

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

ประวัติและผลงาน



ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วสุ ปฐมอารีย์

ประวัติการศึกษา

2536	วท.บ. (ชีววิทยา)	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
2542	วท.ม. (จุลชีววิทยา)	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
2548	Ph.D. (Microbiology)	University of Newcastle, Newcastle upon Tyne, UK

สาขาที่เชี่ยวชาญ

อนุกรมวิธานของแอกติโนไมซีสต์และการประยุกต์ใช้ทางการเกษตรและสิ่งแวดล้อม

รางวัลและทุนที่เคยได้รับ

- อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์รางวัลวิทยานิพนธ์ระดับดี สาขาเกษตรศาสตร์และชีววิทยา ประจำปี 2560 ของสภาวิจัยแห่งชาติ
- TCI-Scopus-TRF International Journal Award ในฐานะบรรณาธิการวารสาร Chiang Mai Journal of Science
- อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ปริญญาโทสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีรางวัลระดับดีมาก ประจำปีการศึกษา 2555 ของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- รางวัลเชิดชูเกียรติจากคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ สำหรับผู้มีจำนวนบทความวิจัยได้รับการอ้างอิงในวารสารระดับนานาชาติ 5 ปี (พ.ศ. 2549-2553) ในฐานข้อมูล Scopus สูงสุดอันดับ 2
- Erasmus Mundus Fellowship: Alfabet, Leader, Panacea, SmartLink Programs
- JSPS-NRCT: New Core to Core Program Fellowship
- Newton Fund Professional Development Programme for Mid-career Researchers
- Brain Korea 21 Fellowship
- Hitachi Fellowship
- UMAP Research Exchange Fellowship
- Research Exchange Fellowship from the Office of Higher Education Commission
- ทุนการศึกษาโครงการพสวท.

ผลงานทางวิชาการ

- งานวิจัยตีพิมพ์ในวารสารวิชาการระดับนานาชาติ 67 เรื่อง และในอื่นๆ รวมทั้งหมด 77 เรื่อง
- ทรัพย์สินทางปัญญาในรูปสิทธิบัตร 2 เรื่อง และอนุสิทธิบัตร 1 เรื่อง
- งานวิจัยนำเสนอในที่ประชุมวิชาการรวมมากกว่า 110 เรื่อง ระดับนานาชาติ 86 เรื่อง
- บรรณาธิการวารสาร Chiang Mai Journal of Science และผู้ทรงคุณวุฒิประเมินบทความในวารสารวิชาการระดับนานาชาติมากกว่า 15 วารสาร เช่น Scientific Reports, Frontiers in Microbiology, PLoS One, FEMS Microbiology Letters, Bergey's Manual of Systematics of Archaea and Bacteria, Antonie van Leeuwenhoek และ International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology
- ผู้เชี่ยวชาญของสหภาพยุโรป [Education, Audiovisual and Culture Executive Agency (EACEA) Expert, European Union]
- ที่ปรึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์ของ International Foundation for Science, Sweden
- อุปนายกสมาคมนักเรียนทุนโครงการพัฒนาและส่งเสริมผู้มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
- สมาชิกสมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย, สมาคมเทคโนโลยีชีวภาพแห่งประเทศไทย, Japanese Society of Soil Microbiology และ Society for Applied Microbiology, UK

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

.....

ตัวอย่าง

วสุ ปฐมอารีย์

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

จุลชีววิทยาและการประยุกต์

MICROBIOLOGY AND APPLICATIONS

บรรณาธิการ: โสภณ บุญสื่อ
ISBN: 978-616-398-321-3
ผู้แต่ง: วสุ ปฐมอารีย์
เจ้าของและผู้จัดพิมพ์: ศูนย์บริหารงานวิจัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
โทรศัพท์: 0 5394 3603-4
โทรสาร: 0 5394 3600
E-mail: cmupress.th@gmail.com
<http://cmupress.cmu.ac.th>
พิมพ์ครั้งแรก: มิถุนายน 2561
ราคา: 480 บาท
ข้อมูลทางบรรณานุกรม

วสุ ปฐมอารีย์.

จุลชีววิทยาและการประยุกต์ = Microbiology and applications.-- เชียงใหม่ :
ศูนย์บริหารงานวิจัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2561.
240 หน้า.

1. จุลชีววิทยา. I. ชื่อเรื่อง.

579

ISBN 978-616-398-321-3

ออกแบบและพิมพ์: วนิดาการพิมพ์

©สงวนลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2537 ห้ามลอกเลียนแบบ ทำซ้ำ ดัดแปลง ส่วนหนึ่งส่วนใดของหนังสือเล่มนี้
รวมทั้งการจัดเก็บถ่ายทอดไม่ว่ารูปแบบหรือวิธีการใดๆ ด้วยกระบวนการทางอิเล็กทรอนิกส์ การถ่ายภาพ
การบันทึกหรือวิธีการอื่นใดโดยไม่ได้รับอนุญาต

กรณีต้องการสั่งซื้อเป็นจำนวนมาก กรุณาติดต่อ สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

โทรศัพท์: 0 5394 3605 โทรสาร: 0 5394 3600

<http://cmupress.cmu.ac.th>, E-mail: cmupress.th@gmail.com

.....

คำอุทิศ

.....

.....

ความดีใดๆ จากหนังสือเล่มนี้ ข้าพเจ้าขออุทิศแด่
บิดามารดา และครูบาอาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์
ประสาทวิชาให้แก่ข้าพเจ้า



คำนิยม

เนื้อหาของหนังสือเล่มนี้ได้กล่าวถึง ความรู้พื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับ จุลชีววิทยา โดยผู้เขียนได้ปูพื้นฐานที่สำคัญและจำเป็นต่อผู้อ่าน ที่ต้องการศึกษาเรียนรู้ โดยเริ่มตั้งแต่ความหมายของคำว่าจุลินทรีย์ และ จุลชีววิทยา ความเป็นมาของการศึกษาเรียนรู้ทางด้านจุลชีววิทยา โดยรวบรวม เหตุการณ์ที่สำคัญตั้งแต่อดีตทำให้เห็นความสำคัญของการศึกษาด้านจุลชีววิทยา หนังสือเล่มนี้ยังให้ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับ โครงสร้างของเซลล์ การเจริญ การสืบพันธุ์ และการจัดจำแนกของจุลินทรีย์ประเภทต่างๆ ได้แก่ แบคทีเรีย ฟังไย ยีสต์ และ ไวรัส ตลอดจนเทคนิคพื้นฐานในการศึกษาด้านจุลชีววิทยาและพันธุศาสตร์ ของจุลินทรีย์ โดยได้เน้นความรู้พื้นฐานการแยก การตรวจวัดการเจริญ และการเพาะเลี้ยงเซลล์ของจุลินทรีย์ สำหรับพันธุศาสตร์ของจุลินทรีย์นั้น ได้สรุป เนื้อหาที่ผู้อ่านควรทราบ ได้แก่ กลไกควบคุมการแสดงออกของยีน ขั้นตอนและ กระบวนการสังเคราะห์โปรตีน และความรู้พื้นฐานด้านพันธุวิศวกรรมของ จุลินทรีย์ เป็นต้น ผู้เขียนยังได้นำเสนอจุลินทรีย์ในสภาพแวดล้อมแบบสุดขีด และได้สอดแทรกงานวิจัยของผู้เขียนเองเพื่อให้มองเห็นภาพว่าจะสามารถ นำจุลินทรีย์เหล่านั้นไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ ได้อย่างไร สำหรับเนื้อหา ในส่วนสุดท้ายของหนังสือเล่มนี้ เป็นการรวบรวมและสรุปเนื้อหาด้านการนำ จุลินทรีย์ไปประยุกต์ใช้งานทางเทคโนโลยีชีวภาพในด้านต่างๆ ที่สำคัญ และ เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน ได้แก่ การใช้จุลินทรีย์เพื่อการผลิตอาหารและ เครื่องดื่ม การผลิตสารอินทรีย์เคมีต่างๆ การผลิตสารที่สำคัญทางการแพทย์ เช่น ยาปฏิชีวนะ วิตามิน เอนไซม์ และการใช้ประโยชน์จากจุลินทรีย์ด้าน พลังงานและสิ่งแวดล้อม เช่น การผลิตก๊าซชีวภาพ เป็นต้น ซึ่งเนื้อหาทั้งหมด ในหนังสือเล่มนี้จะเป็นประโยชน์กับผู้สนใจเกี่ยวกับงานวิจัยด้านจุลชีววิทยา นิสิต นักศึกษาในสาขาวิชา จุลชีววิทยา ชีววิทยา เทคโนโลยีชีวภาพ ปฐพีวิทยา โรคพืชวิทยา และสาขาอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง



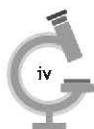
..... คำนำ

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

เนื้อหาในหนังสือเล่มนี้ได้มาจากการรวบรวมข้อมูลจากตำราจุลชีววิทยาทั้งในประเทศ และต่างประเทศ รวมทั้งผลงานวิจัย ความรู้และประสบการณ์งานวิจัยของผู้เขียนเอง ผู้เขียนหวังว่าหนังสือ “จุลินทรีย์และการประยุกต์” เล่มนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจหาความรู้ทางด้านจุลชีววิทยา หากผู้อ่านมีข้อเสนอแนะและคำติชมประการใด ผู้เขียนยินดีน้อมรับเพื่อจะได้นำมาปรับปรุงหนังสือเล่มนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้นต่อไป

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

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วสุ ปฐมอารีย์



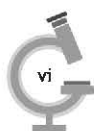
สารบัญ

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 โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์โพรแคริโอตและยูแคริโอต	63
บทที่ 6 การจัดจำแนกจุลินทรีย์โพรแคริโอต	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	การเก็บงุ่นเพื่อนำมาทำไวน์โดยชาวอียิปต์โบราณ	4
ภาพที่ 1.3	ภาพวาดกล้องจุลทรรศน์ของโรเบิร์ต ฮุก (ก) และลักษณะของเชื้อรา ที่เขাপบบนแผ่นหนังสือตัว (ข).....	5
ภาพที่ 1.4	กล้องจุลทรรศน์ของแอนโทนี ฟาน ลีเวนฮุค (ก) และภาพวาดลายเส้น แสดงลักษณะของแบคทีเรียที่พบ (ข)	6
ภาพที่ 1.5	การทดลองของหลุยส์ ปาสเตอร์เพื่อหักล้างทฤษฎีที่ว่าสิ่งมีชีวิต 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	การวัดการเจริญของแบคทีเรียด้วยวิธีวัดวีสซีเมทรีลินบลู	40
ภาพที่ 3.8	ช่วงอุณหภูมิในการเจริญของแบคทีเรีย.....	42
ภาพที่ 4.1	กราฟการตายของจุลินทรีย์แสดงค่า Decimal Reduction Time (DRT, D-value)	52
ภาพที่ 4.2	กระดาษกาทดสอบการฆ่าเชื้อ (ก) และชุดทดสอบประสิทธิภาพการทำไ้เชื้อ ProSpore2 Steam (ข).....	53
ภาพที่ 4.3	ชุดทดสอบการทำงานของเอนไซม์ฟอสฟาเตส.....	54
ภาพที่ 4.4	ตัวอย่างตู้บความร้อนสูง	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	เซลล์แบคทีเรียรูปเกลียวแบบสไปริลล์ (ก) และสไปโรชีต (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	โครงสร้างของเพปไทโดไกลแคนในผนังเซลล์แบคทีเรีย.....	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	บริเวณนิวคลีโออิกในเซลล์แบคทีเรีย	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	พอลิปีตาไฮดรอกซีบีทรีตในเซลล์แบคทีเรีย (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 และโดเมนยูคารีอตา.....	93
ภาพที่ 6.3	สปิชีส์ที่เป็นตัวแทนของสกุล <i>Demacoccus</i>	95
ภาพที่ 6.4	สายพันธุ์ตัวแทนของสปิชีส์ <i>Demacoccus 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) และเบซิทีโอสปอร์ (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	โครงสร้างของน้ำตาลคีโออกซีไรโบส (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-โบรโมยูราซิล	158
ภาพที่ 9.14	โครงสร้างของอินเซอชัน 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	แผนภาพขั้นตอนในการโคลนนิ่ง	169
ภาพที่ 10.1	การแบ่งกลุ่มจุลินทรีย์ตามค่าพีเอชในการเจริญ	173
ภาพที่ 10.2	การแบ่งกลุ่มจุลินทรีย์ตามอุณหภูมิในการเจริญ	178
ภาพที่ 10.3	ลักษณะการเจริญของเชื้อ <i>Demacoccus 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>Demacoccus abyssi</i> MT1.1 ^T	182
ภาพที่ 10.5	โครงสร้างทางเคมีของสี brilliant black BN (BNN)	183
ภาพที่ 11.1	เมแทบอลไลต์ปฐมภูมิ (ก) และเมแทบอลไลต์ทุติยภูมิ (ข)	189
ภาพที่ 11.2	กระบวนการผลิตเปียร์ซินดิลาเกอร์	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 (ไพเราะเสนา) จังหวัดราชบุรี (ง)	204
ภาพที่ 11.6	ระบบการทดลองถังกรองชีวภาพแบบแนวคิดในระดับห้องปฏิบัติการ	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	ตัวอย่างโรคที่เกิดจากไฟรออน	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



.....

บทที่ 1

.....

ตัวอย่าง

จุลินทรีย์และ

จุลชีววิทยา

01

จุลินทรีย์และ จุลชีววิทยา

.....

จุลินทรีย์ หมายถึง สิ่งมีชีวิตที่มีขนาดเล็กมาก ส่วนใหญ่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ต้องอาศัยกล้องจุลทรรศน์ บางชนิดซึ่งเป็นส่วนน้อยสามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า แต่ไม่สามารถมองเห็นรายละเอียดได้ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเซลล์น้อยกว่าหรือเท่ากับ 1 มิลลิเมตร อาจเรียกว่า “จุลชีพ” “จุลชีวน” หรือ “จุลชีวน” 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

โดยปกติเมื่อกล่าวถึงจุลินทรีย์ตามความเข้าใจของประชาชนโดยทั่วไปมักจะนึกถึง “เชื้อโรค” เนื่องจากจุลินทรีย์บางชนิดสามารถก่อโรคได้ในสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น เช่น แบคทีเรีย *Escherichia coli* เป็นเชื้อสาเหตุของอาการท้องเสียในทางจุลชีววิทยาเรียกจุลินทรีย์ที่ก่อโรคได้นี้ว่า “pathogen” หรือ “pathogenic microorganisms” อย่างไรก็ตามจุลินทรีย์ส่วนใหญ่ไม่ก่อโรค นอกจากนี้ จุลินทรีย์บางชนิดยังมีส่วนช่วยในการรักษาโรค เนื่องจากมีความสามารถในการผลิตสารปฏิชีวนะที่มีฤทธิ์ฆ่าเชื้อก่อโรค เช่น แบคทีเรียกลุ่มแอสโตโนไมซิส 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