เช่น *Streptococcus lactis* var *hollandicus* เป็นตัวการทำให้นมเปรี้ยวมีลักษณะหนืด *Streptococcus lactis* var *maligenes* เป็นตัวการทำให้นมเปรี้ยวมีกลิ่นคล้ายข้าวหมักหรือกลิ่นคล้ายของหวาน

2. ชื่อสามัญ แบคทีเรียหลายชนิดที่มีการศึกษากันอย่างกว้างขวางและกล่าวถึงกันบ่อย ๆ จะมีชื่อสามัญเกิดขึ้น ชื่อแบบนี้สะดวกในการใช้และเป็นสื่อความหมายมากกว่าชื่อวิทยาศาสตร์ เช่น โคลอนบาซิลลัส (colon bacillus) แสดงให้ทราบว่าเป็นแบคทีเรียที่ปกติพบในลำไส้ใหญ่มากกว่า *Escherichia coli*

การจัดชนิดของแบคทีเรีย (identification of bacteria)

การจัดชนิดของแบคทีเรีย คือ การศึกษาเพื่อตรวจหาจีนัสและสปีชี่ของมันโดยทำการแยกแบคทีเรียให้เป็นเชื้อบริสุทธิ์ (pure culture) เสียก่อน แล้วนำเชื้อแบคทีเรีย (culture) ซึ่งประกอบด้วยแบคทีเรียหลาย ๆ ล้านตัวที่เจริญเติบโตมาจากเซลล์เดียวกัน มาทำการตรวจสอบและทดลองลักษณะต่าง ๆ ให้มากเพียงพอ รวบรวมผลนำไปเปรียบเทียบกับรายละเอียดของแบคทีเรียชนิดต่าง ๆ ที่ได้ทำการศึกษาไว้ หนังสือที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายสำหรับเปรียบเทียบรายละเอียดเพื่อจัดชนิดของแบคทีเรียได้แก่ Bergey 's Manual of Determinative Bacteriology ซึ่งเป็นหนังสือที่ตัดสินหรือวินิจฉัยชนิดของแบคทีเรีย โดยไม่ได้อาศัยพื้นฐานทาง

วิวัฒนาการ (phylogenetic scheme) แต่อาศัยผลที่ได้จากการศึกษาทดลอง

การเปรียบเทียบรายละเอียดของแบคทีเรียกับหนังสือนอกจากจะทำให้ทราบชนิดของแบคทีเรีย และทำให้เกิดการจัดแบคทีเรียที่มีความสัมพันธ์กันออกเป็นหมวดหมู่หรือกลุ่มแล้ว ในบางครั้งยังพบว่าแบคทีเรียที่ทำการศึกษามิได้มีลักษณะและคุณสมบัติเหมือนกับแบคทีเรียที่ได้ศึกษามาก่อน เนื่องจากยังมีแบคทีเรียอีกหลายชนิดที่ยังไม่ได้ทำการศึกษาและบรรยายรายละเอียดไว้ในหนังสือ ดังนั้นจึงอาจจะจัดตั้งเป็นแบคทีเรียชนิดใหม่หรือสายพันธุ์ใหม่ขึ้นได้ สำหรับลักษณะสำคัญของแบคทีเรียที่ต้องทำการตรวจสอบและทดลองเพื่อนำมาใช้ในการจัดชนิดของแบคทีเรีย มีดังต่อไปนี้

1. ลักษณะทางสัณฐานวิทยาและการติดสีที่ตรวจสอบจากกล้องจุลทรรศน์ เป็นการศึกษารูปร่าง ขนาด โครงสร้าง การจัดเรียงตัวเป็นกลุ่มและการติดสีของเซลล์แบคทีเรียโดยใช้กล้องจุลทรรศน์ วิธีการย้อมสีที่นิยมนำมาใช้เพื่อตรวจสอบการติดสีของเซลล์แบคทีเรียและนับว่ามีประโยชน์มากในการช่วยจัดชนิดของแบคทีเรียมีดังนี้

1.1 การย้อมให้เห็นความแตกต่าง (differential stain) เป็นการย้อมสีเพื่อแสดงให้เห็นแบบเฉพาะของเซลล์ โดยใช้สีสองอย่าง คือ เริ่มต้นย้อมด้วยสีแรก (primary stain) แล้วตามด้วยส่วนที่ทำให้สีติดแน่นกับเซลล์แบคทีเรียยิ่งขึ้นและส่วนที่ล้างหลังจากนั้นจึงตามด้วยสีที่สอง (secondary stain) หรือสีย้อมทับ (counterstain)

1.1.1 การย้อมแบบทนกรด (acid-fast stain) แบคทีเรียบางชนิดมีไขมันอยู่ปริมาณมากภายในเซลล์ ทำให้ย้อมติดสียากและเมื่อย้อมติดสีแล้วก็จะปล่อยออกยาก เช่น *Mycobacterium tuberculosis* และ *Mycobacterium leprae* การย้อมแบบทนกรดจึงเหมาะสมสำหรับแบคทีเรียที่มีคุณสมบัติดังกล่าวและทำได้หลายวิธี แต่ที่นิยมกันโดยทั่วไปได้แก่ วิธีคาร์บอลฟุคซิน (carbolfuchsin) ของ Ziehl-Neelsen วิธีนี้ทำการย้อมสีครั้งแรกด้วยคาร์บอลฟุคซิน แล้วใช้ความร้อนจากไอน้ำช่วยให้สีติดแน่นกับเซลล์แบคทีเรียดีขึ้น ต่อมาล้างสีออกด้วยแอลกอฮอล์ที่ผสมกรดซัลฟุริคหรือกรดเกลือ แล้วย้อมทับด้วยสีเมธิลีนบลู (methylene

blue) เพื่อแสดงให้เห็นความแตกต่างของเซลล์ที่ทนกรดกับเซลล์ไม่ทนกรด แบคทีเรียที่ทนกรด (acid-fast bacteria) จะติดสีแดง ส่วนพวกที่ไม่ทนกรด (non acid-fast bacteria) จะติดสีน้ำเงิน

1.1.2 การย้อมแบบแกรม (gram stain) วิธีการย้อมแบบนี้ใช้กันแพร่หลายมากที่สุด เริ่มต้นด้วยการใช้สีคริสตัลไวโอเล็ต (crystal violet) ซึ่งเป็นสีเบสิก (basic dye) แล้วตามด้วยสารละลายไอโอดีนซึ่งทำหน้าที่ประหนึ่งเป็นตัวช่วยให้เซลล์แบคทีเรียติดสีดียิ่งขึ้น เรียกว่า มอร์แด้นท์ (mordant) ต่อมาล้างสีออกด้วยแอลกอฮอล์ (decolorizing agent) ย้อมทับด้วยสีเบสิกซึ่งมีสีแตกต่างจากสีที่ใช้ย้อมครั้งแรก เช่น ซาฟรานิน (safranin) แบคทีเรียซึ่งติดสีม่วงของคริสตัลไวโอเล็ต เป็นพวกแกรมบวก (gram - positive) แบคทีเรียซึ่งติดสีแดงของซาฟรานิน หรือสีที่ใช้ย้อมทับ เป็นพวกแกรมลบ (gram - negative) ส่วนแบคทีเรียซึ่งติดทั้งสีม่วงและสีแดงหรือสีที่ใช้ย้อมทับ เป็นพวกแกรมแปรได้ (gram - variable)

1.2 การย้อมสีโครงสร้างของเซลล์ (structural stain) เป็นการย้อมสีเพื่อทำให้สามารถเห็นโครงสร้างบางอย่างของเซลล์ หรือเห็นได้ชัดเจนขึ้น เมื่อใช้กล้องจุลทรรศน์แสงสว่างที่ใช้แสงธรรมดา

1.2.1 การย้อมแคปซูล (capsule) แคปซูลของแบคทีเรียมีลักษณะเป็นเมือกใสคล้ายวุ้น ย้อมติดสียากกว่าตัวเซลล์ของแบคทีเรียและสังเกตเห็นได้ยาก เมื่อดูด้วยกล้องจุลทรรศน์แสงสว่างที่ใช้แสงธรรมดา ดังนั้นในการตรวจสอบแคปซูลจึงต้องทำการย้อมสีให้แคปซูลมีสีแตกต่างจากสภาพแวดล้อมและตัวเซลล์ของแบคทีเรีย วิธีการย้อมสีที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย คือ วิธีของ Anthony ซึ่งใช้สีคริสตัลไวโอเล็ตหยดลงบนบริเวณที่เกลี่ยเชื้อไว้บนสไลด์ แล้วล้างสีออกด้วยสารละลายคอพเพอซัลเฟต (copper sulfate) แคปซูลจะติดสีน้ำเงินอ่อนส่วนเซลล์แบคทีเรียจะติดสีม่วงเข้ม

1.2.2 การย้อมเอ็นโดสปอร์ วิธีการย้อมสีเอ็นโดสปอร์ที่นิยมใช้กันแพร่หลาย ได้แก่ วิธีของ Schaeffer และ Fulton ซึ่งใช้สีมาลาไค้ทกรีน (malachite green) หยดให้ท่วมบริเวณที่เกลี่ยเชื้อไว้บนสไลด์ แล้วใช้ความร้อนช่วยให้อนุภาคของสีผ่านเข้าไปในสปอร์ทำให้สปอร์ติดสีได้ ต่อมาล้างด้วยน้ำ ย้อมทับด้วยสีซาฟรานิน เอ็นโดสปอร์จะติดสีเขียวส่วนเซลล์แบคทีเรียจะติดสีแดง

1.2.3 การย้อมแฟลกเจลล่า ปกติแฟลกเจลล่าของแบคทีเรียจะมีเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กมาก ไม่สามารถมองเห็นได้เมื่อใช้กล้องจุลทรรศน์แสงสว่างที่ใช้แสงธรรมดา ดังนั้นในการตรวจสอบการมีแฟลกเจลล่าและลักษณะของแฟลกเจลล่าของแบคทีเรียจึงต้องใช้มอร์แด้นท์บางชนิดเพื่อไปเคลือบแฟลกเจลล่าให้มีขนาดโตขึ้น แล้วย้อมสีแฟลกเจลล่าด้วยคาร์บอลฟุคซิน ซึ่งจะทำให้สามารถเห็นแฟลกเจลล่าได้ชัดเจนโดยใช้กล้องจุลทรรศน์แสงสว่างที่ใช้แสงธรรมดา

2. ลักษณะการเจริญเติบโตบนอาหาร ลักษณะการเจริญเติบโตของแบคทีเรียบนอาหารที่ควรจะบันทึกเอาไว้ ได้แก่ ลักษณะโคโลนีบนอาหารแข็ง เช่น ขนาด รูปร่าง สี เป็นมันหรือด้าน มีเมือกหรือไม่มีเมือกและลักษณะการสะท้อนหรือยอมให้แสงผ่าน ลักษณะการเจริญเติบโตในอาหารเหลว เช่น เจริญตลอดทั่วทั้งอาหารเหลวนั้น แล้วทำให้อาหารเหลวขุ่น หรืออาจจะตกตะกอนอยู่ที่ก้นของอาหารเหลวหรืออาจจะเจริญเติบโตเฉพาะตรงบริเวณผิวของอาหารเหลว

3. สภาวะแวดล้อมทางฟิสิกส์ แบคทีเรียที่มีลักษณะทางสรีระวิทยา (physiology) ไม่เหมือนกันจะต้องการสภาวะแวดล้อมทางฟิสิกส์แตกต่างกัน สภาวะแวดล้อมทางฟิสิกส์ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย ได้แก่ ออกซิเจนและอุณหภูมิ ซึ่งจากการทดลองเพาะเลี้ยงแบคทีเรียบนอาหารเลี้ยงเชื้อในสภาวะแวดล้อมทางฟิสิกส์ต่าง ๆ จะทำให้ทราบว่าแบคทีเรียชนิดนั้นเป็นพวกที่ต้องการออกซิเจนสำหรับการเจริญเติบโต ถ้าไม่มีออกซิเจนมันจะเจริญเติบโตไม่ได้ (obligate aerobe) หรือเป็นพวกที่ไม่ต้องการออกซิเจนสำหรับการเจริญเติบโต ถ้ามีออกซิเจนมันจะเจริญเติบโตไม่ได้ (obligate anaerobe) หรือเป็นพวกที่สามารถเจริญเติบโตได้ทั้งในที่มีและไม่มีออกซิเจน (facultative anaerobe) หรือเป็นพวกที่ต้องการออกซิเจนเพียงเล็กน้อยสำหรับ

การเจริญเติบโต (microaerophilic bacteria) สำหรับอุณหภูมิ แบคทีเรียบางชนิดจะเจริญเติบโตได้ในช่วงอุณหภูมิประมาณ 37-80°ซ. (thermophilic bacteria) แบคทีเรียบางชนิดจะเจริญเติบโตได้ในช่วงอุณหภูมิประมาณ 0-30°ซ. (psychrophilic bacteria) ในขณะที่แบคทีเรียชนิดอื่น ๆ จะเจริญเติบโตได้ในช่วงอุณหภูมิประมาณ 10-52°ซ. (mesophilic bacteria)

4. ลักษณะทางชีวเคมีหรือเมตาบอลิซึม เป็นความสามารถของแบคทีเรียในการใช้สารประกอบชนิดต่าง ๆ เพื่อการดำรงค์ชีพ รวมทั้งรายละเอียดของการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีและชนิดของสารซึ่งได้ในขั้นสุดท้ายของกระบวนการเมตาบอลิซึม

5. ลักษณะส่วนประกอบทางเคมี เป็นการศึกษาหรือวิเคราะห์ถึงลักษณะส่วนประกอบทางเคมีของโครงสร้างต่าง ๆ ของเซลล์แบคทีเรีย เช่น ส่วนประกอบทางเคมีของผนังเซลล์ ส่วนประกอบทางเคมีของเยื่อเซลล์ และส่วนประกอบทางเคมีของ DNA เป็นต้น สำหรับส่วนประกอบทางเคมีของ DNA มักคิดเป็นโมลเปอร์เซ็นต์ของกัวนีน (guanine) และไซโตซีน (cytosine) ต่อจำนวนโมลของเบสทั้งหมด ซึ่งแบคทีเรียแต่ละชนิดจะมีค่าดังกล่าวนี้แตกต่างกัน เช่น *Lactobacillus homohiochii, Lactobacillus acidophilus, Nocardia transvalensis* และ *Nocardia coeliaca* มีโมลเปอร์เซ็นต์ของกัวนีนและไซโตซีน (mole % G + C) ต่อจำนวนโมลของเบสทั้งหมดเท่ากับ 46.0, 36.7 $\pm$ 0.7, 69.0 และ 63.0 ตามลำดับ

6. ลักษณะการเป็นแอนติเจน (antigen) เป็นการตรวจสอบคุณสมบัติการเป็นแอนติเจนของเซลล์แบคทีเรียหรือของส่วนประกอบบางส่วนของเซลล์แบคทีเรีย โดยอาศัยหลักที่ว่าเซลล์แบคทีเรียแต่ละชนิดมีแอนติเจนแตกต่างกัน และเมื่อฉีดสารที่เป็นแอนติเจนเข้าไปในสัตว์ทดลองสารที่เป็นแอนติเจนจะสามารถกระตุ้นให้สัตว์ทดลองสร้างแอนติบอดี้ (antibody) ขึ้นในซีรั่ม (serum) ซึ่งแอนติบอดี้ที่สร้างขึ้นนี้จะทำปฏิกริยาเฉพาะกับแอนติเจนที่เป็นตัวกระตุ้นให้เกิดขึ้นหรือแอนติเจนที่มีสูตรโครงสร้างทางเคมีใกล้เคียงกันมากเท่านั้น

7. ลักษณะในการก่อให้เกิดโรคแก่สัตว์ เป็นการตรวจสอบความสามารถของแบคทีเรียซึ่งเป็นสาเหตุของโรค โดยฉีดสารละลายที่มีเซลล์แบคทีเรียเข้าไปในสัตว์ทดลอง แล้วสังเกตอาการ หรือสร้างความต้านทาน (immunizing) ให้สัตว์ทดลองก่อนโดยฉีดสารละลายที่มีเซลล์แบคทีเรียเป็น ๆ ซึ่งทำให้อ่อนแอลงแล้ว (attenuated bacteria) หรือแอนตี้ทอกซิน (antitoxin) เข้าไปในสัตว์ทดลอง หลังจากนั้นจึงฉีดสารละลายที่มีเซลล์แบคทีเรียซึ่งต้องการตรวจสอบเข้าไป แล้วตรวจสอบความสามารถในการป้องกันมิให้เกิดโรคอย่างไรก็ตาม การใช้ลักษณะในการก่อให้เกิดโรคแก่สัตว์ช่วยจัดชนิดของแบคทีเรียนี้มีขอบเขตจำกัด และเหมาะสมกับแบคทีเรียซึ่งเป็นสาเหตุของโรคบางชนิด ทั้งนี้เนื่องจากแบคทีเรียบางชนิดเมื่อนำมาเพาะเลี้ยงในห้องปฏิบัติการนาน ๆ ก็จะสูญเสียความสามารถที่จะก่อให้เกิดโรคไป

การจัดหมวดหมู่ของแบคทีเรีย

การจัดหมวดหมู่ของแบคทีเรีย คือ การจัดการอย่างมีระเบียบเพื่อแบ่งแยกแบคทีเรียออกเป็นหมวดหมู่หรือเป็นกลุ่มย่อย โดยอาศัยความคล้ายคลึงกันหรือเหมือนกันหลาย ๆ ลักษณะ ประเทศสหรัฐอเมริกาและประเทศอื่น ๆ หลายประเทศใช้ระบบการจัดหมวดหมู่ของแบคทีเรียตามหนังสือ Bergey 's Manual of Determinative Bacteriology ซึ่งจัดพิมพ์ครั้งแรกในปี ค.ศ. 1923 และได้มีการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงเรื่อยมา จนกระทั่งครั้งหลังสุดในปี ค.ศ. 1974 ได้จัดพิมพ์ครั้งที่ 8 ขึ้น ในการพิมพ์ครั้งที่ 8 นี้ แบคทีเรียทั้งหมดที่ได้ทำการศึกษาถูกแบ่งออกเป็น 18 หมวดหมู่หรือ 18 กลุ่ม แต่ละหมวดหมู่หรือแต่ละกลุ่มมีรูปร่างลักษณะและคุณสมบัติต่าง ๆ ที่สำคัญดังต่อไปนี้

1. โฟโตโทรฟิคแบคทีเรีย เซลล์มีรูปร่างเป็นแบบทรงกลม รูปท่อนหรือเป็นเกลียวแกรมลบ เคลื่อนที่ได้ (motile) หรือเคลื่อนที่ไม่ได้ (non - motile) ในกรณีซึ่งเคลื่อนที่ได้จะมีแฟลกเจลล่าอยู่ที่ปลายข้างหนึ่งหรือทั้งสองข้างของเซลล์หรือมีแฟลกเจลล่ารอบเซลล์ เมื่อเจริญเติบโตอยู่ในอาหารเหลวอาจจะทำให้มีสีม่วง สีแดง สีส้มปนน้ำตาล สีม่วงปนแดงหรือสีเขียว

ทั้งนี้แล้วแต่ชนิดของรงควัตถุที่อยู่ภายในเซลล์ ปกติมีการสืบพันธุ์โดยการแบ่งเซลล์ตามขวาง แต่บางชนิดสามารถมีการสืบพันธุ์โดยการแตกหน่อด้วย มีคุณสมบัติเป็นพวกแฟคคัลเตตีบแอนแอโรบซึ่งสามารถสังเคราะห์แสงได้ในสภาวะแอนแอโรบ โดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์เป็นแหล่งคาร์บอน ใช้สารประกอบอนินทรีย์อื่น ๆ ที่ไม่ใช่น้ำหรือสารประกอบอินทรีย์ต่าง ๆ เป็นตัวรีดิวซ์ หรือ ตัวให้อิเล็กตรอน ดังนั้นในการสังเคราะห์แสงจึงไม่มีแก๊สออกซิเจนเกิดขึ้น ภายในเซลล์มีรงควัตถุ ซึ่งทำหน้าที่สังเคราะห์แสง เช่น แบคเทอริโอคลอโรฟิลและคาโรทีนอยด์ (carotenoid)

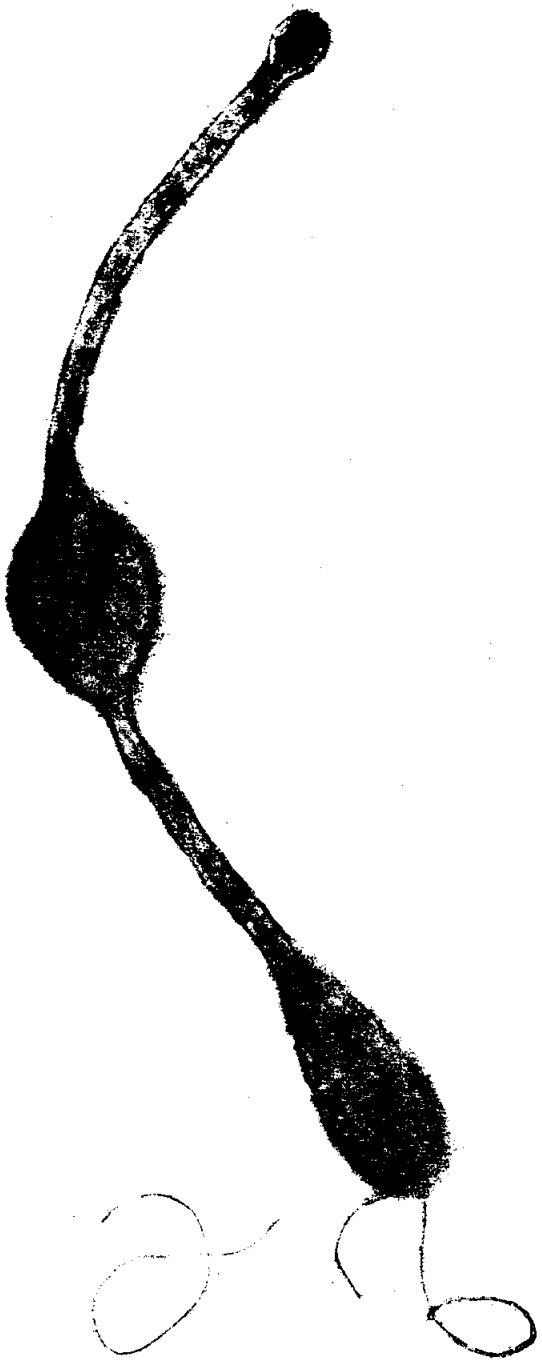
2. ไกลดิ่งแบคทีเรีย (gliding bacteria) เซลล์มีรูปร่างเป็นท่อนและมีเมือกเหนียว ๆ หุ้มรอบเซลล์ แกรมลบ ไม่มีอวัยวะช่วยในการเคลื่อนที่ แต่เมื่อเพาะเลี้ยงบนอาหารแข็งสามารถเคลื่อนที่ได้โดยการไกลดิ่งบนผิวของอาหาร และถ้าอาหารแข็งนั้นเหมาะสมต่อการเจริญเติบโต เซลล์ก็จะแบ่งตัวตามขวางเกิดโคโลนีบาง ๆ แพร่กระจายออกไปอย่างรวดเร็ว เซลล์ในโคโลนีส่วนใหญ่จะสร้างเซลล์พัก (resting cell) เรียกว่า มายโซสปอร์ (myxospore) ซึ่งอาจจะมีลักษณะคล้าย กับเวเจ็ทเตตีบเซลล์ (vegetative cell) หรืออาจจะมีลักษณะแตกต่างออกไป คือ เซลล์จะสั้นเข้าเป็นรูปกลมหรือรูปไข่ ผนังเซลล์หนาขึ้นและสะท้อนแสงได้ดี เซลล์พักนี้จะมารวมตัวกันเพื่อสร้างโครงสร้างพิเศษ (fruiting body) ซึ่งมักจะมีสีสดและมีขนาดใหญ่พอที่จะเห็นได้ด้วยตาเปล่า แบคทีเรียในกลุ่มนี้มีคุณสมบัติเป็นพวกเค็มไมออแกโนโทรฟิคแบคทีเรียและแอโรบิคแบคทีเรีย

3. ชีธด์แบคทีเรีย (sheathed bacteria) เซลล์มีรูปร่างเป็นท่อน แกรมลบ อาจจะอยู่เซลล์เดียวเดี่ยว ๆ หรือเรียงตัวต่อกันเป็นเส้นสาย เซลล์ที่เรียงตัวต่อกันเป็นเส้นสายจะมีชีธด์ซึ่งเป็นสารประกอบอินทรีย์มาห่อหุ้ม บางสปีชีส์ชีธด์ที่ห่อหุ้มนี้อาจจะมีแมงกานีสออกไซด์ (manganese oxide) หรือเหล็กรวมอยู่ด้วย ในกรณีดังกล่าวนี้อาจเรียกอีกอย่างหนึ่งได้ว่า แมงกานีสแบคทีเรีย (manganese bacteria) หรือ ไอร์อนแบคทีเรีย (iron bacteria) แบคทีเรียในกลุ่มนี้มีคุณสมบัติเป็นพวกเค็มไมออแกโนโทรฟิคแบคทีเรียและแอโรบิคแบคทีเรีย ซึ่ง

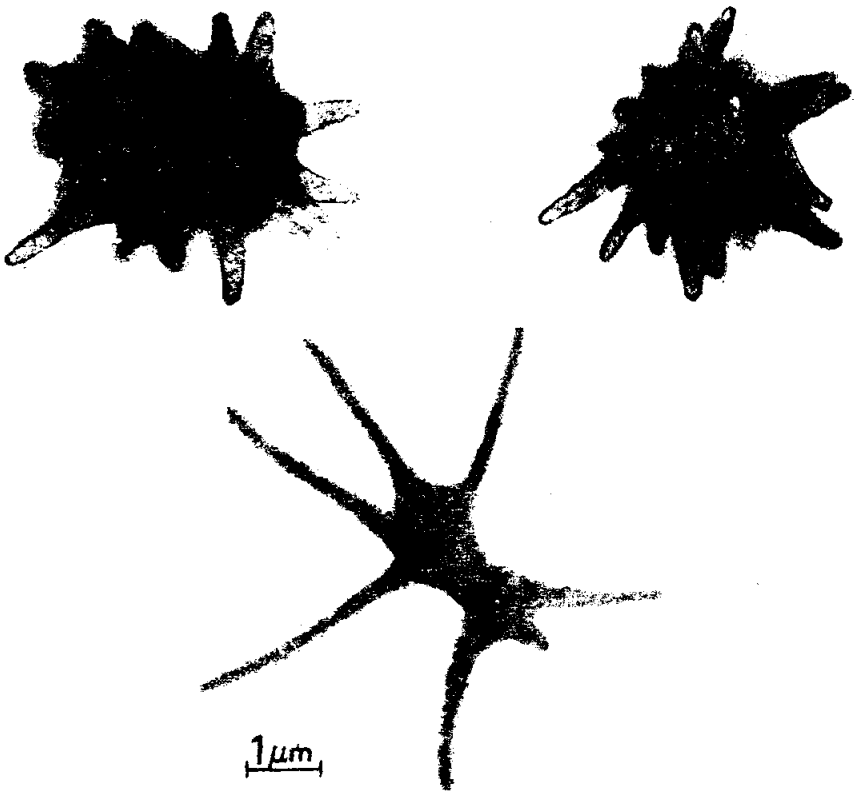
อาจจะเคลื่อนที่ได้หรือเคลื่อนที่ไม่ได้ ในกรณีซึ่งเคลื่อนที่ได้จะมีแฟลกเจลล่าหรือแฟลกเจลลั่มอยู่ที่ปลายหรือใกล้ปลายของเซลล์

4. แบคทีเรียที่มีการแตกหน่อและ/หรือสร้างแอ็พแพ็นเด็จด์ (budding and or appendaged bacteria) เซลล์มีรูปร่างเป็นท่อน รูปทรงกลม รูปไข่หรือรูปคล้ายลูกแพร์ แกรมลบ เคลื่อนที่ได้หรือเคลื่อนที่ไม่ได้ ในกรณีซึ่งเคลื่อนที่ได้จะมีแฟลกเจลลั่มอยู่ที่ปลายของเซลล์ มีคุณสมบัติเป็นพวกเค็มโมออแกโนโทรฟิคแบคทีเรีย แอโรบิคแบคทีเรีย แฟคคัลเตตีบแอนแอโรบิคแบคทีเรียหรือไมโครแอโรฟิลิคแบคทีเรีย ในขณะที่เจริญเติบโตอาจยื่นเส้นใยต่อออกไป เซลล์ใหม่จะเกิดขึ้นโดยการแตกหน่อตรงส่วนปลายเส้นใย ดังรูปที่ 1-6 หลังจากแตกหน่อแล้วเซลล์แต่ละเซลล์อาจจะแยกออกจากกันหรือยังคงต่อกันอยู่ด้วยเส้นใยเหล่านั้น แบคทีเรียบางชนิดในกลุ่มนี้อาจจะมารวมกันเป็นกลุ่มโดยมีสทอคยื่นออกมาในแนวเดียวกับแกนกลางของเซลล์ เพื่อทำหน้าที่ยึดเกาะกับสับสเตรต (substrate) ในบริเวณเดียวกัน ในขณะที่แบคทีเรียบางชนิดมีสทอคเทียม (pseudostalk) ยื่นออกมา สทอคเทียมที่ยื่นออกมานี้ไม่สามารถทำหน้าที่ยึดเกาะกับสับสเตรต แต่แบคทีเรียจะมีสารตรงบริเวณใกล้ปลายของเซลล์ทำให้เซลล์ยึดเกาะกันเป็นกลุ่มได้ แบคทีเรียบางชนิดมีพรอสธีชียื่นออกมารอบเซลล์ดังรูปที่ 1-7 และเซลล์ใหม่จะเกิดขึ้นโดยการแตกหน่อตรงส่วนเซลล์เดิมหรือโดยการแบ่งตัวตามขวาง

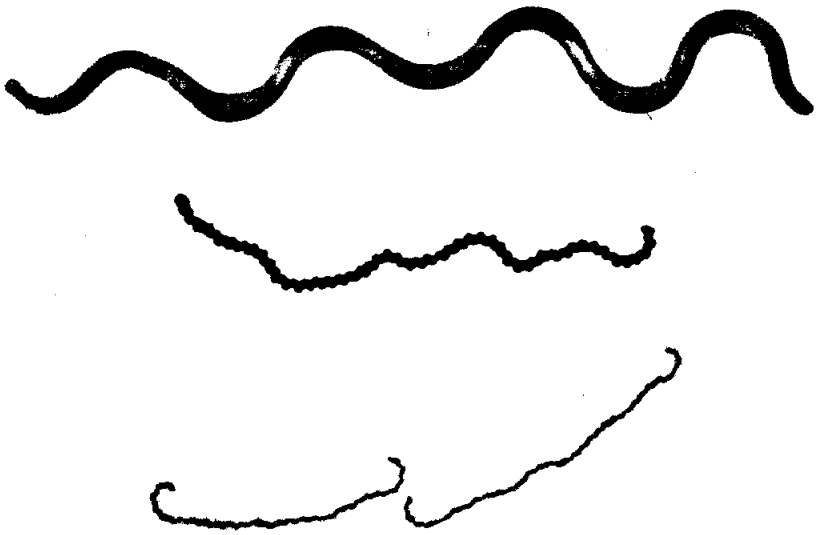
5. สไปโรชีตส์ (spirochetes) เซลล์มีรูปร่างผอมยาวเป็นเกลียว ตรงส่วนปลายของเซลล์อาจจะตรงหรือโค้งเข้าหาเซลล์ดังรูปที่ 1-8 แกรมลบ เพิ่มจำนวนได้โดยการแบ่งตัวตามขวาง เคลื่อนที่ได้โดยการหมุนตัวและยืดหดตัวของเซลล์ มีคุณสมบัติเป็นพวกเค็มโมออแกโนโทรฟิคแบคทีเรีย แอโรบิคแบคทีเรีย แฟคคัลเตตีบแอนแอโรบิคแบคทีเรียหรือแอนแอโรบิคแบคทีเรีย



รูปที่ 1-6 การแตกหน่อตรงส่วนปลายเส้นใย



รูปที่ 1-7 ลักษณะของพรอสธีชีที่ยื่นออกมารอบเซลล์



รูปที่ 1-8 ลักษณะเซลล์ของสไปโรขีตส์

6. แบคทีเรียรูปเกลียวและรูปโค้ง (spiral and curved bacteria) เซลล์มีรูปร่างผอมยาว เป็นเกลียวหรือเป็นท่อนโค้ง แกรมลบ เคลื่อนที่ได้โดยการหมุนตัว ของเซลล์ ซึ่งคล้ายกับการหมุนตัวของสว่าน และมีแฟลกเจลลัมหรือแฟลกเจลล่าอยู่ที่ปลายข้างหนึ่งหรือทั้งสองข้างของเซลล์ช่วยในการเคลื่อนที่ มีคุณสมบัติเป็นพวกเค็มโมออแกโนโทรฟิคแบคทีเรีย แอโรบิค-แบคทีเรีย ไมโครแอโรฟิลิคแบคทีเรียหรือแอนแอโรบิคแบคทีเรีย แบคทีเรียในกลุ่มนี้บางชนิดจะสามารถสร้างรงควัตถุซึ่งมีสีเหลืองปนเขียวละลายน้ำได้ดีและเรืองแสง

7. แอโรบิคร็อดและคอคไค แกรมลบ (gram-negative aerobic rods and cocci) เซลล์มีรูปร่างเป็นท่อนตรง ท่อนโค้ง รูปไข่หรือทรงกลม อาจจะอยู่เดี่ยว ๆ เป็นคู่หรือต่อกันเป็นเส้นสายสั้น ๆ แกรมลบหรือแกรมแปรได้ เคลื่อนที่ได้หรือเคลื่อนที่ไม่ได้ ในกรณีซึ่ง

เคลื่อนที่ได้จะมีแฟลกเจลลั่มหรือแฟลกเจลล่าอยู่ที่ปลายข้างหนึ่งหรือทั้งสองข้างของเซลล์ หรือมีแฟลกเจลล่ารอบเซลล์ มีคุณสมบัติเป็นพวกเค็มไมออแกโนโทรฟิคแบคทีเรียหรือแฟคคัลเตตีบเค็มไมโลโธโทรฟิคแบคทีเรีย แอโรบิคแบคทีเรียหรือแฟคคัลเตตีบแอนแอโรบิคแบคทีเรีย บางชนิดมีฟิมเบรีย (fimbriae) และบางชนิดสร้างรงควัตถุที่เรืองแสง

8. แฟคคัลเตตีบลี่แอนแอโรบิคร็อด แกรมลบ (gram-negative facultatively anaerobic rods) เซลล์มีรูปร่างเป็นท่อนตรงหรือท่อนโค้ง อยู่เดี่ยว ๆ เป็นคู่หรือต่อกันเป็นเส้นสายสั้น ๆ แกรมลบ ไม่สร้างสปอร์ อาจจะมี แคปซูลหุ้มรอบเซลล์ หรืออาจจะสร้างเส้นใย เคลื่อนที่ได้หรือเคลื่อนที่ไม่ได้ ในกรณีซึ่งเคลื่อนที่ได้จะมีแฟลกเจลลั่มหรือแฟลกเจลล่าอยู่ที่ปลายข้างหนึ่งหรือทั้งสองข้างของเซลล์ หรือมีแฟลกเจลล่ารอบเซลล์ มีคุณสมบัติเป็นพวกเค็มไมออแกโนโทรฟิคแบคทีเรียและแฟคคัลเตตีบแอนแอโรบิคแบคทีเรีย

9. แอนแอโรบิคแบคทีเรีย แกรมลบ (gram-negative anaerobic bacteria) เซลล์มีรูปร่างเป็นท่อนหรือมีรูปร่างได้หลายแบบ (pleomorphism) แกรมลบ ไม่สร้างสปอร์ เคลื่อนที่ได้หรือเคลื่อนที่ไม่ได้ ในกรณีซึ่งเคลื่อนที่ได้จะมีแฟลกเจลล่ารอบเซลล์ มีคุณสมบัติเป็นพวกเค็มไมออแกโนโทรฟิคแบคทีเรีย และแอนแอโรบิคแบคทีเรีย

10. คอคไคและคอคไคบาซิลไล แกรมลบ (gram-negative cocci and coccobacilli) เซลล์มีรูปร่างเป็นแบบทรงกลมหรือเป็นท่อนสั้น ๆ อยู่เดี่ยว ๆ เป็นคู่ ต่อกันเป็นเส้นสายสั้น ๆ หรือเกาะกันเป็นกลุ่ม แกรมลบ ไม่สร้างสปอร์ ไม่มีแฟลกเจลล่าช่วยในการเคลื่อนที่ แต่บางชนิดอาจจะเคลื่อนที่บนผิวของอาหารแข็งได้โดยการบิดตัวของเซลล์ บางชนิดอาจจะสร้างรงควัตถุ มีคุณสมบัติเป็นพวกเค็มไมออแกโนโทรฟิคแบคทีเรียและแอโรบิคแบคทีเรีย

11. แอนแอโรบิคคอคไค แกรมลบ (gram-negative anaerobic cocci) เซลล์มีรูปร่างเป็นแบบทรงกลมหรือรูปไข่ อยู่เดี่ยว ๆ เป็นคู่ เป็นเส้นสายสั้น ๆ หรือเกาะกันเป็นกลุ่ม แกรมลบ ไม่สร้างสปอร์ ไม่มีแฟลกเจลล่า เคลื่อนที่ไม่ได้มีคุณสมบัติเป็นพวกเค็มไม

ออแกโนโทรฟิคแบคทีเรียและแอนแอโรบิคแบคทีเรีย

12. เค็มโมไลโธโทรฟิคแบคทีเรีย แกรมลบ (gram-negative chemolithotrophic bacteria) เซลล์มีรูปร่างเป็นแบบทรงกลม รูปท่อนหรือเป็นเกลียว แกรมลบ เคลื่อนที่ได้หรือเคลื่อนที่ไม่ได้ ในกรณีซึ่งเคลื่อนที่ได้จะมีแฟลกเจลล่าอยู่ใกล้ปลายข้างหนึ่งหรือทั้งสองข้างของเซลล์ หรือมีแฟลกเจลล่ารอบเซลล์ ไม่สร้างสปอร์ อาจจะมีแคปซูลหุ้มรอบเซลล์ และภายในแคปซูลมีเหล็กหรือแมงกานีสออกไซด์เป็นส่วนประกอบ ได้รับพลังงานจากการออกซิไดส์สารประกอบไนโตรเจนหรือสารประกอบซัลเฟอร์ เช่น ไนไตรต์ (nitrite) แอมโมเนีย ไฮดรอกซิลามีน (hydroxylamine) ซัลไฟด์ (sulfide) ซัลไฟต์ (sulfite) และไธโอซัลเฟต (thiosulfate) เป็นต้น มีคุณสมบัติเป็นพวกเค็มโมไลโธโทรฟิคแบคทีเรีย แอโรบิคแบคทีเรียหรือแฟคคัลเตตีบแอนแอโรบิคแบคทีเรีย

13. แบคทีเรียที่สร้างแก๊สมีเธน (methane-producing bacteria) เซลล์มีรูปร่างเป็นแบบทรงกลมหรือรูปท่อน แกรมลบ แกรมบวกหรือแกรมแปรได้ ไม่สร้างสปอร์ เคลื่อนที่ได้หรือเคลื่อนที่ไม่ได้ ในกรณีซึ่งเคลื่อนที่ได้จะมีแฟลกเจลลั่มอยู่ที่ปลายข้างหนึ่งหรือทั้งสองข้างของเซลล์ มีคุณสมบัติเป็นพวกเค็มโมไลโธโทรฟิคแบคทีเรียและแอนแอโรบิคแบคทีเรีย ซึ่งได้รับพลังงานสำหรับการเจริญเติบโตโดยใช้ไฮโดรเจนโมเลกุลหรือสารประกอบอินทรีย์เป็นตัวให้อิเล็กตรอน เพื่อรีดิวซ์คาร์บอนไดออกไซด์ให้กลายเป็นมีเธน

14. คอคไคแกรมบวก (gram-positive cocci) เซลล์มีรูปร่างเป็นแบบทรงกลม หรือรูปไข่ อยู่เป็นคู่ เป็นเส้นสายสั้น ๆ เกาะกันเป็นกลุ่มแบบ เตตระคอคไคหรือคิวบอยดอลอะเรนจ์เม็นท์ แกรมบวก ไม่สร้างสปอร์ เคลื่อนที่ไม่ได้ ยกเว้นจีนัส *Planococcus* sp. ซึ่งเคลื่อนที่ได้โดยมีแฟลกเจลลั่มหรือแฟลกเจลล่าแบคทีเรียในกลุ่มนี้มีคุณสมบัติเป็นพวกเค็มโมออแกโนโทรฟิคแบคทีเรีย แอโรบิคแบคทีเรียหรือแฟคคัลเตตีบแอนแอโรบิคแบคทีเรีย

15 ร็อดและคอคไคที่สร้างเอ็นโดสปอร์ (endospore-forming rods and cocci) แบคทีเรียในกลุ่มนี้ส่วนใหญ่เซลล์จะมีรูปร่างเป็นท่อนตรง ยกเว้นจีนัส *Sporosarcina* sp.

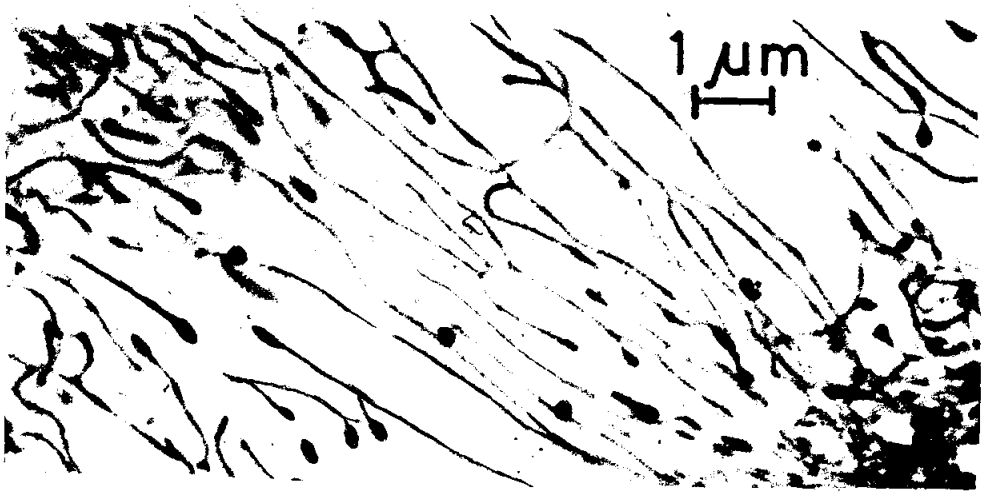
ซึ่งเซลล์มีรูปร่างเป็นทรงกลม เซลล์อาจจะอยู่เดี่ยว ๆ เป็นคู่ เป็นเส้นสายสั้น ๆ เกาะกันเป็นกลุ่มแบบ เตตระคอคไคหรือคิวบอยดอลอะเรนจ์เม็นท์ แกรมบวก สร้างสปอร์ เคลื่อนที่ได้หรือเคลื่อนที่ไม่ได้ ในกรณีซึ่งเคลื่อนที่ได้จะมีแฟลกเจลล่ารอบเซลล์ มีคุณสมบัติเป็นพวกเค็มโมออแกโนโทรฟิคแบคทีเรีย แอโรบิคแบคทีเรีย แฟคคัลเตตีบแอนแอโรบิคแบคทีเรียหรือแอนแอโรบิคแบคทีเรีย

16. ร็อดเชพแบคทีเรีย แกรมบวกที่ไม่สร้างสปอร์ (gram-positive, asporogenous, rod-shaped bacteria) เซลล์มีรูปร่างเป็นท่อนตรงหรือท่อนโค้ง อยู่เดี่ยว ๆ หรือเป็นเส้นสายสั้น ๆ แกรมบวกแต่เมื่อมีอายุมากมักจะเปลี่ยนมาเป็นแกรมลบ ไม่สร้างสปอร์ เคลื่อนที่ได้หรือเคลื่อนที่ไม่ได้ ในกรณีซึ่งเคลื่อนที่ได้จะมีแฟลกเจลล่ารอบเซลล์ มีคุณสมบัติเป็นพวกเค็มโมออแกโนโทรฟิคแบคทีเรีย แอนแอโรบิคแบคทีเรีย แฟคคัลเตตีบแอนแอโรบิคแบคทีเรีย หรือไมโครแอโรฟิลิคแบคทีเรีย

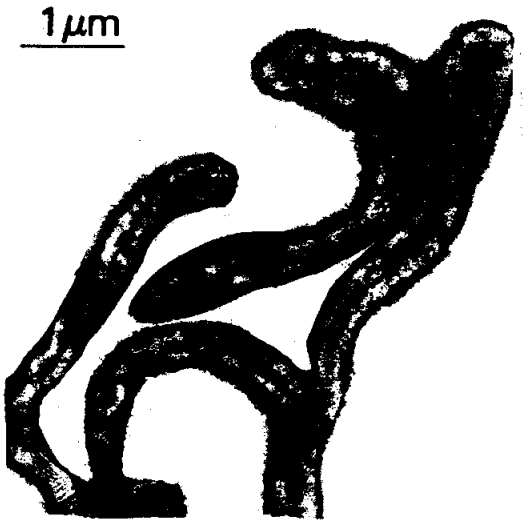
17. เอ็คทิโนมายสิทและสิ่งมีชีวิตที่เกี่ยวข้อง (actinomycetes and related organisms) เซลล์มีรูปร่างเป็นรูปทรงกลม รูปรี รูปท่อนตรงหรือท่อนโค้ง แกรมบวก แต่เมื่ออายุมากบางชนิดกลายมาเป็นแกรมลบได้ บางชนิดเวลาย้อมสี สีจะติดเป็นบั้ง ๆ หรือเป็นจุด เคลื่อนที่ได้หรือเคลื่อนที่ไม่ได้ ในกรณีซึ่งเคลื่อนที่ได้จะมีแฟลกเจลล่าอยู่ใกล้ปลายข้างใดข้างหนึ่งของเซลล์หรือมีแฟลกเจลล่ารอบเซลล์ มีคุณสมบัติเป็นพวกเค็มโมออแกโนโทรฟิคแบคทีเรีย แอโรบิคแบคทีเรียหรือแฟคคัลเตตีบแอนแอโรบิคแบคทีเรีย สำหรับแบคทีเรียในออเดอร์เอ็คทิโนมายซิทาเลส (order Actinomycetales) จะมีการแตกกิ่งก้านสาขาคล้ายเส้นใยของรา ซึ่งต่อมาเส้นใยจะแตกขาดออกเป็นท่อนหรือเป็นเซลล์กลม บางจีนัสจะสืบพันธุ์โดยการสร้างสปอร์ขึ้นบนเส้นใยเฉพาะสำหรับสร้างสปอร์

18 มายโคพลาสม่าส์ แบคทีเรียในกลุ่มนี้ไม่มีผนังเซลล์ มีแต่เฉพาะเยื่อเซลล์ห่อหุ้มอยู่รอบนอก ดังนั้นเซลล์จึงมีลักษณะบอบบาง เปลี่ยนแปลงรูปร่างได้ง่ายและมีรูปร่างได้

หลายแบบตามแรงกดดัน มีความต้านทานต่อเพนนิซิลิน (penicillin) แกรมลบ ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ มีการสืบพันธุ์โดยการขาดของแขนง เส้นสาย (branched filament) ดังรูปที่ 1-9



(ก)



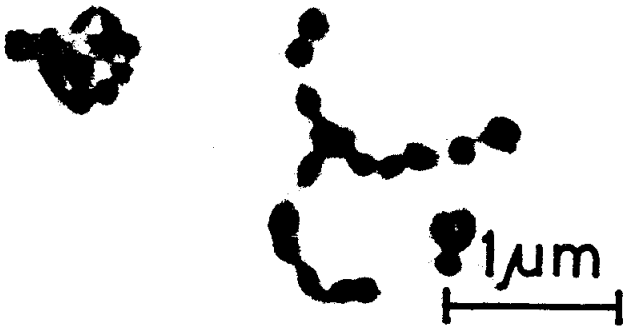
(ข)

รูปที่ 1-9 ลักษณะการขาดของแขนง เส้นสายของมายโคพลาสม่าส์

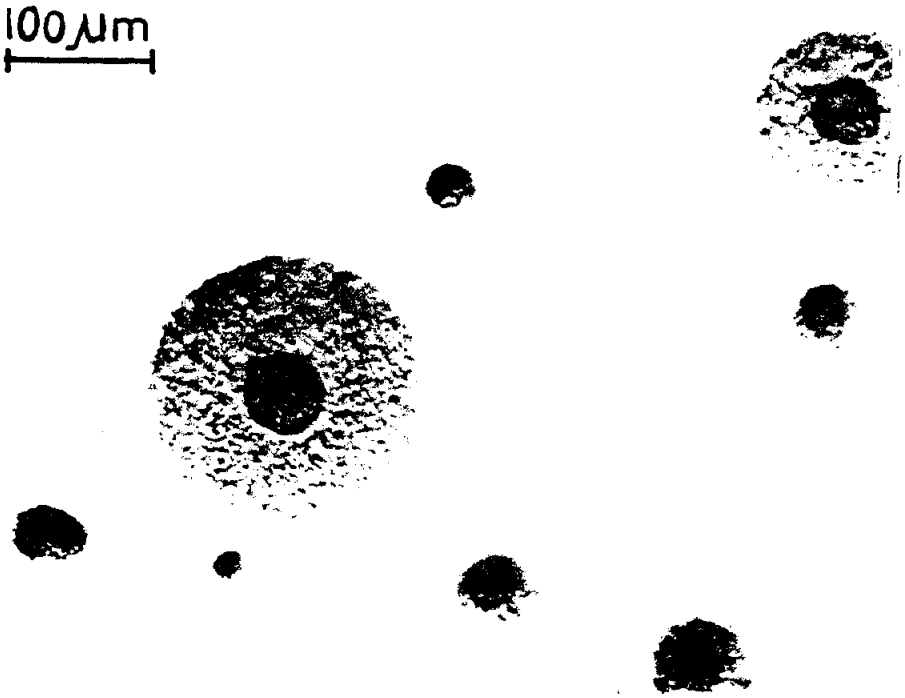
(ก) เส้นสายยาว

(ข) เส้นสายสั้น

แล้วได้เซลล์ขนาดเล็กรูปทรงกลมหรือรูปไข่ดังรูปที่ 1-10 ซึ่งสามารถลอดผ่านเครื่องกรองและสืบพันธุ์โดยการแบ่งตัวตามขวาง เมื่อนำมาทำการเพาะเลี้ยงบนอาหารเลี้ยงเชื้อโคโลนีจะมีลักษณะคล้ายไข่ดาวดังรูปที่ 1-11 มีคุณสมบัติเป็นพวกเค็มโมออแกโนโทรฟิคแบคทีเรียและแฟคคัลเตตีบแอนแอโรบิคแบคทีเรีย



รูปที่ 1-10 ลักษณะเซลล์มายโคพลาสม่าส์ที่ได้จากการขาดของแขนงเส้นสาย



รูปที่ 1-11 ลักษณะโคโลนีของมายโคพลาสม่าส์

สรุปเนื้อหาสำคัญ

1. แบคทีเรีย เป็นจุลินทรีย์ชนิดหนึ่งซึ่งมีขนาดเล็ก ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ต้องใช้กล้องจุลทรรศน์ช่วยจึงจะมองเห็น มีเซลล์เดียว มีผนังเซลล์แข็ง อาจจะมีคุณสมบัติเป็นพวกแอโรบิคแบคทีเรีย แอนแอโรบิคแบคทีเรียหรือแฟคคัลเตตีบแอนแอโรบิคแบคทีเรีย เคลื่อนที่ได้หรือเคลื่อนที่ไม่ได้ ส่วนใหญ่มีคุณสมบัติเป็นพวกเค็มไมฉอแกโนโทรฟิคแบคทีเรีย และมีการสืบพันธุ์หรือเพิ่มจำนวนได้โดยการแบ่งเซลล์ตามขวาง แบคทีเรียบางชนิดมีคุณสมบัติเป็นพวกโฟโตโทรฟิคแบคทีเรีย หรือแฟคคัลเตตีบเค็มโมไลโธโทรฟิคแบคทีเรียหรือเค็มโมไล-โธโทรฟิคแบคทีเรีย มีการสืบพันธุ์โดยการแตกหน่อและแบบใช้เพศได้ด้วย
2. แบคทีเรียและสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน เป็นสิ่งมีชีวิตในอาณาจักรโปรคาริโอตา ซึ่งมีความแตกต่างที่สำคัญจากสิ่งมีชีวิตในอาณาจักรยูคาริโอตา ดังตารางที่ 1-1
3. สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินทุกชนิดมีการสังเคราะห์แสงในสภาวะแอโรบ โดยใช้น้ำเป็นตัวรีดิวซ์หรือตัวให้อิเล็กตรอน ดังนั้นผลจากการสังเคราะห์แสงจึงได้ออกซิเจนแบบพืชสำหรับคลอโรฟิลซึ่งเป็นรงควัตถุทำหน้าที่ในการสังเคราะห์แสงนั้น เป็นคลอโรฟิลชนิดเดียวกันกับคลอโรฟิลของพืช
4. แบคทีเรียสามารถแบ่งออกได้โดยอาศัยแหล่งของพลังงานและแหล่งของคาร์บอน เป็นหลักดังต่อไปนี้

   4.1 โฟโตโทรฟิคแบคทีเรีย ได้พลังงานจากแสง

      4.1.1 โฟโตไลโธโทรฟิคแบคทีเรียหรือโฟโตออโตโทรฟิคแบคทีเรีย ใช้คาร์บอน-ไดออกไซด์เป็นแหล่งคาร์บอน

      4.1.2 โฟโตออแกโนโทรฟิคแบคทีเรียหรือโฟโตเฮ็ทเทอโรโทรฟิคแบคทีเรีย ใช้สารประกอบอินทรีย์ต่าง ๆ เป็นแหล่งคาร์บอน

4.2 เค็มโมโทรฟิคแบคทีเรีย ได้พลังงานจากปฏิกริยาออกซิเดชั่นสารประกอบเคมี

4.2.1 เค็มโมไลโธโทรฟิคแบคทีเรีย หรือเค็มโมออโตโทรฟิคแบคทีเรีย ใช้คาร์บอน-ไดออกไซด์เป็นแหล่งคาร์บอน

4.2.2 เค็มโมออแกโนโทรฟิคแบคทีเรียหรือเค็มโมเฮ็ทเทอโรโทรฟิคแบคทีเรีย ใช้สารประกอบอินทรีย์ต่าง ๆ เป็นแหล่งคาร์บอน

5. แบคทีเรียบางชนิดมีคุณสมบัติเป็นพวกโฟโตโทรฟิคแบคทีเรีย ซึ่งมีการสังเคราะห์แสง (photosynthesis) ในสภาวะแอนแอโรบ โดยใช้สารประกอบต่าง ๆ ที่ไม่ใช่น้ำเป็นตัวรีดิวซ์หรือตัวให้อิเล็กตรอน ดังนั้นผลจากการสังเคราะห์แสงจึงไม่ได้ออกซิเจน สำหรับคลอโรฟิล ซึ่งเป็นรงควัตถุทำหน้าที่ในการสังเคราะห์แสงของแบคทีเรียจะแตกต่างจากคลอโรฟิลของพืชและเรียกว่า แบคเทอริโอคลอโรฟิลหรือแบคทีเรียลคลอโรฟิล

6. แบคทีเรียแต่ละชนิดมีรูปร่างแน่นอนและส่วนใหญ่มีรูปร่างแบบใดแบบหนึ่งใน 3 แบบ ดังต่อไปนี้

6.1 คอคคัสพหูพจน์เรียกว่า คอคไค เซลล์แบคทีเรียมีรูปร่างเป็นทรงกลม หรือรูปไข่

6.2 บาซิลลัส พหูพจน์เรียกว่า บาซิลไล เซลล์แบคทีเรียมีรูปร่างเป็นรูปทรงกระบอกหรือรูปท่อน ตอนปลายของเซลล์อาจจะมน แหลมหรือมีลักษณะเป็นปลายตัด

6.3 สไปริลลัม พหูพจน์เรียกว่า สไปริลล่า เซลล์แบคทีเรียมีรูปร่างเป็นเกลียว ซึ่งอาจจะเป็นเกลียวไม่สมบูรณ์หรือเป็นเกลียวหลาย ๆ ขด

7. แบคทีเรียขนาดเล็กมีความสามารถในการเปลี่ยนแปลงไปตามสภาวะแวดล้อม มีกระบวนการเมตาบอลิซึมและอัตราการเจริญเติบโตสูงกว่าแบคทีเรียที่มีขนาดโต ในการวัดขนาดของแบคทีเรียทำได้โดยอาศัยกล้องจุลทรรศน์ ออคคูล่าไมโครมิเตอร์และสเตจไมโครมิเตอร์ ซึ่งจากการศึกษาเกี่ยวกับขนาดของแบคทีเรีย พบว่าขนาดของแบคทีเรียขึ้นอยู่กับชนิดของแบคทีเรีย อายุและสภาวะแวดล้อมสำหรับการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย

8. ลักษณะการจัดเรียงตัวเป็นกลุ่มของแบคทีเรียแบ่งออกได้เป็น 7 แบบ คือ (ดูหัวข้อการจัดเรียงตัวเป็นกลุ่ม)

8.1 ดิพโพลคอคไค

8.2 สเตรปโตคอคไค

8.3 เตตระคอคไค

8.4 คิวบอยดอลอะเรนจ์เม็นท์

8.5 สแตปไฟโลคอคไค

8.6 สเตรปโตบาซิลไล

8.7 พาลิเซด

9. ชื่อวิทยาศาสตร์ของแบคทีเรียประกอบด้วยคำ 2 คำ คือ คำแรกเป็นชื่อของจีนัส คำที่สองเป็นชื่อของสปีชี่ ในการเขียนชื่อวิทยาศาสตร์นี้ ต้องเขียนอักษรตัวแรกของชื่อจีนัสเป็นตัวพิมพ์ใหญ่เสมอ โดยจะเขียนชื่อเต็มทุกครั้งที่กล่าวถึง หรือเขียนชื่อเต็มในครั้งแรกที่กล่าวถึงแล้วต่อมาเขียนย่อเฉพาะอักษรตัวแรกหรือเฉพาะ 2-3 อักษรตอนแรกก็ได้ ส่วนชื่อสปีชี่ไม่ต้องใช้อักษรตัวแรกเป็นตัวพิมพ์ใหญ่และเขียนย่อไม่ได้ ทั้งชื่อจีนัสและสปีชี่ต้องพิมพ์ตัวเอน หรือเขียนหรือพิมพ์ธรรมดาแล้วขีดเส้นใต้ที่แต่ละคำ เช่น *Streptococcus bovis* หรือ Streptococcus bovis เป็นต้น

10. การจัดชนิดของแบคทีเรียทำได้ โดยนำแบคทีเรียที่ต้องการจัดชนิดมาศึกษาลักษณะต่าง ๆ แล้วรวบรวมผลที่ได้จากการศึกษาไปเปรียบเทียบกับรายละเอียดของแบคทีเรียชนิดต่าง ๆ ที่ได้ทำการศึกษาไว้ในหนังสือ Bergey's Manual of Determinative Bacteriology ลักษณะสำคัญของแบคทีเรียที่ต้องทำการตรวจสอบเพื่อนำมาใช้ในการจัดชนิดของแบคทีเรียมีดังต่อไปนี้

10.1 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาและการติดสี เป็นการศึกษารูปร่าง ขนาด โครงสร้าง การจัดเรียงตัวเป็นกลุ่มและการติดสีของเซลล์แบคทีเรียโดยใช้กล้องจุลทรรศน์ วิธี

ย้อมสีที่นิยมนำมาใช้เพื่อตรวจสอบการติดสีของเซลล์แบคทีเรียได้แก่ การย้อมให้เห็นความแตกต่างและการย้อมสีโครงสร้างของเซลล์

10.2 ลักษณะการเจริญเติบโตบนอาหาร เป็นการศึกษาลักษณะการเจริญเติบโตของแบคทีเรียบนอาหารแข็งและลักษณะการเจริญเติบโตของแบคทีเรียในอาหารเหลว

10.3 สภาวะแวดล้อมทางฟิสิกส์ เป็นการศึกษาถึงความต้องการออกซิเจนและช่วงอุณหภูมิสำหรับการเจริญเติบโต

10.4 ลักษณะทางชีวเคมีหรือเมตาบอลิซึม เป็นการศึกษาถึงความสามารถของแบคทีเรียในการใช้สารประกอบชนิดต่าง ๆ รวมทั้งรายละเอียดของการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมี และชนิดของสารซึ่งได้ในขั้นสุดท้ายของกระบวนการเมตาบอลิซึม

10.5 ลักษณะส่วนประกอบทางเคมี เป็นการศึกษาถึงลักษณะส่วนประกอบทางเคมีของโครงสร้างต่าง ๆ ของเซลล์แบคทีเรีย

10.6 ลักษณะการเป็นแอนติเจน เป็นการตรวจสอบคุณสมบัติการเป็นแอนติเจนของเซลล์แบคทีเรียหรือของส่วนประกอบบางส่วนของเซลล์แบคทีเรียโดยอาศัยหลักว่าแอนติเจน จะทำปฏิกริยาเฉพาะกับแอนติบอดีที่แอนติเจนนั้น เป็นตัวกระตุ้นให้เกิดขึ้น

10.7 ลักษณะการก่อให้เกิดโรคแก่สัตว์ เป็นการตรวจสอบความสามารถของแบคทีเรียซึ่งเป็นสาเหตุโรค โดยฉีดสารละลายที่มีเซลล์แบคทีเรียเข้าไปในสัตว์ทดลอง แล้วสังเกตุอาการ หรือสร้างความต้านทานให้สัตว์ทดลอง ต่อมาฉีดสารละลายที่มีเซลล์แบคทีเรียซึ่งต้องการตรวจสอบเข้าไป แล้วตรวจสอบความสามารถในการป้องกันมิให้เกิดโรค วิธีนี้เหมาะสมกับแบคทีเรียซึ่งเป็นสาเหตุของโรคบางชนิด

การจัดหมวดหมู่ของแบคทีเรียตามหนังสือ Bergey 's Manual of Determinative Bacteriology ซึ่งได้ปรับปรุงครั้งหลังสุดในปี ค.ศ.1974 นั้น แบ่งแบคทีเรียทั้งหมดที่ได้ทำการศึกษาออกเป็น 18 หมวดหมู่ หรือ 18 กลุ่ม ส่วนใหญ่เป็นพวกเค็มไมออแกไนโทรฟิค-แบคทีเรียซึ่งอาจจะมีคุณสมบัติเป็นแอโรบิคแบคทีเรีย ไมโครแอโรฟิลิคแบคทีเรีย แอนแอโรบิค-แบคทีเรียหรือแฟคัลเตตีบแอนแอโรบิคแบคทีเรีย แบคทีเรียบางชนิดเป็นพวกโฟโตโทรฟิค

แบคทีเรียซึ่งมีคุณสมบัติเป็นแฟคคัลเตตีบแอนแอโรบิคแบคทีเรียและแบคทีเรียบางชนิดเป็นพวกเค็มไมโลไธโทรฟิคแบคทีเรีย ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นแอโรบิคแบคทีเรีย แฟคคัลเตตีบแอนแอโรบิคแบคทีเรียหรือแอนแอโรบิคแบคทีเรีย สำหรับรูปร่าง การจัดเรียงตัวเป็นกลุ่ม คุณสมบัติในการเคลื่อนที่ คุณสมบัติในการติดสีและคุณสมบัติในการสร้างสปอร์ของเซลล์ รวมทั้งคุณสมบัติในการสร้างโครงสร้างพิเศษบางชนิดนั้น แบคทีเรียแต่ละหมวดหมู่หรือแต่ละกลุ่มมีคุณสมบัติต่าง ๆ ดังกล่าวนี้เฉพาะ (ดูหัวข้อการจัดหมวดหมู่ของแบคทีเรีย)