บทที่ 3
การจัดจำแนกลักษณะและการจัดแบ่งหมวดหมู่ของจุลินทรีย์

การจำแนกลักษณะและการจัดแบ่งหมวดหมู่ของสิ่งที่มีชีวิตเป็นสิ่งสำคัญในทุกสาขาของวิทยาศาสตร์ทางชีววิทยา เมื่อสิ่งมีชีวิตหนึ่งได้ถูกจำแนกลักษณะออกไปจะทำให้สามารถเปรียบเทียบกับสิ่งมีชีวิตอื่นเพื่อตรวจสอบความเหมือนหรือต่างกันได้ว่าคล้ายกันมากน้อยเพียงใดหรือมีความสัมพันธ์กันเพียงเล็กน้อยเท่านั้น จากการเปรียบเทียบลักษณะของจุลินทรีย์เป็นจำนวนมาก ท้ายที่สุดจึงถูกทำให้เป็นระบบหมวดหมู่ของจุลินทรีย์ซึ่งมีความสัมพันธ์ต่อกัน จุลินทรีย์หมู่หนึ่งซึ่งมีลักษณะคล้ายคลึงกันมากจะถูกจัดให้เป็นสายพันธุ์ (species) หนึ่งและถูกตั้งชื่อเฉพาะขึ้น

เนื่องจากจุลินทรีย์ที่อยู่อย่างโดดเดี่ยวมีขนาดเล็กมากจนต้องมองด้วยกล้องจุลทรรศน์ แต่ก็ไม่เป็นการเหมาะสมที่จะศึกษาจุลินทรีย์ด้วยกล้องจุลทรรศน์แต่เพียงอย่างเดียว ดังนั้นจึงทำให้ต้องมีการศึกษาเชื้อ (culture) ซึ่งประกอบด้วยจุลินทรีย์หลายล้านตัว เชื้อซึ่งประกอบด้วยจุลินทรีย์ชนิดเดียว (สายพันธุ์เดียว) โดยไม่คำนึงถึงจำนวนในสภาพแวดล้อมที่ปราศจากสิ่งมีชีวิตอื่นถูกเรียกว่า axenic culture แต่นักจุลชีววิทยามักนิยมเรียกว่าเชื้อบริสุทธิ์ (pure culture) ถึงแม้ว่าคำว่าเชื้อบริสุทธิ์เมื่อพิจารณาในแง่ของกลวิธีการหมายถึง จุลินทรีย์ที่เจริญเติบโตมาจากเซลล์เดียวกันก็ตาม ในกรณีซึ่งจุลินทรีย์ตั้งแต่สองชนิดขึ้นไปเจริญเติบโตอยู่ด้วยกันดังเช่นที่อยู่ในธรรมชาติจะถูกเรียกว่า เชื้อผสม (mixed culture)

ลักษณะสำคัญของจุลินทรีย์

ก่อนที่จะทำการชันสูต (identify) และจัดแบ่งหมวดหมู่ (classify) ของจุลินทรีย์ต่อไป จำเป็นต้องตรวจสอบลักษณะของจุลินทรีย์ให้ได้มากเพียงพอเสียก่อน ลักษณะสำคัญของจุลินทรีย์ที่จำเป็นต้องสังเกตหรือตรวจสอบมีดังต่อไปนี้

1. ลักษณะเชื้อ (Cultural characteristics) คือความต้องการอาหารเพื่อการเจริญเติบโต และสภาวะแวดล้อมทางฟิสิกส์ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต

2. ลักษณะทางสัณฐานวิทยา (Morphological characteristics) คือขนาดของเซลล์ การจัดเรียงตัวของเซลล์ ความแตกต่างหรือการเปลี่ยนแปลงของเซลล์ และการชันสูตโครงสร้างต่าง ๆ

3. ลักษณะทางเมตาโบลิซึม (Metabolic characteristics) คือ รูปแบบของขบวนการทางเคมีที่จุลินทรีย์ใช้ในการดำรงชีพ

4. ลักษณะองค์ประกอบทางเคมี (Chemical composition characteristics) คือ การชันสูตองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญของเซลล์

5. ลักษณะการเป็นแอนติเจน (Antigenic characteristics) คือ การตรวจสอบองค์ประกอบพิเศษของเซลล์ซึ่งเป็นหลักฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสายพันธุ์

6. ลักษณะทางพันธุกรรม (Genetic characteristics) คือ การวิเคราะห์องค์ประกอบของ deoxyribonucleic acid (DNA) และการตรวจสอบปฏิกิริยาระหว่าง DNA ที่คัดแยกได้จากจุลินทรีย์ต่างชนิดกัน

ลักษณะเชื้อ (CULTURAL CHARACTERISTICS)

วัตถุที่ใช้เพาะเลี้ยงจุลินทรีย์ในห้องปฏิบัติการถูกเรียกว่าอาหารเลี้ยงเชื้อ (culture medium) อาหารเพาะเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ประกอบด้วยสารอาหารหลายอย่างเพื่อช่วยให้จุลินทรีย์เฉพาะชนิดต่าง ๆ เจริญเติบโต อาหารบางอย่างก็ประกอบด้วยสารละลายเกลืออนินทรีย์หลายชนิดและอาจมีสารอินทรีย์หนึ่งหรือหลายอย่างผสมอยู่ด้วย อาหารเลี้ยงเชื้อบางอย่างก็เตรียมจากส่วนผสมซับซ้อน เช่น สิ่งสกัดหรือย่อยสลายจากเนื้อเยื่อของพืชและสัตว์ แต่สำหรับการเพิ่มจำนวนของ rickettsiae และไวรัสนั้นจำเป็นต้องอาศัยเซลล์เจ้าบ้าน (host cell) ที่มีชีวิต เช่น tissue culture ซึ่งจุลินทรีย์พวกนี้จะเข้าไปเจริญเติบโตอยู่ภายใน ไวรัสของแบคทีเรีย (bacteriophage) จะเพิ่มจำนวนได้ภายในเซลล์ของแบคทีเรียซึ่งมีสารอาหารและปัจจัยอื่นที่

จำเป็นสำหรับการสังเคราะห์ไวรัสของแบคทีเรียให้มีจำนวนมากขึ้น ในกรณีเช่นนี้ถือว่าเซลล์แบคทีเรียทำหน้าที่เป็นอาหารหรือเจ้าบ้าน (host) ของ bacteriophage

สภาพแวดล้อมทางฟิสิกส์ (physical condition) หลายอย่างที่มีผลต่อการเจริญเติบโตหรือยับยั้งจุลินทรีย์ จุลินทรีย์บางชนิดไม่อาจเจริญเติบโตได้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 39 องศาเซลเซียสแต่เจริญเติบโตได้ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสหรือแม้แต่ที่อุณหภูมิสูงเกือบถึง 70 องศาเซลเซียส จุลินทรีย์อื่นอาจไม่เจริญเติบโตที่อุณหภูมิสูงเกินกว่า 35 องศาเซลเซียส ถึงแม้ว่าอาจจะเจริญเติบโตได้ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียสก็ตาม จุลินทรีย์บางชนิดต้องการแกสอ๊อกซิเจนจากอากาศแต่จุลินทรีย์ชนิดอื่นอาจเจริญเติบโตได้เมื่อไม่มีแกสอ๊อกซิเจน ดังนั้นจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องจัดเตรียมให้มีสภาพแวดล้อมทางฟิสิกส์แตกต่างกันสำหรับการเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์ที่มีลักษณะทางสรีรวิทยา (physiology) ต่างกัน ภายใต้ภาวะที่เหมาะสมสำหรับการเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์จะแสดงลักษณะการเจริญเติบโตตามแบบฉบับของตน

ลักษณะที่สังเกตเห็นได้จากกล้องจุลทรรศน์ (MICROSCOPIC CHARACTERISTICS)

โคโลนีของจุลินทรีย์ที่เจริญอยู่บนอาหารเลี้ยงเชื้อประเภทต่าง ๆ ปกติมักมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า แต่เซลล์เดี่ยวของจุลินทรีย์ต้องมองด้วยกล้องจุลทรรศน์ กล้องจุลทรรศน์แสงสว่าง (light microscope) โดยทั่วไปมีกำลังขยายสูงสุดประมาณ 1,000 เท่า แต่กล้องจุลทรรศน์อีเล็กตรอน (electron microscope) อาจมีกำลังขยายเป็นหลายพันเท่าของกล้องจุลทรรศน์แสงสว่าง ขนาดของจุลินทรีย์ปกติมักวัดเป็นหน่วยไมโครมีเตอร์ (micrometer, μm) หนึ่งไมโคร-มีเตอร์มีค่าเท่ากับ 0.001 มิลลิเมตรหรือ 0.0000004 นิ้ว จุลินทรีย์ที่นำมาป้ายให้เป็นปื้นบางสามารถที่จะตรวจสอบได้ด้วยกล้องจุลทรรศน์ โดยปกติปื้นของจุลินทรีย์ที่นำมาตรวจสอบมักถูกย้อมสีแต่ในบางกรณีก็ไม่ต้องมีการย้อม จากการตรวจสอบปื้นของจุลินทรีย์ย้อมสีด้วยกล้องจุลทรรศน์แสงสว่างอาจสังเกตเห็นลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเซลล์เดี่ยวได้อย่างหยาบ ๆ ส่วนลักษณะหรือโครงสร้างภายในอาจถูกทำให้มองเห็นได้ด้วยกลวิธีพิเศษหรือกล้องจุลทรรศน์แบบพิเศษเช่น กล้องจุลทรรศน์อีเล็กตรอน กล้องจุลทรรศน์รังสีอุลตราไวโอเลต และ phase microscope เป็นต้น ในปัจจุบันนักวิทยาศาสตร์ยังสามารถเฉือนเซลล์ของจุลินทรีย์ให้เป็นชิ้นบางเพื่อนำมาตรวจสอบดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ได้ ดังนั้นนอกจากขนาด รูปร่าง และการจัดเรียงตัวของเซลล์ซึ่งอาจมองเห็นได้ด้วยกล้องจุลทรรศน์แล้ว โครงสร้างและองค์ประกอบต่าง ๆ ภายในเซลล์ยังอาจสังเกตเห็นได้อีกด้วย

ลักษณะทางชีวเคมีหรือเมตาโบลิซึ่ม

เอกลักษณ์ของสายพันธุ์ (species) หนึ่งจำเป็นต้องทราบถึงกิจกรรมทางชีวเคมีอย่างละเอียด ทั้งนี้เนื่องจากลักษณะอื่น ๆ อาจแตกต่างกันไม่มากเพียงพอ ตัวอย่างเช่น *Escherichia coli* เป็นแบคทีเรียซึ่งอาศัยอยู่ในลำไส้ของคนตามปกติมีลักษณะที่สังเกตเห็นได้จากกล้องจุลทรรศน์ไม่แตกต่างจาก *Salmonella typhi* ซึ่งทำให้เกิดโรคไข้ไทฟอยด์ อย่างไรก็ตามถ้านำแบคทีเรียทั้งสองมาตรวจสอบลักษณะทางเมตาโบลิซึ่มหรือทางชีวเคมีจะพบว่ามีความแตกต่างกันมากอย่างเห็นได้ชัด มีกลวิธีการปฏิบัติหลายอย่างที่ใช้จำแนกลักษณะทางชีวเคมีของจุลินทรีย์สายพันธุ์หนึ่ง โดยทั่วไปจุลินทรีย์มักถูกเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีสารอาหารหรือ substrate เฉพาะชนิดใดชนิดหนึ่งแล้วตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่เกิดขึ้น อย่างไรก็ตามนอกจากตรวจสอบถึงผลผลิตขั้นสุดท้ายของขบวนการเมตาโบลิซึ่มของสารประกอบนั้นแล้วยังต้องทราบถึงรายละเอียดเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ว่าเกิดขึ้นมาได้อย่างไร เช่น ขั้นตอนของการเปลี่ยนแปลงทางเคมี เอนไซม์ที่เกี่ยวข้อง ผลิตผลที่อยู่ในระหว่างกลางของการเปลี่ยนแปลง (intermediate product) และท้ายที่สุดคือการเรียงขั้นตอนของปฏิกิริยาทางชีวเคมีที่เกิดขึ้นภายในเซลล์

ลักษณะทางเคมี (CHEMICAL CHARACTERISTICS)

เนื่องจากเซลล์ของจุลินทรีย์อาจถูกทำให้แตกต่างออกได้ด้วยกลวิธีต่าง ๆ เมื่อทำให้ผนังเซลล์ (cell wall) แตกออกเป็นชิ้น ๆ สิ่งที่บรรจุอยู่ภายในเซลล์จะถูกปลดปล่อยออกมา ชิ้นส่วนของผนังเซลล์ สารนิวเคลียส และโครงสร้างต่าง ๆ อาจถูกคัดแยกและทำให้บริสุทธิ์ได้ ส่วนประกอบของเซลล์เหล่านี้เมื่อนำมาวิเคราะห์ทางเคมีจะทำให้ได้รายละเอียดซึ่งมีประโยชน์ในการจำแนกลักษณะและบอกความแตกต่างของจุลินทรีย์ ส่วนประกอบทางเคมีของผนังเซลล์แบคทีเรียแตกต่างจากส่วนประกอบของผนังเซลล์สาหร่ายและฟังไจเป็นอย่างมาก ส่วนประกอบทางเคมีของผนังเซลล์แบคทีเรียหมู่ต่าง ๆ ยังมีความแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดเช่น แบคทีเรียแกรมบวกกับแบคทีเรียแกรมลบเป็นต้น ความแตกต่างอย่างสำคัญของไวรัสขึ้นอยู่กับกรดนิวคลีอิกที่ไวรัสมีอยู่คือ ribonucleic acid (RNA) หรือ deoxyribonucleic acid (DNA)

ลักษณะการเป็นแอนติเจน (ANTIGENIC CHARACTERISTICS)

ลักษณะพิเศษขององค์ประกอบทางเคมีถูกแสดงออกได้จากการศึกษาส่วนประกอบ

ซึ่งเป็นแอนติเจน (antigen) ของจุลินทรีย์ การจำแนกลักษณะในการเป็นแอนติเจนเริ่มด้วยการฉีดจุลินทรีย์หรือบางส่วนของจุลินทรีย์เข้าไปในสัตว์แล้วตรวจสอบว่าในเวลาต่อมาน้ำเหลือง (blood serum) ของสัตว์มีแอนติบอดี้ (antibody) เกิดขึ้นหรือไม่ ปฏิกิริยาระหว่างแอนติเจนกับแอนติบอดี้มีความเฉพาะต่อกันมาก จุลินทรีย์แต่ละชนิดมีแอนติเจนซึ่งแตกต่างกันมากมายและอาจตรวจสอบได้ด้วยแอนติบอดี้ที่มีอยู่ในน้ำเหลืองของสัตว์

ลักษณะทางพันธุกรรม (GENETIC CHARACTERISTICS)

ในระยะเมื่อไม่กี่ปีมานี้นักจุลชีววิทยาบางท่านได้ศึกษาระบบทางพันธุกรรมของแบคทีเรียถึงระดับโมเลกุลเพื่อจำแนกลักษณะและตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างแบคทีเรียต่าง ๆ ได้แก่ความเหมือนหรือคล้ายกันระหว่าง DNA ของเซลล์ ความเหมือนกันแบบหนึ่งคือความเหมือนในด้านส่วนประกอบของเบส (base) ในเส้น DNA ซึ่งคิดเป็นเปอร์เซ็นต์เรียกว่า DNA base percent composition ความเหมือนกันอีกแบบหนึ่งคือความสอดคล้องกันของ DNA จากจุลินทรีย์หนึ่งกับจุลินทรีย์อื่นหรือหมายถึงการผสมหรือทาบกันได้ของเส้น DNA (DNA hybridization) ซึ่งเกี่ยวข้องโดยเฉพาะกับความมากน้อยในการผสมรวมตัวดึงดูดกันระหว่าง DNA ของสิ่งมีชีวิตต่างชนิดกัน

ส่วนประกอบของเบสในเส้น DNA

ส่วนประกอบของเบสในเส้น DNA เป็นลักษณะที่คงที่ประจำสายพันธุ์ (species) ซึ่งแสดงออกเป็นโมลเปอร์เซ็นต์ของ guanine และ cytosine (G + C) ต่อจำนวนโมลของเบสทั้งหมด

$$\% \ (G + C) = \frac{G + C}{\text{Adenine} + \text{thymine} + G + C} \times 100$$

%(G + C) ของจุลินทรีย์มักอยู่ในช่วงระหว่าง 23 ถึง 75 เปอร์เซ็นต์ทั้งนี้ย่อมขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ ถ้าสิ่งมีชีวิตสองชนิดมีอัตราส่วนของเบสแตกต่างกันมากแสดงว่าไม่มีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกันเลย แบคทีเรียหลายร้อยสายพันธุ์ได้ถูกกำหนดลักษณะในลักษณะเช่นนี้ ดังตัวอย่างในตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 ตัวอย่างส่วนประกอบของเบสในเส้น DNA ของแบคทีเรียบางสายพันธุ์

species	G + C CONTENT OF DNA, MOLE %
Bacillus subtilis	42 - 43
B. cereus	32 - 37
B. megaterium	36 - 38
Lactobacillus casei	46.9
L. leichmanii	50.8 ± 0.5
L. lactis	50.3 ± 1.4
Micrococcus luteus	70.7 - 75.5
M. roseus	66 - 74
M. varians	66 - 72

การผสมหรือทาบกันได้ของเส้น DNA (DNA Hybridization)

DNA เส้นเดียวจากแบคทีเรียสองสายพันธุ์จะถูกนำมาเปรียบเทียบโดยนำ DNA เส้นเดียวจากจุลินทรีย์ต่างชนิดมาผสมกันในหลอดภายใต้สภาวะที่กำหนดแล้วตรวจสอบดูการทาบขนานกันระหว่างเส้น DNA ทั้งสองว่าทาบขนานกันได้ตลอดทั้งเส้นหรือไม่ ถ้าทาบขนานกันได้ตลอดทั้งเส้นหมายความว่าแบคทีเรียสองชนิดเป็นสายพันธุ์เดียวกัน

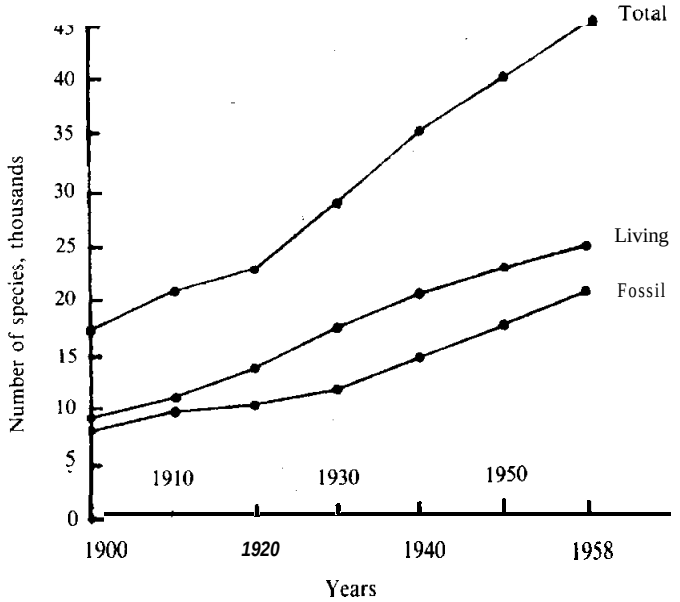
อนุกรมวิธานวิทยา การตั้งชื่อและการจัดแบ่งหมวดหมู่ของจุลินทรีย์

หลังจากที่ลักษณะต่าง ๆ ของจุลินทรีย์ได้รับการตรวจและรวบรวมไว้อย่างเพียงพอแล้ว จุลินทรีย์นั้นอาจถูกชันสูต (Identify) ได้ว่าเป็นจุลินทรีย์สายพันธุ์ใดโดยพิจารณาเปรียบเทียบกับรายละเอียดลักษณะของจุลินทรีย์ต่าง ๆ ที่ได้รวบรวมไว้เป็นคู่มือหรือตำรา เช่น หนังสือคู่มือ Bergey's Manual of Determinative Bacteriology สำหรับการชันสูตแบคทีเรีย อย่างไรก็ตามแม้แต่ในปัจจุบันอาจพบว่ามีจุลินทรีย์ที่ยังไม่ได้ศึกษามาก่อนและแตกต่างจากจุลินทรีย์ที่ได้ค้นพบไว้แล้วจึงอาจจัดตั้งเป็นสายพันธุ์ใหม่ขึ้นได้ นอกจากนี้รายละเอียดต่าง ๆ เกี่ยวกับจุลินทรีย์ที่รู้จักแล้วเมื่อได้ศึกษามากขึ้นอาจทำให้เกิดความคิดที่จะเปลี่ยนแปลงหมวดหมู่เสียใหม่ก็ได้ ดังตัวอย่างที่แสดงในรูปที่ 3-1 และตารางที่ 3-2

ตารางที่ 3-2 แสดงการเปลี่ยนแปลงหมวดหมู่ของแบคทีเรีย

EDITION OF BERGEY'S MANUAL	NUMBER OF SPECIES IN SELECTED GENERA				
	Bacillus	*Actinomyces*	*Pseudonionas*	*Escherichia*	*Streptomyces*
1 st (1923)	75	6	4 20	22	0
2 d (1925)	75	64	20	22	0
3 d (1930)	93	70	31	29	0
4 th (1934)	93	70	31	22	0
5 th (1939)	34	62	31	2	0
6 th (1948)	33	2	148	3	73
7 th (1957)	25	3	149	4	149
8 th (1974)	22	5	29	1	415

สายพันธุ์ (species) ของแบคทีเรียได้ถูกทำเป็นหลักฐานและรวบรวมไว้อย่างมีระบบมากกว่าจุลินทรีย์อื่น จากการสังเกตตัวเลขในตารางที่ 3-2 จะเห็นว่ามีเปลี่ยนแปลงจำนวน species ของ genus ต่าง ๆ ในหนังสือคู่มือของเบอร์กีย์ที่พิมพ์ออกมาใหม่ทุกครั้ง และเป็นที่น่าสังเกตว่าในระหว่างปี 1940 เป็นต้นมาได้มีการระเบิดแตกของ species ต่าง ๆ ใน genus *streptomyces* เนื่องจาก streptomyces บางสายพันธุ์ทำให้เกิดสารปฏิชีวนะ



รูปที่ 3-1 The cumulative and total numbers of species of Protozoa named through 1958. *(From N. D. Levine. J Protozool, 9: 1, 1962.)*

จากรูปที่ 3-1 สังเกตได้ว่าจำนวน species ทั้งหมดของโปรโตซัวเพิ่มขึ้นเป็นอย่างมากในทุกสิบปีจึงทำให้เชื่อว่ายังคงมีโปรโตซัวอีกหลายหมื่น species ที่หลงเหลืออยู่จากที่ค้นพบแล้ว

อนุกรมวิธานวิทยา (TAXONOMY)

อนุกรมวิธานเป็นคำซึ่งมีความหมายสัมพันธ์กับคำว่าการจัดระบบ (systematic) และในบางครั้งก็ใช้ทดแทนกันได้ อนุกรมวิธานคล้ายกับการจัดระบบคือเกี่ยวข้องกับการจัดแบ่งหมวดหมู่ (classification) หรือการจัดระบบคือการจัดการสิ่งมีชีวิตให้เป็นหมวดหมู่หรือประเภทต่าง ๆ ซึ่งเรียกว่า taxa หรือ taxon (เอกพจน์) อนุกรมวิธานวิทยาอาจแบ่งออกได้เป็นสามส่วนคือ

1. การจัดแบ่งหมวดหมู่ (Classification) คือการจัดการอย่างมีระเบียบของหน่วยต่าง ๆ ให้เป็นหมวดหมู่ในหน่วยใหญ่

2. การตั้งชื่อ (Nomenclature) เป็นการตั้งชื่อหน่วยต่าง ๆ ที่ได้จำแนกลักษณะ (characterization) และรายละเอียดจากการจัดแบ่งหมวดหมู่แล้ว

3. การชันสูต (Identification) คือการใช้ข้อกำหนดกฎเกณฑ์จากการจัดแบ่งหมวดและการตั้งชื่อจากข้างต้น ในการชันสูตจุลินทรีย์กระทำได้โดยการเปรียบเทียบลักษณะของจุลินทรีย์ที่ยังไม่รู้จักกับจุลินทรีย์ที่รู้จักแล้ว การชันสูตจุลินทรีย์ที่คัดแยก (Isolate) ได้ใหม่ต้องการรายละเอียด การจำแนกลักษณะและการเปรียบเทียบอย่างเพียงพอกับจุลินทรีย์ที่รู้จักหรือได้พรรณาไว้ในสิ่งตีพิมพ์ต่าง ๆ

อนุกรมวิธานวิทยาทั้งสามส่วนจะต้องพึ่งพาอาศัยซึ่งกันและกันมาก

การตั้งชื่อ (NOMENCLATURE)

เพื่อให้ได้รับชื่อจากจุลินทรีย์อย่างคงเส้นคงวาบนรากฐานแห่งสากล จึงจำเป็นต้องตั้งกฎเกณฑ์ต่าง ๆ เกี่ยวกับการตั้งชื่อเพื่อนักชีววิทยาจะได้กระทำตามกัน กฎเกณฑ์ต่าง ๆ ได้เริ่มจัดตั้งขึ้นก่อนโดยนักพฤกษศาสตร์และสัตว์วิทยาเมื่อประมาณปี 1900 รหัสสากลเพื่อการตั้งชื่อทางสัตว์วิทยาได้ถูกกำหนดเป็นครั้งแรกในปี 1901 และรหัสสากลเพื่อการตั้งชื่อทางพฤกษศาสตร์ได้ถูกกำหนดเป็นครั้งแรกในปี 1906 ต่อมากฎเกณฑ์สากลเพื่อการตั้งชื่อแบคทีเรียและจุลินทรีย์อื่นจึงได้ถูกจัดตั้งขึ้น ในปี 1930 สมาคมจุลชีววิทยานานาชาติได้มีการประชุมใหญ่เป็นครั้งแรกเพื่อกำหนดกฎเกณฑ์เกี่ยวกับการตั้งชื่อจุลินทรีย์แต่ไม่สำเร็จจนกระทั่งถึงการประชุมครั้งที่สี่ในปี 1947 รหัสสากลเพื่อการตั้งชื่อแบคทีเรียและไวรัสจึงได้ถูกปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงให้ทันสมัยอยู่ตลอดเวลา

กฎเกณฑ์เกี่ยวกับการตั้งชื่อ

รหัสสากลเพื่อการตั้งชื่อทางสัตว์วิทยา พฤกษศาสตร์และแบคทีเรียวิทยาตั้งอยู่ในกฎเกณฑ์รวมกัน ที่สำคัญคือ

1. ชนิดของสิ่งมีชีวิตพวกหนึ่ง ๆ ถูกกำหนดให้เป็นสายพันธุ์ (species) หนึ่ง

2. ชื่อสายพันธุ์นั้นถูกเรียกขานด้วยภาษาลาตินแบบทวินาม (binomial) เพื่อทำให้มีลักษณะการเขียนบอกอย่างสากลที่เรียกว่า binomial system of nomenclature

3. ชื่อต่าง ๆ ที่ใช้นั้นต้องมีระเบียบ

4. เป็นไปตามกฎของการมาก่อนเพื่อเป็นการประกันว่าการใช้ชื่อเก่าตามกฎหมายยังเป็นที่ยอมรับ

5. การเรียกขานพวกต่าง ๆ จำเป็นต่อการแบ่งหมวดหมู่ของสิ่งมีชีวิต

6. กฎเกณฑ์ต่าง ๆ ถูกจัดตั้งขึ้นเพื่อให้มีผลในการประกาศชื่อใหม่เฉพาะต่าง ๆ และเป็นแนวทางในการสร้างชื่อใหม่ต่อไป

ชื่อวิทยาศาสตร์ของแบคทีเรีย

เพื่อแสดงให้เห็นถึงลักษณะทั่วไปในการตั้งชื่อจุลินทรีย์จึงได้ใช้แบคทีเรียเป็นตัวอย่าง

1. ชนิดของแบคทีเรียพวกหนึ่ง ๆ ถูกจัดให้เป็น species (เอกพจน์หรือพหูพจน์)

2. ชื่อ species ประกอบด้วยสองคำตามระบบการตั้งชื่อแบบทวินาม เช่น *Bacillus subtilis* คำแรกคือชื่อของ genus (plural, genera) อักษรตัวแรกของชื่อ genus ต้องเขียนด้วยตัวพิมพ์ใหญ่เสมอ ชื่อ genus เป็นคำภาษาลาตินหรือกรีก หรือมีรากศัพท์มาจากภาษาลาติน ชื่อมักเป็นคำนามในภาษาลาตินซึ่งมีเพศเป็นหญิง ชาย หรือเป็นกลาง คำลงท้ายของชื่อ species ต้องมีเพศสอดคล้องกับเพศของชื่อ genus ชื่อ genus และ species ของสิ่งมีชีวิตถูกเขียนด้วยตัวพิมพ์เอนแตกต่างจากตัวพิมพ์ธรรมดา หรือตัวพิมพ์หรือเขียนธรรมดาแต่ขีดเส้นใต้ที่แต่ละคำ ตัวอย่างชื่อ genus ของแบคทีเรียซึ่งเป็นภาษาลาตินหรือมีรากศัพท์มาจากภาษาลาติน

Bacillus (เพศชาย) : ท่อนเล็ก (small rod)

Lactobacillus (เพศชาย) : ท่อนเล็กในน้ำนม (milk small rod)

Sarcina (เพศหญิง) : หีบห่อหรือกลุ่ม

ตัวอย่างชื่อ genus ของแบคทีเรียซึ่งมีรากศัพท์มาจากภาษากรีกแล้วถูกเปลี่ยนแปลงมาใช้ในภาษาลาติน คือ

Micrococcus (เพศชาย) : เม็ดเล็ก ๆ

Clostridium (เพศเป็นกลาง) : กระสวยเล็ก ๆ

Corynebacterium (เพศเป็นกลาง) : กระบองท่อนเล็ก

ตัวอย่างของแบคทีเรียบาง genus ซึ่งมีชื่อเพื่อให้เกียรติแก่บุคคลแต่ถูกเปลี่ยนแปลงให้เป็นภาษาลาติน เช่น

Basteurella (เพศหญิง) : เพื่อให้เกียรติแก่ Louis Pasteur

Erwinia (เพศหญิง) : เพื่อให้เกียรติแก่ Erwin F. Smith ชาวอเมริกันผู้บุกเบิกทางโรคพืช

Neisseria (เพศหญิง) : เพื่อเป็นเกียรติแก่ Albert Neisser ผู้ค้นพบเชื้อโรคโกโนเรีย (gonorrhea)

คำที่สองในชื่อ species ของแบคทีเรียไม่ต้องขึ้นต้นด้วยตัวพิมพ์ใหญ่และปกติมักใช้ขยายความเกี่ยวกับ species ในลักษณะต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

(ก) เป็นคุณศัพท์ขยายคำนาม เช่น *Bacillus albus* หมายถึง *Bacillus* ขาว

(ข) เป็นคุณศัพท์ในรูปของกริยาที่กำลังทำอยู่ เช่น *Clostridium dissolvens* หมายถึง *Clostridium* ที่ละลายอยู่

(ค) เป็นคำนามที่ใช้ขยายความ เช่น *Salmonella pullorum* หมายถึง *Salmonella* ของไก่

(ง) เป็นคำนามที่เอาไว้ด้วยกันเพื่ออธิบายความหมายของชื่อ เช่น *Bacillus radicicola* หมายถึง *Bacillus* ผู้พำนักอยู่ในรากไม้

3. ผู้กำหนดชื่อให้แก่แบคทีเรียอาจเขียนไว้ในวงเล็บต่อท้าย เช่น *Bacillus coagulans* (Hammer)

4. ในบางกรณีอาจจำเป็นต้องแตก species ออกไปเป็น variety ต่าง ๆ เนื่องจากมีความแตกต่างกันภายใน species แต่ไม่ถึงขั้นที่จะจัดให้เป็น species ใหม่ได้ ตัวอย่างเช่น สายพันธุ์ของ *Streptococcus lactis* ซึ่งทำให้เกิดกลิ่นรสเหมือนข้าวมอลต์จะถูกจัดให้เป็น *Streptococcus lactis* var *maltigenus*

5. การเขียนชื่อ species แบบย่อมักกำหนดว่า ในเรื่องหนึ่ง ๆ นั้นจำต้องเขียนชื่อ genus หรือ species อย่างเต็มสมบูรณ์แบบไว้แต่ข้างต้นแล้วจึงเขียนแบบย่อได้เช่น *B.subtilis* เป็นต้น

ชื่อสามัญของแบคทีเรีย

นอกเหนือจากชื่อวิทยาศาสตร์แล้ว แบคทีเรียก็มีชื่อสามัญเช่นเดียวกับพืชหรือสัตว์ ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ชื่อสามัญ	ชื่อวิทยาศาสตร์
Gonococcus	*Neisseria gonorrhoeae*
Tubercle bacillus	*Mycobacterium tuberculosis*
Diphtheria bacillus	*Corynebacterium diphtheriae*
Typhoid bacillus	*Salmonella typhi*

ข้อดีของชื่อสามัญคือสะดวกในการใช้และสะดวกในการสื่อความหมาย เช่น tubercle bacillus มีความหมายอ้างถึงตัวการทำให้เกิดโรควัณโรค (tuberculosis) มากกว่าชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Mycobacterium tuberculosis*

ลำดับชั้นของสิ่งมีชีวิตทางอนุกรมวิธาน

การจัดแบ่งจุลินทรีย์ออกเป็นหมวดหมู่ สมาชิกในหมวดหมู่หนึ่งจะต้องคล้ายคลึงกันและกันมากกว่าคล้ายกับสมาชิกในหมวดหมู่อื่น ลำดับชั้นทางอนุกรมวิธานถูกจัดโดยอาศัยความเหมือนหรือต่างกันของสิ่งมีชีวิตในหมู่ต่าง ๆ ซึ่งมีหลายระดับ ลำดับชั้นหรือ taxa (taxon, เอกพจน์) ของสิ่งมีชีวิตมีดังต่อไปนี้

Species คือสิ่งมีชีวิตพวกหนึ่งหรือคล้ายกัน

Genus คือหมู่ของ species ที่สัมพันธ์ต่อกัน

Tribe คือ หมู่ของ genera ที่สัมพันธ์ต่อกัน

Family คือหมู่ของ tribe หรือ genera ที่สัมพันธ์ต่อกัน

Order คือหมู่ของ family ที่สัมพันธ์ต่อกัน

Division หรือ class คือ หมู่ของ order ที่สัมพันธ์ต่อกัน

Phylum คือหมู่ของ Division หรือ class ที่สัมพันธ์ต่อกัน

Kingdom คือหมู่ของ phyla ที่สัมพันธ์ต่อกัน

ความสำคัญของระบบการจัดแบ่งหมวดหมู่อย่างเพียงพอสามารถเชื่อมโยงถึงความสำคัญของการจัดระเบียบความรู้โดยทั่วไป แผนการจัดลำดับชั้นดังกล่าวข้างต้นทำให้สามารถ

จัดระเบียบความจริงเกี่ยวกับความแตกต่างกันของสิ่งมีชีวิตซึ่งสับสนมากได้ และจัดระเบียบบัญญัติความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มเล็กกับกลุ่มใหญ่ได้ ด้วยความเห็นที่เหมาะสม แผนการจัดแบ่งหมวดหมู่ช่วยให้สะดวกในการศึกษาถึงลักษณะใหญ่ของสายพันธุ์ (species) จำนวนมากได้จากลำดับชั้น (texon) ที่สูงขึ้น ตัวอย่างเช่น หนังสือคู่มือ Bergey's Manual (1974) ได้บรรยายถึง 48 species ของ genus *Bacillus* และ 61 species ของ genus *Clostridium* genera ทั้งสองถูกจัดอยู่ใน family Bacillaceae ถ้าศึกษาถึงกฎเกณฑ์พื้นฐานของจุลินทรีย์ในลำดับชั้นนี้ก็จะทำให้ทราบถึงลักษณะใหญ่ของแบคทีเรียทั้ง 109 species พร้อมกันไปด้วย

การจัด species ให้เข้าไปอยู่ในระบบของการจัดแบ่งหมวดหมู่ คือ species→genus→tribe→family→order→division หรือ class จะต้องปรากฏความสัมพันธ์กันอย่างง่าย ๆ และไม่เป็นสองแง่สองง่าม ลำดับชั้นทางอนุกรมวิธานทั้งหมดของสิ่งมีชีวิตหมู่หนึ่งจะต้องไม่ขึ้นกับการตัดสินของคนบางคน ในบางครั้งจุลินทรีย์หมู่หนึ่งซึ่งเหมือนกันมากจนกระทั่งนักจุลชีววิทยาผู้ชำนาญการทั้งหลายเห็นพ้องต้องกันว่าเหมือนกัน แต่บุคคลอื่นอาจเห็น ากต่างไปและกำหนดลักษณะความแตกต่างกันของจุลินทรีย์ไปได้หลายระดับ ดังนั้น species จึงเป็นสิ่งซึ่งไม่แท้จริงและถูกกำหนดอยู่ในใจของผู้ศึกษาเท่านั้น ตัวอย่างเช่น species จะต้องเหมือนกันมากเพียงใดจึงถูกจัดให้อยู่ใน genus เดียวกันได้ และ genus, family หรือ order มีขอบเขตกว้างขวางเพียงใด คำถามเหล่านี้ยากที่จะตอบให้แน่ชัดลงไปได้ ความแตกต่างของลำดับชั้นต่าง ๆ มักไม่เสมอเหมือนกัน ตัวอย่างเช่น คณะบรรณาธิการของหนังสือคู่มือ Bergey's Manual ในการพิมพ์ครั้งที่ 8 ได้สรุปว่า "genus และ species ซึ่งเป็นกลุ่มของแบคทีเรียส่วนใหญ่เป็นเพียงลำดับชั้นซึ่งเป็นที่ยอมรับและถูกกำหนดด้วยการพิจารณาอย่างมีเหตุผลในปัจจุบันนี้เท่านั้น" การเหลื่อมล้ำกันของลักษณะแบคทีเรีย species ต่าง ๆ ทำให้ไม่สามารถขีดเส้นแบ่งแยกระหว่าหมู่ต่าง ๆ ทางอนุกรมวิธานได้อย่างแน่ชัด

แผนการจัดแบ่งหมวดหมู่

เรื่องราวเกี่ยวกับการจัดแบ่งพวกของจุลินทรีย์มีประวัติที่ยาวนาน ระบบแรกได้ถูกเสนอขึ้นเมื่อปี 1773 และระบบอื่นอีกมากมายจึงได้ถูกเสนอขึ้นหลังจากนั้น ในสหรัฐอเมริกาและส่วนอื่นของโลกอีกหลายแห่งได้ใช้ระบบการจัดแบ่งหมวดหมู่ของแบคทีเรียตาม Bergey's Manual of Determinative Bacteriology ซึ่งพิมพ์ออกมาครั้งแรกในปี 1923 และครั้งหลังสุดที่พิมพ์ออกมาก่อนหน้านี้ซึ่งเน้นหนักในด้านการจัดลำดับชั้นจาก species ไปสู่ class หรือจากต่ำ

ไปหาสูง แต่ในเล่มที่ 8 ให้ความสำคัญเกี่ยวกับรายละเอียดของ genus และ species เป็นอย่างมาก

หมวดหมู่ทางอนุกรมวิธานอาจเป็นได้หลายแบบแต่ที่สำคัญมีสองกรณีซึ่งน่าสนใจและมุ่งถึงการจัดแบ่งหมวดหมู่ของจุลินทรีย์ คือ

1. แผนการเทียมซึ่งมุ่งให้ได้ประโยชน์ในการชันสูตสิ่งมีชีวิตแต่เพียงอย่างเดียวเรียกว่า Utilitarian scheme แต่ปกติมักเรียกว่ากุญแจแห่งการวินิจฉัย (diagnostic key) สำหรับจุลินทรีย์หมู่ต่าง ๆ โดยเฉพาะ

2. แผนการธรรมชาติหรือแผนการตามประวัติความเป็นมาแห่งบรรพบุรุษหรือวิวัฒนาการ เรียกว่า phylogenetic scheme มีรูปแบบคล้ายต้นไม้แห่งชาติวงศ์ (genealogioal tree) แตกกิ่งก้านสาขาออกไปซึ่งพยายามจัดแจงสิ่งมีชีวิตโดยบ่งบอกถึงความสัมพันธ์ต่อกันในบรรพกาลหรือวิวัฒนาการ

ยังเป็นที่สงสัยว่าแผนการจัดแบ่งหมวดหมู่ของแบคทีเรียที่กระทำกันอยู่เกี่ยวเนื่องอย่างแท้จริงกับความสัมพันธ์ทางธรรมชาติหรือวิวัฒนาการหรือไม่ อย่างไรก็ตามสถานการณ์อาจกระจ่างขึ้นเมื่อได้รับรายละเอียดจากการวิจัยทางพันธุกรรมของแบคทีเรีย แบคทีเรียบางชนิดอาจมีการเชื่อมต่อ (conjugate) เพื่อทำให้เกิดการรวมกันใหม่ (recombination) ของสารพันธุกรรม (genetic material) ได้ การวิจัยทางด้านพันธุกรรมของแบคทีเรีย เช่น การทดลองทำให้เกิดแบคทีเรียลูกผสม (hybrid) อาจถูกใช้เป็นพื้นฐานเพื่อเชื่อมโยงแบคทีเรียลำดับชั้นต่าง ๆ (taxa) จากความคล้ายคลึงกันทางพันธุกรรม

Skerman Key

เป็นตัวอย่างกุญแจที่มีจุดประสงค์เพื่อการชันสูตแบคทีเรียแต่เพียงอย่างเดียวซึ่งปรับปรุงโดย V.B.D. Skerman ชาวออสเตรีย กุญแจประกอบด้วยคำถามเป็นลำดับซึ่งจำต้องตอบรับหรือปฏิเสธหลังจากได้ตรวจสอบลักษณะของสิ่งมีชีวิตแล้ว จากการติดตามลำดับคำถามไปจนตลอดจะนำสู่หลักฐานหรือรูปพรรณโดยทั่วไปของสิ่งมีชีวิตนั้น กุญแจเทียม (artificial key) เช่นนี้ได้ถูกพิมพ์ไว้ในหนังสือคู่มือ Bergey's Manual (กุญแจสำหรับตรวจสอบตำแหน่งโดยทั่วไปของสิ่งมีชีวิตในคู่มือ) และใช้รวมกัน กุญแจนี้ช่วยให้ผู้ใช้ตรวจสอบได้ว่าสิ่งมีชีวิตที่คัดแยกได้นั้นมีสิ่งใดคล้ายคลึงกับสิ่งมีชีวิตที่บรรยายไว้ในคู่มือ

Adansonian Classification

แนวทางซึ่งค่อนข้างใหม่และดีสำหรับการจัดแบ่งหมวดหมู่ของแบคทีเรียมีรากฐาน

มาจากหลักการจัดแบ่งหมวดหมู่ของสิ่งมีชีวิตโดย Adanson ซึ่งถูกตีพิมพ์เมื่อประมาณ 200 ปีมาแล้ว เรียกว่า Adansonian classification มีลักษณะของหลักการต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. อนุกรมวิธานที่สมบูรณ์แบบตามธรรมชาติ คือ อนุกรมวิธานที่มีลำดับชั้นต่าง ๆ ซึ่งมีรายละเอียดเนื้อหามากที่สุดและอยู่บนรากฐานของลักษณะหลายอย่างเท่าที่จะเป็นไปได้

2. ทุกลักษณะมีน้ำหนักเท่ากันในการประกอบกันเป็นลำดับชั้นต่าง ๆ ตามธรรมชาติ

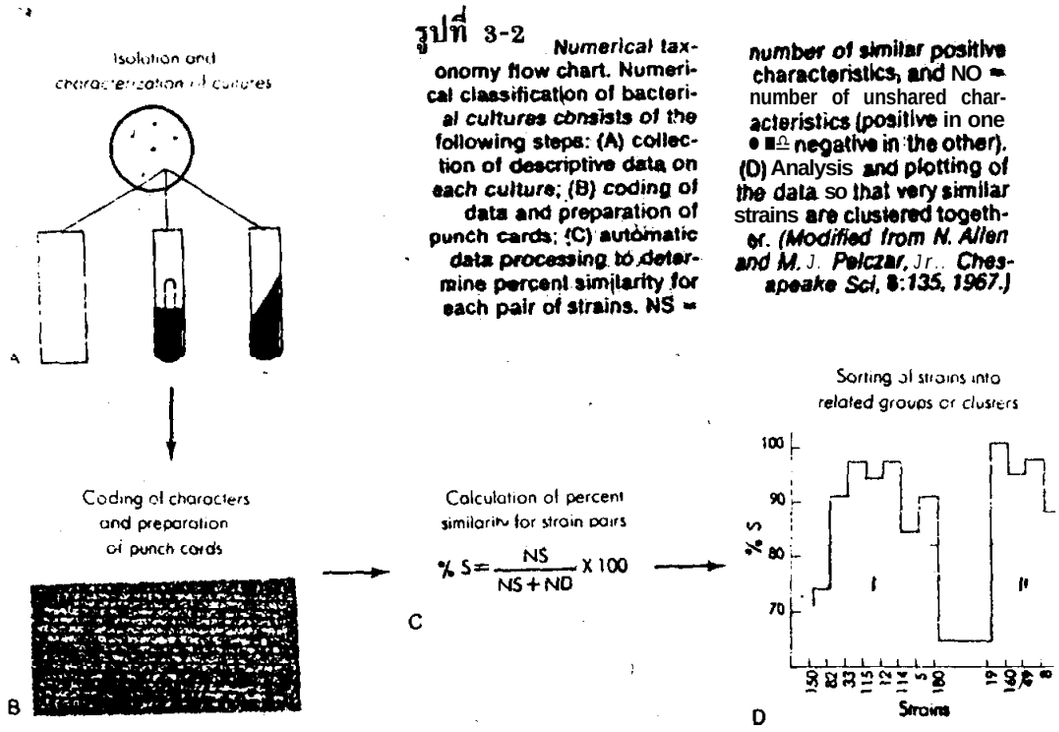
3. อัตราความเหมือนกันถูกคิดคำนวณเป็นตัวเลขสัดส่วนทางคณิตศาสตร์จากลักษณะต่าง ๆ ทั้งหมด

4. ลำดับชั้นที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับอัตราความเหมือนหรือแตกต่างกัน

5. สัมพันธภาพต่อกันถือว่าเป็นอิสระจากประวัติความเป็นมาแห่งบรรพบุรุษหรือวิวัฒนาการ (phylogeny) และความเหมือนกันหรือสัมพันธภาพต่อกันไม่ขึ้นกับบรรพบุรุษ

ในทางปฏิบัติมีวิธีการดังต่อไปนี้ คือ ลักษณะต่าง ๆ มากมายของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดที่รวบรวมได้ถูกนำมาตรวจสอบและแต่ละลักษณะถูกกำหนดให้มีน้ำหนักหรือค่าเท่ากัน การเปรียบเทียบเชื้อที่นำมาทดสอบทำได้โดยการตรวจสอบอัตราความเหมือนกันทั้งหมด คือ จำนวนลักษณะทั้งหมดที่เหมือนกันหารด้วยลักษณะทั้งหมดที่ตรวจสอบดังรูปที่ 3-2 ตัวอย่างเช่น ถ้าตรวจสอบลักษณะของจุลินทรีย์หมู่หนึ่งทั้งหมดจำนวน 50 ลักษณะปรากฏว่า ได้ผลเหมือนกันแสดงว่าจุลินทรีย์ในหมู่นี้มีความเหมือนกันทุกประการหรือมีความเหมือนกัน 100 เปอร์เซ็นต์ แต่กับจุลินทรีย์หมู่อื่นอาจให้ผลเหมือนกันเพียง 45 ลักษณะแสดงว่ามีความเหมือนกัน 90 เปอร์เซ็นต์ ด้วยวิธีการนี้ทำให้สามารถจัดแบ่งหมวดหมู่ของจุลินทรีย์ได้จากเปอร์เซ็นต์ความเหมือนกัน คือ จุลินทรีย์ในหมู่หนึ่ง ๆ มีเปอร์เซ็นต์ความเหมือนกันใกล้เคียงกันแต่จะแตกต่างกันมากกับจุลินทรีย์หมู่อื่น เนื่องจากแบคทีเรียหรือจุลินทรีย์มีจำนวนมากทำให้ลักษณะต่าง ๆ ที่จะต้องบันทึกและจดจำไว้เป็นตัวเลขมากมาย ดังนั้นการคำนวณเปรียบเทียบความเหมือนกันระหว่างเชื้อต่อเชื้อจึงต้องอาศัยคอมพิวเตอร์

ในบทต่อไปนักศึกษาจะได้ทำความคุ้นเคยกับลักษณะบางอย่างของจุลินทรีย์ และเข้าใจจุลินทรีย์ในฐานะที่เป็นสิ่งมีชีวิตอิสระ เช่น จุลินทรีย์มีลักษณะเป็นอย่างไร มีการเจริญเติบโตและสืบพันธุ์อย่างไร จุลินทรีย์ทำให้สิ่งแวดล้อมเปลี่ยนแปลงอย่างไร และสิ่งแวดล้อมมีอิทธิพลต่อชีวิตและการอยู่รอดของจุลินทรีย์อย่างไร ความรู้ต่าง ๆ เหล่านี้จะทำให้นักศึกษาทราบและเข้าใจถึงความสำคัญของการตั้งชื่อและอนุกรมวิธานวิทยามากยิ่งขึ้น



รูปที่ 3-2 *Numerical taxonomy flow chart.* Numerical classification of bacterial cultures consists of the following steps: (A) collection of descriptive data on each culture; (B) coding of data and preparation of punch cards; (C) automatic data processing to determine percent similarity for each pair of strains. NS = number of similar positive characteristics, and NO = number of unshared characteristics (positive in one ■ negative in the other). (D) Analysis and plotting of the data so that very similar strains are clustered together. *(Modified from N. Allen and M. J. Pelczar, Jr., Chesapeake Sci, 8:135, 1967.)*