



จุลชีววิทยาและการประยุกต์

M I C R O B I O L O G Y
A N D A P P L I C A T I O N S

.....

วสุ ปฐมอารีย์

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่



..... คำนำ

หนังสือ “จุลชีววิทยาและการประยุกต์” เล่มนี้เขียนขึ้นสำหรับใช้ในการประกอบการเรียนการสอนกระบวนวิชาจุลชีววิทยาในระดับอุดมศึกษา โดยเรียบเรียงขึ้นเป็นภาษาที่เข้าใจง่าย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้นักเรียน นิสิต นักศึกษา นักวิจัย นักวิชาการ อาจารย์และผู้สนใจสามารถนำไปใช้ประกอบการศึกษาค้นคว้า ทำความเข้าใจงานความรู้วิชาการทางด้านจุลชีววิทยาที่ส่วนมากเผยแพร่ในภาษาต่างประเทศ

เนื้อหาในหนังสือเล่มนี้ได้มาจากการรวบรวมข้อมูลจากตำราจุลชีววิทยาทั้งในประเทศ และต่างประเทศ รวมทั้งผลงานวิจัย ความรู้และประสบการณ์งานวิจัยของผู้เขียนเอง ผู้เขียนหวังว่าหนังสือ “จุลินทรีย์และการประยุกต์” เล่มนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจหาความรู้ทางด้านจุลชีววิทยา หากผู้อ่านมีข้อเสนอแนะและคำติชมประการใด ผู้เขียนยินดีน้อมรับเพื่อจะได้นำมาปรับปรุงหนังสือเล่มนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้นต่อไป

ผู้เขียนขอขอบคุณนางสาวภาราดา รังษีแก้ว และนางสาวณัฐธิชา บุตรบุญชู ที่ให้ความช่วยเหลือในการจัดเตรียมต้นฉบับ และภาพประกอบในหนังสือเล่มนี้ ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์วันชัย สนธิไชย และรองศาสตราจารย์ ดร.ยุวดี พิรพรพิศาล เป็นอย่างสูงที่ช่วยกรุณาตรวจทานต้นฉบับ สุดท้ายนี้ผู้เขียนขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิสองท่านที่ช่วยกรุณาให้คำแนะนำเพื่อปรับปรุงแก้ไขต้นฉบับให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น และรองศาสตราจารย์ ดร.โสภณ บุญลือ ที่กรุณาตอบรับเป็นบรรณาธิการของหนังสือเล่มนี้

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วสุ ปฐมอารีย์



..... สารบัญ

คำอุทิศ.....	i
คำนิยม.....	ii
คำนำ.....	iii
สารบัญ.....	iv
สารบัญภาพ.....	v
สารบัญตาราง.....	x
บทที่ 1 จุลินทรีย์และจุลชีววิทยา.....	1
บทที่ 2 วิธีการทางจุลชีววิทยา.....	13
บทที่ 3 การเจริญของแบคทีเรีย.....	31
บทที่ 4 การควบคุมการเจริญของจุลินทรีย์.....	47
บทที่ 5 โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์โปรแคริโอตและยูแคริโอต.....	63
บทที่ 6 การจัดจำแนกจุลินทรีย์โปรแคริโอต.....	91
บทที่ 7 การจัดจำแนกจุลินทรีย์ยูแคริโอต.....	121
บทที่ 8 ไวรัสวิทยา.....	133
บทที่ 9 พันธุศาสตร์จุลินทรีย์.....	145
บทที่ 10 จุลินทรีย์ที่เจริญในสภาพแวดล้อมแบบสุดขีด และการศึกษาวิจัยเพื่อนำไปใช้ประโยชน์.....	171
บทที่ 11 เทคโนโลยีชีวภาพทางจุลินทรีย์.....	187
อภิธานศัพท์.....	209
ดัชนี.....	219



สารบัญภาพ

ภาพที่ 1.1	จุลินทรีย์ทางการเกษตร ปมรากพืชตระกูลถั่ว (ก) ถั่วเขียวที่ปลูกร่วมกับ แบคทีเรียส่งเสริมการเจริญของพืชเทียบกับชุดควบคุม (ข)	3
ภาพที่ 1.2	การเก็บอุ้งนึ่งเพื่อนำมาทำไวน์โดยชาวอียิปต์โบราณ	4
ภาพที่ 1.3	ภาพวาดกล้องจุลทรรศน์ของโรเบิร์ต ฮุก (ก) และลักษณะของเชื้อรา ที่เขาวบบนแผ่นหนังสือ (ข).....	5
ภาพที่ 1.4	กล้องจุลทรรศน์ของแอนโทนี ฟาน ลีเวนฮุค (ก) และภาพวาดลายเส้น แสดงลักษณะของแบคทีเรียที่พบ (ข)	6
ภาพที่ 1.5	การทดลองของหลุยส์ ปาสเตอร์เพื่อหักล้างทฤษฎีที่เชื่อว่าสิ่งมีชีวิต มีกำเนิดมาจากสิ่งไม่มีชีวิตได้โดยตนเอง	7
ภาพที่ 1.6	การพิสูจน์สาเหตุของโรคโดยหลักการ Koch's postulate	8
ภาพที่ 2.1	หลักการทำงานของกล้องจุลทรรศน์แบบแสงธรรมดา (ก) และกล้องจุลทรรศน์เลนส์ประกอบ (ข).....	16
ภาพที่ 2.2	ส่วนประกอบของกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (ก) และแบบส่องผ่าน (ข).....	18
ภาพที่ 2.3	การย้อมสีแบบแกรมของแบคทีเรียแกรมบวก <i>Bacillus subtilis</i> และแกรมลบ <i>Escherichia coli</i> (ก) และการย้อมสีทนกรดของแบคทีเรียแกรมบวก ในสกุล <i>Mycobacterium</i> (ข).....	19
ภาพที่ 2.4	การย้อมสีเอนโดสปอร์ของแบคทีเรียแกรมบวก <i>Bacillus subtilis</i> (ก) และ การย้อมสีแคปซูลแบบเนกาทีฟของแบคทีเรียแกรมลบ <i>Azotobacter</i> sp. (ข)	21
ภาพที่ 2.5	แผนภาพเทคนิคการแยกเชื้อให้บริสุทธิ์แบบสตรีกเพลทแบ่งสี่ส่วน (ก) และตัวอย่างจานอาหารที่แยกให้เชื้อบริสุทธิ์แบบสตรีกเพลท (ข).....	23
ภาพที่ 2.6	เทคนิคการแยกเชื้อบริสุทธิ์แบบสเปรดเพลท	23
ภาพที่ 2.7	เทคนิคการแยกเชื้อบริสุทธิ์แบบพอร์เพลท	24
ภาพที่ 2.8	ตัวอย่างของแอมพูลเชื้อ (ก) และเครื่องทำแท่งแบบเยือกแข็ง (ข).....	30



ภาพที่ 3.1	กราฟการเจริญของแบคทีเรียในการเพาะเลี้ยงแบบกะ.....	34
ภาพที่ 3.2	ระบบการเพาะเลี้ยงแบคทีเรียแบบต่อเนื่องโดยควบคุมปริมาณสารอาหารหลัก	35
ภาพที่ 3.3	สไลด์นับเซลล์แบบฮีมาซัยโตมิเตอร์.....	36
ภาพที่ 3.4	เทคนิคการวัดการเจริญโดยการนับเซลล์จุลินทรีย์แบบฟอร์เพลท	38
ภาพที่ 3.5	เทคนิคการวัดการเจริญโดยการนับเซลล์จุลินทรีย์แบบสเปรดเพลท.....	38
ภาพที่ 3.6	หลักการวัดการเจริญของแบคทีเรียด้วยการวัดความขุ่น.....	40
ภาพที่ 3.7	การวัดการเจริญของแบคทีเรียด้วยวิธีดิวซ์ซีเมทิลีนบลู.....	40
ภาพที่ 3.8	ช่วงอุณหภูมิในการเจริญของแบคทีเรีย.....	42
ภาพที่ 4.1	กราฟการตายของจุลินทรีย์แสดงค่า Decimal Reduction Time (DRT, D-value).....	52
ภาพที่ 4.2	กระดาศาวทดสอบการฆ่าเชื้อ (ก) และชุดทดสอบประสิทธิภาพการทำให้เชื้อ ProSpore2 Steam (ข).....	53
ภาพที่ 4.3	ชุดทดสอบการทำงานของเอนไซม์ฟอสฟาเตส.....	54
ภาพที่ 4.4	ตัวอย่างตู้อบความร้อนสูง	55
ภาพที่ 4.5	การทดสอบประสิทธิภาพของน้ำยาฆ่าเชื้อโดยวิธี Use-dilution test	58
ภาพที่ 4.6	การทดสอบประสิทธิภาพของยาปฏิชีวนะโดยวิธี Disk-diffusion	59
ภาพที่ 4.7	Oligodynamic action ของโลหะหนักในเหรียญกษาปณ์.....	60
ภาพที่ 5.1	เซลล์แบคทีเรียรูปทรงกลมและการจัดเรียงตัวแบบต่างๆ	66
ภาพที่ 5.2	เซลล์แบคทีเรียรูปแท่งและการจัดเรียงตัวแบบต่างๆ	67
ภาพที่ 5.3	เซลล์แบคทีเรียรูปเกลียวแบบสปิไรลล์ (ก) และสปิโรชีต (ข)	67
ภาพที่ 5.4	ลักษณะรูปร่างเซลล์แบคทีเรียแบบไม่แน่นอนคล้ายตัวอักษรจีนของ <i>Corynebacterium</i> spp. (ก) และลักษณะเซลล์แบบเป็นเส้นสายของ <i>Streptomyces</i> spp. (ข).....	68
ภาพที่ 5.5	แผนภาพลักษณะเซลล์แบบสี่เหลี่ยมผืนผ้าของ <i>Haloarcula</i> sp. (ก) และเซลล์รูปดาวของ <i>Stella</i> sp. (ข).....	69
ภาพที่ 5.6	แบคทีเรียพวกนาโนแบคทีเรีย หรืออัลตราไมโครแบคทีเรีย.....	69
ภาพที่ 5.7	แบคทีเรีย <i>Epulopiscium fishelsoni</i> (ก) และ <i>Thiomargarita namibiensis</i> (ข).....	70
ภาพที่ 5.8	โครงสร้างทั่วไปของเซลล์แบคทีเรีย	71
ภาพที่ 5.9	โครงสร้างของเพปทิโดไกลแคนในผนังเซลล์แบคทีเรีย.....	71

ภาพที่ 5.10	ขั้นตอนการย้อมสีแบบแกรม.....	72
ภาพที่ 5.11	โครงสร้างผนังเซลล์ของแบคทีเรียแกรมบวก (ก) และแบคทีเรียแกรมลบ (ข)...	73
ภาพที่ 5.12	โครงสร้างลิโปพอลิแซ็กคาไรด์ของแบคทีเรียแกรมลบ	74
ภาพที่ 5.13	โครงสร้างเยื่อหุ้มเซลล์ของแบคทีเรีย	75
ภาพที่ 5.14	บริเวณนิวคลีโออยด์ในเซลล์แบคทีเรีย	75
ภาพที่ 5.15	ไรโบโซมขนาด 70S ของแบคทีเรีย.....	76
ภาพที่ 5.16	โครงสร้างพิมเบรียของแบคทีเรีย <i>Escherichia coli</i>	76
ภาพที่ 5.17	โครงสร้างพาราคริสตัลไลน์เลเยอร์ของแบคทีเรียแกรมบวก.....	77
ภาพที่ 5.18	แคปซูลของแบคทีเรีย	77
ภาพที่ 5.19	ตำแหน่งของแฟลกเจลลา (ก) และโครงสร้างของแฟลกเจลลา (ข).....	78
ภาพที่ 5.20	ตำแหน่งของเอนโดสปอร์ภายในเซลล์ (ก) และโครงสร้างของเอนโดสปอร์ (ข) .	79
ภาพที่ 5.21	พอลิปีตาไฮดรอกซีบีวทิเรตในเซลล์แบคทีเรีย (ก) แมกนีโตโซมภายในเซลล์ของ magnetotactic alphaproteobacteria (ข)....	80
ภาพที่ 5.22	ลักษณะโดยทั่วไปของเซลล์ยูแคริโอต	81
ภาพที่ 5.23	ไมโครทิวบูลที่จัดเรียงตัวแบบ 9+2 ของแฟลกเจลลาในเซลล์ยูแคริโอต	82
ภาพที่ 5.24	นิวเคลียสและร่างแหเอนโดพลาซิมของเซลล์ยูแคริโอต	85
ภาพที่ 5.25	กอลจิแอปพาราตัสของเซลล์ยูแคริโอต.....	86
ภาพที่ 5.26	ไมโทคอนเดรียของเซลล์ยูแคริโอต.....	87
ภาพที่ 5.27	คลอโรพลาสต์ของเซลล์ยูแคริโอต.....	88
ภาพที่ 5.28	ไลโซโซม (ก) และเพอร์ออกซิโซม (ข) ของเซลล์ยูแคริโอต	89
ภาพที่ 6.1	ซากฟอสซิลของโพรแคริโอตที่เรียกว่า สโตรมาโตไลต์	93
ภาพที่ 6.2	แผนภูมิต้นไม้แสดงความสัมพันธ์เชิงวิวัฒนาการของโดเมนแบคทีเรีย โดเมนอาร์เคีย และโดเมนยูคาริโอตา.....	93
ภาพที่ 6.3	สปิชีส์ที่เป็นตัวแทนของสกุล <i>Dermaococcus</i>	95
ภาพที่ 6.4	สายพันธุ์ตัวแทนของสปิชีส์ <i>Dermaococcus abyssi</i>	96
ภาพที่ 6.5	Bergey's Manual of Systematic Bacteriology Volume 2 (ก) The Prokaryotes ฉบับพิมพ์ครั้งที่ 3 (ข).....	98
ภาพที่ 6.6	แผนภูมิต้นไม้แสดงการจัดแบ่งสมาชิกในโดเมนอาร์เคีย	100
ภาพที่ 6.7	เซลล์ของ <i>Nanoarchaeum equitans</i> กำลังเกาะเซลล์ของ <i>Igniococcus</i>	101
ภาพที่ 6.8	แผนภูมิต้นไม้แสดงการจัดแบ่งสมาชิกในโดเมนแบคทีเรีย	102
ภาพที่ 6.9	แผนภูมิต้นไม้แสดงการจัดแบ่งสมาชิกในไฟลัม Proteobacteria	103
ภาพที่ 6.10	วงจรชีวิตของ <i>Myxococcus xanthus</i>	111



ภาพที่ 7.1	เส้นใยเชื้อราแบบมีผนังกัน (ก) และไม่มีผนังกัน (ข).....	123
ภาพที่ 7.2	สปอร์แบบไม่อาศัยเพศชนิดสปอร์แรงจิโอสปอร์ของเชื้อรา <i>Rhizopus</i> sp.....	124
ภาพที่ 7.3	สปอร์สำหรับการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศชนิดไซโกสปอร์ (ก) แอสโคสปอร์ (ข) และเบซิไดโอสปอร์ (ค).....	125
ภาพที่ 7.4	ไลเคนส์แบบครัสโทส (ก) โพลีโอส (ข) และฟรุติโคส (ค).....	127
ภาพที่ 7.5	สาหร่าย <i>Arthrospira</i> sp. (ก) และสาหร่ายน้ำมัน <i>Botryococcus braunii</i> (ข)..	128
ภาพที่ 7.6	เซลล์ไม่เกี่ยวกับเพศของโพรโทซัวแบบโทรโฟซอยต์ (ก) และเซลล์เกราะ (ข) ..	129
ภาพที่ 7.7	ราเมือกกลุ่ม Cellular slime molds ชนิด <i>Dictyostelium discoideum</i> (ก) และ Plasmodial slime mold ชนิด <i>Tubifera ferruginosa</i> (ข)	131
ภาพที่ 8.1	โครงสร้างของอนุภาคไวรัส (ก) และอนุภาคเอนเวลโลปไวรัส (ข).....	137
ภาพที่ 8.2	ขั้นตอนการเพิ่มปริมาณไวรัสในเซลล์แบคทีเรีย.....	138
ภาพที่ 8.3	อนุภาคไวรัสเอชไอวี (ก) และลูก มองแทกเนียร์ (ข).....	141
ภาพที่ 8.4	รูปร่างของไวรอยด์โรคมันฝรั่งหัวเล็กยาว.....	143
ภาพที่ 9.1	โครงสร้างของน้ำตาลต้อออกซีไรโบส (ก) และไรโบส (ข).....	147
ภาพที่ 9.2	โครงสร้างของโมเลกุลนิวคลีโอไซด์ (ก) และนิวคลีโอไทด์ (ข)	147
ภาพที่ 9.3	การเรียงตัวของสายโพลีนิวคลีโอไทด์แบบขนานกันในทิศตรงข้ามของ โมเลกุลดีเอ็นเอ	148
ภาพที่ 9.4	โครงสร้างทุติยภูมิของโมเลกุลอาร์เอ็นเอ	148
ภาพที่ 9.5	ลำดับขั้นตอนการถ่ายทอดข้อมูลทางพันธุกรรมตาม central dogma of molecular biology.....	149
ภาพที่ 9.6	การจำลองตัวเองของดีเอ็นเอสายนำ (ก) และสายตาม (ข).....	151
ภาพที่ 9.7	สรุปเหตุการณ์จำลองตัวเองของโมเลกุลดีเอ็นเอ.....	152
ภาพที่ 9.8	สรุปเหตุการณ์กระบวนการถอดรหัส	153
ภาพที่ 9.9	รหัสพันธุกรรมในจุลินทรีย์.....	154
ภาพที่ 9.10	สรุปเหตุการณ์กระบวนการแปลรหัส	155
ภาพที่ 9.11	การกลายพันธุ์จากการแทนที่ของเบสแบบทรานซิชันและทรานสเวอร์ชัน.....	156
ภาพที่ 9.12	การกลายพันธุ์แบบเฟรมชิฟท์ มิวเทชัน จากการแทรก หรือการขาดหายไปของเบส.....	157
ภาพที่ 9.13	การกลายพันธุ์โดยอนุพันธ์ของเบส 5-โบรมูราซิล	158
ภาพที่ 9.14	โครงสร้างของอินเซชัน ซีควนส์ (insertion sequence).....	159



ภาพที่ 9.15	โครงสร้างของโอเปอรอน	160
ภาพที่ 9.16	การทำงานของแลกโตสโอเปอรอน	161
ภาพที่ 9.17	การทำงานของทริปโตฟานโอเปอรอน	162
ภาพที่ 9.18	การทดลองการถ่ายทอดสารพันธุกรรมแบบทรานสเฟอร์เมชันของกริฟฟิธ	163
ภาพที่ 9.19	กระบวนการทรานสดักชันแบบทั่วไป.....	164
ภาพที่ 9.20	กระบวนการถ่ายทอดสารพันธุกรรมแบบกระบวนการทรานสดักชัน ของยีนตำแหน่งเฉพาะ.....	165
ภาพที่ 9.21	การถ่ายทอดสารพันธุกรรมแบบคอนจูเกชัน.....	166
ภาพที่ 9.22	กระบวนการถ่ายทอดสารพันธุกรรมแบบคอนจูเกชันของเซลล์ Hfr	167
ภาพที่ 9.23	แผนภาพขั้นตอนในการโคลนยีน	169
ภาพที่ 10.1	การแบ่งกลุ่มจุลินทรีย์ตามค่าพีเอชในการเจริญ.....	173
ภาพที่ 10.2	การแบ่งกลุ่มจุลินทรีย์ตามอุณหภูมิในการเจริญ.....	178
ภาพที่ 10.3	ลักษณะการเจริญของเชื้อ <i>Dermaococcus abyssi</i> MT1.1 ^T (ก), <i>D. barathri</i> MT2.1 ^T (ข) และ <i>D. profundus</i> MT2.2 ^T (ค).....	181
ภาพที่ 10.4	ลักษณะโครงสร้างทางเคมีของสาร Dermacozines A-G จากเชื้อ <i>Dermaococcus abyssi</i> MT1.1 ^T	182
ภาพที่ 10.5	โครงสร้างทางเคมีของสี brilliant black BN (BNN).....	183
ภาพที่ 11.1	เมแทบอลิต์ปฐมภูมิ (ก) และเมแทบอลิต์ทุติยภูมิ (ข)	189
ภาพที่ 11.2	กระบวนการผลิตเปปต์ไนด์.....	191
ภาพที่ 11.3	กระบวนการผลิตไวน์.....	192
ภาพที่ 11.4	กระบวนการผลิตผงชูรส	197
ภาพที่ 11.5	ตัวอย่างจากถังกรองก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์, ตัวอย่างจากมหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ (ก), ตัวอย่างจากเจริญยั้งยงฟาร์ม จังหวัดชลบุรี (ข), ตัวอย่างจากตรังวัฒนาฟาร์ม จังหวัดตรัง (ค), ตัวอย่างจากกาญจนาฟาร์ม (ไพเราะเดา) จังหวัดราชบุรี (ง).....	204
ภาพที่ 11.6	ระบบการทดลองถังกรองชีวภาพแบบแนวตั้งในระดับห้องปฏิบัติการ.....	205



สารบัญตาราง

ตารางที่ 1.1	ตัวอย่างรางวัลโนเบลที่มอบให้กับการค้นพบทางจุลชีววิทยา	9
ตารางที่ 1.2	ตัวอย่างสาขาวิชาจุลชีววิทยา	10
ตารางที่ 2.1	กำลังขยายภาพของกล้องจุลทรรศน์เลนส์ประกอบ	15
ตารางที่ 2.2	ส่วนประกอบของ minimal medium สำหรับเลี้ยงแบคทีเรีย <i>Bacillus megaterium</i>	26
ตารางที่ 2.3	ตัวอย่างของอาหารเลี้ยงเชื้อประเภทต่างๆ	28
ตารางที่ 3.1	การจัดกลุ่มจุลินทรีย์ตามความต้องการออกซิเจนในการเจริญ.....	43
ตารางที่ 3.2	ค่าแอสทิตีของน้ำในสารต่างๆ และจุลินทรีย์ที่เจริญได้	44
ตารางที่ 4.1	ตัวอย่างอัตราการตายของจุลินทรีย์	50
ตารางที่ 5.1	ความแตกต่างระหว่างเซลล์โพรแคริโอตและเซลล์ยูแคริโอต	65
ตารางที่ 5.2	ลักษณะของผนังเซลล์แบคทีเรียแกรมบวกและแบคทีเรียแกรมลบ	74
ตารางที่ 6.1	ลำดับขั้นทางอนุกรมวิธานของแบคทีเรีย <i>Shigella dysenteriae</i>	94
ตารางที่ 6.2	ความแตกต่างระหว่างแบคทีเรีย อาร์เคียแบคทีเรีย และยูคาริโอตา	99
ตารางที่ 6.3	ตัวอย่างสมาชิกของ Proteobacteria แยกตามคลาส.....	103
ตารางที่ 8.1	ตัวอย่างโรคที่เกิดจากไพรอน.....	143
ตารางที่ 9.1	เอนไซม์ที่เกี่ยวข้องในกระบวนการจำลองตัวเอง.....	150
ตารางที่ 10.1	ตัวอย่างของจุลินทรีย์ชอบกรดและแหล่งที่พบ	174
ตารางที่ 10.2	ตัวอย่าง compatible solute ที่จุลินทรีย์สังเคราะห์ขึ้น	176
ตารางที่ 10.3	ความสามารถในการแสดงกิจกรรมส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช ของแอคติโนแบคทีเรียจากร่องลึกกันสมุทรมาเรียนา	184
ตารางที่ 11.1	ประเภทของไวน์	193
ตารางที่ 11.2	ตัวอย่างผลิตภัณฑ์อาหารจากจุลินทรีย์.....	194
ตารางที่ 11.3	ตัวอย่างยาปฏิชีวนะจากจุลินทรีย์.....	200
ตารางที่ 11.4	ตัวอย่างเอนไซม์จากจุลินทรีย์	201

.....

“จุลชีววิทยาและการประยุกต์” เล่มนี้ เป็นหนังสือที่รวบรวมเนื้อหาเกี่ยวกับ จุลินทรีย์กลุ่มโปรแคริโอตและยูแคริโอต จุลินทรีย์ที่เจริญในสภาพแวดล้อม แบบสุดขีด ไวรัสวิทยา โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์โปรแคริโอตและยูแคริโอต วิธีการทางจุลชีววิทยา การควบคุมการเจริญของจุลินทรีย์ พันธุศาสตร์ จุลินทรีย์ และเทคโนโลยีชีวภาพของจุลินทรีย์ มาอธิบายโดยใช้ภาษาที่อ่านง่าย พร้อมภาพประกอบ เพื่อใช้ช่วยในการศึกษาค้นคว้า และทำความเข้าใจเนื้อหา วิชาการทางด้านจุลชีววิทยาด้วยตนเอง เหมาะสำหรับนักเรียน นิสิตนักศึกษา และผู้สนใจงานทางด้านจุลชีววิทยาทั่วไป

.....



CHIANG MAI
UNIVERSITY PRESS

ISBN: 978-616-398-321-3



ราคา 480 บาท

MICROBIOLOGY
AND APPLICATIONS



.....

บทที่ 1

.....

จุลินทรีย์และ
จุลชีววิทยา

01

จุลินทรีย์และ จุลชีววิทยา

.....

จุลินทรีย์ หมายถึง สิ่งมีชีวิตที่มีขนาดเล็กมาก ส่วนใหญ่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ต้องอาศัยกล้องจุลทรรศน์ บางชนิดซึ่งเป็นส่วนน้อยสามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า แต่ไม่สามารถมองเห็นรายละเอียดได้ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเซลล์น้อยกว่าหรือเท่ากับ 1 มิลลิเมตร อาจเรียกว่า “จุลชีพ” “จุลชีว” หรือ “จุลชีว” พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน ได้ให้นิยามของจุลินทรีย์ว่า “สิ่งมีชีวิตที่มีขนาดเล็กมาก มองด้วยตาเปล่าไม่เห็น ต้องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์” สิ่งมีชีวิตที่จัดเป็นจุลินทรีย์ ได้แก่ แบคทีเรีย ยีสต์ รา เห็ด โพรทิสต์ สาหร่ายขนาดเล็ก และไวรัส

.....

จุลชีววิทยา หมายถึง วิชาที่ศึกษาเกี่ยวกับชนิดและกิจกรรมของจุลินทรีย์ในด้านต่างๆ เช่น การศึกษาแบคทีเรียหรือแบคทีเรียวิทยา (bacteriology) การศึกษาฟังไจ (mycology) การศึกษาโพรทิสต์และพยาธิ (parasitology) การศึกษาไวรัส (virology) ภูมิคุ้มกันวิทยา (immunology) จุลชีววิทยาการแพทย์ (medical microbiology) และจุลชีววิทยาทางดิน (soil microbiology) เป็นต้น

ทำไมจึงต้องมีการศึกษาจุลินทรีย์

จุลินทรีย์อาศัยอยู่ในสิ่งแวดล้อมรอบตัวมนุษย์ และการดำรงชีวิตของจุลินทรีย์มีผลกระทบต่อชีวิตความเป็นอยู่ของมนุษย์ไม่ว่าทางตรงหรือทางอ้อม ดังนั้นการศึกษาเกี่ยวกับจุลินทรีย์จึงมีความ

สำคัญ เนื่องจากทำให้มนุษย์สามารถนำจุลินทรีย์มาใช้ประโยชน์ในหลายด้าน และสามารถป้องกันอันตรายที่เกิดจากจุลินทรีย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เป็นการยกระดับคุณภาพชีวิตให้ดีขึ้น ในการเรียนวิชาจุลชีววิทยาจะได้กล่าวถึงความสำคัญของจุลินทรีย์ที่มีบทบาทต่อมนุษย์ดังต่อไปนี้

1. จุลินทรีย์เป็นสาเหตุของโรคคนและสัตว์

โดยปกติเมื่อกล่าวถึงจุลินทรีย์ ตามความเข้าใจของประชาชนโดยทั่วไปมักจะนึกถึง “เชื้อโรค” เนื่องจากจุลินทรีย์บางชนิดสามารถก่อโรคได้ในสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น เช่น แบคทีเรีย *Escherichia coli* เป็นเชื้อสาเหตุของอาการท้องเสีย ในทางจุลชีววิทยาเรียกจุลินทรีย์ที่ก่อโรคได้นี้ว่า “pathogen” หรือ “pathogenic microorganisms” อย่างไรก็ตามจุลินทรีย์ส่วนใหญ่ไม่ก่อโรค นอกจากนี้ จุลินทรีย์บางชนิดยังมีส่วนช่วยในการรักษาโรค เนื่องจากมีความสามารถในการผลิตสารปฏิชีวนะที่มีฤทธิ์ฆ่าเชื้อก่อโรค เช่น แบคทีเรียกลุ่มแอสโตโมัยซิส โดยเฉพาะสกุล *Streptomyces*

2. จุลินทรีย์กับการเกษตร

จุลินทรีย์มีความสามารถในการย่อยสลายอินทรีย์สารและอนินทรีย์สารในสิ่งแวดล้อม จึงมีหน้าที่และบทบาทที่สำคัญในกระบวนการหมุนเวียนแร่ธาตุในธรรมชาติ ซึ่งแร่ธาตุเหล่านี้เป็นสารอาหารของพืช ตัวอย่างที่เห็นได้ชัดเจน ได้แก่ การเกิดปมรากของพืชตระกูลถั่วโดยแบคทีเรียตรึงไนโตรเจน (ภาพที่ 1.1 (ก)) หรือไรโซแบคทีเรียกลุ่มช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช (plant growth promoting rhizobacteria) ช่วยส่งเสริมการเจริญของพืช (ภาพที่ 1.1 (ข)) นอกจากนี้จุลินทรีย์บางชนิดยังเป็นสาเหตุของโรคในพืชและสัตว์ สร้างความเสียหายให้แก่ผลิตผลทางการเกษตร และทำให้เกิดความสูญเสียทางเศรษฐกิจ เช่น แบคทีเรีย *Xanthomonas oryzae* เป็นเชื้อสาเหตุหลักของโรคใบไหม้ในข้าว เป็นต้น

(ก)



(ข)



ภาพที่ 1.1 จุลินทรีย์ทางการเกษตร ปมรากพืชตระกูลถั่ว (ก) ถั่วเขียวที่ปลูกร่วมกับแบคทีเรียส่งเสริมการเจริญของพืชเทียบกับชุดควบคุม (ข)

ที่มา (ก) https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a5/Rhizobia_nodules_on_Vigna_unguiculata.jpg

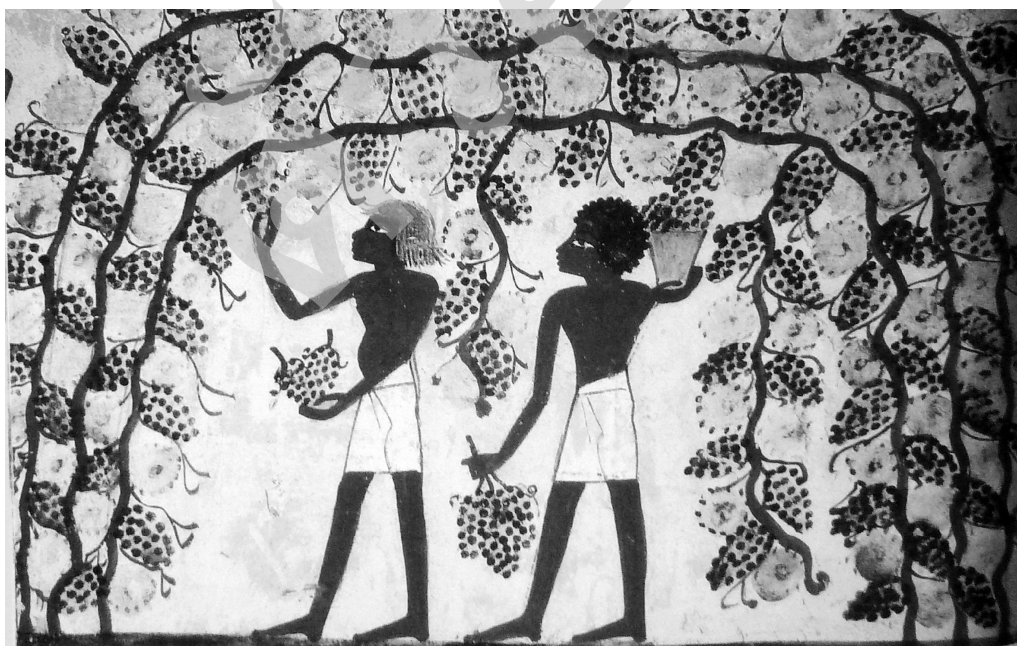
(ข) Lasudee *et al.*, 2017

3. จุลินทรีย์กับอาหาร

มนุษย์เรารู้จักใช้ประโยชน์จากจุลินทรีย์เพื่อผลิตอาหารและเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์มาตั้งแต่ยุคโบราณ ก่อนที่จะมีความรู้ทางด้านจุลชีววิทยาเสียอีก มีหลักฐานทางโบราณคดีแสดงให้เห็นว่ามนุษย์รู้จักการทำขนมปัง เบียร์และไวน์มาตั้งแต่สมัยอียิปต์โบราณ (ภาพที่ 1.2) ทางภาคเหนือของไทยมีผลิตภัณฑ์อาหารหมักจากจุลินทรีย์หลายชนิดที่เป็นที่รู้จักกันอย่างแพร่หลาย เช่น ถั่วเน่าและแหนม นอกจากนี้การปนเปื้อนของจุลินทรีย์บางชนิดในอาหารยังอาจทำให้เกิดการเน่าเสียของอาหารได้ ซึ่งหากมีการบริโภคเข้าไปก็อาจส่งผลให้ผู้บริโภคเจ็บป่วยได้ ดังนั้นจุลินทรีย์จึงมีบทบาทที่สำคัญมากในอุตสาหกรรมอาหารทั้งในฐานะผู้ผลิตและสาเหตุของความเสียหาย

4. จุลินทรีย์กับสิ่งแวดล้อม

จุลินทรีย์สามารถพบได้ทั่วไปในสิ่งแวดล้อม จนอาจกล่าวได้ว่าไม่มีบริเวณใดตามธรรมชาติที่ไม่มีจุลินทรีย์อาศัยอยู่ จุลินทรีย์บางชนิดมีความสามารถในการย่อยสลายสารเคมีย่อยสลายยาก หรือสารพิษ เช่น แบคทีเรียในสกุล *Pseudomonas* ทำให้มีการนำจุลินทรีย์มาใช้ในการบำบัดสิ่งแวดล้อมที่ปนเปื้อนผ่านกระบวนการบำบัดสารมลพิษทางชีวภาพ (microbial bioremediation) เช่น บริเวณที่เกิดการปนเปื้อนของน้ำมันดิบจากอุบัติเหตุเรือบรรทุกน้ำมันอัปปางหรือการรั่วไหลของท่อขนส่งน้ำมัน และพื้นที่ทางการเกษตรที่มีการสะสมของสารฆ่าแมลง เป็นต้น ในการบำบัดอาจทำได้โดยการเติมจุลินทรีย์ลงไปในพื้นที่ที่ต้องการบำบัด หรือการเติมสารอาหารลงไปกระตุ้นการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำหน้าที่ย่อยสลายสารปนเปื้อนดังกล่าวในบริเวณที่ต้องการบำบัด



ภาพที่ 1.2 การเก็บองุ่นเพื่อนำมาทำไวน์โดยชาวอียิปต์โบราณ
ที่มา ภาพถ่ายโดย วสุ ปฐมอารีย์

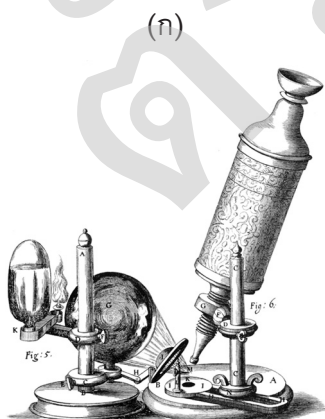
5. จุลินทรีย์กับพลังงานทางเลือก

ในปัจจุบันประชากรของโลกมีเพิ่มมากขึ้น ทำให้มีความต้องการใช้พลังงานเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วจนพลังงานในรูปแบบเดิม เช่น น้ำมัน ถ่านหิน ไม่เพียงพอต่อความต้องการ และกำลังจะหมดลงในไม่ช้า จุลินทรีย์บางชนิดสามารถผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพ (biofuel) ได้ เช่น กลุ่มเมทาโนเจน (methanogen) สามารถผลิตก๊าซชีวภาพหรือมีเทนจากการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบไร้ออกซิเจน หรือการผลิตเอทานอลจากกลูโคสที่ได้จากกระบวนการหมักพืชพลังงาน เช่น อ้อย ข้าวโพด หรือวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรอื่นๆ

เหตุการณ์สำคัญทางจุลชีววิทยา

การค้นพบจุลินทรีย์

การค้นพบจุลินทรีย์มีความสัมพันธ์กับการประดิษฐ์คิดค้นกล้องจุลทรรศน์ เนื่องจากจุลินทรีย์โดยทั่วไปมีขนาดเล็กมากไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า โรเบิร์ต ฮุก (Robert Hooke, 1635-1703) นักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษเป็นบุคคลแรกที่ได้เขียนบรรยายลักษณะของเชื้อราเอาไว้นหนังสือ Micrographia เมื่อปี ค.ศ. 1665 โดยอาศัยกล้องจุลทรรศน์แบบเลนส์ประกอบ (ภาพที่ 1.3 (ก)-(ข)) ต่อมาพ่อค้าผ้าลินินชาวฮอลแลนด์ ชื่อแอนโทนี ฟาน ลีเวนฮุค (Antonie van Leeuwenhoek, 1632-1723) เป็นบุคคลแรกที่มองเห็นแบคทีเรีย โดยการใช้กล้องจุลทรรศน์ที่ประดิษฐ์ขึ้นเองในปี ค.ศ. 1676 (ภาพที่ 1.4 (ก)) รายงานการค้นพบแบคทีเรียของเขาได้รับการตีพิมพ์โดย Royal Society of London ในปี ค.ศ. 1684 โดยเรียกแบคทีเรียเหล่านี้ว่า “animalcule” (ภาพที่ 1.4 (ข))

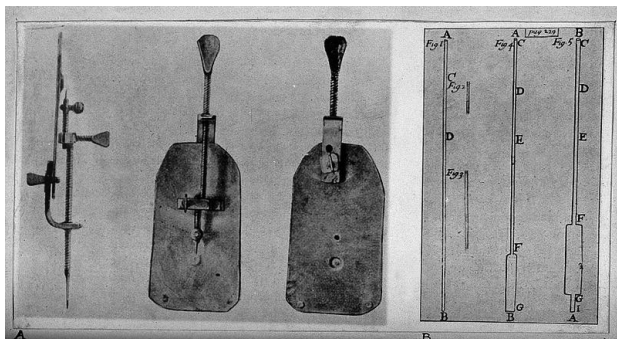


ภาพที่ 1.3 ภาพวาดกล้องจุลทรรศน์ของโรเบิร์ต ฮุก (ก) และลักษณะของเชื้อราที่เขาพบบนแผ่นหนังสือ (ข)

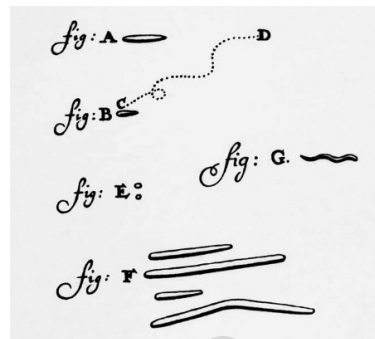
ที่มา (ก) <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1529111>

(ข) https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/57/Robert_Hooke_Micrographia_Schematic_12_Upper_Part.png

(ก)



(ข)



ภาพที่ 1.4 กล้องจุลทรรศน์ของแอนโทนี ฟาน ลีเวนฮุค (ก) และภาพวาดลายเส้นแสดงลักษณะของแบคทีเรียที่พบ (ข)

ที่มา (ก) [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Optics_glass_tubes_\(right\)_and_Leeuwenhoek%27s_first_microscope_Wellcome_V0025383.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Optics_glass_tubes_(right)_and_Leeuwenhoek%27s_first_microscope_Wellcome_V0025383.jpg)

(ข) https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/05/Leuwenhoek_picture_of_animacules.png

การค้นพบของหลุยส์ ปาสเตอร์

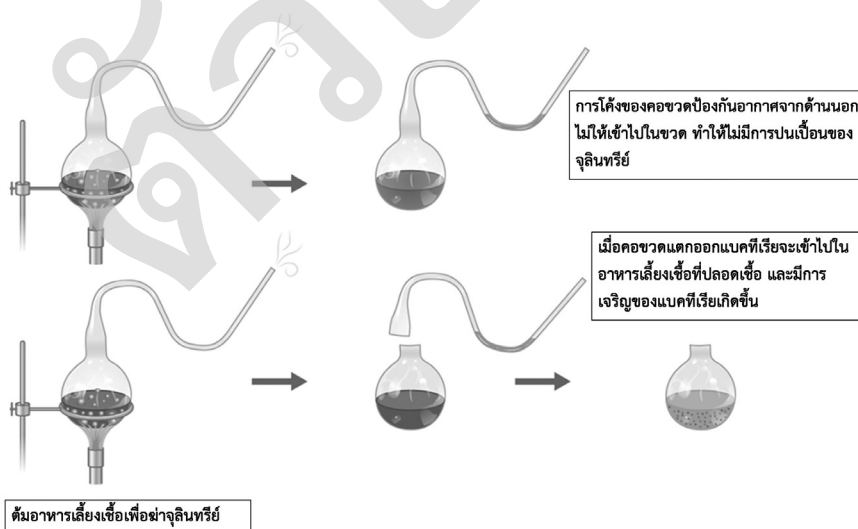
หลุยส์ ปาสเตอร์ (Louis Pasteur, 1822-1895) เป็นนักวิทยาศาสตร์ชาวฝรั่งเศสที่มีผลงานการค้นคว้าทางด้านจุลชีววิทยาจำนวนมาก แต่ในที่นี้ขอกล่าวถึงเฉพาะผลงานที่สำคัญ 3 เรื่อง คือ การศึกษาเกี่ยวกับการหมัก การล้มล้างทฤษฎีที่เชื่อว่าสิ่งมีชีวิตมีกำเนิดมาจากสิ่งไม่มีชีวิตได้โดยตนเอง (spontaneous generation) และการพัฒนาวัคซีนป้องกันโรคพิษสุนัขบ้า

ในระหว่างปี ค.ศ. 1857 ปาสเตอร์ศึกษากระบวนการหมักไวน์ โดยได้รับการติดต่อให้เข้าไปช่วยแก้ปัญหาการหมักไวน์จากหัวบีท ซึ่งในขณะนั้นนักวิทยาศาสตร์เชื่อกันว่าการผลิตแอลกอฮอล์เกิดจากกระบวนการทางเคมี แต่ปาสเตอร์พบว่าแท้ที่จริงแล้วเป็นกระบวนการชีวภาพจากการทำงานของยีสต์ ในถังหมักเปลี่ยนน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์ในสภาวะไร้ออกซิเจน เรียกว่า “กระบวนการหมัก” (fermentation) ปัญหาที่เกิดขึ้นเนื่องจากมีแบคทีเรียปนเปื้อนในถังหมักนอกจากยีสต์ จึงเกิดการเปลี่ยนแอลกอฮอล์เป็นน้ำส้มสายชูทำให้ไวน์เสียสภาพ สามารถแก้ปัญหาได้โดยการให้ความร้อนไม่สูงมากแก่น้ำหมักไวน์เพื่อทำลายจุลินทรีย์ปนเปื้อนโดยไม่ทำให้ไวน์เสียรสชาติ หรือที่รู้จักกันในนามการฆ่าเชื้อวิธีปาสเตอร์ (Pasteurization) ในปัจจุบันยังคงมีการใช้กระบวนการนี้อย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมการผลิตนมและเครื่องดื่มแอลกอฮอล์

ในปี ค.ศ. 1861 หลุยส์ ปาสเตอร์ได้ทำการทดลองเพื่อหักล้างความเชื่อตามทฤษฎีที่เชื่อว่าสิ่งมีชีวิตมีกำเนิดมาจากสิ่งไม่มีชีวิตได้โดยตนเอง ที่กล่าวว่า “สิ่งมีชีวิตถือกำเนิดจากสิ่งไม่มีชีวิต” และ

แสดงให้เห็นว่าในอากาศมีจุลินทรีย์อาศัยอยู่ จุลินทรีย์ดังกล่าวนี้ทำให้เกิดการเน่าเสียของอาหารที่มี การปนเปื้อน แต่จุลินทรีย์เหล่านี้ไม่ได้เกิดจากอากาศ การทดลองของปาสเตอร์แสดงในภาพที่ 1.5 โดยปาสเตอร์บรรจุน้ำต้มเนื้อลงในฟลาสก์ ทำการตัดคอของฟลาสก์ให้โค้งงอเกิดเป็นลักษณะที่เรียกว่า “คอห่าน” (swan-necked) จากนั้นต้มน้ำต้มเนื้อจนเดือดแล้วตั้งทิ้งไว้ให้เย็น อากาศสามารถเคลื่อนที่ เข้ามาได้ทางปลายเปิดแต่ไม่สามารถสัมผัสกับน้ำต้มเนื้อได้โดยถูกดักไว้บริเวณคอโค้ง ทำให้ไม่เกิดการ เน่าเสียของน้ำต้มเนื้อ แต่ถ้าเอียงฟลาสก์ให้น้ำต้มเนื้อสัมผัสกับบริเวณที่จุลินทรีย์ถูกกักอยู่ พบว่า น้ำต้มเนื้อจะเน่าเสียในเวลาไม่นาน ปัจจุบันฟลาสก์ที่ปาสเตอร์ใช้ทำการทดลองนี้ยังคงถูกเก็บรักษาไว้ ที่สถาบันปาสเตอร์ (Pasteur Institute) กรุงปารีส ประเทศฝรั่งเศส โดยที่น้ำต้มเนื้อภายในยังไม่เน่าเสีย แม้ว่าเวลาจะผ่านมานานมากกว่าร้อยห้าสิบปีแล้ว

ผลงานชิ้นสำคัญอีกอย่างหนึ่งของหลุยส์ ปาสเตอร์ คือ การพัฒนาวัคซีนป้องกันโรคพิษสุนัขบ้า วัคซีน หมายถึง เชื้อตายหรือเชื้อที่ถูกทำให้อ่อนแอ ที่ถ่ายทอดให้แก่ผู้ป่วยเพื่อผลในการกระตุ้นภูมิคุ้มกัน โดยในปี ค.ศ. 1880 หลุยส์ ปาสเตอร์พบว่าแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรคคอห่านเป็ด-ไก่ (fowl cholera) จะสูญเสียสมบัติในการก่อโรคเมื่อเลี้ยงในห้องปฏิบัติการเป็นระยะเวลานานๆ แต่ยังคงสามารถกระตุ้น ภูมิคุ้มกันป้องกันการติดเชื้อมาจากสายพันธุ์ก่อโรคได้ ต่อมาในเดือนกรกฎาคม ปี ค.ศ. 1885 ปาสเตอร์ ได้ทดลองฉีดวัคซีนพิษสุนัขบ้าในคนเป็นครั้งแรกให้แก่ เด็กชายชาวฝรั่งเศสอายุ 9 ขวบ ชื่อโจเซฟ ไมสเตอร์ (Joseph Meister, 1876-1940) ที่ถูกสุนัขบ้ากัด ทำให้เด็กชายรอดชีวิตหลังจากได้รับวัคซีน จากความสำเร็จในงานวิจัยเกี่ยวกับโรคพิษสุนัขบ้า ทำให้รัฐบาลฝรั่งเศสก่อตั้งสถาบันปาสเตอร์ขึ้น ในกรุงปารีส ประเทศฝรั่งเศส เมื่อปี ค.ศ. 1888



ภาพที่ 1.5 การทดลองของหลุยส์ ปาสเตอร์เพื่อหักล้างทฤษฎีที่เชื่อว่าสิ่งมีชีวิตมีกำเนิดมาจาก สิ่งไม่มีชีวิตได้โดยตนเอง

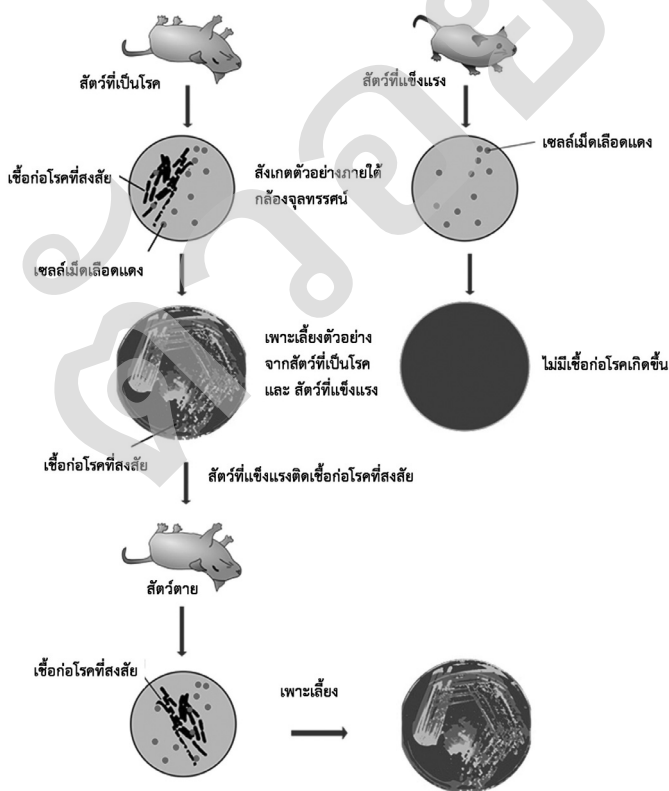
ที่มา ดัดแปลงจาก https://commons.wikimedia.org/wiki/File:OSC_Microbio_03_01_Pasteur.jpg

ทฤษฎีเชื้อโรคของโรเบิร์ต คอช

นายแพทย์ชาวเยอรมัน โรเบิร์ต คอช (Robert Koch, 1843-1910) ได้ทำการทดลองเพื่อพิสูจน์ว่าจุลินทรีย์เป็นสาเหตุของโรคในปี ค.ศ. 1876 โดยทำการศึกษาโรคแอนแทรกซ์ (anthrax) ในวัว ซึ่งสามารถติดต่อสู่คนได้ และได้พิสูจน์ว่ามีสาเหตุมาจากแบคทีเรีย *Bacillus anthracis* โดยอาศัยหลักการที่เรียกว่า “Koch’s postulate” ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้ (ภาพที่ 1.6)

1. ต้องพบจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของโรคในสิ่งมีชีวิตที่ป่วย
2. ต้องสามารถแยกจุลินทรีย์ก่อโรสดังกล่าวออกมาเป็นเชื้อบริสุทธิ์ (pure culture) ได้คือเชื้อที่เจริญเพียงชนิดเดียวปราศจากการปนเปื้อน
3. เมื่อปลูกจุลินทรีย์ก่อโรคที่แยกได้กลับเข้าไปในสัตว์ทดลองต้องทำให้สัตว์ทดลองเกิดโรค
4. ต้องสามารถแยกจุลินทรีย์ก่อโรสดังกล่าวออกมาเป็นเชื้อบริสุทธิ์ได้อีกครั้ง

ต่อมาในปี ค.ศ. 1905 เขาได้รับรางวัลโนเบลสาขาสรีรวิทยา จากผลงานการศึกษาวีรียที่ค้นพบว่าวัณโรคมีสาเหตุมาจากแบคทีเรีย *Mycobacterium tuberculosis* ตัวอย่างงานวิจัยทางด้านจุลชีววิทยาที่ได้รับรางวัลโนเบลแสดงในตารางที่ 1.1



ภาพที่ 1.6 การพิสูจน์สาเหตุของโรคโดยหลักการ Koch’s postulate

ที่มา ดัดแปลงจาก https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/1/11/Koch%27s_Postulates.svg/300px-Koch%27s_Postulates.svg.png

ตัวอย่างสาขาวิชาจุลชีววิทยามีมากมายดังแสดงในตารางที่ 1.2 ในยุคปัจจุบันจุลชีววิทยามีการพัฒนาอย่างรวดเร็วโดยมี 2 แนวทางหลัก ได้แก่ จุลชีววิทยาประยุกต์ (Applied Microbiology) และ จุลชีววิทยาพื้นฐาน (Basic Microbiology) พร้อมทั้งมีการนำความรู้ใหม่ทางด้านพันธุศาสตร์เข้ามาใช้ในการศึกษาจุลชีววิทยาอย่างกว้างขวาง เช่น ความก้าวหน้าในเทคโนโลยีการหาลำดับนิวคลีโอไทด์ที่มีประสิทธิภาพดีขึ้น ทำให้สามารถหาลำดับนิวคลีโอไทด์ทั้งหมดของแบคทีเรียชนิดหนึ่งได้เสร็จสิ้นภายในเวลาไม่กี่ชั่วโมง จนอาจกล่าวได้ว่าขณะนี้กำลังอยู่ในยุคของจุลชีววิทยาระดับโมเลกุล (Molecular Microbiology) อย่างแท้จริง จากความรู้ที่เพิ่มมากขึ้นเหล่านี้ทำให้เกิดความเข้าใจการทำงานของจุลินทรีย์ได้ดีขึ้น และสามารถนำจุลินทรีย์มาใช้ประโยชน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นด้วย

ตารางที่ 1.1 ตัวอย่างรางวัลโนเบลที่มอบให้การค้นพบทางจุลชีววิทยา

ชื่อผู้ได้รับรางวัล	ปีที่ได้รับรางวัล (ค.ศ.)	สัญชาติ	การค้นพบ
Robert Koch	1905	เยอรมัน	การเพาะเลี้ยงเชื้อวัณโรค
Paul Ehrlich	1908	เยอรมัน	ทฤษฎีภูมิคุ้มกัน
Elie Metchnikoff	1908	รัสเซีย	กระบวนการฟาโกไซโทซิส (phagocytosis)
Alexander Fleming, Ernst Chain, Howard Florey	1945	สกอตแลนด์ อังกฤษ	การค้นพบยาปฏิชีวนะ เพนิซิลลิน
Selman A Waksman	1952	สหรัฐอเมริกา	การค้นพบยาปฏิชีวนะ สเตรปโตมัยซิน
James D. Watson, Francis Crick, Maurice A.F. Wilkins	1962	สหรัฐอเมริกา อังกฤษ นิวซีแลนด์	โครงสร้างของดีเอ็นเอ
Max Delbruck, Alfred D. Hershey, Salvador E. Luria	1969	เยอรมัน สหรัฐอเมริกา อิตาลี	กลไกการติดเชื้อของแบคทีเรีย
Gerald M. Edelman, Rodney R. Porter	1972	สหรัฐอเมริกา อังกฤษ	โครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมีของแอนติบอดี
Paul Berg	1980	สหรัฐอเมริกา	การทดลองเรื่อง gene splicing (เทคโนโลยีดีเอ็นเอลูกผสม)



ตารางที่ 1.1 (ต่อ)

ชื่อผู้ได้รับรางวัล	ปีที่ได้รับรางวัล (ค.ศ.)	สัญชาติ	การค้นพบ
J. Michael Bishop Harold E. Varmus	1989	สหรัฐอเมริกา	การค้นพบ oncogenes
Kary Mullis	1993	สหรัฐอเมริกา	การค้นพบปฏิกิริยาลูกโซ่ พอลิเมอร์ส (polymerase chain reaction, PCR)
Stanley B. Prusiner	1997	สหรัฐอเมริกา	การค้นพบไพรออน
Barry J. Marshall, Robin Warren	2005	ออสเตรเลีย	<i>Helicobacter pylori</i> เป็น สาเหตุของโรคแผลในกระเพาะ อาหาร (peptic ulcers)
Francoise Barre-Sinoussi, Luc Montagnier	2008	ฝรั่งเศส	การค้นพบไวรัสเอดส์
Satoshi Omura	2015	ญี่ปุ่น	การค้นพบยา Avermectin

ที่มา ดัดแปลงจาก Tortora *et al.*, 2004 และ Madigan *et al.*, 2012

ตารางที่ 1.2 ตัวอย่างสาขาวิชาจุลชีววิทยา

สาขาวิชา	เนื้อหาที่ศึกษา
สาขาวิชาตามชนิดของจุลินทรีย์ที่ศึกษา	
Algology	สาหร่าย
Bacteriology	แบคทีเรีย
Mycology	เห็ด รา และยีสต์
Parasitology	ปรสิต
Phycology	สาหร่าย
Protozoology	โพรโทซัว
Virology	ไวรัส
สาขาวิชาตามกระบวนการหรือหน้าที่	
Microbial Ecology	นิเวศวิทยาจุลินทรีย์
Microbial Genetics	พันธุศาสตร์จุลินทรีย์
Microbial Metabolism	เมแทบอลิซึมของจุลินทรีย์
Microbial Taxonomy	การจัดจำแนกจุลินทรีย์