เอกสารประกอบการสอน

รายวิชา ชีววิทยา 1

ชุตาภา คุณสุข

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

2557

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

เอกสารประกอบการสอน

รายวิชา ชีววิทยา 1

ชุตาภา คุณสุข

วท.ด. (วิทยาศาสตร์ชีวภาพ)

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

2557

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

คำนำ

วิชาชีววิทยา 1 เป็นวิชาพื้นฐานในหลักสูตร คบ. วิชาเอกวิทยาศาสตร์ หลักสูตร วท.บ. วิชาเอกชีววิทยาประยุกต์ สิ่งแวดล้อม เคมี ฟิสิกส์ สถิติ และคหกรรมศาสตร์ หลักสูตร วท. บ. สาขาเกษตรศาสตร์ เทคโนโลยีการเกษตร เทคโนโลยีอาหาร และเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ จุดมุ่งหมายของการเรียนรายวิชานี้ คือ เพื่อให้นักศึกษามีความรู้ ความเข้าใจโครงสร้าง และกระบวนการพื้นฐานทางชีววิทยาในสิ่งมีชีวิต และเพื่อให้นักศึกษาใช้ความรู้ทางชีววิทยา เพื่อเป็นพื้นฐานในการศึกษาวิชาอื่นๆ รวมทั้งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการดำรงชีวิตประจำวันได้ ตลอดจนมีความเข้าใจในตัวเองมากขึ้น เพราะชีววิทยา คือ การศึกษาตัวตนของเราเอง เพราะฉะนั้นจึงมีความสำคัญที่จะต้องศึกษา

เอกสารประกอบการสอนเล่มนี้แบ่งออกเป็น 14 บท ในแต่ละบทได้สรุปเนื้อหาที่นักศึกษาควรทราบ และเป็นประโยชน์กับนักศึกษาต่อการเตรียมตัวก่อนเข้าฟังบรรยาย หรือใช้ทบทวนหลังจากเข้าฟังบรรยายแล้ว ซึ่งจะทำให้นักศึกษาเข้าใจในเนื้อหามากขึ้น และขอขอบคุณผู้แต่งหนังสือ บทความ เอกสารต่าง ๆ ที่ผู้เขียนนำมาใช้เป็นข้อมูลในการเขียนเอกสารประกอบการสอนนี้ และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าเอกสารประกอบการสอนนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้เรียน และผู้ที่สนใจไม่มากก็น้อย

ชุตาภา คุณสุข
9 พฤษภาคม 2557

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

สารบัญ

	หน้า
คำนำ	(ก)
สารบัญ	(ข)
สารบัญภาพ	(ญ)
สารบัญตาราง	(ต)
แผนบริหารการสอนประจำรายวิชา	(ท)
แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 1	1
บทที่ 1 การศึกษาชีววิทยา	3
ความหมายของวิชาชีววิทยา	4
ความหลากหลายทางชีวภาพ	4
ชื่อวิทยาศาสตร์	6
สาขาของวิชาชีววิทยาปัจจุบัน	7
ประโยชน์ของการศึกษาชีววิทยา	9
วิธีพื้นฐานสำหรับการศึกษาชีววิทยา	9
ลักษณะของสิ่งมีชีวิต และการจัดลำดับของสิ่งมีชีวิต	9
สรุป	10
แบบฝึกหัดบทที่ 1	12
เอกสารอ้างอิง	13
แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 2	15
บทที่ 2 เซลล์และโครงสร้างของเซลล์	17
ความหมายของเซลล์	17
วิธีในการศึกษาเซลล์	19
โครงสร้างของเซลล์	20
หน้าที่ของเซลล์	22
เยื่อหุ้มเซลล์	23
ผนังเซลล์	26
ออร์กาเนลที่มีเยื่อหุ้ม	27
ออร์กาเนลที่ไม่มีเยื่อหุ้ม	35
โครงร่างภายในเซลล์	37
แวคคิวโอล	39
อินคลูชัน	39
สรุป	40
แบบฝึกหัดบทที่ 2	41
เอกสารอ้างอิง	42
แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 3	43

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 สารชีวโมเลกุล	45
ความหมายของสารชีวโมเลกุล	45
สารประกอบคาร์โบไฮเดรต	45
ไขมัน	51
โปรตีน	57
กรดนิวคลีอิก	61
สรุป	64
แบบฝึกหัดบทที่ 3	66
เอกสารอ้างอิง	67
แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 4	69
บทที่ 4 การแบ่งเซลล์	71
ความหมายและชนิดของการแบ่งเซลล์	71
การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส	72
การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส	76
การศึกษาการแบ่งเซลล์ในห้องปฏิบัติการ	79
สรุป	80
แบบฝึกหัดบทที่ 4	82
เอกสารอ้างอิง	83
แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 5	85
บทที่ 5 พันธุศาสตร์	87
ความหมายของพันธุศาสตร์	87
ลักษณะทางพันธุกรรม	87
ศัพท์ทางพันธุศาสตร์	88
การทดลองของเมนเดล	89
สมมติฐานจากการทดลองของเมนเดล	91
กฎของเมนเดล	92
ลักษณะพันธุกรรมที่เป็นไปตามแบบของเมนเดล	95
ลักษณะพันธุกรรมที่ไม่เป็นไปตามแบบของเมนเดล	96
การถ่ายทอดโพลียีน	97
ไพลโอโทรปี	97
อีพิสเทซิส	98
ลักษณะพันธุกรรมที่เกี่ยวกับเพศ	98
การคัดเลือก การผสมเลือดชิด และการผสมสายพันธุ์ต่าง	98
สรุป	99
แบบฝึกหัดบทที่ 5	101

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
เอกสารอ้างอิง	102
แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 6	103
บทที่ 6 เนื้อเยื่อ	105
ความหมายของเนื้อเยื่อ	105
เนื้อเยื่อพืช	105
เนื้อเยื่อเจริญ	105
เนื้อเยื่อถาวร	107
โครงสร้างของลำต้น	111
โครงสร้างของราก	113
โครงสร้างของใบ	115
เนื้อเยื่อสัตว์	116
เนื้อเยื่อบุผิว	117
เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน	122
เนื้อเยื่อลำเลียง	126
เนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ	129
เนื้อเยื่อประสาท	134
สรุป	136
แบบฝึกหัดบทที่ 6	139
เอกสารอ้างอิง	140
แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 7	141
บทที่ 7 กลไกของวิวัฒนาการ	143
สมมติฐานของการกำเนิดของสิ่งมีชีวิต	143
ต้นกำเนิดของเซลล์	145
ความหมายของวิวัฒนาการ	146
แนวความคิดทางวิวัฒนาการ	146
กลไกการคัดเลือกตามธรรมชาติ	147
ทฤษฎีวิวัฒนาการในปัจจุบัน	151
หลักฐานในการศึกษาวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต	151
วิวัฒนาการของมนุษย์	156
วิวัฒนาการด้านอารยธรรม	162
สรุป	163
แบบฝึกหัดบทที่ 7	165
เอกสารอ้างอิง	166
แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 8	167

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 8 การจัดจำแนกไวรัส ไวรอยด์ และพรีออน	169
ประวัติของการจัดหมวดหมู่สิ่งมีชีวิต	169
ระบบการจัดจำแนกสิ่งมีชีวิต	170
หลักเกณฑ์การจำแนกสิ่งมีชีวิต	170
วิชาอนุกรมวิธาน	171
ลำดับหมวดหมู่ของสิ่งมีชีวิต	171
รูปวิธาน	172
กฎในการสร้างรูปวิธาน	173
ไวรัส	176
ไวรอยด์	179
พรีออน	179
สรุป	180
แบบฝึกหัดบทที่ 8	182
เอกสารอ้างอิง	183
แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 9	185
บทที่ 9 อาณาจักรมอเนอรา	187
ลักษณะโดยทั่วไป	187
ไฟลัมซิโซไฟตา	187
ไฟลัมไซยาโนตา	196
สรุป	198
แบบฝึกหัดบทที่ 9	200
เอกสารอ้างอิง	201
แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 10	203
บทที่ 10 อาณาจักรโพรทิสตา	205
ลักษณะสำคัญของสิ่งมีชีวิตในอาณาจักรโพรทิสตา	205
การจัดจำแนกโพรทิสตา	205
ไฟลัมโปรโตซัว	206
ไฟลัมคลอโรไฟตา	207
ไฟลัมคริสโซไฟตา	209
ไฟลัมยูกลีโนไฟตา	210
ไฟลัมฟีโอไฟตา	211
ไฟลัมไพรโรไฟตา	213
ไฟลัมโรโดไฟตา	214
สรุป	216
แบบฝึกหัดบทที่ 10	219

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
เอกสารอ้างอิง	220
แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 11	221
บทที่ 11 อาณาจักรฟังไจ	223
ลักษณะทั่วไปและโครงสร้างของฟังไจ	223
การจัดจำแนกฟังไจ	227
ไฟลัมไคทิดิโอมัยคอตา	228
ไฟลัมไซโกมัยคอตา	229
ไฟลัมแอสโคมัยคอตา	230
ไฟลัมเบซิดิโอมัยคอตา	232
ไฟลัมดิวเทอโรมัยคอตา	234
แหล่งที่อยู่ของฟังไจ	235
บทบาทที่สำคัญของฟังไจต่อมนุษย์	235
สรุป	237
แบบฝึกหัดบทที่ 11	240
เอกสารอ้างอิง	241
แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 12	243
บทที่ 12 อาณาจักรพืช	245
การศึกษาอนุกรมวิธานพืช	246
วัตถุประสงค์ของงานอนุกรมวิธานพืช	246
ความสำคัญของการจัดจำแนกพืช	246
การจัดลำดับทางอนุกรมวิธานของพืช	247
ระบบในการจัดจำแนกพืช	247
การระบุพืช	248
โครงสร้างที่ใช้ในการจัดจำแนก	248
การตั้งชื่อพืช	248
หลักเกณฑ์สำคัญที่กำหนดให้เป็นพื้นฐานของระบบการตั้งชื่อพืช	248
ตัวอย่างพืชต้นแบบ	249
ลักษณะของพืชโดยทั่วไป	249
การจัดจำแนกพืช	250
ดิวิชันไบรโอไฟตา	251
ดิวิชันไซโลไฟตา	252
ดิวิชันไลโคไฟตา	253
ดิวิชันสฟีโนไฟตา	254
ดิวิชันเทอโรไฟตา	255

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ดิวิชันโคนิเฟอโรไฟตา	256
ดิวิชันไซแคโดไฟตา	257
ดิวิชันกิงโกไฟตา	257
ดิวิชันแอนโทไฟตา	258
สรุป	259
แบบฝึกหัดบทที่ 12	260
เอกสารอ้างอิง	261
แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 13	263
บทที่ 13 อาณาจักรสัตว์	265
ลักษณะเฉพาะของสัตว์	265
การจัดจำแนกสัตว์	266
ไฟลัมพอริเฟอรา	267
ไฟลัมไนดาเรีย	271
ไฟลัมทีโนฟอรา	278
ไฟลัมแพลทิเฮลมินทีส	281
ไฟลัมนีมาโทดา	284
ไฟลัมโรติเฟอรา	287
ไฟลัมมอลลัสกา	287
ไฟลัมแอนนิลิดา	292
ไฟลัมอาร์โทรโปดา	294
ไฟลัมเอไคโนเดอร์มาตา	302
ไฟลัมคอดาตาร์	307
สรุป	318
แบบฝึกหัดบทที่ 13	320
เอกสารอ้างอิง	321
แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 14	323
บทที่ 14 นิเวศวิทยา	325
ความหมายของนิเวศวิทยา	325
ปัจจัยทางนิเวศวิทยาที่มีผลต่อการแพร่กระจายของสิ่งมีชีวิต	326
ประชากร	326
โครงสร้างประชากร	328
การเติบโตของประชากร	329
ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อขนาดประชากร	330
สังคมสิ่งมีชีวิต	330
สมมติฐานของการเกิดสังคมสิ่งมีชีวิต	331

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
การถ่ายทอดพลังงาน	331
ระบบนิเวศ	332
ความหลากหลายของระบบนิเวศ	332
ความสัมพันธ์ในระบบนิเวศ	334
วัฏจักรการหมุนเวียนสารในระบบนิเวศ	335
วัฏจักรไนโตรเจน	335
วัฏจักรคาร์บอน	337
วัฏจักรน้ำ	338
วัฏจักรฟอสฟอรัส	338
สรุป	339
แบบฝึกหัดบทที่ 14	342
เอกสารอ้างอิง	343
บรรณานุกรม	345

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1.1	ระดับของการจัดโครงสร้างของสิ่งมีชีวิต	3
1.2	ความหลากหลายของลวดลายและสีสันของหอยทาก (*Cepaea nemorallis*)	4
1.3	ความหลากชนิดของปูน้ำเค็ม บริเวณอ่าวคุ้งกระเบน จังหวัดจันทบุรี	5
1.4	ความหลากหลายของระบบนิเวศต่าง ๆ บนโลก	6
1.5	การกระจายของหมีขาวขั้วโลก ในบริเวณขั้วโลกเหนือ	8
2.1	โรเบิร์ต ฮุค เป็นผู้บัญญัติคำว่าเซลล์ขึ้นเป็นคนแรก โดยใช้กล้องจุลทรรศน์	18
2.2	ลักษณะรูปร่างของเซลล์แบบต่าง ๆ	19
2.3	ลักษณะของการตัดชิ้นส่วนพืชแบบตามขวาง และตามยาว	19
2.4	โครงสร้างเซลล์แบบโปรคาริโอต และยูคาริโอต	20
2.5	เซลล์สิ่งมีชีวิต	21
2.6	โครงสร้างของเซลล์	22
2.7	โครงสร้างของเมมเบรนลิปิด	24
2.8	ชนิดของโปรตีนที่เป็นองค์ประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์	25
2.9	โครงสร้างของเยื่อหุ้มเซลล์	25
2.10	องค์ประกอบของผนังเซลล์	26
2.11	แสดงโครงสร้างของกอลจิคอมเพล็กซ์	27
2.12	แสดงลักษณะโครงสร้างของร่างแหเอนโดรพลาสมิก 2 ชนิด	28
2.13	โครงสร้างของไมโทคอนเดรีย	30
2.14	โครงสร้างของคลอโรพลาสต์	31
2.15	แสดงโครงสร้าง และการเกิดของไลโซโซม 2 ชนิด	32
2.16	โครงสร้างของเพอร์ออกซิโซม	33
2.17	แสดงโครงสร้างของโครมาติน	34
2.18	แสดงโครงสร้างของนิวคลีโอลัส	34
2.19	ลักษณะของไรโบโซม ที่มีหน่วยเล็ก และหน่วยใหญ่	35
2.20	ไรโบโซมที่เกาะอยู่บนร่างแหเอนโดพลาสมิกแบบหยาบ (RER)	36
2.21	ไรโบโซมอิสระ	36
2.22	โครงสร้างของไมโครทูบูล	37
2.23	โครงสร้างทางเคมีของไมโครทูบูล	38
2.24	แสดงโครงสร้างของเซนทริโอล	38
2.25	โครงสร้างของแวคิวโอล	39
2.26	หยดไขมันที่ถูกสะสมในเซลล์ไขมันภายในเนื้อเยื่อไขมัน	40
3.1	น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวชนิดอัลโดส และคีโตส	46
3.2	ไอโซเมอร์ชนิด L- และ D- ของกลีเซอรอลดีไฮด์	47

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
3.3	การเกิดโครงสร้างแบบวงแหวนของน้ำตาลอัลโดสรูปห้าเหลี่ยม และหกเหลี่ยม	47
3.4	โครงสร้างของเซลลูโลส และไคติน	50
3.5	โครงสร้างของเปปทิโดไกลแคน	50
3.6	โครงสร้างของไตรกลีเซอไรด์	52
3.7	โครงสร้างของลิปิดที่เป็นองค์ประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์	52
3.8	โครงสร้างกรดไขมัน	53
3.9	โครงสร้างของสฟินโกลิปิด	55
3.10	โครงสร้างของสเตียรอยด์บางชนิด	55
3.11	ไอโซพรีน หน่วยย่อยพื้นฐานของเทอร์พีน	56
3.12	โครงสร้างของลิโปโซม	56
3.13	สูตรโครงสร้างของกรดอะมิโนอะลานีน	57
3.14	พันธะเปปไทด์ ที่เชื่อมต่อกรดอะมิโนตั้งแต่ 2 โมเลกุลขึ้นไป	59
3.15	แสดงน้ำตาลไรโบส และน้ำตาลดีออกซีไรโบส	61
3.16	โครงสร้างทั่วไปของเบสเพียวรีน และเบสไพริมิดีน	62
3.17	โครงสร้างของดีเอ็นเอ	63
3.18	การจับคู่เบสกันระหว่างเบสอะดีนีน และเบสยูราซิล	63
4.1	ลักษณะของโครโมโซมแบบต่าง ๆ	72
4.2	ระยะอินเตอร์เฟส	73
4.3	ระยะโพรเฟส	74
4.4	ระยะเมตาเฟส	74
4.5	ระยะแอนาเฟส	75
4.6	ระยะเทโลเฟส	75
4.7	แสดงการแบ่งเซลล์ระยะไมโอซิส 1 ของดอกกุยช่าย (*Allium tuberosum*)	77
4.8	เซลล์แบ่งตัวแบบไมโอซิสในรอบที่สอง	78
4.9	ลักษณะของโครโมโซมในการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส	79
4.10	ลักษณะของโครโมโซมในการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส	80
5.1	ลักษณะของจีโนไทป์ และฟีโนไทป์	89
5.2	เกรเกอร์ เมนเดล และการทดลองของเมนเดล	90
5.3	ลักษณะของถั่วลันเตา 7 ลักษณะ ที่เมนเดลใช้ในการทดลอง	90
5.4	พันเนต สแควร์ แสดงการผสมพ่อแม่ที่เป็นพันธุ์ลูกผสม (TtxTt)	92
5.5	กฎการรวมกลุ่มกันอย่างอิสระ	93
5.6	การผสมแบบไดไฮบริด	94
5.7	การทดสอบแบบเทสต์ครอส	94
5.8	ลักษณะของขนที่หลังนิ้ว	95
5.9	การข่มแบบไม่สมบูรณ์	96

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
6.1	เนื้อเยื่อเจริญปลายยอด และเนื้อเยื่อเจริญปลายราก	106
6.2	เนื้อเยื่อเจริญด้านข้าง	106
6.3	แสดงชั้นของอีพิเดอร์มิส	107
6.4	เนื้อเยื่อพาเรนไคมา	108
6.5	เนื้อเยื่อคอลเลนไคมา	108
6.6	เซลล์สเคลอเรนไคมา	109
6.7	แสดงลักษณะของเวสเซล และลักษณะของเทรคีด	110
6.8	แสดงโครงสร้างของซีพทิวป์เมมเบอร์ และคอมพาเนียนเซลล์	111
6.9	โครงสร้างลำต้นของพืชใบเลี้ยงเดี่ยว	113
6.10	ปลายรากพืชที่เห็นจากภายนอก และลักษณะภายในที่เห็นจากกล้องจุลทรรศน์	114
6.11	แสดงลักษณะโครงสร้างภายในรากพืชใบเลี้ยงคู่ และพืชใบเลี้ยงเดี่ยว	114
6.12	โครงสร้างทั่วไปของใบ	115
6.13	เนื้อเยื่อสัตว์ชนิดต่าง ๆ	116
6.14	เนื้อเยื่อบุผิวชนิดต่าง ๆ	117
6.15	เนื้อเยื่อบุผิวชนิดซิมเปิลสควอมัส	118
6.16	เนื้อเยื่อบุผิวชนิดซิมเปิลคิวบอดอล	118
6.17	เนื้อเยื่อบุผิวชนิดซิมเปลคอลัมนาร์	119
6.18	เนื้อเยื่อบุผิวชนิดสตราติฟาย สควอมัส	119
6.19	เนื้อเยื่อบุผิวชนิดสตราติฟาย คิวบอดอล	120
6.20	เนื้อเยื่อบุผิวชนิดสตราติฟาย คอลัมนาร์	120
6.21	เนื้อเยื่อบุผิวชนิดซูโดสตราติฟาย คอลัมนาร์	121
6.22	เนื้อเยื่อบุผิวชนิดทรานสิชันนอล	121
6.23	ชนิดและลักษณะของเส้นใยในเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน	123
6.24	เนื้อเยื่อเกี่ยวพันชนิดที่มีคุณสมบัติพิเศษ	124
6.25	กระดูกอ่อนไฮยาลิน	125
6.26	โครงสร้างระบบฮาร์เวอเชียนของกระดูกทึบ	126
6.27	แสดงการแยกชั้นของเลือดภายหลังการปั่น	127
6.28	เม็ดเลือดแดง และเม็ดเลือดขาวชนิดต่าง ๆ	129
6.29	แสดงลักษณะของกล้ามเนื้อลายที่มีแถบทึบและแถบจางสลับกัน	130
6.30	โครงสร้างของไมโอซิน	131
6.31	โครงสร้างของแอคติน	131
6.32	โครงสร้างของหน่วยกล้ามเนื้อ ในขณะที่กล้ามเนื้อคลายตัวและหดตัว	132
6.33	กล้ามเนื้อเรียบ	133
6.34	กล้ามเนื้อหัวใจ	134
6.35	โครงสร้างของเซลล์ประสาท	134

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
6.36	ชนิดของนิวโรเกลีย	136
7.1	การเกิดสิ่งมีชีวิตจากอินทรียสาร	144
7.2	การจัดเครื่องมือการทดลองของมิลเลอร์ ในปี 1953	145
7.3	การวิวัฒนาการคอของยีราฟ	147
7.4	ชาลส์ ดาร์วิน บิดาแห่งวิชาวิวัฒนาการ	148
7.5	เส้นทางการสำรวจรอบโลกของชาลส์ ดาร์วิน	148
7.6	ลักษณะปากของนกฟินช์ชนิดต่าง ๆ บนหมู่เกาะกาลาปากอส	148
7.7	ผีเสื้อ (*Biston betularia*) ปีกสีเทา และปีกสีดำ	149
7.8	การแพร่กระจายของผีเสื้อ *(Biston betularia)* ก่อนการปฏิวัติอุตสาหกรรม	150
7.9	การแพร่กระจายของผีเสื้อ (*Biston betularia*) หลังการปฏิวัติอุตสาหกรรม	150
7.10	ซากฟอสซิลของอาร์คีออปเทอริกซ์	152
7.11	การแพร่กระจายของไดโนเสาร์ในทวีปต่าง ๆ	153
7.12	โครงสร้างที่มาจากจุดกำเนิดเดียวกันแต่ทำหน้าที่ต่างกัน	153
7.13	โครงสร้างที่มีจุดกำเนิดต่างกัน แต่ทำหน้าที่เหมือนกัน	154
7.14	เอ็มบริโอของสัตว์มีกระดูกสันหลัง ได้แก่ ปลา สัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ สัตว์เลื้อยคลาน และสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม	154
7.15	จำนวนของกรดอะมิโนในสัตว์มีกระดูกสันหลัง พบว่ามนุษย์และลิงรีซัส มีวิวัฒนาการที่ใกล้เคียง โดยแกนตั้งคือจำนวนของกรดอะมิโนในสิ่งมีชีวิต	155
7.16	การปรับปรุงพันธุ์พืช และพันธุ์สัตว์	156
7.17	แสดงวิวัฒนาการของมนุษย์	157
7.18	เปรียบเทียบลักษณะการเดินและกระดูกเชิงกราน ระหว่างลิงไร้หาง กับ คน	157
7.19	เปรียบเทียบปริมาตรสมองของลิงชิมแปนซี มนุษย์โบราณ และมนุษย์ในยุคปัจจุบัน	158
7.20	โครงกระดูกที่พบ และมีการตั้งชื่อว่าลูซี่ และรูปจำลองของมนุษย์วานร *(Australopithecus afarensis)* ในพิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์ฯ ที่คลอง 6 ปทุมธานี	158
7.21	โครงกะโหลกของมนุษย์วานร	159
7.22	ภาพจำลองมนุษย์สมัยโบราณ	160
7.23	ภาพจำลองลักษณะของหน้าตา และการดำรงชีวิตของมนุษย์นีอันเดอร์ทัล	161
7.24	ภาพจำลองลักษณะของหน้าตาของมนุษย์โครมันยองที่พิพิธภัณฑ์ธรรมชาติวิทยา แห่งประเทศสหรัฐอเมริกา และภาพวาดบนผนังถ้ำ ความสามารถของมนุษย์โครมันยอง	161
7.25	เผ่าพันธุ์ของมนุษย์	163
8.1	อาร์เคียชนิดต่าง ๆ ในธรรมชาติ	170
8.2	แสดงไวรัสที่ถูกพบชนิดแรก คือ ไวรัสใบยาสูบด่าง	176
8.3	แสดงตัวอย่างไวรัสชนิดต่าง ๆ	177
8.4	แสดงโครงสร้างของไวรัสชนิดเปลือย และที่มีเยื่อหุ้ม	178

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
8.5	ไวรอยด์ที่พบติดเชื้อในพืช	179
8.6	แสดงโครงสร้างของพรีออนแบบปกติ และแบบที่ก่อให้เกิดโรค	180
9.1	รูปร่างของแบคทีเรีย	188
9.2	โครงสร้างของแบคทีเรีย	189
9.3	แบคทีเรียสกุลซูโดโมแนส	191
9.4	แบคทีเรียอีโคไล และ แบคทีเรียซาลโมเนลลา	192
9.5	แบคทีเรียสกุลสแตรปฟิโลคอคคัส	193
9.6	แบคทีเรียสกุลสเตรปโตคอคคัส และ แบคทีเรียสกุลลิวโคนอสตอส	194
9.7	เซลล์ที่จัดเรียงเป็นสายเช่น แอนนาบีนา, นอสตอค และออสซิลลาทอเรีย	196
9.8	สร้างสปอร์หรือสร้างเซลล์พิเศษ เช่น อะไคนีต	197
9.9	สาหร่ายเกลียวทอง และแหนแดง	197
10.1	ตัวอย่างชนิดของโปรโตซัว	207
10.2	ตัวอย่างสาหร่ายสีเขียว	209
10.3	ปรากฏการณ์วอเตอร์บลูม	209
10.4	ตัวอย่างชนิดของไดอะตอมนาวิคูลา เรดิโอซา (*Navicula radiosa*)	210
10.5	ตัวอย่างชนิดของยูกลีนอยด์	211
10.6	โครงสร้างของสาหร่ายเคลป์	212
10.7	ตัวอย่างชนิดของสาหร่ายสีน้ำตาล	213
10.8	ไดโนแฟลกเจลเลตจิมโนดิเนียม (*Gymnodinium* sp.) ที่พบในบริเวณป่าอนุรักษ์พันธุกรรมพืชฯ มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี	214
10.9	ปรากฏการณ์ขี้ปลาวาฬ	214
10.10	ตัวอย่างสาหร่ายสีแดง	215
11.1	ลักษณะของเส้นใยของรา	223
11.2	ฮอสโตเรียม	224
11.3	ราขนมปังไรโซปัส (*Rhizopus* sp.) ที่มีไรซอยด์	224
11.4	สเคลอโรเตียม	225
11.5	การหักออกเป็นท่อน	226
11.6	การแบ่งออกเป็นสองส่วน และ การแตกหน่อของยีสต์ *Saccharomyces* sp	226
11.7	วัฏจักรของเชื้อราในไฟลัมไคทิดิโอมัยคอตา	228
11.8	วัฏจักรชีวิตของเชื้อราในไฟลัมไซโกไมโคตา	229
11.9	โครงสร้างของเชื้อราไรโซปัส (*Rhizopus* sp.) (การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ)	230
11.10	โคนิเดียสปอร์ที่พบในราชนิดแอสเปอร์จิลลัส (*Aspergillus* sp.)	231
11.11	วัฏจักรชีวิตของเชื้อราในไฟลัมแอสโคไมโคตา	232
11.12	เบสิดิโอสปอร์บนเบซิเดียม	233
11.13	โครงสร้างของดอกเห็ด หรือเบซิดิโอคาร์พ	233
11.14	วัฏจักรชีวิตของเชื้อราในไฟลัมแบซิดิโอมัยคอตา	234

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
11.15	โครงสร้างของเชื้อราเพนนิซิเลียม *(Penicillium* sp.)	234
11.16	เห็ดนางฟ้า เห็ดฟาง และเห็ดหอม	236
12.1	กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช	245
12.2	ตัวอย่างพืชที่เป็นต้นแบบ	248
12.3	โครงสร้างของเซลล์พืช	250
12.4	การจัดจำแนกพืช และพืชที่เป็นตัวแทนในแต่ละดิวิชัน	251
12.5	มอส ฮอนเวิร์ต และ ลิเวอร์เวิร์ต	252
12.6	หวายทะนอย	252
12.7	แสดงโครงสร้างของลำต้นอากาศ ใบ อับสปอร์ และลำต้นที่อยู่ใต้ดิน	253
12.8	ต้นตีนตุ๊กแก และสตรอบิลัส	253
12.9	ลักษณะสปอร์ของต้นตีนตุ๊กแก	254
12.10	ลักษณะสปอร์ของช้องนางคลี่ หรือไลโคโพเดียม	254
12.11	หญ้าถอดปล้อง	255
12.12	โครงสร้างของหญ้าหางม้า	255
12.13	ผักแว่น แหนแดง และ เฟิร์น	256
12.14	วงจรชีวิตของเฟิร์น	256
12.15	สนสองใบ	257
12.16	ปรง	257
12.17	ต้นแป๊ะก๊วย	258
13.1	ลักษณะโครงสร้างทั่วไปของฟองน้ำ	268
13.2	ลักษณะโครงร่างของฟองน้ำ	268
13.3	ลักษณะของทางน้ำเข้า-ออก 3 ชนิดของฟองน้ำ	269
13.4	ตัวอย่างฟองน้ำ	270
13.5	ลักษณะรูปร่างที่เป็นพื้นฐานของสัตว์ในไฟลัมไนดาเรีย	271
13.6	เนื้อเยื่อ 3 ชั้นของไนดาเรีย	272
13.7	การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศของไนดาเรีย เช่น แมงกะพรุน	273
13.8	ไฮดราน้ำจืด และแมงกะพรุนน้ำจืด	274
13.9	แมงกะพรุนสกุลวีเทลลา *(Vetella)* และ แมงกะพรุนสกุลพอพิตาร์ (*Porpita*)	274
13.10	โครงสร้างร่างกายของไฮดรา	274
13.11	แมงกะพรุนสกุลลิวเซอร์มาเรีย และ แมงกะพรุนสกุลออเรเลีย	275
13.12	แมงกะพรุนสกุลคัสสิโอเปียร์ และ แมงกะพรุนไรโซสโตมา	275
13.13	แมงกะพรุนสกุลไคโรเนกซ์ และแมงกะพรุนสกุลคาริบเดียร์	276
13.14	แมงกะพรุนที่มีการแพร่กระจายอย่างหนาแน่นในช่วงปลายฝนต้นหนาว ที่จังหวัดตราด	276
13.15	การอยู่ร่วมกันของปลาการ์ตูนกับดอกไม้ทะเล	277

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
13.16	การอยู่ร่วมกันของปูใบ้กับดอกไม้ทะเล	277
13.17	ปะการังอ่อน ปะการังไปป์ กัลปังหาสกุลกอร์โกเนีย และ ปากกาทะเลสกุลสไตลาทูลา	278
13.18	หวีวุ้นสกุลเพลอโรบราเชีย *(Pleurobrachia)*	279
13.19	หวีวุ้นสกุลทีโนพลานา	280
13.20	หวีวุ้นสกุลเบอโร	280
13.21	โครงสร้างของพลานาเรีย	281
13.22	พลานาเรียน้ำจืดสกุลดูจิเซีย และ พลานาเรียบกสกุลไบพาเลียม	282
13.23	พยาธิใบไม้ในตับคนที่มีหอยและปลาเป็นโฮสท์กึ่งกลาง	283
13.24	โพลิสโตมา	283
13.25	พยาธิตัวตืดหมู (*Taenia solium*) และ ส่วนหัว	284
13.26	ลักษณะทั่วไปของหนอนตัวกลม	285
13.27	พยาธิในกล้ามเนื้อ	286
13.28	วงจรชีวิตของพยาธิไส้เดือน	286
13.29	ลักษณะของโรติเฟอร์	287
13.30	ลักษณะของหอยฝาละมีโบราณ	288
13.31	ลิ่นทะเล	288
13.32	ลักษณะของหอยอะพลาโคฟอร์ลา	289
13.33	หอยทากยักษ์แอฟริกัน และหอยเชอรี่ระบาดกินต้นกล้าข้าว	289
13.34	หอยสองฝาชนิดต่าง ๆ	290
13.35	หอยงาช้าง	291
13.36	หอยงวงช้าง หมึกกล้วย หมึกกระดอง และหมึกสาย	291
13.37	ลักษณะทั่วไปของไส้เดือนดิน	292
13.38	บุ้งทะเล หนอนเกล็ด แม่เพรียง (*Neris*) และ หนอนฉัตร	293
13.39	หนอนแดง และไส้เดือนดิน	293
13.40	ปลิงน้ำจืด	294
13.41	แมงดาทะเล	295
13.42	พิกโนโกนัม	296
13.43	แมงป่อง แมงมุม ไร และ เห็บ	296
13.44	ไรน้ำนางฟ้า ไรแดง และ ไรน้ำโคพีพอด	297
13.45	กุ้งแชบ๊วย ปูก้ามดาบ ปูม้า และปูเสฉวน	298
13.46	ปูดำ ปูหิน และ ปูลาย	299
13.47	ซับออเดอร์ เอ็กซอพเทอริโกตาร์	300
13.48	ซับออเดอร์เอ็นดอพเทอริโกตาร์	300
13.49	ตะขาบ	301
13.50	กิ้งกือ	301

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
13.51	พลับพลึงทะเล และ ดาวขนนก	303
13.52	ดาวทะเลสกุลแอสเทอเรียส และ ดาวทะเลสกุลไพลแอสเตอร์	303
13.53	โครงสร้างภายในของดาวทะเล	304
13.54	ดาวตะกร้า และ ดาวเปราะ	304
13.55	โครงสร้างภายในของดาวเปราะ	305
13.56	เม่นทะเล เม่นหัวใจ และ อีแปะทะเล	305
13.57	โครงสร้างทั่วไปของเม่นทะเล	306
13.58	ปลิงทะเล	306
13.59	โครงสร้างภายในของปลิงทะเล	307
13.60	ลักษณะโครงสร้างโดยรวมของไฟลัมคอดาตาร์	307
13.61	เพรียงหัวหอม	308
13.62	แอมฟิออกซัส หรือ ปลาใบหอก	308
13.63	ปลากระดูกอ่อน	309
13.64	โครงสร้างภายนอกของปลาฉลาม	310
13.65	ปลาแมคเคอเรล	310
13.66	โครงสร้างภายนอกของปลากระดูกแข็ง	310
13.67	กบหนอง และ ปาดบ้าน	311
13.68	ตะพาบม่านลาย และ เต่ากระ	312
13.69	โคโมโดดรากอน และ ตุ๊กแก	312
13.70	งูหางกระดิ่ง และ งูเขียวหางไหม้	313
13.71	ตัวทัวทารา	313
13.72	จระเข้	314
13.73	นกกระจอกเทศ	315
13.74	นกเพนกวินที่ขั้วโลกใต้	315
13.75	นกเลิฟเบิร์ด	316
13.76	ตุ่นปากเป็ด	317
14.1	รูปแบบการกระจายของประชากร	327
14.2	ปิรามิดอายุประชากรของประเทศต่าง ๆ	328
14.3	กราฟของการอยู่รอดของสิ่งมีชีวิต	329
14.4	กราฟการเจริญเติบโต	330
14.5	ห่วงโซ่อาหารบนบก	331
14.6	สายใยอาหารในระบบนิเวศบนบก	333
14.7	วัฏจักรไนโตรเจน	336
14.8	วัฏจักรคาร์บอน	337
14.9	วัฏจักรของน้ำ	338

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 กรดอะมิโนที่พบในธรรมชาติ 20 ชนิด	58
4.1 สรุปการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญในการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส	78
4.2 ความแตกต่างระหว่างการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส และไมโอซิส	81
5.1 แสดงฟีโนไทป์และจีโนไทป์ของหมู่เลือดระบบ ABO	97
12.1 ความแตกต่างของพืชใบเลี้ยงคู่ และใบเลี้ยงเดี่ยว	258
13.1 สัดส่วนของสัตว์ที่อยู่บนโลก	265

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

แผนบริหารการสอนประจำวิชา

รหัสวิชา 4031103

รายวิชา ชีววิทยา 1 3(3-0-6)

Biology I

คำอธิบายรายวิชา

การศึกษาทางชีววิทยา เซลล์และโครงสร้างของเซลล์ สารชีวโมเลกุล วัฏจักรของเซลล์ พันธุศาสตร์ เนื้อเยื่อพืช เนื้อเยื่อสัตว์ การจัดหมวดหมู่ ไวรัส ไวรอยด์ และพรีออน อาณาจักรมอเนอรา อาณาจักรโพรทิสตา อาณาจักรฟังไจ อาณาจักรพืช อาณาจักรสัตว์ นิเวศวิทยา

ความมุ่งหมายรายวิชา

1. มีความรู้ ความเข้าใจหลักการพื้นฐานทางด้านชีววิทยา และสามารถอธิบายกระบวนการต่าง ๆทางชีววิทยาที่เกิดขึ้นในสิ่งมีชีวิตได้

2. สามารถใช้ความรู้ทางชีววิทยา เป็นพื้นฐานในการศึกษาวิชาอื่น ๆ รวมทั้งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการดำรงชีวิตประจำวันได้

3. มีความรู้ความเข้าใจในทักษะกระบวนการงานวิจัย และสามารถนำไปต่อยอดเพื่อพัฒนาโครงงานวิจัยทางชีววิทยาได้

เนื้อหา

บทที่ 1	การศึกษาทางชีววิทยา	3 ชั่วโมง
บทที่ 2	เซลล์และโครงสร้างของเซลล์	3 ชั่วโมง
บทที่ 3	สารชีวโมเลกุล	3 ชั่วโมง
บทที่ 4	วัฏจักรของเซลล์	3 ชั่วโมง
บทที่ 5	พันธุศาสตร์	3 ชั่วโมง
บทที่ 6	เนื้อเยื่อ	3 ชั่วโมง
บทที่ 7	วิวัฒนาการ	3 ชั่วโมง
บทที่ 8	การจัดหมวดหมู่ ไวรัส ไวรอยด์ และพรีออน	3 ชั่วโมง
บทที่ 9	อาณาจักรมอเนอรา	3 ชั่วโมง
บทที่ 10	อาณาจักรโพรทิสตา	3 ชั่วโมง
บทที่ 11	อาณาจักรฟังไจ	3 ชั่วโมง
บทที่ 12	อาณาจักรพืช	3 ชั่วโมง
บทที่ 13	อาณาจักรสัตว์	6 ชั่วโมง
บทที่ 14	นิเวศวิทยา	3 ชั่วโมง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

กิจกรรมการเรียนการสอน

1. ทำการบรรยายตามแผนการสอนและมีเอกสารประกอบพร้อมสื่อการสอน
2. ให้ทำรายงานในหัวข้อที่มอบหมายให้
3. มอบหมายหัวข้อก่อนการเรียนเพื่อส่งเสริมให้นักศึกษามีการศึกษาด้วยตนเองเพิ่มเติมและเตรียมตัวก่อนเข้าเรียน
4. ทำปฏิบัติการตามที่กำหนดให้ในแต่ละหัวข้อ
5. สื่อการเรียนการสอนที่ใช้ ได้แก่

สื่อการเรียนการสอน

1. สื่อสิ่งพิมพ์อิเล็กทรอนิกส์
2. เอกสารประกอบการสอนชีววิทยา 1
3. วีดีทัศน์
4. หนังสืออ่านเพิ่มเติม

การวัดผลและประเมินผล

การวัดผล

1. คะแนนระหว่างภาคเรียน	ร้อยละ 70
การทำแบบฝึกหัด	ร้อยละ 10
การทำรายงานผลการศึกษา	ร้อยละ 30
การทดสอบกลางภาค	ร้อยละ 30
2. คะแนนสอบปลายภาคเรียน	ร้อยละ 30

การประเมินผล

ช่วงคะแนน	90-100	ได้ระดับ A
ช่วงคะแนน	85-89	ได้ระดับ B^+
ช่วงคะแนน	75-84	ได้ระดับ B
ช่วงคะแนน	70-74	ได้ระดับ C^+
ช่วงคะแนน	60-69	ได้ระดับ C
ช่วงคะแนน	55-59	ได้ระดับ D^+
ช่วงคะแนน	50-54	ได้ระดับ D
ช่วงคะแนน	0-49	ได้ระดับ E

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

แผนการสอนประจำบทที่ 1

การศึกษาทางชีววิทยา

เนื้อหาประจำบท

บทที่ 1 การศึกษาทางชีววิทยา

1. ความหมายของวิชาชีววิทยา
2. การเขียนชื่อวิทยาศาสตร์ และหลักของการตั้งชื่อ
3. สาขาที่เกี่ยวข้องกับวิชาชีววิทยา
4. ประโยชน์ของการศึกษาทางชีววิทยา
5. หลักการพื้นฐานของการศึกษาชีววิทยา
6. ลักษณะของสิ่งมีชีวิต และการจัดลำดับของสิ่งมีชีวิต
7. สรุป

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

เมื่อศึกษาบทที่ 1 แล้วนักศึกษาสามารถ

1. อธิบายความหมายของวิชาชีววิทยาได้
2. อธิบายความหมายของความหลากหลายทางชีวภาพได้
3. เขียนชื่อ และยกตัวอย่างชื่อวิทยาศาสตร์ได้
4. ยกตัวอย่าง และอธิบายความหมายของสาขาต่าง ๆ ทางชีววิทยาได้
5. อธิบายลักษณะโดยทั่วไปของสิ่งมีชีวิตได้

กิจกรรมการเรียนการสอนประจำบท

1. ผู้สอนอธิบายทฤษฎี และซักถาม พร้อมยกตัวอย่างประกอบการบรรยาย โดยใช้เครื่องฉายภาพ (Projector)
2. นักศึกษาชมวีดิทัศน์เรื่อง “การศึกษาชีววิทยา”
3. สรุป อภิปราย ซักถามในเนื้อหาที่เรียน
4. ให้ผู้เรียนทำแบบฝึกหัดบทที่ 1
5. ทดสอบย่อยหลังจบบทเรียน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

สื่อการเรียนการสอน

1. เอกสารประกอบการสอนวิชาชีววิทยา 1
2. ไฟล์เอกสารประกอบการสอนวิชาชีววิทยา 1 (Power point)
3. วีดิทัศน์
4. หนังสืออ่านประกอบค้นคว้าเพิ่มเติม
5. แบบฝึกหัดบทที่ 1

การวัดผลและประเมินผล

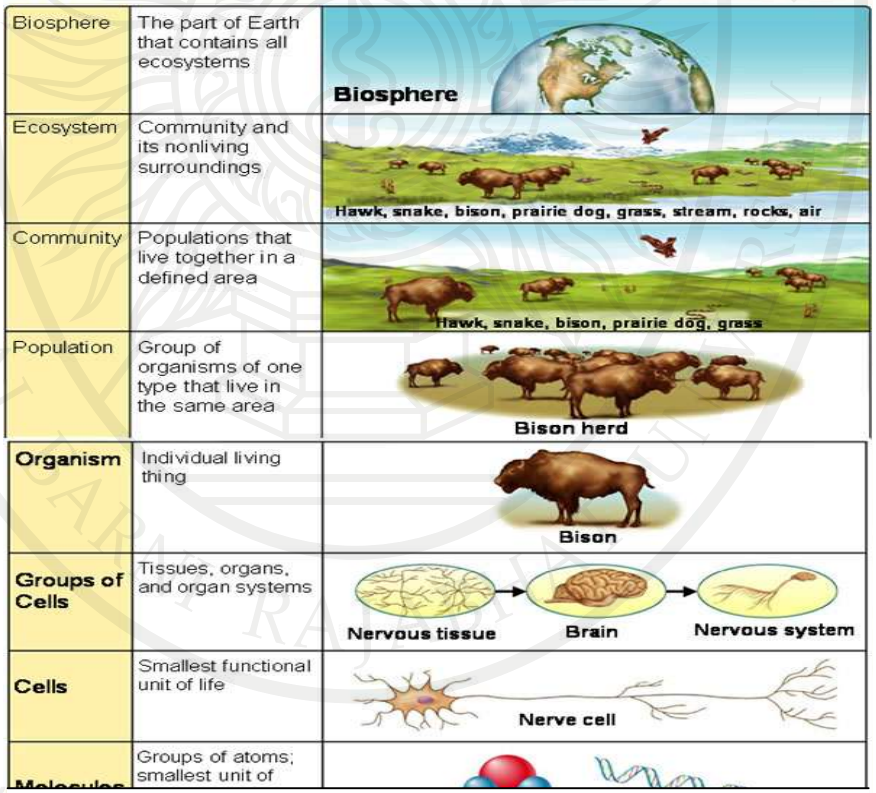
1. สังเกตจากการซักถามผู้เรียน
2. สังเกตจากการร่วมกิจกรรม
3. สังเกตจากความสนใจ
4. ประเมินจากการทำคำถามท้ายบท
5. ประเมินจากการสอบระหว่างภาคและปลายภาค

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

บทที่ 1

การศึกษาชีววิทยา

การศึกษาชีววิทยาเริ่มต้นจากการการที่มนุษย์รู้จักการสังเกตสิ่งมีชีวิตที่อยู่รอบตัว ทั้งที่เป็นประโยชน์ และเป็นอันตรายต่อการดำรงชีพ มีการเรียกชื่อ กำหนดชื่อ เพื่อให้ทราบว่าเป็นสิ่งมีชีวิตนั้นตามการกระจายทางภูมิศาสตร์ จากอดีตที่ผ่านมานักชีววิทยามีการศึกษาสิ่งมีชีวิตที่มีขนาดและระยะเวลาที่แตกต่างกัน (Cambell, N.A., 1977 : 2) ทั้งในระดับโมเลกุล ระดับเซลล์ ระดับสิ่งมีชีวิต และในระดับระบบนิเวศ (ภาพที่ 1.1) ด้วยกระบวนการสังเกต การคิด การทดลอง และการวิเคราะห์ด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทำให้สาขาทางชีววิทยามีความก้าวหน้า และแตกแขนงไปเป็นสาขาวิชาต่าง ๆ มากมาย ชีววิทยาถูกนำไปใช้ประโยชน์เพื่อการพัฒนาทางด้านต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นเกษตรกรรม อุตสาหกรรม การแพทย์ ล้วนแต่มีชีววิทยาเป็นส่วนหนึ่งของการพัฒนาและความก้าวหน้าเกือบทั้งสิ้น การศึกษาชีววิทยาก็คือการศึกษาส่วนหนึ่งของตัวเราเอง เพราะเราเองก็จัดว่าเป็นสิ่งมีชีวิต ที่มีกระบวนการต่าง ๆ ทางชีววิทยาเข้ามาเป็นส่วนหนึ่งของการดำรงชีพ ตั้งแต่ก่อเกิดขึ้นมา เจริญเติบโต จนกระทั่งดับสูญไป ดังนั้นการทราบที่มาที่ไปของตนเอง ตลอดจนปฏิสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นกับสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ บนโลก ก็จะทำให้เราสามารถดำรงชีวิตอยู่บนโลกใบนี้ได้อย่างปกติสุข



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ภาพที่ 1.1 ระดับของการจัดโครงสร้างของสิ่งมีชีวิต
ที่มา: (Lilly, L., 2011)

ความหมายของวิชาชีววิทยา

ชีววิทยา ตรงกับคำในภาษาอังกฤษว่า biology มาจากศัพท์เดิมที่เป็นภาษากรีก 2 คำ คือ bios ที่แปลว่า สิ่งมีชีวิต และ logos or science ที่แปลว่า ตรรกะ หรือเหตุผล หรือวิทยาศาสตร์ มีความหมายโดยรวม คือ เป็นแขนงหนึ่งของวิทยาศาสตร์ธรรมชาติ (Natural science) ที่ศึกษาเกี่ยวกับชีวิต และสิ่งมีชีวิต ซึ่งรวมถึง โครงสร้าง การทำงาน การเจริญเติบโต ถิ่นกำเนิด วิวัฒนาการ การกระจายพันธุ์ และอนุกรมวิธาน โดยเป็นการศึกษาในทุก ๆ แง่มุมของสิ่งมีชีวิต (เชาว์ ชิโนรักษ์ และพรรณี ชิโนรักษ์, 2552 : 1) หรือคือ การศึกษาเกี่ยวกับสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ระหว่างประชากรสิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อม การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกลุ่มต่าง ๆ การศึกษาลักษณะรูปร่าง การดำรงชีวิต และการจัดจำแนก สิ่งมีชีวิต สำหรับการศึกษาในระดับย่อยลงมา เช่น การศึกษาองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต ได้แก่ อวัยวะ เนื้อเยื่อ และเซลล์ ในด้านโครงสร้างและหน้าที่การทำงาน (สิริภัทร พราหมณีย์, 2550 : 1) ดังนั้นโดยสรุป คือ ชีววิทยาเป็นการศึกษาวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวกับสิ่งมีชีวิต ที่อยู่บนโลกนี้ ซึ่งมีอยู่เป็นจำนวนมากมายหลายชนิด อันเนื่องมาจากความซับซ้อนและความไม่เป็นเนื้อเดียวกันของระบบนิเวศต่าง ๆ ที่มีความแตกต่างกัน ซึ่งได้ก่อให้เกิด “ความหลากหลายทางชีวภาพ”

ความหลากหลายทางชีวภาพ

ความหลากหลายทางชีวภาพ (Biodiversity หรือ Biological diversity) หมายความถึง ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ มาจากคำ 2 คำ คือ Biological หมายถึง ชีวภาพ และ diversity หมายถึง ความหลากหลาย

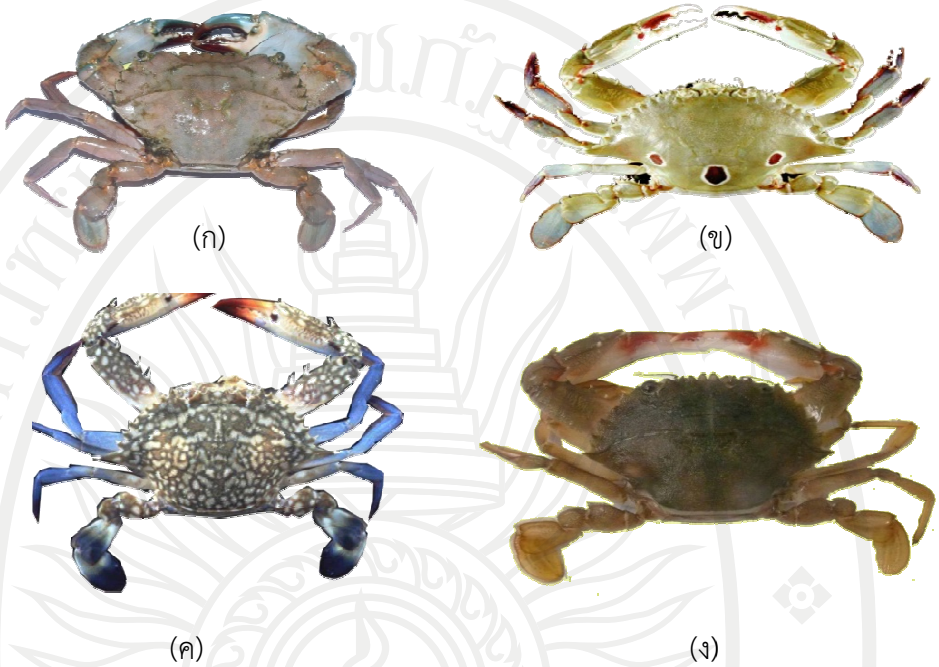
ระดับของความหลากหลายทางชีวภาพ การศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพ สามารถแบ่งย่อยออกได้เป็น 3 ระดับคือ

1. ความหลากหลายทางพันธุกรรม (Genetic diversity) หมายถึง ความหลากหลายทางพันธุกรรมที่สิ่งมีชีวิตแต่ละชีวิตได้รับการถ่ายทอดมาจากรุ่นพ่อแม่และส่งต่อไปยังรุ่นต่อไปเช่น ลักษณะความหลากหลายของลวดลายและสีของหอยทาก (*Cepaea nemorallis*) เป็นต้น ดังภาพที่ 1.2

ภาพที่ 1.2 ความหลากหลายของลวดลายและสีสันของหอยทาก (*Cepaea nemorallis*)
ที่มา: (ปรีชา สุวรรณพินิจ, 2543 : 5)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

2. ความหลากหลายทางชนิดพันธุ์ (Species diversity) หมายถึงจำนวนชนิด และจำนวนหน่วยสิ่งมีชีวิตที่เป็นสมาชิก ของแต่ละชนิดที่มีอยู่ใน แหล่งที่อยู่อาศัยในประชากรนั้น ๆ หรือหมายถึงความหลากหลายของชนิดสิ่งมีชีวิต (Species) ที่มีอยู่ในพื้นที่หนึ่งนั่นเอง เช่น การศึกษาความหลากหลายชนิดของปูน้ำเค็ม ในบริเวณอ่าวคุ้งกระเบน เป็นต้น ดังภาพที่ 1.3



ภาพที่ 1.3 ความหลากชนิดของปูน้ำเค็ม บริเวณอ่าวคุ้งกระเบน จังหวัดจันทบุรี
(ก) ปูหิน (*Thalamita crenata*), (ข) ปูดาวสามจุด (*Portunus sanguinolentus*)
(ค) ปูม้า (Portunus pelagicus) และ (ง) ปูกะตอยแดง (*Charybdis affinis*)
ที่มา: (ชัยดำรง สิงหเจริญวัฒน์ และคนอื่น ๆ, 2556 : 315)

3. ความหลากหลายทางระบบนิเวศ (Ecological diversity) คือ ความซับซ้อนของลักษณะพื้นที่ที่แตกต่างกันในแต่ละภูมิภาคของโลก เมื่อประกอบกับสภาพภูมิอากาศ ลักษณะภูมิประเทศ ทำให้เกิดระบบนิเวศหรือถิ่นที่อยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิตที่แตกต่างกัน การที่สามารถพบสิ่งมีชีวิตอาศัยอยู่ในแต่ละพื้นที่ได้ โดยผ่านการคัดเลือกตามธรรมชาติตามกระบวนการวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ในบริเวณใดที่มีความซับซ้อนของระบบนิเวศ จะทำให้ในบริเวณนั้นมีความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตค่อนข้างสูง ดังภาพที่ 1.4

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ภาพที่ 1.4 ความหลากหลายของระบบนิเวศต่าง ๆ บนโลก
ที่มา: (International Union for Conservation of Nature (IUCN), n.d.)

สิ่งมีชีวิตบนโลกนี้มีความหลากหลายสูง มีจำนวนชนิดที่มาก ทำให้เกิดปัญหาในการเรียกชื่อและการนำสิ่งมีชีวิตนั้น ๆ มาใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ของมนุษย์ เนื่องจากในแต่ละท้องถิ่น ก็ต่างมีชื่อเรียกสิ่งมีชีวิตที่เป็นของท้องถิ่นนั้น ซึ่งก็คือ ชื่อสามัญ (Common name) อย่างไรก็ตามด้วยปัญหาดังกล่าว จึงเกิดมีหลักของการตั้งชื่อวิทยาศาสตร์ขึ้นมา โดยชื่อวิทยาศาสตร์นั้นต้องมีคุณสมบัติดังนี้ 1) Uniqueness คือเป็นชื่อที่แสดงความเป็นเอกลักษณ์ของสิ่งมีชีวิตนั้น 2) Universality ชื่อนั้นต้องเป็นชื่อที่รู้จัก และใช้กันโดยทั่วไป และ 3) Stability คือ ชื่อนั้นต้องเป็นชื่อที่คงทน และเสถียร ไม่เปลี่ยนแปลงไปตามกาลเวลา

ชื่อวิทยาศาสตร์

ชื่อวิทยาศาสตร์ (Scientific name) เรียกว่า Binomial System of Nomenclature ประกอบด้วยชื่อแรกเป็นชื่อสกุล (Genus) ส่วนที่สองเรียกว่า ชื่อประจำชนิด (Specific name หรือ Specific epithet) ทั้งสองคำจะเขียนแยกกัน การเขียนหรือพิมพ์ต้องใช้ตัวเอน หรือขีดเส้นใต้ เช่น ปูเจ้าฟ้า *Phricotelphusa sirindhorn* และในการเขียนแบบเต็ม เพื่อเผยแพร่ในวารสารวิชาการ หรือเป็นบทความวิชาการ มักจะมีชื่อของผู้ตั้งชื่อนั้น และปี ค.ศ. ที่ตั้งตามมา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

1. หลักเกณฑ์ในการตั้งชื่อวิทยาศาสตร์

1.1 ตั้งตามสถานที่พบ เช่น *Geosesarma krating* เป็นชื่อของปูแสมภูเขาที่พบเป็นสัตว์เฉพาะถิ่นที่พบครั้งแรกบริเวณน้ำตกกระทิง จังหวัดจันทบุรี

1.2 ตั้งให้เกียรติแก่คนที่พบ เช่น *Siamthelphusa paviei* เป็นชื่อของปูลำห้วยที่พบเป็นสปีชีส์เด่นทางภาคเหนือ ผู้พบปูนี้เป็นครั้งแรก คือ Mr. Paviei

1.3 ตั้งชื่อตามลักษณะของตัว เช่น *Scylla serrata* เป็นชื่อของปูทะเลที่มีลักษณะเด่น คือ มีหนามข้างกระดองคล้ายฟันเลื่อยหรือฟันปลา (serrate)

1.4 ตั้งชื่อตามขนาดของตัว เช่น *Sesarma minuta* เป็นชื่อของปูแสมที่มีขนาดเล็กกว่าปูแสมชนิดอื่น ๆ และ *Trachypleus gigas* เป็นชื่อของแมงดาทะเล ซึ่งเป็นสัตว์พวกอาร์โทรพอด (Arthropod) ที่มีขนาดใหญ่มากชนิดหนึ่ง

1.5 ตั้งเป็นเกียรติแก่คนที่นับถือ เช่น *Manningia thorsoni* เป็นชื่อของกั้ง ซึ่งตั้งเป็นเกียรติแก่ Dr. R.B. Manning

นักวิทยาศาสตร์ที่ได้ชื่อว่าเป็นบิดาของวิชาอนุกรมวิธาน มีชื่อว่า คาโลลัส ลินเนียส โดยผลงานที่มีชื่อเสียง ที่ได้รับการตีพิมพ์ชื่อวิทยาศาสตร์ทั้งของพืชและสัตว์ คือ Systema Naturae ฉบับพิมพ์และแก้ไขครั้งที่ 10

สาขาที่เกี่ยวข้องกับวิชาชีววิทยา

สามารถจำแนกได้ตามลักษณะต่าง ๆ ดังนี้

1. จำแนกตามประเภทหรือชนิดสิ่งมีชีวิต ได้แก่

พฤกษศาสตร์หรือพฤกษวิทยา (Botany หรือ Phytology) หมายถึง การศึกษาชีววิทยาที่เกี่ยวข้องกับพืช เช่น การศึกษาโครงสร้างของดอก ใบ ผล การศึกษาการสืบพันธุ์ของพืช เป็นต้น

สัตวศาสตร์หรือสัตววิทยา (Zoology) หมายถึง การศึกษาเกี่ยวกับสัตว์ เช่น สัณฐานวิทยาภายนอก การเจริญเติบโต การสืบพันธุ์ เป็นต้น โดยในสัตว์แต่ละชนิด ก็จะมีการแยกศึกษาในเชิงลึกออกไปอีก เช่น ปักษีวิทยา (Ornithology) จะเป็นการศึกษาเกี่ยวกับนก มีนวิทยา (Fish biology) จะเป็นการศึกษาเกี่ยวกับปลา กีฏวิทยา (Entomology) เป็นการศึกษาเกี่ยวกับแมลง เป็นต้น

จุลชีววิทยา (Microbiology) หมายถึง การศึกษาเรื่องราวของสิ่งมีชีวิตที่มีขนาดเล็กมาก ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า เช่น แบคทีเรีย ไวรัส รา ยีสต์ รวมไปถึงการนำจุลินทรีย์เหล่านั้นมาใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ก็ได้ทำให้เกิดรายวิชาเฉพาะขึ้น เช่น จุลินทรีย์อุตสาหกรรม จุลินทรีย์การแพทย์ และจุลินทรีย์อาหาร เป็นต้น

2. จำแนกตามวิธีการศึกษาสิ่งมีชีวิต ศึกษาสิ่งมีชีวิตแต่ละหน่วย มี 3 สาขาย่อย

สัณฐานวิทยา (Morphology) เป็นการศึกษาเกี่ยวกับรูปร่าง ลักษณะและโครงสร้างของสิ่งที่มีชีวิต เช่น การศึกษาสัณฐานวิทยาของพืชไม่มีท่อลำเลียง การศึกษาสัณฐานวิทยาของปลาสลิด เป็นต้น

สรีรวิทยา (Physiology) เป็นการศึกษาเกี่ยวกับหน้าที่ และกลไกการทำงานของระบบต่าง ๆ ในร่างกายของสิ่งมีชีวิต เช่น ระบบขับถ่าย ระบบประสาท ระบบต่อมไร้ท่อ เป็นต้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง

คัพภะวิทยา (Embryology) เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการเจริญเติบโต การเปลี่ยนแปลงรูปร่างในขั้นต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิต ในระยะที่เป็นตัวอ่อน เช่น การศึกษาระยะเอมบริโอของกบ เป็นต้น

3. จำแนกตามสิ่งมีชีวิตเป็นหมู่ที่มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน เช่น

อนุกรมวิธาน (Taxonomy) เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการจัดจำแนก จัดหมวดหมู่ และการให้ชื่อวิทยาศาสตร์ให้กับสิ่งมีชีวิต โดยอาศัยลักษณะที่มีความคล้ายคลึงกัน หรือความเกี่ยวข้องกัน ในปัจจุบันอนุกรมวิธานแบ่งออกได้เป็น 3 ระดับ ได้แก่ Alpha-taxonomy ซึ่งศึกษาลักษณะความคล้ายคลึงกันในเรื่องของสัณฐานวิทยาเป็นหลัก Beta-taxonomy เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างชนิด หรือระหว่างประชากรที่มีความสัมพันธ์กันทางบรรพบุรุษ และ gamma-taxonomy คือ การศึกษาความหลากหลาย และความผันแปรต่างๆ ที่พบในสิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกัน (Intraspecific variation) ตลอดจนการเกิดขึ้นของสิ่งมีชีวิตชนิดใหม่ (Speciation) รวมทั้งเวลา ทิศทาง หรือพื้นที่ของการเกิดวิวัฒนาการ

ชีวภูมิศาสตร์ (Biogeography) เป็นการศึกษาเกี่ยวการกระจายของสิ่งมีชีวิตตามเขตภูมิศาสตร์ต่าง ๆ ของโลก เช่น การศึกษาการแพร่กระจายของหมีขาวขั้วโลก ดังภาพที่ 1.5 บริเวณขั้วโลกเหนือ หรือการแพร่กระจายของนกเพนกวินบริเวณขั้วโลกใต้ เป็นต้น

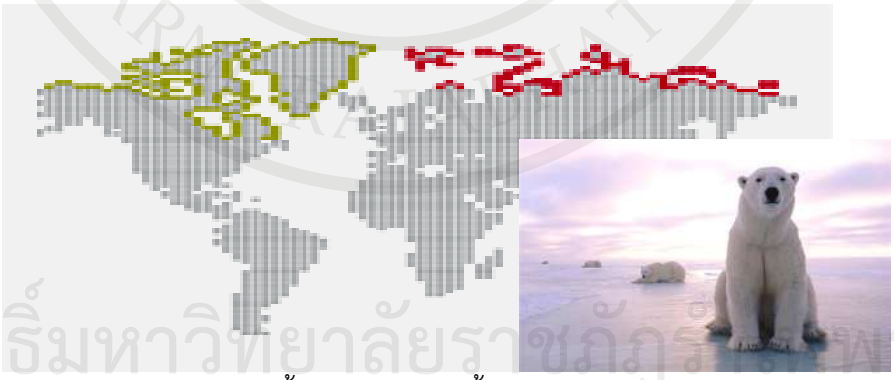
นิเวศวิทยา (Ecology) ศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อมที่อยู่รอบตัวสิ่งมีชีวิตนั้น ทั้งสิ่งมีชีวิตด้วยกัน และสิ่งที่ไม่มีชีวิต ได้แก่ ปัจจัยทางกายภาพต่าง ๆ เช่น ความชื้น ความเค็ม อุณหภูมิ เป็นต้น

วิวัฒนาการ (Evolution) ศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงลักษณะของการถ่ายทอดพันธุกรรม ในสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ ภายใต้ระยะเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงไป โดยมีทฤษฎีต่าง ๆ มากมายที่อธิบายเกี่ยวกับวิวัฒนาการ เช่น ทฤษฎีการคัดเลือกทางธรรมชาติ ของชาร์ล ดาวิน เป็นต้น

พันธุศาสตร์ (Genetics) ศึกษาเกี่ยวกับลักษณะการถ่ายทอดพันธุกรรม หน่วยของพันธุกรรม และโรคพันธุกรรมต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในสิ่งมีชีวิต ค้นพบโดยบาทหลวงชาวสวีเดนชื่อ เกรเกอร์ เมนเดล

4. สาขาอื่น ๆ เช่น

บรรพชีวินหรือโบราณชีวศาสตร์ (Paleontology) ศึกษาเกี่ยวกับซากฟอสซิล และลักษณะทางธรณีวิทยา ที่นำมาอธิบายการเกิดวิวัฒนาการ และความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มสิ่งมีชีวิตได้ โดยพิจารณาจากลักษณะสัณฐานวิทยา ตัวอ่อน องค์ประกอบของสารพันธุกรรม และเทคโนโลยีทางด้านอณูชีวโมเลกุล เป็นต้น



ภาพที่ 1.5 การกระจายของหมีขาวขั้วโลก ในบริเวณขั้วโลกเหนือ
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา, 2553 : 111)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

ปรสิตวิทยา (Parasitology) เป็นวิชาที่ศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิต 2 ชนิด ที่อาศัยอยู่ร่วมกัน โดยสิ่งมีชีวิตหนึ่งทำหน้าที่เป็นผู้อาศัย (Parasite) และเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตอีกชนิดหนึ่งที่ทำหน้าที่เป็นผู้ให้อาศัย หรือเจ้าบ้าน (Host) เช่น พยาธิใบไม้ตับที่อาศัยอยู่ในท่อน้ำดีของคน โดยพยาธิใบไม้ตับ เป็นปรสิต และคนเป็นเจ้าบ้าน เป็นต้น

เทคโนโลยีชีวภาพ (Biotechnology) ศึกษาเกี่ยวกับการนำเทคโนโลยีต่าง ๆ มาใช้ประโยชน์ทั้งในทางการแพทย์ อุตสาหกรรม เกษตรกรรม เช่น การตัดต่อยีน การโคลนนิง พืชจีเอ็มโอ เป็นต้น

ประโยชน์ของการศึกษาวิชาชีววิทยา

ในปัจจุบันได้มีการนำความรู้ทางชีววิทยามาใช้ประโยชน์ในหลายด้าน ดังนี้

1. ด้านโภชนาการ เช่น การเลือกชนิดอาหาร การบริโภคอาหารให้ถูกสัดส่วน และช่วยเพิ่มผลผลิตอาหารในทางการเกษตร โดยใช้ความรู้ทางด้านพันธุศาสตร์

2. ด้านการแพทย์และสาธารณสุข เกี่ยวกับการดูแลรักษาร่างกาย การป้องกันโรค และการรักษาโรค

3. การควบคุมศัตรูพืช และศัตรูสัตว์ โดยอาศัยความรู้ทางด้านวิชาอนุกรมวิธาน และนิเวศวิทยา โดยเฉพาะการควบคุมศัตรูพืช และศัตรูสัตว์ด้วยวิธีชีววิธี (Biological control)

4. ด้านการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ และการป้องกันมลภาวะของสิ่งแวดล้อม เพื่อให้สังคมมนุษย์สามารถใช้ทรัพยากรให้คุ้มค่า และใช้ได้นาน โดยไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม

5. ด้านการพัฒนาประเทศ ในทุก ๆ ด้าน โดยเฉพาะเศรษฐกิจ เช่น พืชผัก ผลไม้ ข้าว ที่ใช้บริโภค และส่งเป็นสินค้าออก รวมถึงใช้เป็นพลังงานทดแทน เช่น สบู่ดำ ปาล์มน้ำมัน เป็นต้น

วิธีพื้นฐานสำหรับการศึกษาชีววิทยา

มีขั้นตอนการศึกษา ดังนี้

1. การสังเกต (Observation) จุดเริ่มต้นของการค้นพบสิ่งใหม่ ๆ

2. การตั้งสมมติฐาน (Formulation of hypothesis)

3. การวางแผน และทำการทดลอง (Methodology) เพื่อพิสูจน์คำตอบ หรือสมมติฐาน

4. การเก็บรวบรวมผลการทดลอง (Sampling collection) การจดบันทึกจาก การศึกษาในภาคสนาม หรือการศึกษาในห้องปฏิบัติการ

5. วิเคราะห์ผลการทดลอง (Result and discussion) โดยใช้เครื่องมือต่างๆ เช่น สถิติ เทียบกับการศึกษาที่ผ่านมา

6. สรุปผล และรายงาน ถ้าผลตรงกับสมมุติฐานที่ตั้งไว้ แสดงว่าสมมุติฐานนั้นถูกต้อง (Conclusion and report)

สิ่งมีชีวิต

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

เกิดขึ้นจากหน่วยที่เล็กที่สุด คือ เซลล์ จนกระทั่งมีการพัฒนาเป็นสิ่งมีชีวิตเป็นตัว ๆ โดยสิ่งมีชีวิตจะมีลักษณะทั่วไป ดังนี้

1. การมีเซลล์และส่วนประกอบของเซลล์ (Cell and organells) เป็นโครงสร้างพื้นฐาน

2. มีการเจริญเติบโต และการพัฒนา คือ มีการเพิ่มขนาด หรือจำนวนเซลล์ในสิ่งมีชีวิตนั้น ๆ หรือทั้งสองอย่างพร้อม ๆ กัน

3. มีกระบวนการเมตาบอลิซึม (Metabolism) ได้แก่ กระบวนการต่าง ๆ ทางเคมี เช่น การหายใจระดับเซลล์ การย่อยอาหาร และการเปลี่ยนแปลงพลังงาน

4. มีการเคลื่อนที่ (Movement) เช่น เดิน วิ่ง คลาน บิน โบก ว่ายน้ำ เป็นต้น

5. การตอบสนองต่อสิ่งที่มากระตุ้น (Response to stimuli) เช่น แสง ความร้อน ความเย็น

6. การขยายพันธุ์ (Reproduction) ซึ่งมีทั้งแบบใช้เพศ (อาศัยไข่จากเพศเมีย และสเปิร์มจากเพศผู้มาผสมเป็นไข่ที่ได้รับการผสมแล้ว) และไม่ใช้เพศ

7. การปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อม (Adaptation)

8. การถ่ายทอดลักษณะของสิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งจากรุ่นหนึ่งไปยังอีกรุ่นหนึ่ง (DNA transmits information from one generation to next)

9. มีวิวัฒนาการ (Evolution) และมีกระบวนการเปลี่ยนแปลงในระดับประชากร

ลำดับของการจัดระเบียบของสิ่งมีชีวิต มีการจัดเรียงนับตั้งแต่ระดับต่ำสุดขึ้นไป คือ
เซลล์ ⟶ เนื้อเยื่อ ⟶ อวัยวะ ⟶ ระบบอวัยวะ ⟶ สิ่งมีชีวิต ⟶ ประชากร
สังคมสิ่งมีชีวิต ⟶ ระบบนิเวศ ⟶ โลกของสิ่งมีชีวิต (ชีวาลัย)

สรุป

ชีววิทยา คือ การศึกษาวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวกับสิ่งมีชีวิต โดยสิ่งมีชีวิตที่อยู่บนโลกนี้ มีเป็นจำนวนมากมายหลายชนิด อันเนื่องมาจากความซับซ้อน และความไม่เป็นเนื้อเดียวกันของระบบนิเวศต่าง ๆ ที่มีความแตกต่างกัน ก่อให้เกิดความหลากหลายทางชีวภาพ ซึ่งหมายความถึงความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ระดับคือ ความหลากหลายทางพันธุกรรม (Genetic diversity) ความหลากหลายทางชนิดพันธุ์ (Species diversity) และความหลากหลายทางระบบนิเวศ (Ecological diversity) สำหรับชื่อวิทยาศาสตร์นั้น ประกอบด้วยชื่อแรกเป็นชื่อสกุล (genus) ส่วนที่สองเรียกว่า ชื่อประจำชนิด (Specific name หรือ Specific epithet) ทั้งสองคำจะเขียนแยกกัน การเขียนหรือพิมพ์ต้องใช้ตัวเอน หรือขีดเส้นใต้ เช่น ปูเจ้าฟ้า *Phricothelphusa sirindthorn* เป็นต้น

สาขาของวิชาชีววิทยาในปัจจุบัน จำแนกตามประเภทหรือชนิดสิ่งมีชีวิต ได้แก่ พฤกษศาสตร์ (Botany) หมายถึง การศึกษาชีววิทยาที่เกี่ยวข้องกับพืช เช่น การศึกษาโครงสร้างของดอก ใบ ผล การศึกษาการสืบพันธุ์ของพืช เป็นต้น สัตววิทยา (Zoology) หมายถึง การศึกษาเกี่ยวกับสัตว์ เช่น สัณฐานวิทยาภายนอก การเจริญเติบโต การสืบพันธุ์ เป็นต้น จุลชีววิทยา (Microbiology) หมายถึง การศึกษาเรื่องราวของสิ่งมีชีวิตที่มีขนาดเล็กมาก ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า เช่น แบคทีเรีย ไวรัส รา ยีสต์ รวมไปถึงการนำจุลินทรีย์เหล่านั้นมาใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ก็ได้ทำให้เกิดรายวิชาเฉพาะขึ้น เช่น จุลินทรีย์อุตสาหกรรม จุลินทรีย์การแพทย์ เป็นต้น แต่ถ้าจำแนกตามวิธีการศึกษาสิ่งมีชีวิต ศึกษาสิ่งมีชีวิตแต่ละหน่วย มี 3 สาขาย่อย ได้แก่ สัณฐานวิทยา (Morphology) เป็นการศึกษาเกี่ยวกับรูปร่าง ลักษณะและโครงสร้างของสิ่งที่มีชีวิต สรีรวิทยา (Physiology) เป็นการศึกษาเกี่ยวกับหน้าที่ และกลไกการทำงานของระบบต่าง ๆ ในร่างกายของสิ่งมีชีวิต เช่น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

ระบบขับถ่าย ระบบประสาท เป็นต้น คัพภะวิทยา (Embryology) เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการเจริญเติบโต การเปลี่ยนแปลงรูปร่างในขั้นต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิต ในระยะที่เป็นตัวอ่อน เช่น การศึกษาระยะเอมบริโอของกบ เป็นต้น และจำแนกตามสิ่งมีชีวิตเป็นหมู่ที่มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน เช่น อนุกรมวิธาน (Taxonomy) เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการจัดจำแนก จัดหมวดหมู่ และการให้ชื่อวิทยาศาสตร์ให้กับสิ่งมีชีวิต โดยอาศัยลักษณะที่มีความคล้ายคลึงกัน หรือมีความเกี่ยวข้องกัน และนิเวศวิทยา (Ecology) ศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อมที่อยู่รอบตัวสิ่งมีชีวิตนั้น ทั้งสิ่งมีชีวิตด้วยกัน และสิ่งที่ไม่มีชีวิต

สำหรับลักษณะของสิ่งมีชีวิต โดยทั่วไปมีลักษณะดังนี้ เช่น การมีเซลล์และส่วนประกอบของเซลล์ (Cell and organells) เป็นโครงสร้างพื้นฐานที่เล็กที่สุด มีการเจริญเติบโต และการพัฒนา คือ มีการเพิ่มขนาด หรือจำนวนเซลล์ในสิ่งมีชีวิตนั้น ๆ หรือทั้งสองอย่างพร้อม ๆ กัน มีกระบวนการเมตาบอลิซึม ได้แก่ กระบวนการต่าง ๆ ทางเคมี เช่น การหายใจระดับเซลล์ การย่อยอาหาร และการเปลี่ยนแปลงพลังงาน มีการเคลื่อนที่ (Movement) มีการตอบสนองต่อสิ่งที่มากระตุ้น (Response to stimuli) เช่น แสง ความร้อน ความเย็น มีการขยายพันธุ์ (Reproduction) ซึ่งมีทั้งแบบใช้เพศและแบบไม่อาศัยเพศ

จากการศึกษาความหมายของการศึกษาทางชีววิทยา ระดับของความหลากหลายทางชีววิทยา การเขียนชื่อวิทยาศาสตร์ สาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนประโยชน์ของการศึกษาชีววิทยา และวิธีการพื้นฐานในการศึกษาทางชีววิทยา ว่ามีขั้นตอนอย่างไรแล้ว ก็คงจะทำให้นักศึกษามีความเข้าใจสิ่งที่จะต้องเรียนเนื้อหาในรายวิชานี้มากขึ้น อย่างไรก็ตามนักศึกษาก็คงจะสังเกตเห็นแล้วว่าชีววิทยามีความหลากหลายในการศึกษาในแง่มุมต่าง ๆ มากมาย ซึ่งหากนักศึกษาได้ศึกษาในบทต่อไปก็จะทราบว่าชีววิทยาไม่เป็นเพียงแต่รายวิชาที่ใช้วิธีการท่องจำเป็นพื้นฐานเท่านั้น หากนักศึกษาทำความเข้าใจ และสังเคราะห์ความรู้ที่ได้ ก็จะเป็นประโยชน์ต่อการเรียนรายวิชาทางชีววิทยาในขั้นสูงต่อไป รวมไปถึงสามารถนำไปใช้ในการศึกษาวิชาวิจัยทางชีววิทยาด้วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

แบบฝึกหัดบทที่ 1

จงตอบคำถามดังต่อไปนี้

1. ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต คืออะไร และแบ่งออกเป็นกี่ประเภท ได้แก่อะไรบ้าง
2. ขั้นตอนพื้นฐานในการศึกษาทางชีววิทยา มีขั้นตอนใดบ้าง จงอธิบาย
3. ลำดับของสิ่งมีชีวิตที่มีลำดับต่ำสุด คือลำดับใด
4. จงยกตัวอย่างการเขียนชื่อวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องมา 3 ตัวอย่าง
5. หลักเกณฑ์ของการตั้งชื่อวิทยาศาสตร์ มีกี่ข้อ ได้แก่อะไรบ้าง
6. สาขาใดทางชีววิทยาที่ศึกษาเกี่ยวกับซากฟอสซิล และลักษณะทางธรณีวิทยา
7. จงบอกความหมายของวิชาปรสิตวิทยา
8. จงบอกความหมายของวิชาอนุกรมวิธาน
9. จงบอกลักษณะหรือคุณสมบัติของสิ่งมีชีวิตมา 3 ข้อ
10. จงอธิบายประโยชน์ของการศึกษาวิชาชีววิทยามา 3ข้อ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

เอกสารอ้างอิง

คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (2553). **ชีววิทยา และสัตววิทยา 1.** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชัยดำรง สิงห์แหลม, สรารัตน์ สมยา และชุตาภา คุณสุข. (2556). **ความหลากหลายของปูน้ำเค็มบริเวณอ่าวคุ้งกระเบน จังหวัดจันทบุรี**. เอกสารงานประชุมวิชาการและนิทรรศการโครงการอพสธ. ครั้งที่ 6 ทรัพยากรไทย : นำสิ่งดีงามสู่ตาโลก. กาญจนบุรี : โครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืช อันเนื่องมาจากพระราชดำริฯ.

เชาวน์ ชิโนรักษ์ และพรรณี ชิโนรักษ์. (2552)**. ชีววิทยา เล่ม 1**. กรุงเทพฯ : โสภณการพิมพ์.

ปรีชา สุวรรณพินิจ. (2543). **ชีววิทยา 1**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สิริภัทร์ พราหมณีย์. (2551). **หลักชีววิทยา.** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Cambell, N.A., Jane, B.R., Lisa, A.U., Michael L. Ca in, Peter, V.M., Steven, A.W. and Robert, B.J. (2015)**. Biology**. 8th ed.. California : The Benjamin/ Cummings Publishing Company, INC.

Lilly, L. (2011). Cellular level. **Study Blue Inc.** (Online)**.** Available : https://www.studyblue.com. 12 October 2011.

International Union for Conservation of Nature (IUCN). (n.d.) **Conservation and rehabilitation of coastal ecosystems.** (Online)**.** Available : https://www.giz.de/en/worldwide/18210.html. 15 October 2014.

Ward, K. (2014). Polar bear. **Museum Victoria.** (Online)**.** Available : http://museumvictoria.com.au. 20 November 2014.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

แผนการสอนประจำบทที่ 2

เซลล์และโครงสร้างของเซลล์

เนื้อหาประจำบท

บทที่ 2 เซลล์และโครงสร้างของเซลล์

1. ความหมายของเซลล์
2. วิธีในการศึกษาเซลล์
3. โครงสร้างของเซลล์
4. หน้าที่ของเซลล์
5. เยื่อหุ้มเซลล์
6. ผนังเซลล์
7. ออร์แกเนลล์ที่มีเยื่อหุ้ม
8. ออร์แกเนลล์ที่ไม่มีเยื่อหุ้ม
9. สรุป

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

เมื่อศึกษาบทที่ 2 แล้วนักศึกษาสามารถ

1. อธิบายความหมายของเซลล์
2. อธิบายวิธีการศึกษาเซลล์
3. บรรยายโครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ได้
4. ยกตัวอย่างชนิดของเซลล์สิ่งมีชีวิตได้
5. บอกความแตกต่างระหว่างเซลล์สิ่งมีชีวิตได้

กิจกรรมการเรียนการสอนประจำบท

1. ผู้สอนอธิบายทฤษฎี และซักถาม พร้อมยกตัวอย่างประกอบการบรรยาย โดยใช้เครื่องฉายภาพ (Projector)
2. นักศึกษาชมวีดิทัศน์เรื่อง “เซลล์ของสิ่งมีชีวิต”
3. สรุป อภิปราย ซักถามในเนื้อหาที่เรียน
4. ให้ผู้เรียนทำแบบฝึกหัดบทที่ 2
5. ทดสอบย่อยหลังจบบทเรียน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

สื่อการเรียนการสอน

1. เอกสารประกอบการสอนวิชาชีววิทยา 1
2. ไฟล์เอกสารประกอบการสอนวิชาชีววิทยา 1 (Power point)
3. วีดิทัศน์
4. หนังสืออ่านประกอบค้นคว้าเพิ่มเติม
5. แบบฝึกหัดบทที่ 2

การวัดผลและประเมินผล

1. สังเกตจากการซักถามผู้เรียน
2. สังเกตจากการร่วมกิจกรรม
3. สังเกตจากความสนใจ
4. ประเมินจากการทำคำถามท้ายบท
5. ประเมินจากการสอบระหว่างภาคและปลายภาค

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

บทที่ 2

เซลล์และโครงสร้างของเซลล์

จากเนื้อหาในบทที่ 1 สิ่งมีชีวิตทุกชนิดบนโลก ล้วนเกิดขึ้นจากองค์ประกอบที่เล็กที่สุด นั่นก็คือเซลล์ (Cell) ในบทนี้นักศึกษาจะทราบถึงความหมายของเซลล์ ความแตกต่างของเซลล์ในสิ่งมีชีวิตชั้นต่ำ และสิ่งมีชีวิตชั้นสูง โครงสร้างและหน้าที่ต่าง ๆ ของออร์แกเนลล์ต่าง ๆ ที่บรรจุอยู่ภายในเซลล์ ตลอดจนศูนย์บรรจุสารพันธุกรรม ซึ่งอยู่ภายในนิวเคลียส ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาชีววิทยาในระดับองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิตในลำดับต่อไป ไม่ว่าจะเป็นเนื้อเยื่อ หรือระบบอวัยวะต่าง ๆ

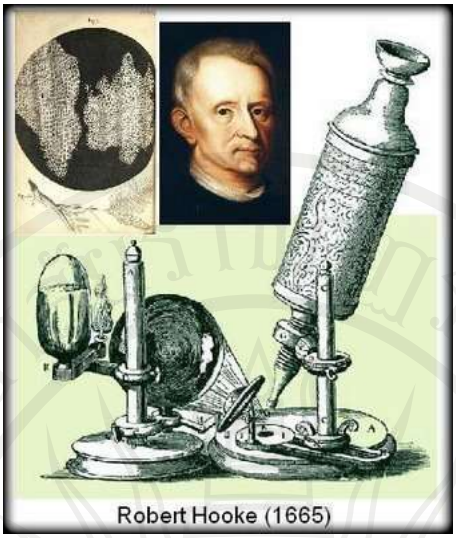
ความหมายของเซลล์

เซลล์ คือ หน่วยย่อยที่เล็กที่สุดของสิ่งมีชีวิต คำว่าเซลล์มาจากคำว่า เซลล่า (Cella) ที่แปลว่าห้องเล็ก ๆ มนุษย์รู้จักเซลล์ได้ เพราะมีการคิดค้นเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาเซลล์ขึ้นมาได้ โดยในสมัยแรก ๆ เป็นแว่นขยายธรรมดา (Simple microscope) ต่อมามีการพัฒนาขึ้นเป็นกล้องจุลทรรศน์เชิงประกอบ (Compound microscope) โดยนักวิทยาศาสตร์ที่ชื่อว่า แอนโธนี แวน ลีเวนฮุค (Anthony Van Leeuwenhoek) ซึ่งเป็นผู้ที่ได้รับการยอมรับในการประดิษฐ์กล้องจุลทรรศน์ เป็นคนแรก แต่นักวิทยาศาสตร์คนแรกที่เป็นผู้ค้นพบและตั้งชื่อเซลล์ คือ โรเบิร์ต ฮุค (Robert Hooke) ซึ่งพบเซลล์ในจุกไม้คอร์ก และต่อมาก็ได้พบเนื้อเยื่อพืชที่ยังมีชีวิตอยู่ (เชาว์ ชิโนรักษ์และพรรณี ชิโนรักษ์, 2552) ขนาดของเซลล์ มีตั้งแต่ขนาดเล็กที่สุด ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า เช่น แบคทีเรีย สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน จนกระทั่งมีขนาดเซลล์ขนาดใหญ่ เช่น พวกเซลล์ไข่ไก่ หรือเซลล์ของไข่นกกระจอกเทศ การที่จะจัดวัตถุนั้น ๆ ว่าเป็นเซลล์หรือไม่ ต้องประกอบไปด้วยองค์ประกอบตามทฤษฎีเซลล์ (Cell theory) ดังนี้

1. สิ่งมีชีวิตทั้งหลายอาจมีเพียงเซลล์เดียว หรือหลายเซลล์ ซึ่งภายในมีสารพันธุกรรมและมีกระบวนการเมตาบอลิซึม ทำให้สิ่งมีชีวิตดำรงชีวิตอยู่ได้
2. เซลล์เป็นหน่วยพื้นฐานที่เล็กที่สุดของสิ่งมีชีวิต ที่มีการจัดระบบการทำงานภายในโครงสร้างของเซลล์
3. เซลล์มีกำเนิดมาจากเซลล์แรกเริ่ม เซลล์เกิดจากการแบ่งตัวของเซลล์เดิม

โดยทั่วไปแล้วในร่างกายของคนและสัตว์ประกอบด้วยเซลล์ชนิดยูคาริโอต (Eukaryotic cell) หลายขนาด ตั้งแต่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 ไมครอนไปจนถึงเซนติเมตร และมีรูปร่างแตกต่างกันไปหลายรูปแบบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



ภาพที่ 2.1 โรเบิร์ต ฮุค เป็นผู้บัญญัติคำว่าเซลล์ขึ้นเป็นคนแรก โดยใช้กล้องจุลทรรศน์
ที่มา: (Ehrlic, P., 2012)

รูปร่างของเซลล์ มีหลายแบบ ได้แก่ เช่น เซลล์เยื่อบุผิว (Epithelium tissue) จะมีรูปร่างได้ 3 แบบ ได้แก่

1. เซลล์ที่มีรูปร่างแบน (Squamous cell)
2. เซลล์ที่มีรูปร่างแบบลูกบาศก์ (Cuboidal cell)
3. เซลล์ที่มีรูปร่างทรงสูง (Columnar cell)

นอกจากนี้ยังมีรูปร่างต่าง ๆ อีกมากมาย ได้แก่

เซลล์รูปกลมและรีแบบรูปไข่ (Oval and spherical cell) ได้แก่ เซลล์พวกเม็ดเลือดขาวและเม็ดเลือดแดง เซลล์ไข่ เซลล์ประสาทชนิดหนึ่งขั้ว (Unipolar neuron)

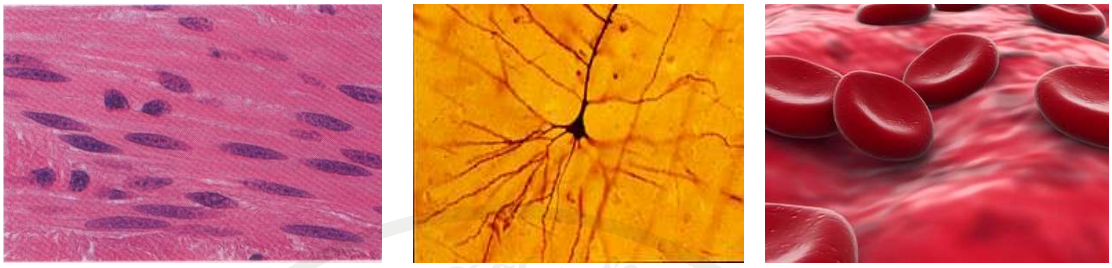
เซลล์ลักษณะเป็นเซลล์รูปร่างค่อนข้างกลมมีหลายเหลี่ยม (Polyhedral cell) พบอยู่ชั้นล่าง ๆ ของชั้นหนังกำพร้า (Epidermis) ตลอดจนบริเวณชั้นล่าง ๆ ของเยื่อบุหลอดอาหาร

เซลล์มีลักษณะหัวแหลมท้ายแหลมรูปกระสวย (Fusiform or spindle cell) ได้แก่ เซลล์กล้ามเนื้อเรียบ

เซลล์รูปปิรามิด (Pyramidal cell) มีด้านฐานกว้างและด้านบนแคบเรียวเล็กลง พบได้บริเวณต่อมน้ำลายซึ่งมีเซลล์รูปปิรามิดเรียงตัวเป็นทรงกลมนอกจากนี้ยังพบเซลล์ปิรามิดที่เป็นเซลล์ประสาท (Neuron) อยู่บริเวณซึ่งมีชื่อเรียกว่า เซลล์ประสาทรูปปิรามิด (Pyramidal neuron)

เซลล์รูปฉากหรือรูปดาว (Stellate or star shape cell) มีลักษณะของไซโตพลาสซึมที่แตกแขนงยื่นออกมาเป็นสาขา (Process) หลาย ๆ เส้น ได้แก่ พวกเซลล์สร้างเส้นใยซึ่งยืดยาวและมีแขนงหลาย ๆ อัน เซลล์ชนิดนี้ทำหน้าที่สร้างเส้นใยซึ่งอยู่ในบริเวณเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



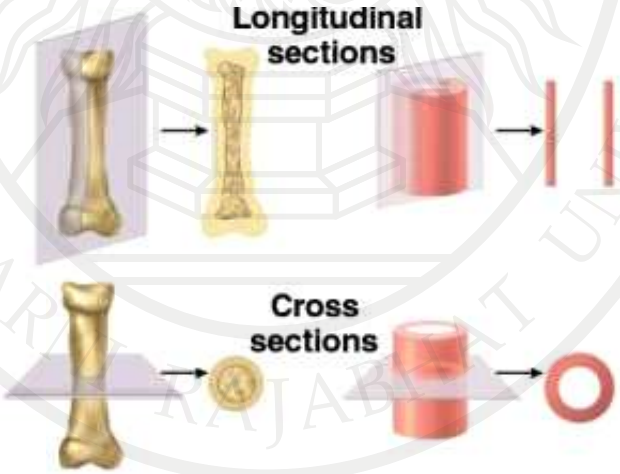
(ก) (ข) (ค)

ภาพที่ 2.2 ลักษณะรูปร่างของเซลล์แบบต่าง ๆ (ก) เซลล์กล้ามเนื้อเรียบ (ข) เซลล์ประสาท (ค) เซลล์เม็ดเลือดแดง

ที่มา: (Clinical and transitional science institute, 2014)

วิธีในการศึกษาเซลล์

การเตรียมตัวอย่าง เช่น เซลล์พืช ได้แก่ การตัดตัวอย่างออกเป็น 2 แนว ได้แก่ การตัดในแนวตามขวาง (Cross section) และการตัดในแนวยาว (Longitudinal section) ดังภาพที่ 2.3 ส่วนการเตรียมตัวอย่างสัตว์ จะต้องทำการผ่าตัดเนื้อเยื่อของสัตว์นั้นออกมาเป็นชิ้นบาง ๆ เล็ก ๆ เสียก่อน มิฉะนั้นเซลล์ที่ได้จะมองไม่เห็นเซลล์ที่มีลักษณะเดี่ยว ๆ การเตรียมสไลด์สด (Wet mount) โดยหลังจากที่เตรียมชิ้นตัวอย่างแล้ว จะนำชิ้นตัวอย่างนั้นวางตรงกลางสไลด์ จากนั้น เนื่องจากเซลล์ที่เตรียมได้จะมีสีใส ดังนั้นจึงมีกระบวนการย้อมสี (Staining) คือ การหยดสีลงไป 1-2 หยด ให้ท่วมชิ้นตัวอย่าง จากนั้นปิดด้วยกระจกปิดสไลด์ สีส่วนเกินที่ซึมออกมาให้ใช้กระดาษทิชชูซับออก จากนั้นนำไปส่องที่กำลังขยายต่ำที่สุดก่อน นั่นคือ 40x



ภาพที่ 2.3 ลักษณะของการตัดชิ้นส่วนพืชแบบตามขวาง และตามยาว

ที่มา: (เชาวน์ ชิโนรักษ์ และพรรณี ชิโนรักษ์, 2552 : 74-75)

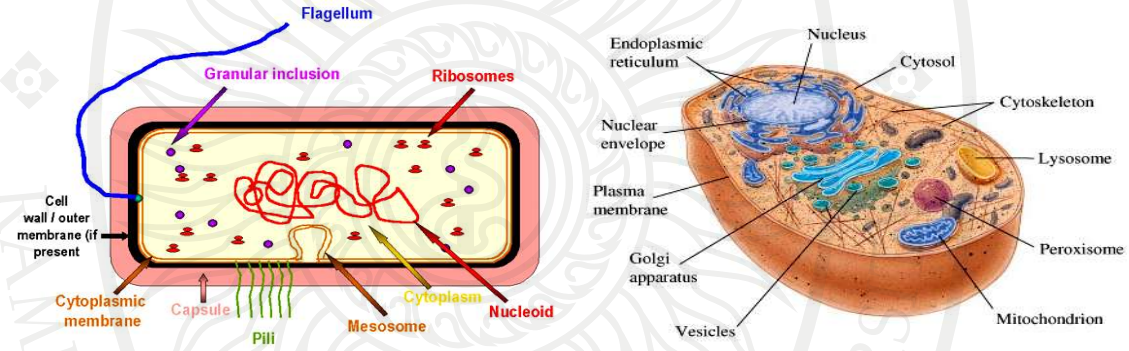
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ส่วนการเตรียมสไลด์ที่สามารถนำมาใช้ศึกษาได้หลายครั้งและเป็นระยะเวลาที่นานกว่า เรียกว่า สไลด์ถาวร (Permanent slide) โดยมีกระบวนการดังนี้

การตรึงเซลล์ (Fixation) คือ การทำให้เซลล์อยู่ตัวไม่เปลี่ยนแปลงต่อไป วิธีที่ใช้ได้แก่ ราดด้วยแอลกอฮอล์ ฟอมัลดีไฮด์, เมอคิวริกคลอไรด์ และกรดน้ำส้ม เพื่อฆ่าเซลล์ และทำให้โปรตีนในเซลล์ตกตะกอนเป็นของแข็งโดยเร็ว เซลล์ตายจะแข็ง และคงรูปเดิมไว้ ไม่เน่าเปื่อย และ การย้อม (Staining) คือ การย้อมสีเซลล์ด้วยสารเคมี หรือสีบางชนิด โดยโครงสร้างบางอย่างติดสี และบางอย่างไม่ติด เช่น ฮีมาท็อกไซลิน (Hematoxylin) ซึ่งเมื่อย้อมด้วยสีนี้ นิวเคลียสจะติดสีเข้ม

โครงสร้างของเซลล์

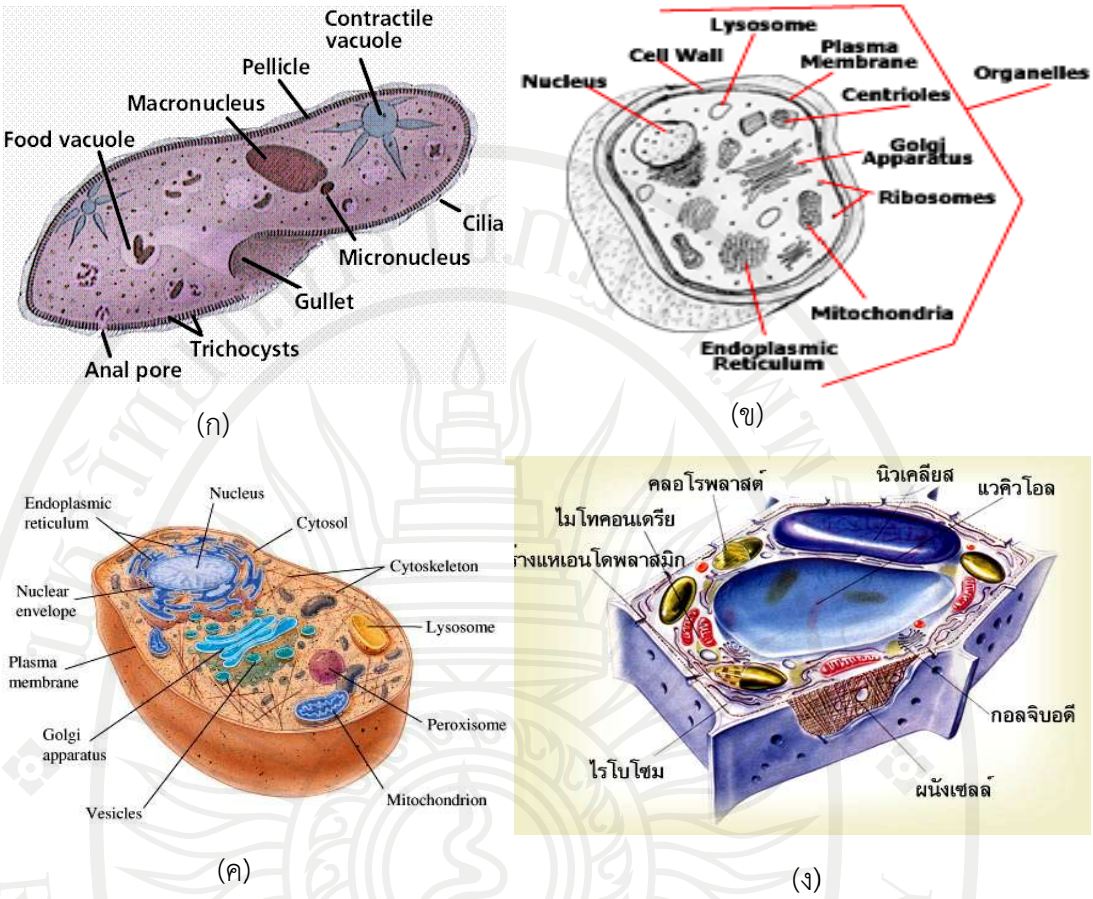
เซลล์ของสิ่งมีชีวิตแบ่งออกเป็น 2 ชนิด โดยใช้ลักษณะของการมีเยื่อหุ้มนิวเคลียส (Nuclear membrane) โดยเซลล์ที่ไม่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส เรียกว่า เซลล์โปรคาริโอต (Prokaryotic cell) ได้แก่ พวกแบคทีเรีย และสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ซึ่งเป็นสิ่งมีชีวิตที่อยู่ในอาณาจักรมอเนอรา ส่วนเซลล์ที่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส จัดว่าเป็นเซลล์ของสิ่งมีชีวิตชั้นสูง เรียกว่าเซลล์ ยูคาริโอต (Eukaryotic cell) ได้แก่ พวกโปรโตซัว สาหร่าย เห็ด รา ยีสต์ พืช และสัตว์ หรือเป็นสิ่งมีชีวิตที่อยู่ในอาณาจักรทั้ง 4 อาณาจักรที่เหลือทั้งหมดนั่นเอง ได้แก่ อาณาจักรโพรทิสตา อาณาจักรเห็ดรา อาณาจักรพืช และอาณาจักรสัตว์



(ก) (ข)

ภาพที่ 2.4 โครงสร้างเซลล์ (ก) แบบโปรคาริโอต และ (ข) แบบยูคาริโอต
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา, 2553 : 3)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

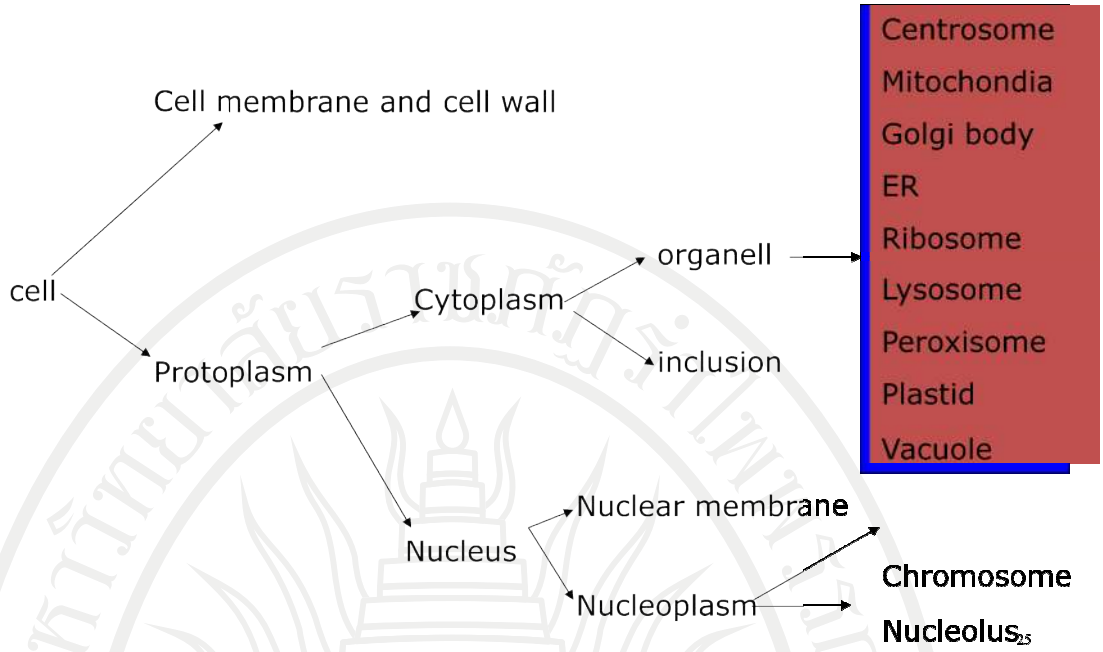


ภาพที่ 2.5 เซลล์สิ่งมีชีวิต (ก) เซลล์พารามีเซียม (ข) เซลล์ของรา (ค) เซลล์สัตว์ (ง) เซลล์พืช
ที่มา: (เชาว์ ชิโนรักษ์และพรรณี ชิโนรักษ์, 2552 : 82, 84, 92)

โครงสร้างของเซลล์ (Cell structure) ประกอบไปด้วย 2 ส่วนใหญ่ ได้แก่

1. เยื่อหุ้มเซลล์และผนังของเซลล์ (Cell membrane and cell wall)
2. โปรโตพลาสซึม (Protoplasm) ประกอบไปด้วยไซโทพลาสซึม และนิวเคลียส

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



ภาพที่ 2.6 โครงสร้างของเซลล์

หน้าที่ของเซลล์

เซลล์แต่ละชนิดอาจทำหน้าที่อย่างใดอย่างหนึ่ง หรือทำหน้าที่หลาย ๆ ด้านได้ โดยทั่วไปเซลล์มีหน้าที่ดังนี้

1. การเจริญและการสืบพันธุ์ (Growth and reproduction) เป็นหน้าที่ที่สำคัญที่สุดของสิ่งมีชีวิต คือ มีความสามารถในการเพิ่มจำนวนในการสืบพันธุ์ มีการเจริญเติบโตและเพิ่มขนาดของเซลล์

2. การหายใจ (Respiration) มีกระบวนการที่สลายสารอาหารชนิดต่าง ๆ เพื่อสร้างพลังงานในการดำรงชีวิตโดยการใช้หรือไม่ใช้ออกซิเจนมาร่วมในปฏิกิริยาการหายใจระดับเซลล์ในช่วงระยะเวลาใดเวลาหนึ่ง เช่น ในบริเวณไซโทพลาสซึมของเซลล์กล้ามเนื้อที่จะมีการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน เป็นต้น

3. การขับถ่ายและการหลั่งสาร (Excretion and secretion) ความสามารถในการขับถ่ายของเสียพวกไนโตรเจน (Nitrogenous waste products) ออกภายนอกเซลล์ เช่น เซลล์ทั่วไปมีการขับถ่ายยูเรีย (Urea) และการที่ต่อมเซลล์ที่ขับถ่ายเหงื่อ นอกจากนี้เซลล์บางชนิดมีความสามารถในการสร้างและหลั่งสารที่ถูกผลิตภายในเซลล์ออกสู่ภายนอกเซลล์ สารต่าง ๆ ได้แก่ พวกฮอร์โมน เอนไซม์ น้ำย่อยชนิดต่าง ๆ ของระบบต่าง ๆ

4. การดูดซึม (Absorption) เซลล์มีความสามารถในการดูดซึมหรือเก็บกินสิ่งต่าง ๆ ที่อยู่ภายนอกตัวเซลล์ด้วยวิธีการดื่ม (Cell drinking or pinocytosis) และการกิน (Phagocytosis) ซึ่งได้แก่ ในเซลล์เม็ดเลือดขาวและมาโครฟาจ (Macrophage) ที่จะมีการเก็บกินพวกเชื้อจุลินทรีย์ที่เข้ามาในร่างกายของคน เป็นต้น

5. การเปลี่ยนรูปร่าง เซลล์สามารถเปลี่ยนแปลงรูปร่างตลอดจนมีการเคลื่อนไหว เช่น การหดตัวของเซลล์กล้ามเนื้อลาย เป็นต้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏราไพพรรณี

6. การตอบสนอง เซลล์มีความสามารถในการตอบสนองต่อสิ่งเร้าที่มากระตุ้น เช่น พวกเซลล์ประสาท เซลล์รับความรู้สึกบริเวณผิวหนัง เป็นต้น

7. การส่งผ่านสาร (Conductivity) เซลล์มีความสามารถในการส่งผ่านสิ่งกระตุ้นต่อไป ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่พบในบริเวณเยื่อหุ้มเซลล์ของเส้นใยประสาทและเซลล์กล้ามเนื้อชนิดต่าง ๆ

8. เซลล์ทำหน้าที่สังเคราะห์โปรตีน ตลอดจนฮอร์โมนที่เป็นโปรตีนเอนไซม์หรือน้ำย่อย เพื่อส่งออกภายนอกเซลล์ พบว่าภายในไซโตพลาสซึมมีออร์แกเนลล์ ชนิดร่างแหเอนโดพลาสมิกแบบหยาบ (RER) จำนวนมากและมีไมโทคอนเดรียจำนวนมาก และกอลจิคอมเพล็กซ์ (Golgi complex) ที่เจริญดี

9. เซลล์ที่ทำหน้าที่สร้างสารสเตียรอยด์จำพวกที่เป็นฮอร์โมนมี SER เจริญดีและจำนวนมาก

10. เซลล์ที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับการย่อยสาร เช่น เซลล์บุผิวลำไส้เล็กส่วนต้นมีไลโซโซม (Lysosome) จำนวนมาก เช่นเดียวกันกับเซลล์เม็ดเลือดขาว บางชนิดมีไลโซโซมแกรนูล (Lysosome granules) มาก

เซลล์บางประเภทอาจทำหน้าที่หลายอย่างได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น เซลล์ที่เป็นส่วนประกอบของท่อไตส่วนต้น (Proximal convoluted tubules) ทำหน้าที่หลัก ได้แก่ ลำเลียงไอออน การย่อยโปรตีนบางชนิดและดูดซึมสารเมตาบอไลท์ นอกจากนี้เซลล์ของเยื่อบุทางเดินอาหารส่วนลำไส้เล็กมีหน้าที่มากกว่าหนึ่งอย่าง คือ ทำหน้าที่สร้างสารที่เป็นน้ำย่อย (Digestive enzymes) และยังทำหน้าที่ดูดซึมอาหาร

สรุปได้ว่าสิ่งมีชีวิตประกอบด้วยเซลล์หลายชนิดและมีความแตกต่างกันไปในเรื่องของลักษณะโครงสร้าง ขนาดและรูปร่างซึ่งมีผลต่อหน้าที่ทำงานและยังมีความแตกต่างกันในเรื่องของจำนวนและชนิดของออร์แกเนลล์ภายในเซลล์ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ถึงหน้าที่การทำงานได้ดังนี้

1. เซลล์ทำหน้าที่สังเคราะห์ด้วยโปรตีน ตลอดจนฮอร์โมนที่เป็นโปรตีนเอนไซม์หรือน้ำย่อย เพื่อส่งออกภายนอกเซลล์นั้นพบว่าภายในไซโตพลาสซึมมีออร์แกเนลล์ ชนิด RER จำนวนมากและมีไมโทคอนเดรียจำนวนมาก และกอลจิคอมเพล็กซ์ (Golgi complex) ที่เจริญดี

2. เซลล์ที่ทำหน้าที่สร้างสารสเตียรอยด์จำพวกที่เป็นฮอร์โมนมี SER เจริญดีและจำนวนมาก

3. เซลล์ที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับการย่อยสาร เช่น เซลล์บุผิวลำไส้เล็กส่วนต้นมีไลโซโซมจำนวนมาก เช่นเดียวกันกับเซลล์เม็ดเลือดขาว บางชนิดมีไลโซโซมแกรนูลมาก

เยื่อหุ้มเซลล์

โครงสร้างของเยื่อหุ้มเซลล์ ประกอบไปด้วยไขมันและโปรตีน ได้แก่

1. เมมเบรนไลปิด (Membrane lipid) ประกอบด้วยโครงสร้างของโมเลกุลไขมันซึ่งแต่ละโมเลกุลมีปลายที่หันเข้าหาโมเลกุลน้ำ (Hydrophilic or polar end) และปลายที่หันหนีโมเลกุลน้ำ (Hydrophobic or non polar end**)** ไขมันที่ประกอบเป็นเยื่อหุ้มเซลล์ (Cell membrane) มีอยู่ 3 ชนิดใหญ่ ๆ ได้แก่ ฟอสโฟลิปิด (Phospholipids), ไกลโคลิปิด (Glycolipids) และคอเลสเตอรอล (Cholesterol)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

1.1 สารประกอบฟอสโฟลิปิด (Phospholipids)

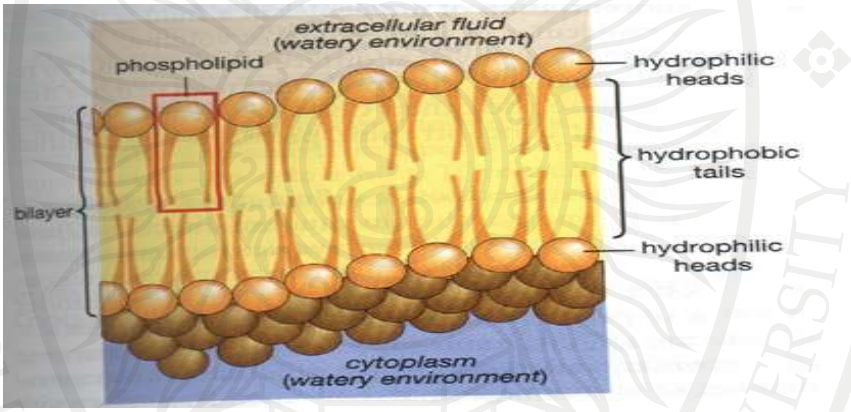
เมมเบรนไลปิดมีโมเลกุลของฟอสโฟลิปิด ประมาณ 50% ของไขมันที่เป็นองค์ประกอบ โดยทำหน้าที่ยึดเกาะ (Anchoring) กับโปรตีนเกี่ยวข้องกับการลำเลียงสารหรือเป็นพวกเอนไซม์ฟอสโฟลิปิด พบจำนวนมากที่บริเวณผิวเยื่อหุ้มเซลล์ด้านใน (Inner surface) โดยเป็นตัวยึดอยู่กับเยื่อหุ้มส่วนที่เป็นโปรตีน ส่วนบริเวณผิวด้านนอกของเซลล์ (Outer surface) พบฟอสโฟลิปิดจำนวนน้อย

1.2 สารประกอบคลอเลสเตอรอล (Cholesterol)

โมเลกุลคลอเลสเตอรอลเกาะอยู่ใกล้ ๆ กับโมเลกุลของฟอสโฟลิปิด มีผลทำให้เกิดการจำกัดการเคลื่อนที่ของโมเลกุลฟอสโฟลิปิดที่อยู่ข้างเคียง ซึ่งทำให้เยื่อหุ้มเซลล์มีความสามารถในการไหลเคลื่อนที่ (Fluidity) ลดน้อยลง

1.3 สารประกอบไกลโคลิปิด (Glycolipids)

พบเฉพาะที่ผิวด้านนอกของเยื่อหุ้มเซลล์ ซึ่งเชื่อมต่อกับสารพวกโอลิโกแซคคาไรด์ (Oligosaccharides) ที่ยื่นออกไปจากบริเวณผิวเซลล์ หน้าที่ของไกลโคลิปิดที่บริเวณผิวของเยื่อหุ้มเซลล์ยังไม่ทราบแน่ชัด แต่เป็นที่เข้าใจกันว่าน่าจะเกี่ยวข้องกับการติดต่อสื่อสารระหว่างเซลล์ (Intercellular communication)



ภาพที่ 2.7 โครงสร้างของเมมเบรนลิปิด
ที่มา: (Cambell, N.A., 1977 : 142)

2. เมมเบรนโปรตีน (Membrane protein) เยื่อหุ้มเซลล์ประกอบด้วยโมเลกุลของโปรตีนซึ่งเป็นส่วนที่สำคัญและพบจำนวนมาก โครงสร้างของเมมเบรนโปรตีนที่แทรกอยู่ระหว่างเยื่อหุ้มเซลล์ (Transmembrane protein) เป็นส่วนสำคัญทำให้เกิดกระบวนการต่าง ๆ ขึ้น

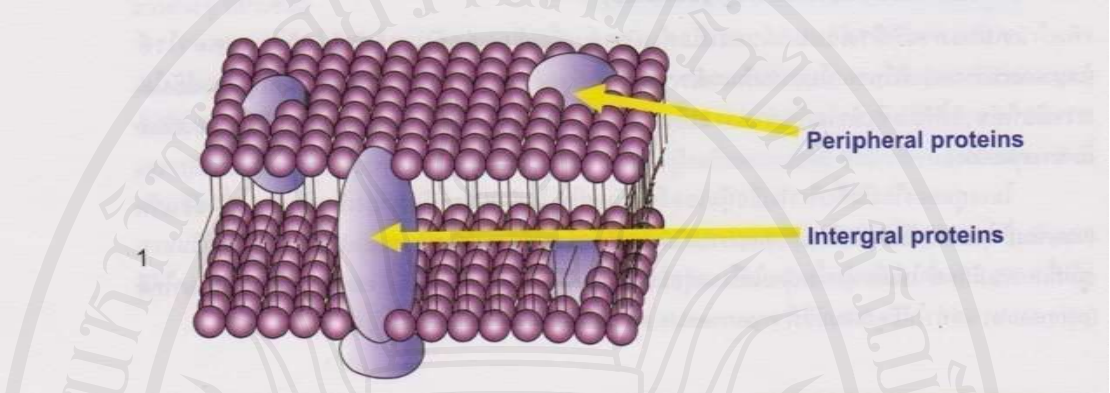
เมมเบรนโปรตีน แบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ

2.1. Peripheral protein คือ โปรตีนที่เคลือบหรือเชื่อมจับกับพื้นผิวของเยื่อหุ้มเซลล์อย่างหลวม ๆ ที่ผิวด้านบนของชั้นไขมัน สามารถแยกออกได้ง่ายโดยใช้สารพวกคีเลท (Chelating agents) ตัวอย่างเช่น สเปคตริน (Spectrin) ที่เคลือบผิวเม็ดเลือดแดงด้านผิวในหรือพวกไซโตโครมซี (Cytochrome c) ที่เยื่อหุ้มของไมโทคอนเดรีย ดังภาพที่ 2.8

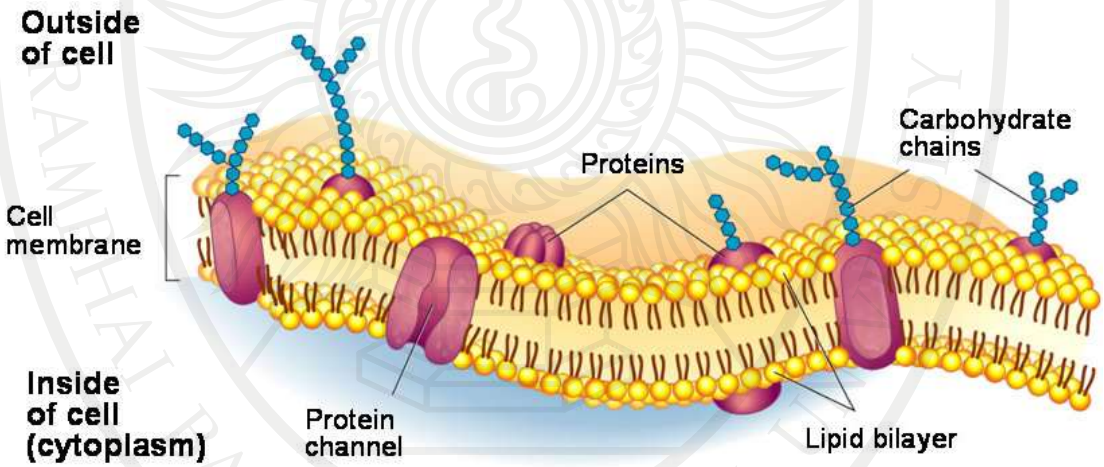
2.2 Integral protein คือ โปรตีนฝังตัวอยู่ภายในบริเวณโมเลกุลของเยื่อหุ้มเซลล์ โดยโปรตีนบางโมเลกุลฝังตัวอยู่เพียงบางส่วนในเยื่อหุ้มเซลล์ ส่วนที่โผล่พ้นนั้นอาจยื่นออกมาทางด้าน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง ปีการศึกษา ๒๕๖๐

พื้นผิวด้านใน (Inner surface) หรือพื้นผิวด้านนอก (Outer surface) ก็ได้ การที่มีโมเลกุลโปรตีนแทรกทะลุระหว่างเยื่อหุ้มเซลล์น่าจะมีผลเกี่ยวข้องกับการเกิดช่องทาง (Channels) ที่ทำให้สารพวกที่ละลายในน้ำ เช่น ไอออน สามารถผ่านเข้าหรือออกระหว่างภายในและภายนอกเซลล์ บริเวณโครงสร้างของไกลโคโปรตีน (Gycoproteins) และไกลโคลิปิด (Glycolipid) ซึ่งมีส่วนยื่นออกมาจากผิวด้านนอกของ เยื่อหุ้มเซลล์ มักมีส่วนประกอบหลักของตัวรับ (Receptor) ที่มีบทบาทสำคัญในเรื่องของการจดจำ (Recognition) และการยึดติด (Adhesion) ของเซลล์ ดังภาพที่ 2.8



ภาพที่ 2.8 ชนิดของโปรตีนที่เป็นองค์ประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา, 2553 : 30)



ภาพที่ 2.9 โครงสร้างของเยื่อหุ้มเซลล์
ที่มา: (Cambell, N.A., 1977 : 145)

หน้าที่ของเยื่อหุ้มเซลล์

1. ทำหน้าที่เป็นเยื่อเลือกผ่าน (Selective permeable membrane) เพื่อควบคุมการผ่านเข้าออกของสารต่าง ๆ ที่ผิวเซลล์

2. ทำหน้าที่เกี่ยวกับการยอมให้สารบางชนิดผ่านเข้าออกได้และยังทำให้มีการเหนี่ยวนำไฟฟ้า (Conductivity) เกิดขึ้นที่ผิวของเซลล์ประสาท มีผลทำให้เกิดความต่างศักย์ (Action potential)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ที่ผิวของเซลล์นั้น หน้าที่นี้ยังรวมไปถึงการแลกเปลี่ยนก๊าซระหว่าง CO_2 และ O_2 ตลอดจนสารอาหารที่อยู่ในเลือดและเซลล์ ซึ่งมีการขนส่งโมเลกุลเหล่านี้ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์

3. ผิวของเยื่อหุ้มเซลล์มีบริเวณที่มีคุณสมบัติทำให้เกิดการจดจำ (Specific recognition) ซึ่งเป็นสารพวกโปรตีนตัวรับ (Protein receptors) ที่ฝังตัวในบริเวณผิวด้านนอก เพื่อรับการกระตุ้นจากภายนอกซึ่งเป็นสารเคมีหรือฮอร์โมนต่าง ๆ นอกจากนี้ที่บางแห่งมีโมเลกุลของแอนติเจน ฝังตัวอยู่และทำหน้าที่เกี่ยวกับการจำกันได้ระหว่างเซลล์ (Recognition)

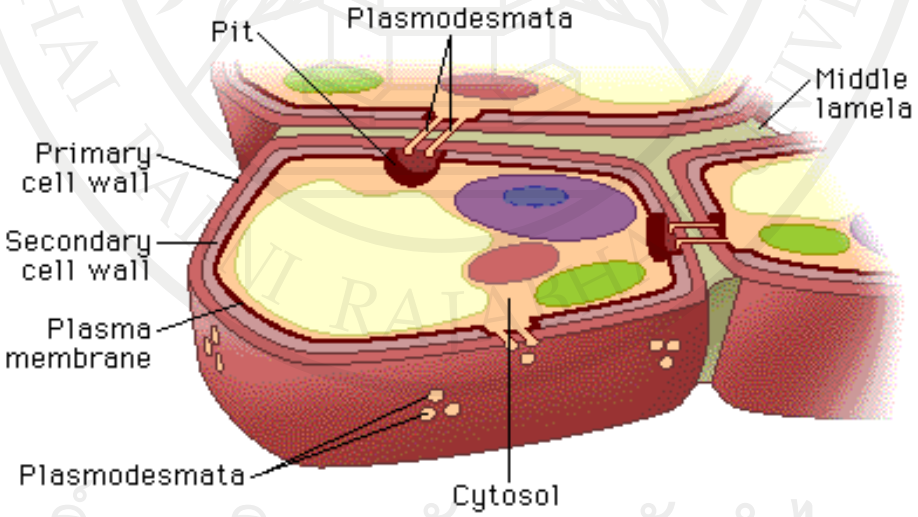
4. ผิวเซลล์เป็นแหล่งที่มีการฝังตัวของเอนไซม์ชนิดต่าง ๆ หรือโปรตีนบางชนิด ซึ่งทำหน้าที่เกี่ยวกับการปั๊มของเอนไซม์ที่ควบคุมระดับของไอออนต่าง ๆ ได้แก่ K^+, Na^+, Ca^+ ที่อยู่ภายในและภายนอกเซลล์

5. เยื่อหุ้มเซลล์มีการเปลี่ยนแปลงไปทำหน้าที่อื่นๆ เช่น เกิดการเปลี่ยนแปลงไปเป็นเยื่อหุ้มเส้นขนชนิดซีเลีย แฟลกเจลลา และดัดแปลงยื่นยาวเพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวของเซลล์ เช่น สเตอริโอซิเลีย (Stereocilia) และไมโครวิลไล (Microvilli)

6. ช่วยสังเคราะห์สารบางอย่างได้ เช่น เยื่อหุ้มเซลล์ของแบคทีเรียบางชนิดสังเคราะห์กรดนิวคลีอิกได้

ผนังเซลล์

เป็นผนังที่หุ้มอยู่ภายนอกเยื่อหุ้มเซลล์อีกชั้นหนึ่ง พบเฉพาะในเซลล์พืช แบคทีเรีย เห็ดรา และสาหร่าย จึงทำให้เซลล์ของพืชแตกต่างจากเซลล์ของสัตว์อย่างชัดเจน คุณสมบัติของผนังเซลล์ได้แก่ พบในพืช เห็ด รา สาหร่าย เป็นสิ่งไม่มีชีวิต ส่วนใหญ่เป็นเซลลูโลส ซึ่งเป็นคาร์โบไฮเดรตพวกพอลิแซคคาไรด์ (Polysaccharide) สร้างจากโปรโตพลาสซึม เกิดจากข้างในออกไปสู่ข้างนอก ส่วนที่อ่อนจะอยู่ข้างใน องค์ประกอบของผนังเซลล์ ได้แก่ โปรตีนกลุ่มเพกติน (Pectin), ลิกนิน (Lignin), เฮมิเซลลูโลส (Hemicelluloses), ซูเบอริน (Suberin), ไคติน (Chitin) และคิวติน (Cutin)



ภาพที่ 2.10 องค์ประกอบของผนังเซลล์
ที่มา: (Cambell, N.A., 1977 : 135)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ออร์แกเนลล์ชนิดต่าง ๆ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ ออร์แกเนลล์ที่มีเยื่อหุ้ม และออร์แกเนลล์ที่ไม่มีเยื่อหุ้ม

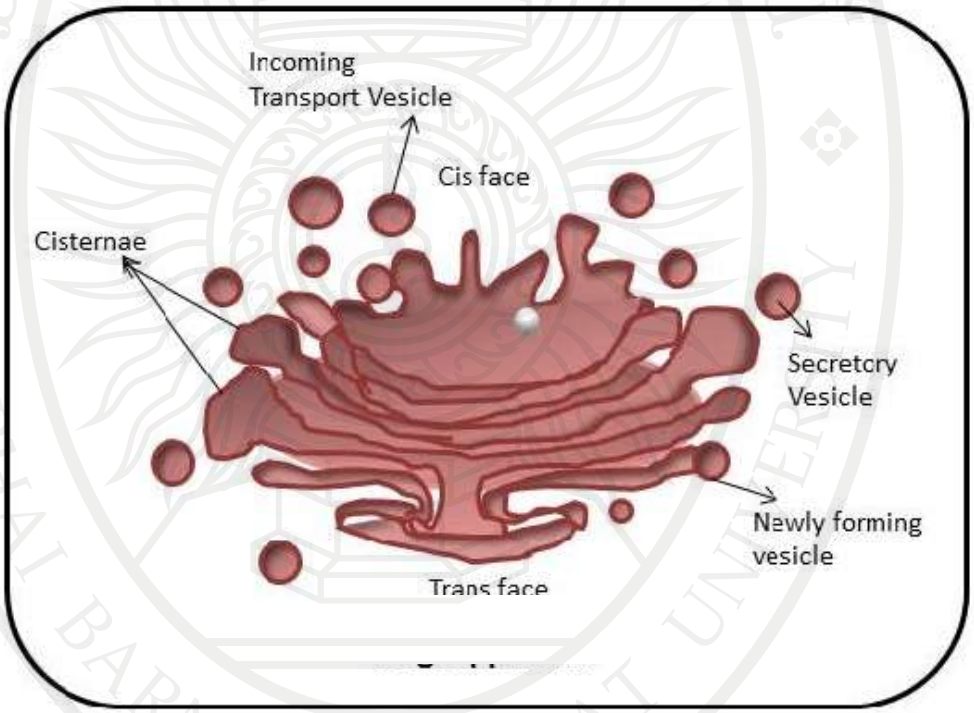
ออร์แกเนลล์ที่มีเยื่อหุ้ม

กอลจิคอมเพลกซ์

มีลักษณะเป็นถุงแบน ๆ เรียกว่า ซิสเทอนา (Cisterna) ซ้อนเรียงกันหลายชั้น ประมาณ 5-10 ชั้น ตรงปลายของถุงมักโป่งพองออก มีผนัง 2 ชั้น เหมือนเยื่อหุ้มเซลล์และเยื่อหุ้มนิวเคลียส มีโครงสร้างคล้ายร่างแหเอนโดพลาสซึมชนิดเรียบ ภายในถุงมีของเหลวบรรจุอยู่ กอลจิคอมเพลกซ์มีโครงสร้างที่แตกต่างกัน 2 ด้าน (Face)

1. Cis or Forming face เป็นด้านของถุงที่นูน (Convex) ซึ่งมีการเรียงตัวโดยหันหน้านูนเข้าหานิวเคลียส บนด้านนี้มีพวก transfer vesicles กระจายอยู่

2. Trans or maturing face เป็นด้านของถุงแบนที่เว้าเข้า (Concave) ซึ่งหันหน้าเว้านี้ออกไปทางเยื่อหุ้มเซลล์ ที่บริเวณด้านนี้มักพบพวก secretory vesicle กระจายอยู่



ภาพที่ 2.11 แสดงโครงสร้างของกอลจิคอมเพล็กซ์
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา, 2553 : 33)

หน้าที่ของกอลจิคอมเพลกซ์

1. สร้างสารประกอบไขมันและคาร์โบไฮเดรต เพื่อไปรวมตัวกับสารที่เป็นโปรตีน ซึ่งถูกสร้างมาจาก RER ให้ได้เป็นพวกสารประกอบไกลโคลิปิดและไกลโคโปรตีน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

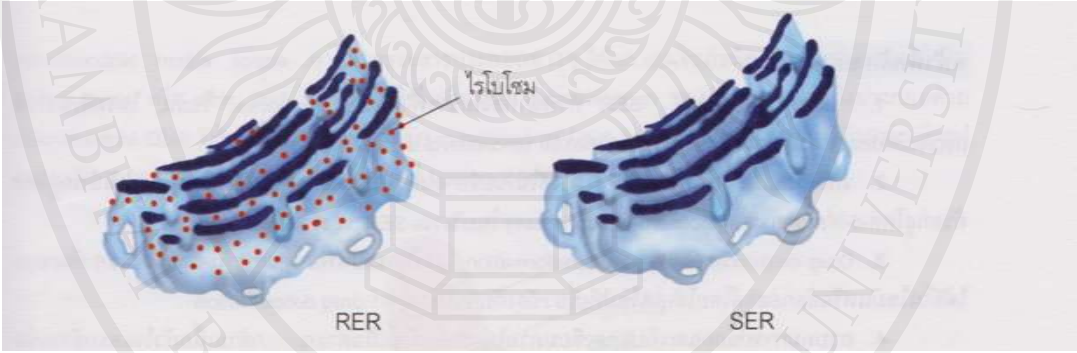
2. เป็นแหล่งรวบรวม (Package) และทำให้สารเข้มข้น (Condense) และกระจายสารที่เซลล์สร้างออกไปในรูปของแกรนูล (Secretory granules) เพื่อส่งออกนอกเซลล์ด้วยวิธีการเอกโซไซโทซิส (Exocytosis) ที่บริเวณเยื่อหุ้มเซลล์

3. ทำหน้าที่เกี่ยวกับการสร้างเมือกในพืช และในสัตว์ พืช สร้างเมือกบริเวณหมวกราก เพื่อให้รากชอนไชไปในดินได้สะดวกมากขึ้น สัตว์ เยื่อบุผนังลำไส้สร้างเมือก เพื่อป้องกันการย่อยของเอนไซม์

4. เป็นแหล่งสร้างไลโซโซมชนิดปฐมภูมิ (Primary lysosome) ที่ภายในถุงมีเอนไซม์ไฮโดรไลติก (Hydrolytic enzymes) ซึ่งมีองค์ประกอบเป็นสารพวกไกลโคโปรตีน เพราะกอลจิคอมเพล็กซ์ (Golgi complex) เป็นแหล่งที่มีการเติม สารประกอบพวกแป้งให้กับโปรตีนได้เป็นไกลโคโปรตีน นอกจากนี้ยังเป็นแหล่งของการเติมซัลเฟอร์ (Sulfation) และฟอสฟอรัส (Phosphorylation) และทำหน้าที่ตัดแยกส่วนที่ไม่จำเป็นของโมเลกุลโปรตีนออกไป

เอนโดพลาสมิก เรติคูลัม

เป็นออร์แกเนลล์ที่มีผนังบาง 2 ชั้นเหมือนกับเยื่อหุ้มเซลล์ แต่หนาน้อยกว่า มีลักษณะเป็นท่อขดพับไปมา ภายในมีของเหลวเรียกว่า ไฮยาโลพลาสซึม (Hyaloplasm) มีทางติดต่อกับเยื่อหุ้มนิวเคลียส พบมากในเซลล์ที่มีการสังเคราะห์โปรตีน และพบเฉพาะในพวกยูคารีโอตเท่านั้น ร่างแหเอนโดพลาสมิกมี 2 ชนิดด้วยกัน คือ ร่างแหเอนโดพลาสมิกชนิดหยาบ rough endoplasmic reticulum (RER) และ ร่างแหเอนโดพลาสมิกชนิดเรียบ smooth endoplasmic reticulum (SER)



ภาพที่ 2.12 แสดงลักษณะโครงสร้างของร่างแหเอนโดรพลาสมิก 2 ชนิด
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา, 2553 : 35)

ร่างแหเอนโดพลาสพิกแบบหยาบ

พบออร์แกเนลล์ชนิดนี้เป็นจำนวนค่อนข้างมากในเซลล์ที่สร้างโปรตีน เพื่อนำส่งออกไปใช้นอกเซลล์ ได้แก่ เซลล์สร้างเส้นใย (Fibroblasts) ซึ่งประกอบด้วยเส้นใยสารคอลลาเจน (Collagen) เซลล์ตับอ่อนที่สร้างน้ำย่อย (Pancreatic acina cells) ได้แก่ ทริปซิน (Trypsin) ไคโมทริปซิน (Chymotrypsin) ดีเอนเอส (DNase) อาร์เอนเอส (RNase) ไลเปส (Lipase) นอกจากนี้ RER ยังพบมากในเซลล์พลาสมา ซึ่งทำหน้าที่สร้างอิมโมโนกลอบบูลิน (Immunoglobulins) เซลล์ตับที่สร้างสารซีรัม อัลบูมิน (Serum albumins) เมื่อศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน RER มีลักษณะ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

เป็นท่อแบน ๆ ขนาดใหญ่ เรียงตัวซ้อนกันเป็นชั้น ๆ ระหว่างท่อแบน ๆ หรือถุงแบน ๆ มีท่อเชื่อมต่อกันตลอด บางส่วนของท่อ RER เชื่อมต่อกับบริเวณเยื่อหุ้มนิวเคลียสชั้นนอก บริเวณผิวด้านนอกของ ER มีไรโบโซมเกาะติดอยู่ ทำให้ผิวนอกมีลักษณะขรุขระ จึงเรียกว่า Rough ER

หน้าที่ของ RER ที่สำคัญได้แก่

1. สร้างโปรตีนที่ส่งออกไปยังภายนอกเซลล์
2. ทำหน้าที่เชื่อมโยงโมเลกุลของโปรตีนให้เป็นมัลติเชนโปรตีน (multichain-protein)
3. ทำหน้าที่เติมน้ำตาลแมนโนส (manose) ให้โปรตีนก่อนจะส่งออกไปภายนอกเซลล์

ร่างแหเอนโดพลาสมิกแบบเรียบ

มีลักษณะเป็นท่อร่างแห (Tubular membranous network) อยู่ภายในเซลล์เช่นเดียวกับ RER แต่แตกต่างไปจาก RER ตรงที่ผิวภายนอกของ SER ไม่มีไรโบโซมมาเกาะ พบมากในเซลล์ที่มีหน้าที่กำจัดสารพิษ และสร้างสารสเตียรอยด์ พบที่เซลล์ต่อมหมวกไต เซลล์รังไข่ และในเซลล์ตับ ซึ่งทำหน้าที่สลายไกลโคเจน

หน้าที่หลักของร่างแหเอนโดพลาสมิกแบบเรียบ

1. สังเคราะห์ไขมัน (Lipid synthesis) SER ทำหน้าที่สังเคราะห์สเตียรอยด์ฮอร์โมน (Steroid hormones) ไขมันไตรกลีเซอไรด์ (Triglycerides) และสารอนุพันธ์ของโคเลสเตอรอล (Cholesterol derivatives)
2. เปลี่ยนแปลงไกลโคเจนเพื่อนำมาใช้ในเซลล์บางชนิด เช่น มีการสลายไกลโคเจน ให้เป็นกลูโคสด้วยกลูโคส-6-ฟอสฟาเทส (Glucose-6-phosphatase) ในบริเวณ SER ของเซลล์ตับ
3. ลดความเป็นพิษของสารพิษและยาต่าง ๆ (Drug detoxification หรือ Biotransformation) ที่ละลายได้ดีในไขมันหรือแอลกอฮอล์
4. ควบคุมการปล่อยและเก็บแคลเซียมภายในเซลล์กล้ามเนื้อต่างๆ กล้ามเนื้อหัวใจและกล้ามเนื้อลายขณะที่มีการหดตัวทำงานต้องการแคลเซียมที่เคลื่อนที่กระจายออกมาจาก SER และเมื่อหยุดทำงาน Ca^{2+} เคลื่อนกลับเข้าสู่ SER ซึ่งเป็นการเคลื่อนย้ายในแบบการแพร่กระจายภายในเซลล์ (Intracellular distribution)

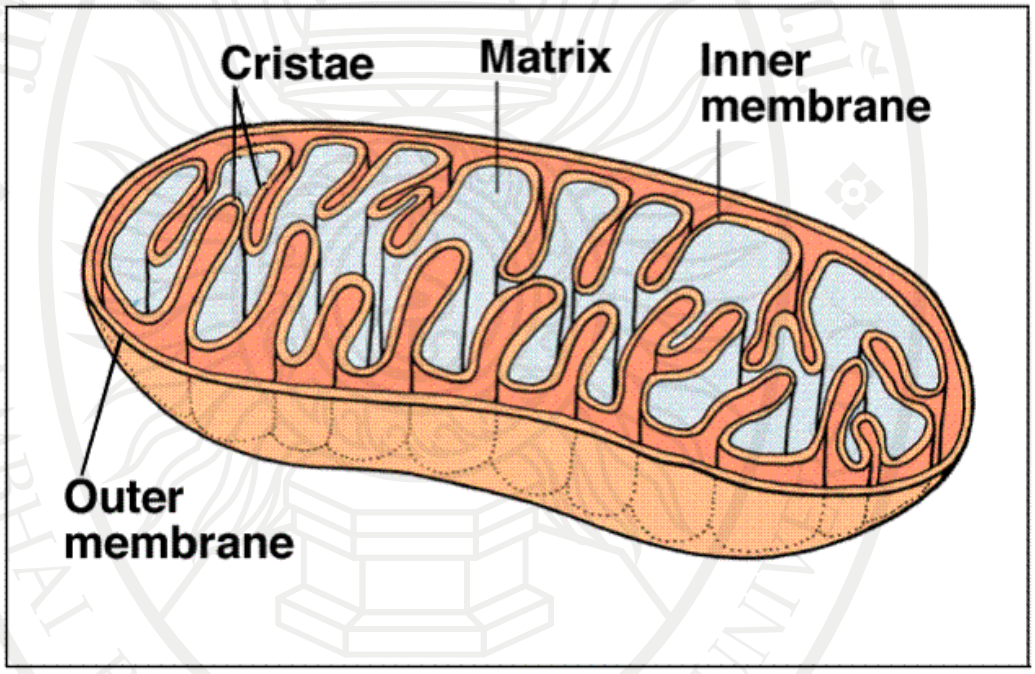
ไมโทคอนเดรีย

เป็นออร์แกเนลล์ที่มีจำนวนมากในเซลล์ที่ต้องการใช้พลังงาน พบในเซลล์ทุกชนิดทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานที่แฝงในรูปของสารอินทรีย์ให้เป็นสารประกอบที่มีพันธะพลังงานสูงในรูปของสารประกอบ ATP ไมโทคอนเดรียมีลักษณะรูปร่างและโครงสร้างขึ้นอยู่กับชนิดและลักษณะของเซลล์ต่าง ๆ ในเซลล์แต่ละประเภท ในพวกเซลล์ไขมันชนิดสีน้ำตาล (Brown fat) มีไมโทคอนเดรียจำนวนมาก ในเซลล์ที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งลำเลียงไอออนเข้าสู่เซลล์ มีไมโทคอนเดรียมากบริเวณด้านล่าง (Basal folding) ของเซลล์ท่อหน่วยไตชนิดต่าง ๆ การที่ไมโทคอนเดรียมีรูปร่างแตกต่างกันขึ้นอยู่กับว่าเป็นเซลล์ของเนื้อเยื่อหรืออวัยวะใด และยังขึ้นกับสปีชีส์ของสิ่งมีชีวิตที่นำมาศึกษา เช่น มีรูปกลม รี ยาว แท่งสั้นหรือยาว มีขนาดต่าง ๆ กัน กว้างประมาณ 0.5 ไมครอนและยาวมากได้ถึง 10 ไมครอน และกระจายอยู่ในบริเวณต่าง ๆ ในไซโตพลาสซึม ซึ่งมักพบอยู่ในบริเวณที่มีเมตาบอลิซึมสูงในเซลล์ เช่นที่ด้านบนของเซลล์ชนิดที่มีขน (Cilia) หรืออยู่บริเวณชิ้นส่วนตรงกลางของสเปิร์ม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โครงสร้างของไมโทคอนเดรีย

ไมโทคอนเดรีย ประกอบด้วยเยื่อหุ้ม ซ้อนกันเป็นวง 2 ชั้น เยื่อหุ้มชั้นนอกผิวเรียบมีความหนาประมาณ 50-70 อังสตรอม เรียกชื่อว่า เยื่อหุ้มไมโทคอนเดรียชั้นนอก (Outer mitochondria membrane) ส่วนเยื่อหุ้มชั้นใน (Inner mitochondria membrane) มีลักษณะพับหยักเป็นลอนยาวเข้าด้านใน เรียกว่า คริสตี้ (Cristae) เพื่อช่วยในการเพิ่มพื้นที่ผิวด้านในและเป็นแหล่งที่มีเอนไซม์ที่ทำหน้าที่ในกระบวนการหายใจระดับเซลล์ (Respiratory chain enzymes) และการสร้างพลังงาน (ATP synthetase) จำนวนของคริสตี้ (Cristae) เกี่ยวข้องกับอัตราเมตาบอลิซึม ซึ่งเกี่ยวข้องกับกระบวนการออกซิเดทีฟ ฟอสฟอริเลชัน (Oxidative phosphorylation) ในเซลล์ที่มีเมตาบอลิซึมสูง เช่น เซลล์ของท่อหน่วยไต เซลล์กล้ามเนื้อหัวใจ ภายในเมตริกซ์ (Matrix) มีโครงสร้างที่เป็นรูปกลมขนาดเล็กที่มีประจุบวกมาก เรียกว่า แคทไอออน แกรนูล (Cation granules) ซึ่งมีพวกแคลเซียมและแมกนีเซียม เชื่อกันว่าแกรนูลนี้เกี่ยวข้องกับความสามารถในการรวบรวมประจุของไมโทคอนเดรีย



ภาพที่ 2.13 โครงสร้างของไมโทคอนเดรีย
ที่มา: (ปรีชา สุวรรณพินิจ และนงลักษณ์ สุวรรณพินิจ, 2553 : 37)

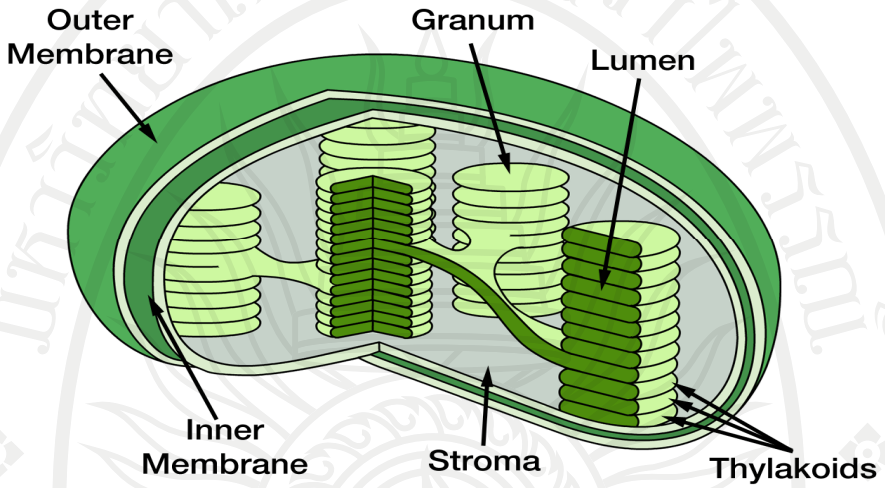
หน้าที่ของไมโทคอนเดรีย

ทำหน้าที่เกี่ยวกับกระบวนการออกซิเดทีฟ ฟอสฟอริเลชัน (Oxidative phosphorylation) ที่บริเวณเยื่อหุ้มชั้นใน และคริสตี้ นอกจากนี้ยังมีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการสลายไขมัน โปรตีน คาร์โบไฮเดรตออกมาให้ได้เป็นพลังงานในรูปของ ATP โดยใช้เอนไซม์ในเมตริกซ์ที่เกี่ยวกับกระบวนการเครบส์ (Kreb's cycle) และการสลายกรดไขมัน (Beta-oxidation)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏราไพพรรณี

พลาสติด

ไม่มีในเซลล์สัตว์ เห็ดรา แบคทีเรีย และสาหร่ายสีเขียวน้ำเงิน จึงพบเฉพาะในเซลล์พืชและสาหร่าย ในพืชและสาหร่ายต่างชนิดจะมีพลาสติดและรูปร่างแตกต่างกันออกไป มีเยื่อหุ้ม 2 ชั้น มี DNA อยู่ภายใน แบ่งเป็น 2 พวกใหญ่ คือ โครโมพลาสต์ (Chromoplast) ได้แก่ พลาสติดมีสีเหลือง แดงส้ม เพราะมีสารพวกแคโรทีนอยด์ ส่วนพลาสติดที่มีคลอโรฟิลล์ (Chlorophyll) อยู่เรียกว่า คลอโรพลาสต์ (Chloroplast) ส่วนพลาสติดที่ปราศจากสี เรียกว่า ลิวโคพลาสต์ (Leucoplast)



ภาพที่ 2.14 โครงสร้างของคลอโรพลาสต์
ที่มา: (Cambell, N.A., 1977: 184)

ไลโซโซม

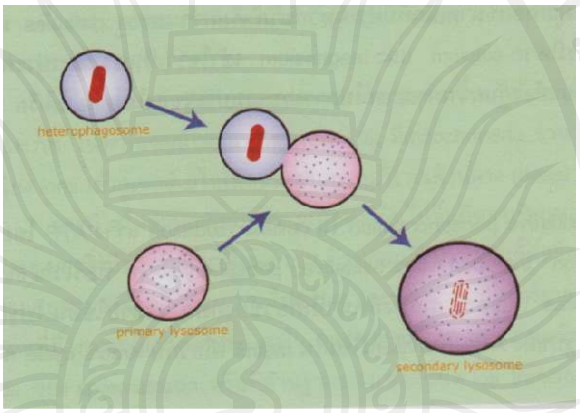
ไลโซโซม มีลักษณะเป็นรูปทรงกลมเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.25 – 0.5 ไมครอน มีเยื่อหุ้มหนึ่งชั้น (Single unit membrane) หนาประมาณ 6-7 nm ภายในมีเอนไซม์ชนิดไฮโดรไลติกที่เป็นพวกกลุ่มเอซิดไฮโดรเลส (Acid hydrolase) เช่น เอซิด ฟอสฟาเตส (Acid phosphatase), ไลเปส (Lipase), ซัลฟาเตส (Sulfatase), ฟอสโฟไลเปส (Phospholipase), กลูโคสิเดส (Glucosidase), นิวคลีเอส (Nuclease), โปรตีเอส (Protease) ฯลฯ เอนไซม์เหล่านี้ถูกสร้างอยู่ใน RER แล้วถูกลำเลียงไปที่กอลจิคอมเพล็กซ์ (Golgi complex) เพื่อปรับเปลี่ยนและบรรจุสาร จนกระทั่งกลายเป็นไลโซโซม ที่บริเวณใกล้กอลจิคอมเพล็กซ์ การทำงานของเอนไซม์ไฮโดรไลติกเกี่ยวข้องกับ การกินในไซโทพลาสซึม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเซลล์ที่มีกิจกรรมการกิน (Phagocytic activity) เช่น พวกแมคโครฟาจ (Macrophages), เม็ดเลือดขาว (Leukocytes) ชนิดนิวโทรฟิล (Neutrophil) เอนไซม์ที่พบมากในไลโซโซม ได้แก่ เอซิด ฟอสฟาเทส (Acid phosohatase), ดีออกซีไรโบนิวคลีเอส (Deoxy-ribonuclease) คาเทปซิน (Cathepsins) ดีออกซีไรโบนิวคลีเอส (Deoxyribonuclease) ซัลฟาเทส (Sulfatase) เบตา กลูโคนิเดส (Beta-glucuronidase) และไลเปส (Lipase) ซึ่งสามารถย่อยแมคโครโมเลกุลได้ทุกชนิดและทำงานได้ดีในสภาวะที่เป็นกรด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

ไลโซโซมแบ่งออกเป็น 2 ชนิด

1. ไลโซโมปฐมภูมิ (Primary lysosomes) คือ ไลโซโซมที่ถูกสร้างขึ้นมาใหม่ ๆ จากกอลจิคอมเพล็กซ์และยังไม่ได้ทำการย่อยสาร ขนาดเล็กเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.05 ไมครอน ภายในบรรจุเอนไซม์ไฮโดรไลติกพวกเอซิด ไฮโดรเลส (Acid hydrolases)

2. ไลโซโซมทุติยภูมิ (Secondary lysosomes) คือ ไลโซโซมที่เริ่มมีการย่อยเกิดขึ้นภายในแล้ว ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.2-2 ไมครอน มีรูปร่างหลาย ๆ แบบเนื่องจากมีสารหลายอย่างที่ถูกย่อยอยู่ภายใน ไลโซโซมทุติยภูมิ เกิดจากการรวมตัวของออโตฟาโกโซม (Autophagosomes) เมื่อมีการรวมกันได้เป็นฟาโกไลโซโซม (Phagolysosomes) แล้วเกิดการย่อยภายในเซลล์ (Intracellular digestion) และยังคงมีเอนไซม์ไฮโดรไลติกเหลืออยู่ ซึ่งเรียกออร์แกเนลล์นี้ว่า ไลโซโซมทุติยภูมิ



ภาพที่ 2.15 แสดงโครงสร้าง และการเกิดของไลโซโซม 2 ชนิด
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา, 2553 : 38)

หน้าที่ของไลโซโซม

1. เป็นแหล่งย่อยอาหารภายในเซลล์ ทำการย่อยพวกเฮทเทอโรฟาโกโซม (Heterophagosomes) ซึ่งมีความสำคัญเกี่ยวกับกลไกการป้องกันตัวเองของเซลล์ (Cellular defence mechanism) มีเอนไซม์ย่อยสารตั้งต้นต่าง ๆ ได้แก่ สารพวกแป้ง โปรตีน ไขมันและกรดนิวคลีอิก

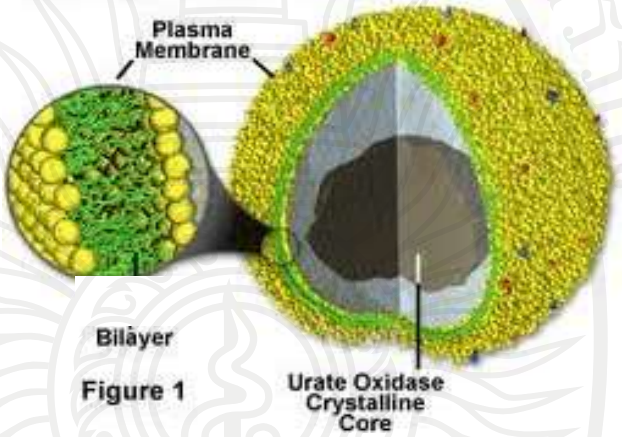
2. มีหน้าที่เกี่ยวกับการสร้างกลับคืน (Turn over) ของออร์แกเนลล์ภายในไซทพลาสซึม โดยกำจัดพวกออโตฟาจิก แวคคิวโอล (Autophagic vacuoles) ในรูปของออโตฟาโกโซม (Autophagosomes) เพื่อย่อยและนำเอาสารกลับไปใช้ใหม่ภายในเซลล์ ทำให้เกิดการสร้างใหม่ (Renew) ตลอดจนการเกิดการเรียงตัว (Rearrangement) และการสร้างใหม่ของออร์แกเนลล์ต่าง ๆ ได้ (Reconstruction organelles) พบมากในเซลล์ที่เกิดอะโทรฟี (Atrophy) และเซลล์หลั่งสารที่ต่อมน้ำนม

3. มีบทบาทสำคัญเกี่ยวข้องกับเมตาบอลิซึมของสารต่าง ๆ ถ้าหากมีความผิดปกติกับเอนไซม์ไลโซโซมอล (Lysosomal enzymes) ทำให้เกิดความผิดปกติหรือโรคต่าง ๆ ได้ เช่น มีการสะสมมากผิดปกติของสารพวกไกลโคเจน (Glycogens), สฟิงโกไมอีลิน (Sphingomyelins), ซีรีโบรไซด์ (Cerebrosides) ซึ่งมีผลไปรบกวนหน้าที่การทำงานของเซลล์ให้ผิดปกติไปจากเดิม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง

เพอร์ออกซิโซม

เพอร์ออกซิโซม มีรูปร่างทรงกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5-1.2 ไมครอน ล้อมรอบด้วยเยื่อหุ้ม ภายในบรรจุด้วยเมตริกซ์ที่ประกอบด้วยเอนไซม์อะมิโนเอซิด ออกซีเดส (Amino acid oxidases), คะตะเลส (Catalase), ไฮดรอกซี เอซิด ออกซิเดส (Hydroxy acid oxidase) และ ยูเรท ออกซเดส (Urate oxidase) :ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ช่วยในการสร้างและสลายสารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ในเซลล์ของสัตว์บางชนิดพบเมตริกซ์ที่เป็นผลึกเรียกว่า นิวคลีออยด์ คริสตัล (Nucleoid crystal of urate oxidase) เพอร์ออกซิโซม มักพบอยู่ใกล้กับ SER จึงสันนิษฐานว่าสร้างมาจาก SER หน้าที่ของเพอร์ออกซิโซม เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาออกซิเดชัน ในการทำลายหรือสร้าง H_2O_2 เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดอันตรายต่อเซลล์ เช่นเปลี่ยนแอลกอฮอล์ในเซลล์ตับไปเป็นอะซีตัลดีไฮด์ (Acetaldehyde)



ภาพที่ 2.16 โครงสร้างของเพอร์ออกซิโซม
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา, 2553 : 125)

นิวเคลียส

นิวเคลียสของเซลล์ทั่ว ๆ ไปมีรูปร่างกลม รีไข่ หรือยาว พบอยู่กลางเซลล์หรือค่อนไปทางด้านใดด้านหนึ่ง มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 5-10 ไมครอน ขนาดและรูปร่างค่อนข้างสม่ำเสมอคงที่ในเซลล์ของเนื้อเยื่อแต่ละชนิด พบในยูคารีโอต มีเยื่อหุ้ม 2 ชั้น หน้าที่ของนิวเคลียส มีบทบาทเกี่ยวกับการถ่ายทอดทางพันธุกรรม (Genetic) การแสดงออกของยีน (Gene expression) การแบ่งตัวของเซลล์ และการสืบพันธุ์ของเซลล์ การควบคุมเกี่ยวกับการสังเคราะห์โปรตีนและโพลีเปปไทด์ต่าง ๆ การเปลี่ยนแปลงไปทำหน้าที่เฉพาะอย่างของเซลล์ (Cell differentiation)

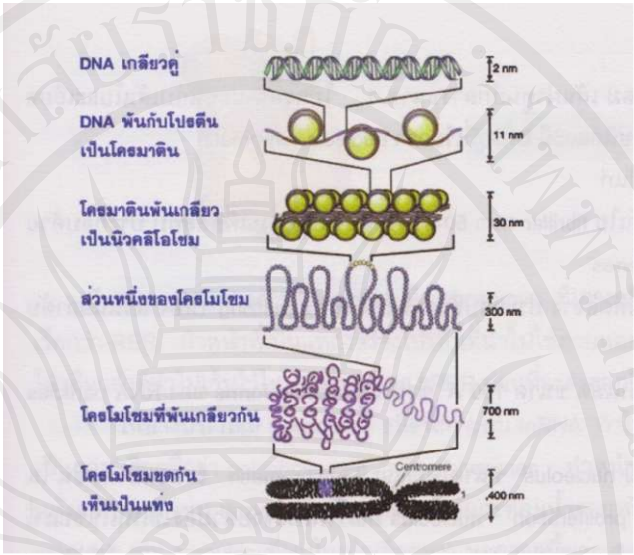
เยื่อหุ้มนิวเคลียส

มีเยื่อหุ้ม 2 ชั้น ชั้นนอกขรุขระเพราะมีไรโบโซมเกาะอยู่ มีทางติดต่อกับเอนโดพลาสมิกเรติคิวลัม กอลจิคอมเพล็กซ์ และไมโทคอนเดรีย เยื่อหุ้มนี้มีรูเล็ก ๆ เรียกว่า แอนนูลัส (Annulus) มีหน้าที่ควบคุมการแลกเปลี่ยนสารและเป็นทางผ่านของสารต่าง ๆ ระหว่างนิวเคลียสกับไซโตพลาสซึม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

โครมาติน

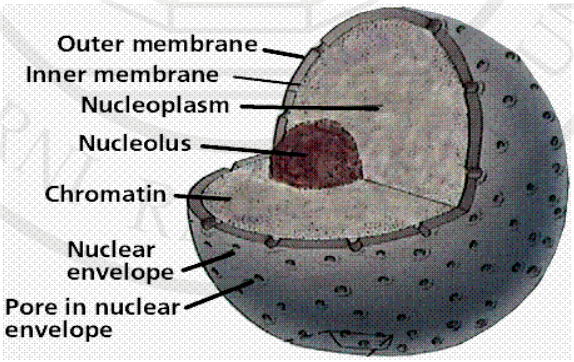
โครมาติน มีลักษณะเป็นเส้นใยเล็ก ๆ ขดกัน เห็นได้ชัดในขณะที่มีการแบ่งเซลล์ โดยโครมาตินจะขดกันหนาขึ้นเป็นเส้น หรือแถบที่เรียกว่า โครโมโซม องค์ประกอบของโครมาติน ประกอบด้วย ดีเอนเอ (DNA), อาร์เอนเอ (RNA) โปรตีนฮิสโตน (Histone) และที่ไม่ใช่โปรตีนฮิสโตน (Non-histone)



ภาพที่ 2.17 แสดงโครงสร้างของโครมาติน
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา, 2553 : 41)

นิวคลีโอลัส

มีลักษณะรูปร่างเป็นเม็ดเล็ก ๆ กลม เส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 1 ไมครอน ปะปนกับเส้นใยละเอียด ประกอบด้วย rRNA 5-10%, โปรตีนหลายชนิดและมี DNA ที่เรียกว่า นิวคลีโอลาโครมาติน (Nucleolar chromatin)



ภาพที่ 2.18 แสดงโครงสร้างของนิวคลีโอลัส
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา, 2553 : 119)

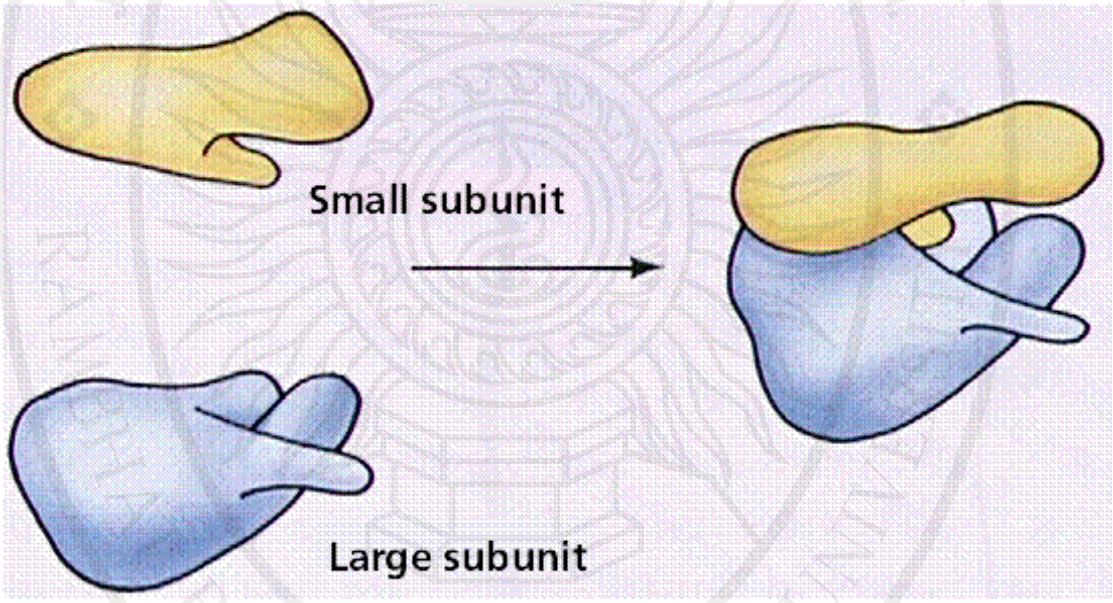
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ในเซลล์ที่ทำหน้าที่สร้างโปรตีน มีนิวคลีโอลัสขนาดใหญ่และมี ยูโครมาตินจำนวนมาก เช่น ในพวกเอมบริโอ ขณะที่อยู่ในภาวะที่มีเซลล์มีการเพิ่มจำนวน (Proliferation) นิวคลีโอลัสมีสภาพกระจายตัวมองไม่เห็นในขณะที่มีการแบ่งเซลล์ แต่กลับมาเห็นชัดเจนใหม่อีกในระยะเทโลเฟส (Telophase) ของการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส (Mitotic cell division) และเห็นได้ชัดเจนในเซลล์สร้างโปรตีน พลาสมาเซลล์ และรวมถึงเซลล์ของเนื้องอก หน้าที่ของนิวคลีโอลัสเป็นแหล่งสร้าง rRNA แล้วนำผ่านออกมาทางนิวเคลียร์พอร์ (Nuclear pores) เพื่อไปทำหน้าที่สังเคราะห์โปรตีนในไซโตพลาสซึม

ออร์แกเนลล์ที่ไม่มีเยื่อหุ้ม

ไรโบโซม

เป็นออร์แกเนลล์ที่สำคัญ พบทั้งในเซลล์โปรคาริโอต และยูคาริโอต ไรโบโซมของโปรคาริโอตจะมีขนาดเล็กกว่า นั่นคือ 70S ในขณะที่ยูคาริโอตจะมีขนาดใหญ่กว่า คือ 80S



ภาพที่ 2.19 ลักษณะของไรโบโซม ที่มีหน่วยเล็ก และหน่วยใหญ่
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา, 2553 : 43)

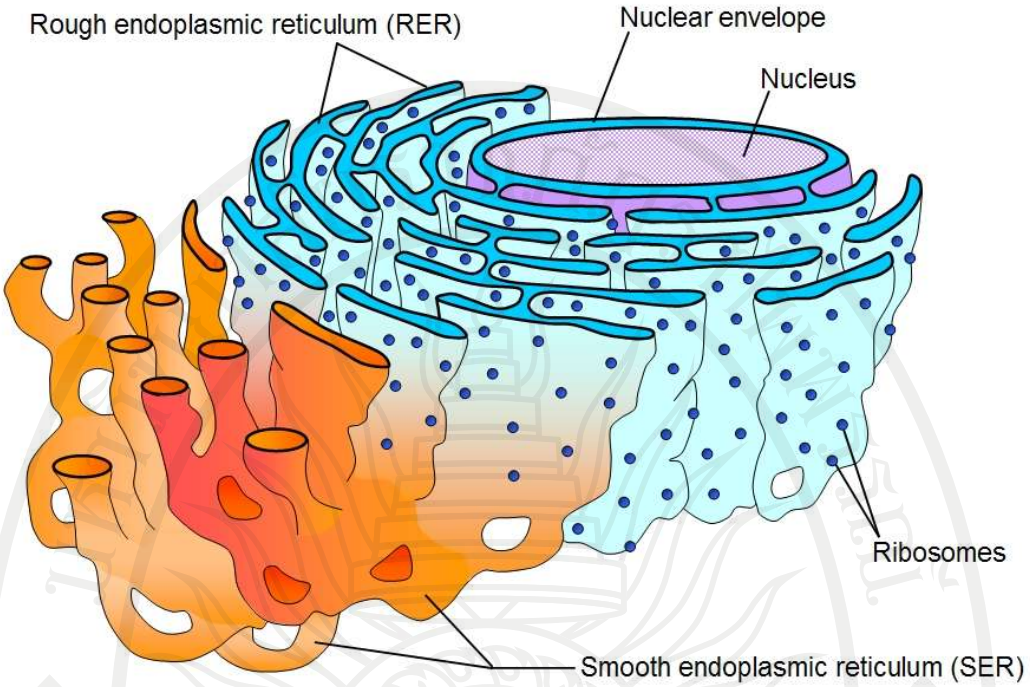
ไรโบโซมของพวกยูคาริโอต (Eukaryotic ribosomes) แบ่งได้เป็น 2 ประเภท

1. Attached ribosomes คือ ไรโบโซมที่เกาะบริเวณผิวด้านนอกของเยื่อหุ้มของ (ER membrane) ซึ่งรวมเรียกว่า RER ทำหน้าที่เป็นแหล่งสร้างโปรตีนที่นำไปใช้ภายนอกเซลล์ (Secretory proteins) ซึ่งเมื่อสร้างโปรตีนแล้วก็นำไปเก็บไว้ในซิสเทอนา (Cisterna) ของ RER ก่อนที่จะส่งออกไปภายนอกเซลล์

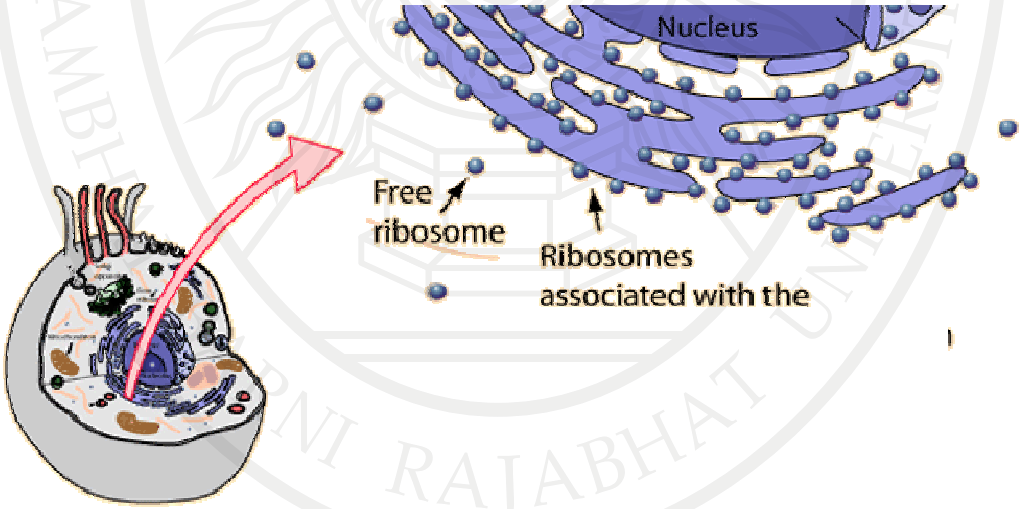
2. Free ribosomes เป็นไรโบโซมที่อยู่เดี่ยว ๆ กระจายอยู่ทั่วไปในไซโตพลาสซึมทำหน้าที่สร้างโปรตีน ซึ่งนำมาใช้ภายในเซลล์ เช่น ฮีโมโกลบิน (Hemoglobin) ของเม็ดเลือดแดงถูกสร้างใน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ระยะที่เม็ดเลือดแดงยังเจริญไม่เต็มที่แล้วสะสมเอาไว้ใช้ในระยะที่เม็ดเลือดแดงเจริญเต็มที่และออกสู่กระแสโลหิต



ภาพที่ 2.20 ไรโบโซมที่เกาะอยู่บนร่างแหเอนโดพลาสมิกแบบหยาบ (RER)
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา, 2553 : 35)



ภาพที่ 2.21 ไรโบโซมอิสระ
ที่มา: (Cambell, N.A., 1977: 83)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

โครงร่างภายในของเซลล์

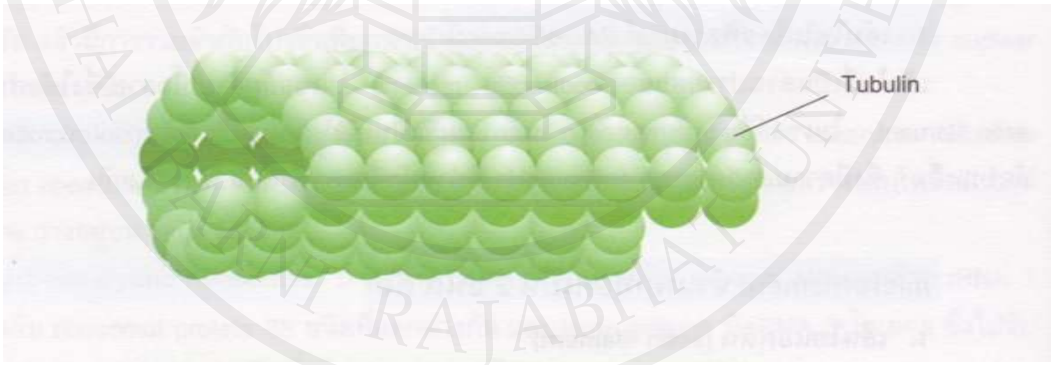
เป็นเส้นใยโปรตีนที่ประสานกันเป็นร่างแหแทรกตัวอยู่ภายใน ไซโตพลาสซึม เพื่อช่วยให้เซลล์มีการเคลื่อนไหวทั้งภายในไซโทพลาสซึม และมีการเคลื่อนที่ของเซลล์ ตลอดจนทำหน้าที่เป็นโครงสร้างภายในเพื่อช่วยรักษารูปทรงของเซลล์ โปรตีนที่เป็นโครงร่างของเซลล์ประกอบด้วย เส้นใยไมโครฟิลาเมนท์ (Microfilament) เส้นไมโครทูบูล (Microtubule) และเส้นใยขนาดกลาง (Intermediate filament) ซึ่งมีหน้าที่โดยรวม ดังนี้

หน้าที่ของโครงร่างภายในของเซลล์

1. ช่วยการเคลื่อนที่ (Cell motility) โดยเป็นส่วนประกอบของโครงสร้างซีเลีย (Cilia) และแฟลกเจลลา (Flagella)
2. ทำให้มีการเคลื่อนไหวที่ผิวของเซลล์ในบางบริเวณ
3. ทำให้เกิดการนำสารต่างๆ เข้าสู่เซลล์โดยวิธีเอนโดไซโทซิส (Endocytosis)
4. ช่วยรักษาสภาพของการยึดติดกันระหว่างเซลล์ (Cell attachments)
5. ช่วยให้มีการคงรูปของเซลล์

ไมโครทูบูล

เป็นไซโทสเกเลตันที่มีบทบาทในการเคลื่อนที่ของเซลล์บางชนิดและการเคลื่อนไหวของซีเลีย (Cilia) และแฟลกเจลลา (Flagella) ตลอดจนการเคลื่อนไหวของไซโทพลาสซึม (Cytoplasmic movement) ซึ่งทำให้มีการเคลื่อนที่ของแท่งโครมาทิด (Chromatid) การรวมกลุ่มและการกระจายของเม็ดสีเมลานิน (Melanin pigment) รวมทั้งการเกิดเอนโดไซโทซิส (Endocytosis) และเอกโซไซโทซิส (Exocytosis) บริเวณเยื่อหุ้มเซลล์ ไมโครทูบูลมีโครงสร้างเป็นท่อกลวงซึ่งมีเส้นผ่าศูนย์กลางซึ่งวัดจากภายนอก 24-25 nm และมีความหนาของผนังที่มีองค์ประกอบเป็นหน่วยของโปรตีน (Protein subunit) ที่หนาประมาณ 5 nm และช่องว่างตรงกลางท่อกว้างประมาณ 14 nm และความยาวของเส้นไมโครทูบูลแตกต่างกันไป

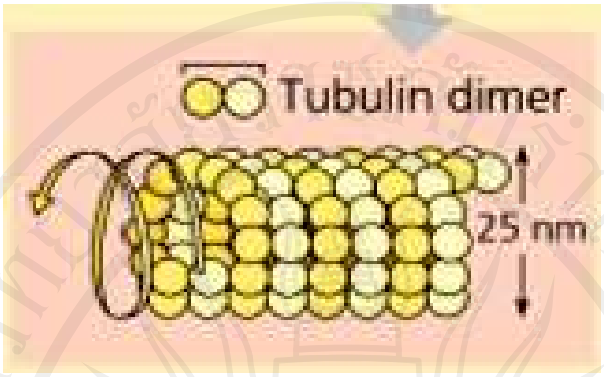


ภาพที่ 2.22 โครงสร้างของไมโครทูบูล
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา, 2553 : 44)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

โครงสร้างทางเคมีของไมโครทูบูล ประกอบด้วยหน่วยย่อย (Subunit) ได้แก่ แอลฟาทูบูลิน (α-tubulin) และเบต้าทูบูลิน (β-tubulin) การสร้างท่อไมโครทูบูลเกิดจากหน่วยย่อยของทูบูลิน (Tubulin subunits) เข้ามาจับตัวกัน (Polymerize) เรียงตัวเป็นเกลียววน (Spiral) ซึ่งการจัดตัว

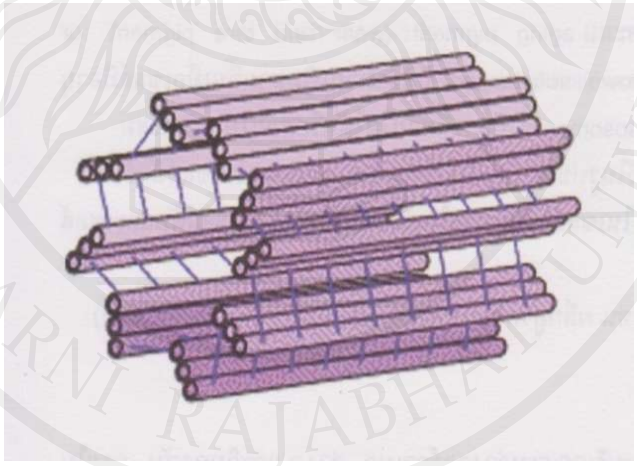
วนเวียนในแต่ละรอบจำนวน 13 หน่วยย่อยต่อ ๆ กันจนมีความยาวเป็นท่อของไมโครทูบูล โครงสร้างของไมโครทูบูล เป็นท่อตรงและกลวงประกอบด้วยทูบุลินขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 25 nm องค์ประกอบ คือ α-tubulin และ β-tubulin



ภาพที่ 2.23 โครงสร้างทางเคมีของไมโครทูบูล
ที่มา: (Cambell, N.A., 1977 : 129)

หน้าที่ของไมโครทูบูล

1. เกี่ยวข้องกับการแบ่งเซลล์ โดยในระยะแอนนาเฟส (Anaphase) จะเกิดเส้นใยสปินเดิลดึงโครโมโซมไปยังขั้วเซลล์ โดยเส้นใยสปินเดิลจะประกอบไปด้วยไมโครทูบูล
2. ควบคุมการเคลื่อนไหวของไซโตพลาสซึม (Cyclosis)
3. เป็นส่วนประกอบของเซนตริโอล (Centriole) ซีเลีย และแฟลกเจลลา



ภาพที่ 2.24 แสดงโครงสร้างของเซนทริโอล
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา, 2553 : 45)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

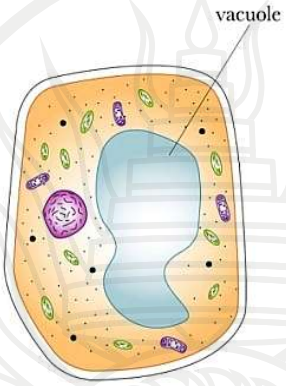
แวคิวโอล

พบในเซลล์พืช และพวกโพรติสท์ แบ่งเป็น 3 ชนิด ได้แก่

1. แซพแวคิวโอล (Sap vacuole) พบในเซลล์พืชที่มีอายุมาก ๆ จะเห็นแวคิวโอลมีขนาดเกือบเต็มเซลล์

2. คอนแทรคไทล์ แวคิวโอล (Contractile vacuole) พบในโปรโตซัวน้ำจืด ทำหน้าที่ขับถ่ายของเหลวที่เกินความต้องการ พร้อมกับขับของเสียออกจากเซลล์

3. ฟูด แวคิวโอล (Food vacuole) โปรโตซัวบางพวกที่กินสิ่งแปลกปลอม ทำหน้าที่ย่อยอาหารที่นำเข้าเซลล์



ภาพที่ 2.25 โครงสร้างของแวคิวโอล
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา, 2553 : 133)

อินคลูชัน

เป็นส่วนประกอบที่ไม่ถาวรของไซโตพลาสซึม ซึ่งพบชั่วคราวเป็นส่วนใหญ่ อินคลูชั่นประกอบด้วยสารเมตาบอไลท์ที่ถูกสะสมไว้ในไซโตพลาสซึม ในลักษณะต่าง ๆ หลายรูปแบบ ได้แก่

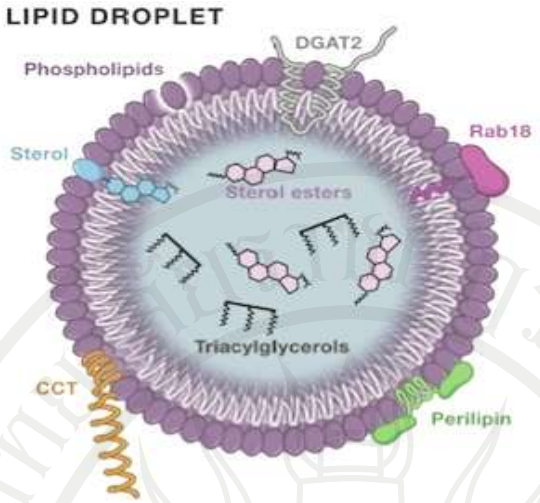
1. รงควัตถุหรือสี (Pigment) ซึ่งเกิดจากการสร้างขึ้นมาภายในเซลล์โดยตรง เช่น melanin pigment ใน melanocyes ที่บริเวณผิวหนังและที่เรตินา

2. คาร์โบไฮเดรต ถูกสะสมในเซลล์ของสัตว์ในรูปของเม็ดแป้ง (Glycogen granules) ในเซลล์สัตว์

3. หยดไขมัน (Lipid droplets) ที่ถูกสะสมในเซลล์ไขมันภายในเนื้อเยื่อไขมัน ในเซลล์ตับและเซลล์ของต่อมหมวกไตชั้นนอก

4. ผลึกตะกอนของสารประกอบบางอย่าง เช่น ผลึกยูริก (Uric acid), ผลึกออกซาลิก (Oxalic acid)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



ภาพที่ 2.26 หยดไขมันที่ถูกสะสมในเซลล์ไขมันภายในเนื้อเยื่อไขมัน
ที่มา: (Krahmer, J. et al., 2009 : 182)

สรุป

เซลล์เป็นหน่วยที่เล็กที่สุด ของการจัดระบบในร่างกายของสิ่งมีชีวิต ภายในเซลล์จะประกอบไปด้วยออร์แกเนลล์ชนิดต่าง ๆ ที่มีทั้งที่ไม่มีเยื่อหุ้ม และมีเยื่อหุ้ม รวมไปถึงบริเวณที่อยู่ของสารพันธุกรรม นั่นก็คือ นิวเคลียส โดยในสิ่งมีชีวิตชั้นต่ำ ได้แก่ สิ่งมีชีวิตที่มีเซลล์แบบโปรคาริโอต เช่น แบคทีเรีย และสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน จะไม่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส ดังนั้นสารพันธุกรรมก็จะมีการล่องลอยอยู่ภายในไซโทพลาสซึม ในขณะที่เซลล์แบบยูคาริโอต จะเยื่อหุ้มนิวเคลียส ได้แก่ เซลล์ของพวกโพรติสท์ สาหร่าย เห็ดรา พืช และสัตว์ ออร์แกเนลล์ต่าง ๆ ภายในเซลล์แบบโปรคาริโอต และยูคาริโอต จะมีความแตกต่างกัน เช่น ขนาดของไรโบโซมที่ทำหน้าที่สร้างโปรตีน ที่เซลล์แบบโปรคาริโอตจะมีขนาดเล็กกว่า คลอโรพลาสต์ซึ่งจะพบในเซลล์พืช และพวกสาหร่ายที่มีรงควัตถุเท่านั้น ในขณะที่เซลล์สัตว์จะไม่มีออร์แกเนลล์นี้ ตลอดจนผนังเซลล์ที่ให้ความแข็งแรง และปกป้องเซลล์ ก็ไม่พบในเซลล์สัตว์เช่นกัน การศึกษาเซลล์เป็นพื้นฐานที่สำคัญของการศึกษาพื้นฐานทางชีววิทยา เนื่องจากเซลล์เป็นหน่วยเบื้องต้นของสิ่งมีชีวิต เซลล์มีการทำงานและมีการตายของเซลล์อยู่ตลอดเวลา โดยในรายวิชาขั้นสูงนักศึกษาก็จะได้มีการเรียนในลำดับในต่อไป ไม่ว่าจะเป็นวิชาเซลล์วิทยา วิชาพันธุศาสตร์ รวมไปถึงวิชาอณูชีวโมเลกุล เป็นต้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

แบบฝึกหัดบทที่ 2

จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. มนุษย์รู้จักเซลล์ได้เพราะอะไร
2. โปรคาริโอต และยูคาริโอต แตกต่างกันอย่างไร
3. จงยกตัวอย่างเซลล์แบบโปรคาริโอตมา 2 ชนิด
4. จงยกตัวอย่างเซลล์แบบยูคาริโอตมา 3 ชนิด
5. หน้าที่ของเซลล์มีอะไรบ้าง บอกมา 3 ข้อ
6. จงอธิบายโครงสร้างของเยื่อหุ้มเซลล์มาโดยละเอียด
7. สารกลุ่มใดบ้างที่เป็นองค์ประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์
8. ไมโทคอนเดรียทำหน้าที่ใดภายในเซลล์
9. เซลล์พืชและเซลล์สัตว์มีความแตกต่างกันอย่างไร
10. จงอธิบายหน้าที่ของร่างแหเอนโพลาสซึมแบบหยาบ และแบบเรียบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

เอกสารอ้างอิง

คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (2550). **ชีววิทยา สัตววิทยา 1**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เชาวน์ ชิโนรักษ์ และพรรณี ชิโนรักษ์. (2552). **ชีววิทยา เล่ม 1.** กรุงเทพฯ : โสภณการพิมพ์.

Cambell, N.A. (1977). **Biology.** 4th ed. California : The Benjamin/Cummings Publishing Company, INC.

Clinical and transitional science institute. (2014). **CTSI seminar series: when erythrocyte biology and mechanics collide**. (Online). Available : http://urctsi.wordpress.com 2 July 2014.

Ehrlic, P. (2012). **History of Microbiology**. (Online). Available : https://historymicrobio.wordpress.com. 2 July 2014.

Kramer, J. Kielhofner, G., Lee, S. W., Ashpole, E., & Castle, L. (2009, January). Utility of the Model of Human Occupation Screening Tool for detecting client change. **Occupational Therapy in Mental Health**, 25, 181-191.

Vander A.J, Sherman, J.H. and Luciano, D.S. (1998). **Human Physiology**. New York : McGraw Hill Company.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

แผนการสอนประจำบทที่ 3

สารชีวโมเลกุล

เนื้อหาประจำบท

บทที่ 3 สารชีวโมเลกุล

1. ความหมายของสารชีวโมเลกุล
2. ชนิดของสารชีวโมเลกุล

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

เมื่อศึกษาบทที่ 3 แล้วนักศึกษาสามารถ

1. บอกความหมายของสารชีวโมเลกุล
2. ยกตัวอย่างสารชีวโมเลกุลได้
3. อธิบายชนิดและโครงสร้างของสารชีวโมเลกุลได้
4. อธิบายประโยชน์ของสารชีวโมเลกุลในแต่ละกลุ่ม

กิจกรรมการเรียนการสอนประจำบท

1. ผู้สอนอธิบายทฤษฎี และซักถาม พร้อมยกตัวอย่างประกอบการบรรยาย โดยใช้เครื่องฉายภาพ (Projector)
2. ให้ผู้เรียนทำแบบฝึกหัดบทที่ 3
3. ทดสอบย่อยหลังจบบทเรียน

สื่อการเรียนการสอน

1. เอกสารประกอบการสอนวิชาชีววิทยา 1
2. ไฟล์เอกสารประกอบการสอนวิชาชีววิทยา 1 (Power point)
3. หนังสืออ่านประกอบค้นคว้าเพิ่มเติม
4. แบบจำลองโครงสร้างของสารชีวโมเลกุล
4. แบบฝึกหัดบทที่ 3

การวัดผลและประเมินผล

1. สังเกตจากการซักถามผู้เรียน
2. สังเกตจากการร่วมกิจกรรม
3. สังเกตจากความสนใจ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

4. ประเมินจากการทำคำถามท้ายบท
5. ประเมินจากการสอบระหว่างภาคและปลายภาค

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

บทที่ 3

สารชีวโมเลกุล

จากเนื้อหาในบทที่ 2 จะเห็นว่าองค์ประกอบของโครงสร้างเซลล์ของสิ่งมีชีวิตไม่ว่าจะเป็นจุลินทรีย์ พืช สัตว์ ล้วนแต่มีองค์ประกอบจากสารชีวโมเลกุล 4 ชนิด ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน กรดไขมัน และกรดนิวคลีอิกทั้งสิ้น ไม่ว่าจะเป็นเยื่อหุ้มเซลล์ ผนังเซลล์ ไรโบโซม ไมโครทูบูล หรือหยดไขมัน โดยสารชีวโมเลกุลเหล่านี้ต่างมีลักษณะโครงสร้างที่จำเพาะ และทำหน้าที่ภายในเซลล์แตกต่างกัน โดยหากเกิดความผิดปกติ เช่น ลักษณะทางเคมี หรือการทำหน้าที่ผิดแปลกไปจะก่อให้เกิดโรคตามมา ดังนั้นจึงต้องมีการศึกษาลักษณะโครงสร้างและหน้าที่ที่ปกติของสารชีวโมเลกุลนั้น ๆ เสียก่อน นอกจากนี้ในชีวิตประจำวันของมนุษย์ ซึ่งเป็นกลุ่มของสิ่งมีชีวิตที่ไม่สามารถสร้างพลังงานเองได้นั้น จำเป็นที่จะต้องมีการกินอาหารเข้าไป ซึ่งอาหารเหล่านั้นล้วนแต่ประกอบไปด้วยสารชีวโมเลกุลกลุ่มดังกล่าว การศึกษาชีววิทยาในหัวข้อนี้จึงเป็นพื้นฐานที่สำคัญของนักศึกษาในการนำความรู้นี้เพื่อไปใช้ในการศึกษาวิชาขั้นสูงต่อไป เช่น วิชาชีวเคมี ชีววิทยาของเซลล์ เป็นต้น

ความหมายของสารชีวโมเลกุล

สารชีวโมเลกุล (Biomolecules) คือ สารต่าง ๆ ที่เป็นองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต ซึ่งส่วนใหญ่เป็นสารประกอบของคาร์บอน เช่น คาร์โบไฮเดรต ไขมัน โปรตีน และกรดนิวคลีอิก ซึ่งเป็นสารที่มีโครงสร้างซ้ำ ๆ กันหรือ ที่เรียกว่า สารโพลิเมอร์ โดยประกอบมาจากหน่วยย่อยที่เหมือน ๆ กัน เรียกว่า โมโนเมอร์ เช่น แป้ง และเซลลูโลส ต่างก็เป็นสารโพลิเมอร์ของน้ำตาลกลูโคสหลายๆ หน่วย โปรตีนก็เป็นโพลิเมอร์ของกรดอะมิโน และกรดนิวคลีอิก ก็ประกอบไปด้วยโมโนเมอร์ที่ซ้ำ ๆ กันของนิวคลีโอไทด์ เป็นต้น (ศุภศิษฏ์ อรุณรุ่งสวัสดิ์, 2552 : 9)

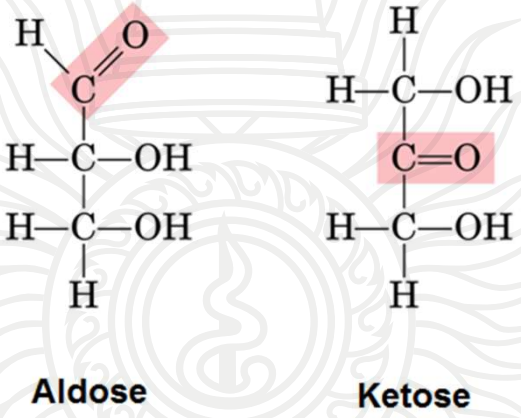
ชนิดและโครงสร้างของสารชีวโมเลกุล

สารชีวโมเลกุลมีหลายกลุ่มหลักที่สำคัญ ดังนี้

1. สารประกอบคาร์โบไฮเดรต สารประกอบจำพวกน้ำตาล และแป้ง แบ่งออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ ๆ ตามจำนวนหน่วยของน้ำตาล โดยโครงสร้างคาร์โบไฮเดรตที่ง่ายที่สุด เป็นพวกน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว (Monosaccharides, single sugars) ซึ่งประกอบไปด้วยน้ำตาล 1 หน่วย เช่น กลูโคส ส่วนน้ำตาลโมเลกุลคู่ หรือ โอลิโกแซคคาไรด์ (Oligosaccharide) ประกอบไปด้วยน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวสองโมเลกุลมารวมกัน หรือประมาณ 2-15 หน่วย เช่น ซูโคส เป็นต้น นอกจากนี้คาร์โบไฮเดรตยังรวมไปถึงสารที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่กระทั่งรวมเป็นโพลีแซคคาไรด์ และโพลีเมอร์ในกลุ่มน้ำตาลอีกด้วย ซึ่งประกอบด้วยน้ำตาลตั้งแต่ 15 หน่วยขึ้นไป โดยสิ่งมีชีวิตจะใช้คาร์โบไฮเดรตไปสร้างเป็นพลังงาน และสสารต่าง ๆ ภายในเซลล์ คาร์โบไฮเดรต จะให้พลังงาน 4 กิโลแคลอรีต่อกรัม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี

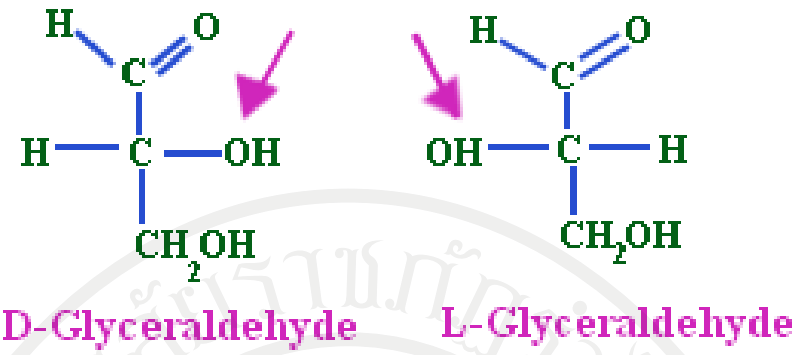
1.1 น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว หรือ โมโนแซคคาไรด์ จะมีสูตรโครงสร้างโมเลกุล คือ CH_2O โดยน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวที่รู้จักกันโดยทั่วไป คือ น้ำตาลกลูโคส ($C_6H_{12}O_6$) ซึ่งเป็นองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญที่สุดในร่างกายสิ่งมีชีวิต น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวมีหลายชนิด แบ่งได้ 2 วิธี คือ 1) แบ่งตามหมู่แสดงสมบัติเฉพาะตัว แบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ น้ำตาลอัลโดส (Aldose) ซึ่งมีหมู่อัลดีไฮด์ (-HC=O) เป็นหมู่แสดงสมบัติเฉพาะตัว เช่น กลีเซอรอลดีไฮด์ ไรโบส กลูโคส และกาแลคโตส เป็นต้น อีกชนิด คือ น้ำตาลคีโตส (Ketose) ซึ่งเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวที่มีหมู่คีโต (-C=O) เป็นหมู่แสดงสมบัติเฉพาะตัว เช่น ไดไฮดรอกซีอะซิโตน ไรบูโลส และฟรุคโตส เป็นต้น ดังภาพที่ 3.1 2) แบ่งตามจำนวนอะตอมคาร์บอนที่มีอยู่ในโมเลกุล ซึ่งโดยทั่วไป น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวจะมีจำนวนคาร์บอนตั้งแต่ 3-6 อะตอม ถ้ามีจำนวน 3 อะตอม เรียกว่า ไตรโอส ถ้ามีคาร์บอน 4 อะตอม เรียกว่า เตโตรส มีคาร์บอน 5 และ 6 อะตอม เรียกว่า เพนโทส และเฮกโซส ตามลำดับ



ภาพที่ 3.1 น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวชนิดอัลโดส และคีโตส

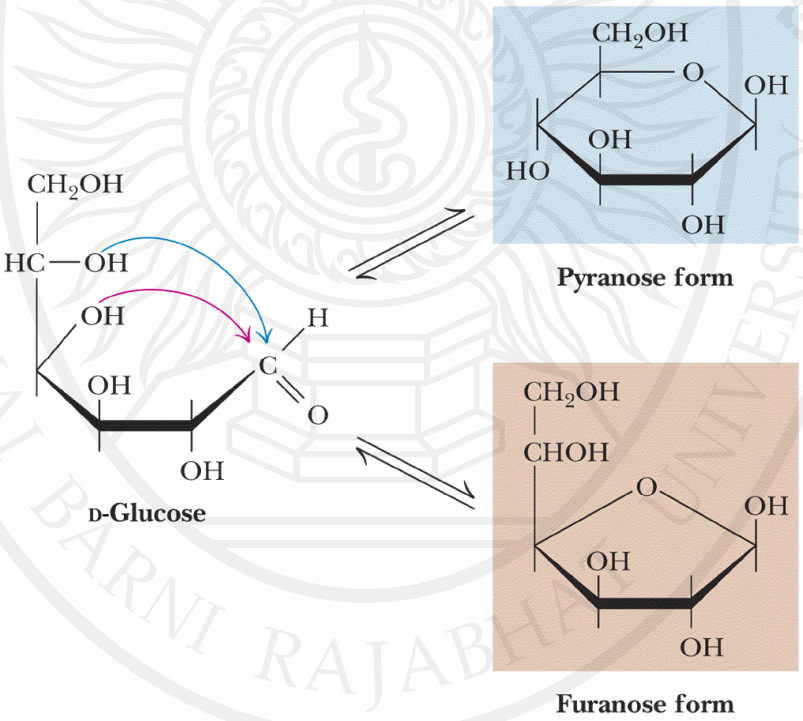
โครงสร้างของน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวมี 2 แบบ คือ แบบเส้นตรงและแบบวงแหวน แต่ที่พบในธรรมชาติจะเป็นแบบวงแหวน เพราะโครงสร้างแบบเส้นตรงไม่อยู่ตัว เนื่องจากหมู่ฟังก์ชั่นในโมเลกุลของน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวจะทำปฏิกิริยากันเอง เกิดเป็นโครงสร้างแบบวงแหวน โดยโครงสร้างแบบเส้นตรงได้มีการศึกษาโดยเอมิลฟิชเชอร์ ซึ่งได้ทำการศึกษากลีเซอรอลดีไฮด์เป็นหลัก พบว่าอะตอมของคาร์บอนในโมเลกุลของกลีเซอรอลดีไฮด์ เป็นคาร์บอนชนิดอสมมาตร (Asymmetric carbon atom) หมายถึง อะตอมคาร์บอนที่มีหมู่ต่าง ๆ เข้ามาเกาะกับแขนทั้ง 4 เป็นคนละชนิดกัน ดังนั้นจึงทำให้มีสูตรโครงสร้างได้ 2 แบบ คือ พวกที่มีหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) อยู่ทางขวามือของคาร์บอนชนิดอสมมาตร เรียกว่า D-isomer และพวกที่มีมีหมู่ไฮดรอกซิล อยู่ทางซ้ายมือของคาร์บอนชนิดอสมมาตร เรียกว่า L-isomer ดังภาพที่ 3.2

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



ภาพที่ 3.2 ไอโซเมอร์ชนิด L- และ D- ของกลีเซอรอลดีไฮด์
ที่มา: (ศุภศิษฏ์ อรุณรุ่งสวัสดิ์, 2552 : 25)

สำหรับโครงสร้างแบบวงแหวน การเกิดสูตรโครงสร้างแบบนี้ เกิดจากโมเลกุลของน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวมีหมู่อัลดีไฮด์ และคีโตน ซึ่งสามารถทำปฏิกิริยากับหมู่ไฮดรอกซีในโมเลกุลของมันเองได้สารประกอบพวก เฮมิอะซีทัล และเฮมิคีทอล ตามลำดับ โครงสร้างแบบวงแหวนมีได้ 2 แบบ คือ แบบ 5 เหลี่ยมและแบบ 6 เหลี่ยม (ภาพที่ 3.3)



ภาพที่ 3.3 การเกิดโครงสร้างแบบวงแหวนของน้ำตาลอัลโดสรูปห้าเหลี่ยม และหกเหลี่ยม
ที่มา: (ศุภศิษฏ์ อรุณรุ่งสวัสดิ์, 2552 : 30)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ตัวอย่างน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวที่สำคัญ ได้แก่ กลูโคส ฟรุคโตส กาแลคโตส แมนโนส และไรโบส

น้ำตาลกลูโคส (Glucose) บางครั้งเรียกว่า เดรกโทส ในธรรมชาติเกิดจากการสังเคราะห์แสงของพืช จึงพบกลูโคสในพืช ผัก ผลไม้หลายชนิด นอกจากนี้การขนส่งคาร์โบไฮเดรตในคนและสัตว์จะอยู่ในรูปของกลูโคส ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานของเซลล์และเนื้อเยื่อ จึงนับว่าเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวที่สำคัญที่สุดในทางโภชนาการ และเป็นส่วนประกอบของน้ำตาลโมกุลคู่ที่สำคัญทุกชนิด โดยเฉพาะอย่างยิ่งน้ำตาลซูโครส หรือน้ำตาลทราย ซึ่งเกิดจากการรวมตัวของกลูโคส กับฟรุคโทส นอกจากนี้ยังเป็นส่วนประกอบของโพลีแซคคาไรด์หลายชนิด เช่น แป้ง เซลลูโลส และไกลโคเจน เป็นต้น

น้ำตาลฟรุคโตส (Fructose) เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวประเภทคีโทเฮกโซส พบมากในผลไม้ โดยเฉพาะในผลไม้ที่มีรสหวานทุกชนิด เช่น เงาะ ลำไย บางครั้งจึงเรียกฟรุคโตส ว่าเป็นน้ำตาลผลไม้ นอกจากนี้ยังพบว่าในน้ำผึ้งจะมีฟรุคโตสประมาณ 40% ลักษณะของน้ำตาลฟรุคโตส คือ มีผลึกสีขาว ละลายน้ำได้ดี มีรสหวาน จัดเป็นคาร์โบไฮเดรตที่มีความหวานมากที่สุด และหวานเกือบเป็น 2 เท่าของกลูโคส ในธรรมชาติส่วนใหญ่ฟรุคโตสจะอยู่รวมกันกับกลูโคส เป็นซูโครส หรือที่เรียกว่าน้ำตาลทราย

น้ำตาลกาแลคโตส (Galactose) เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวประเภทอัลโดเฮกโซส ไม่พบอิสระในธรรมชาติ ปกติจะรวมกับกลูโคส เป็นแลคโตส และสามารถพบได้ในนม นอกจากนั้นยังพบเป็นส่วนประกอบของไกลโคลิปิดของเนื้อเยื่อประสาท และพบในรูปของกาแลคโตซามีน ในสารหลายชนิด เช่น สารหมู่เลือด A, B O เป็นต้น

น้ำตาลแมนโนส (Mannose) เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวประเภทอัลโดเฮกโซส ได้มาจากการสลายยางไม้ โดยเป็นองค์ประกอบของโพลีแซคคาไรด์ในพืช

น้ำตาลไรโบส (Ribose) เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวประเภทอัลโดเพนโตส พบเป็นส่วนประกอบของกรดนิวคลีอิก ทำหน้าที่เกี่ยวกับการถ่ายทอดทางพันธุกรรม และเป็นส่วนประกอบของสารพวกนิวคลีโอไทด์ ซึ่งทำหน้าที่เป็นโคเอนไซม์ ช่วยการทำงานของเอนไซม์ต่าง ๆ หลายชนิด

1.2 น้ำตาลโมเลกุลคู่ หรือโอลิโกแซคคาไรด์ เป็นน้ำตาลที่ประกอบด้วยโมเลกุลของน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวตั้งแต่ 2-15 โมเลกุล ต่อกันด้วยพันธะเคมีที่เรียกว่า พันธะไกลโคซิดิก (Glycosidic bond) พันธะนี้เกิดจากคาร์บอนตำแหน่งที่ 1 ของน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว ทำปฏิกิริยากับคาร์บอนตำแหน่งที่ 4 ของน้ำตาลตัวถัดไป โดยสูญเสียน้ำออกไป 1 โมเลกุล ดังภาพที่ 4.6 โอลิโกแซคคาไรด์ที่สำคัญและพบมากในธรรมชาติ คือ น้ำตาลโมเลกุลคู่ (Disaccharide) ซึ่งเป็นคาร์โบไฮเดรตที่ประกอบด้วยน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว 2 โมเลกุล เป็นน้ำตาลที่มีความสำคัญทางโภชนาการ เพราะเป็นน้ำตาลส่วนใหญ่ที่มนุษย์นำมาบริโภคในชีวิตประจำวัน ตัวอย่างน้ำตาลโมเลกุลคู่ที่สำคัญ มีดังนี้

น้ำตาลซูโครส (Sucrose) หรือ น้ำตาลทราย หรือน้ำตาลอ้อย โมเลกุลของซูโครส ($C_{12}H_{22}O_{11}$) ประกอบด้วยกลูโคส และฟรุคโตส อย่างละหน่วย

น้ำตาลแลคโตส (Lactose) เป็นน้ำตาลที่สร้างขึ้นโดยซีครีทอรีเซลล์ (Secretory cell) ของต่อมน้ำนมในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมระหว่างการตั้งครรภ์ น้ำนมจะมีแลคโตสประมาณ 2-5% ดังนั้นอาจเรียกน้ำตาลชนิดนี้ได้ว่า น้ำตาลนม (Milk sugar) แลคโตสประกอบด้วยกาแลคโตส และกลูโคสอย่างละ 1 หน่วย เชื่อมกันด้วยพันธะไกลโคซิดิก ในร่างกายมนุษย์แลคโตสจะถูกย่อยสลายด้วยเอนไซม์แลคเตส (Lactase) บริเวณผนังลำไส้เล็ก เด็กเกิดใหม่จะมีเอนไซม์แลคเตสจำนวนมาก ช่วยในการย่อยน้ำนม เมื่อเป็นผู้ใหญ่ เอนไซม์ชนิดนี้จะลดลง

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏราไพพรรณี

น้ำตาลมอลโตส (Maltose) เป็นน้ำตาลที่พบในเมล็ดข้าว โดยเฉพาะข้าวมอลต์ และเป็นผลิตผลที่ได้จากการย่อยแป้งด้วยกรด หรือเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส จากต่อมน้ำลาย และเบตาอะไมเลสจากตับอ่อน มอลโตสประกอบด้วยกลูโคส 2 โมเลกุล เชื่อมกันด้วยพันธะไกลโคซิดิก

1.3 น้ำตาลโพลีแซคคาไรด์ เป็นสายโซ่ยาว หรือโพลิเมอร์ของน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวเกินกว่า 15 โมเลกุลขึ้นไป เชื่อมต่อกันด้วยพันธะไกลโคซิดิกเช่นเดียวกับโอลิโกแซคคาไรด์ เป็นสารประกอบโมเลกุลใหญ่ น้ำหนักโมเลกุลสูง ไม่มีรสหวาน ไม่ละลายน้ำ และไม่มีคุณสมบัติในการรีดิวซ์ แต่ละชนิดจะมีความแตกต่างกันในเรื่องของจำนวน และชนิดของน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวที่เป็นองค์ประกอบ ทำให้น้ำหนักโมเลกุล และสูตรโครงสร้างแตกต่างกันไป แบ่งได้เป็น 2 พวกใหญ่ ๆ คือ โพลีแซคคาไรด์ชนิดสะสม และโพลีแซคคาไรด์ชนิดโครงสร้าง ตัวอย่างโพลีแซคคาไรด์ที่สำคัญ มีดังนี้

1.3.1 โพลีแซคคาไรด์ชนิดสะสม แป้ง (Starch) เป็นอาหารสำรองของพืชที่ให้พลังงานแก่คนและสัตว์ ในพืชแป้งส่วนใหญ่จะอยู่ที่เมล็ด โดยเฉพาะธัญพืช เช่น ข้าว มีแป้งประมาณ 80% พวกเผือกมันต่างๆ จะมีแป้งประมาณ 30% แป้งประกอบด้วยสาร 2ชนิด คือ อะไมโลส (Amylose) และ อะไมโลเพคติน (Amylopectin) ประมาณ 70-80% อะไมโลสประกอบไปด้วยกลูโคสที่ต่อกันด้วยพันธะไกลโคซิดิก มีน้ำหนักโมเลกุลตั้งแต่ 2,000-500,000 โมเลกุลของอะไมโลสในสภาพสารละลายจะบิดเป็นเกลียว (Helix) และเมื่อทำปฏิกิริยากับไอโอดีน จะได้สารละลายสีน้ำเงิน ส่วนอะไมโลเพคตินมีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 200,000-1,000,000 อะไมโลเพคตินไม่ละลายน้ำ แต่เมื่อละลายน้ำจะให้สารละลายคอลลอยด์ และให้สีม่วงแดงกับไอโอดีน

ไกลโคเจน (Glycogen) เป็นโพลีแซคคาไรด์ที่สะสมไว้ในเซลล์สัตว์ พบมากในเซลล์ตับและกล้ามเนื้อ ปกติตับจะมีไกลโคเจนประมาณ 1.5-4.0% ในกล้ามเนื้อมีไกลโคเจนประมาณ 1-2% สัตว์ที่มีไกลโคเจนมาก คือ ตัวอ่อนของผึ้ง หอยนางรม ซึ่งมีไกลโคเจนถึง 6% ลักษณะโครงสร้างคล้ายกับอะไมโลเพคติน มีน้ำหนักโมเลกุลมากตั้งแต่ 270,000-100,000,000 และมีการแตกกิ่งก้านสาขามากกว่าอะไมโลเพคติน กล่าวคือ อะไมโลเพคตินมีการแตกสาขาทุก 24-30 หน่วยของกลูโคส แต่ไกลโคเจนมีการแตกสาขาทุก ๆ 8-12 หน่วยของกลูโคส

1.3.2 โพลีแซคคาไรด์ที่ทำหน้าที่เป็นโครงสร้าง

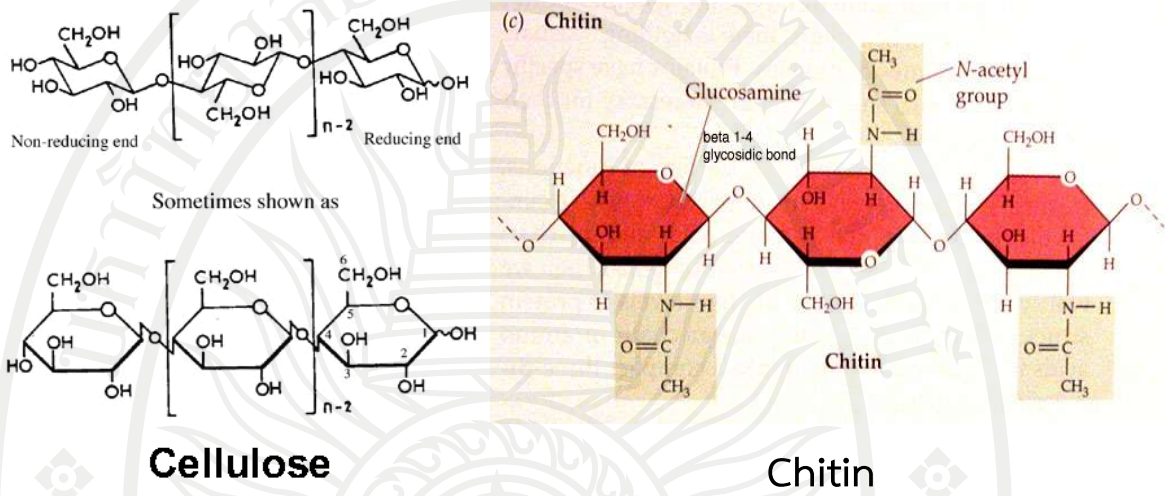
เซลลูโลส (Cellulose) เป็นโพลีแซคคาไรด์ที่ทำหน้าที่เป็นส่วนโครงสร้างของผนังเซลล์ในพืช ในไม้ประกอบไปด้วยเซลลูโลสประมาณ 40-50% นอกจากนี้แหล่งเซลลูโลสยังได้จากวัสดุการเกษตรต่าง ๆ เช่น ชานอ้อย ซังข้าวโพด ฟางข้าว ต้นข้าวโพด เชือกกล้วย วัสดุเหล่านี้มีเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบประมาณ 30% นอกจากนี้ยังพบเซลลูโลสในผักและผลไม้อีกด้วย เซลลูโลสประกอบไปด้วยกลูโคสต่อกันด้วยพันธะไกลโคซิดิก เป็นเส้นยาว ๆ ไม่มีกิ่งก้านสาขา มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 50,000-500,000 หรือเท่ากับกลูโคส 300-3,000 หน่วย โมเลกุลของเซลลูโลสเรียงขนานกันอยู่เป็นมัด ๆ หรือที่เรียกกันว่า ไฟบริล ซึ่งจับกันอยู่ด้วยพันธะไฮโดรเจนและไม่ละลายน้ำ (ภาพที่ 4.4) เซลลูโลสไม่สามารถถูกย่อยโดยเอนไซม์ในกระเพาะอาหาร และลำไส้ของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม ดังนั้นสัตว์กลุ่มนี้จึงไม่สามารถใช้เซลลูโลสเป็นอาหารได้ แต่ในสัตว์เคี้ยวเอื้องพวกวัวควาย สามารถใช้เซลลูโลสเป็นอาหารได้ เพราะแบคทีเรียในกระเพาะอาหารสามารถสร้างเอนไซม์เซลลูเลส (Cellulase) ซึ่งสามารถย่อยสลายเซลลูโลสเป็นกลูโคสได้

ไคติน (Chitin) เป็นโพลีแซคคาไรด์ ที่เป็นองค์ประกอบของโครงสร้างแข็งภายนอกร่างกายของสัตว์จำพวกกุ้ง กั้ง ปู (Crustaceans) และแมลง (Arthropods) ประกอบไปด้วย

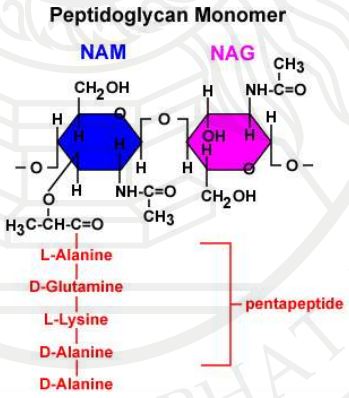
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สายโพลิเมอร์ของน้ำตาล N-acetylglucosamine ที่มีพันธะไกลโคซิดิกต่อกันเป็นเส้นตรง ดังนั้น ไคตินจึงทำหน้าที่เป็นโครงสร้างเช่นเดียวกับเซลลูโลสในพืช (ภาพที่ 3.4)

เปปติโดไกลแคน (Peptidoglycan) เป็นโครงสร้างของผนังเซลล์ของแบคทีเรียที่มี 2 กลุ่ม คือ แบคทีเรียแกรมบวก ผนังเซลล์จะมีสารพวกไขมันน้อยกว่าแกรมลบ ผนังเซลล์แบคทีเรียทั้งสองชนิดจะมีเปปติโดไกลแคน ที่ประกอบไปด้วยสายโพลีแซคคาไรด์เรียงขนานกัน เชื่อมต่อกันด้วยสายเปปไทด์ ดังภาพที่ 3.5



ภาพที่ 3.4 โครงสร้างของเซลลูโลส และไคติน
ที่มา: (ศุภศิษฏ์ อรุณรุ่งสวัสดิ์, 2552 : 39)



ภาพที่ 3.5 โครงสร้างของเปปทิโดไกลแคน
ที่มา: (ศุภศิษฏ์ อรุณรุ่งสวัสดิ์, 2552 : 39)

1.4 ไกลโคโปรตีน ประกอบไปด้วยโปรตีนที่เกาะอยู่กับน้ำตาลโอลิโกแซคคาไรด์ สายสั้นประมาณ 15 หน่วย เป็นองค์ประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์ (Cell membrane) ซึ่งจะมีสายโอลิโกแซคคาไรด์นี้เกาะอยู่เป็นจำนวนมาก ด้วยพันธะโควาเลนต์ น้ำตาลที่พบในไกลโคโปรตีน ได้แก่ น้ำตาลกลูโคส กาแลคโตส แมนโนส และฟิวโคส เป็นต้น หน้าที่สำคัญของไกลโคโปรตีน คือ ทำหน้าที่

เป็นตัวรับ (Receptor) และทำหน้าที่จดจำกันระหว่างเซลล์ (Cell-cell recognition) ไกลโคโปรตีนที่สำคัญ ได้แก่ ไฟบริโนเจน อิมมูโนโกลบูลิน เอนไซม์เปปซิน เป็นต้น

1.5 ไกลโคลิปิด ประกอบไปด้วยน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวเกาะกับไขมัน เช่น ซีรีโบรไซด์ พบในเยื่อเซลล์สมองและประสาท เช่น ไกลโคอะมิโนไกลแคน (Glycoaminoglycan) ชนิดกรดที่พบมาก ได้แก่ คอนดรอยตินที่พบในกระดูกอ่อน กระดูกแข็ง และแก้วตา เฮพาริน พบในปอด ตับ และผนังเส้นเลือดใหญ่ ทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้เลือกแข็งตัว เป็นต้น

2. ไขมัน เป็นกลุ่มสารชีวโมเลกุลที่ไม่ชอบน้ำ แต่มีหน้าที่หลากหลายประการ ความไม่ชอบน้ำของไขมันขึ้นอยู่กับโครงสร้างของโมเลกุล ไขมันประกอบไปด้วยธาตุหลัก 3 ชนิด ได้แก่ คาร์บอน ไฮโดรเจน และ ออกซิเจน เช่นเดียวกับโปรตีนและคาร์โบไฮเดรต อย่างไรก็ตามไขมันมีองค์ประกอบเป็นคาร์บอนและไฮโดรเจนแต่มีออกซิเจนน้อย ดังนั้นไขมันจึงให้พลังงานมากถึง 9 แคลอรีต่อ 1 กรัม ในทางเทคนิคนั้นควรจะกล่าวถึงไขมันในลักษณะที่เป็นพหูพจน์เนื่องจากไขมันมีหลายชนิด โดยไขมันจะประกอบขึ้นด้วยกรดไขมัน (Fatty acids) ชนิดต่าง ๆ ที่มีลักษณะทางกายภาพและมีผลต่อร่างกายแตกต่างกันไป ไขมันยังสามารถแบ่งตามการมีพันธะคู่ของคาร์บอนอะตอมภายในกรดไขมัน ได้แก่

กรดไขมันอิ่มตัว (Saturated fatty acids) ซึ่งไม่มีพันธะคู่ระหว่างอะตอมของคาร์บอน ปกติพบได้ในไขมันจากสมองสัตว์หรือเครื่องในสัตว์

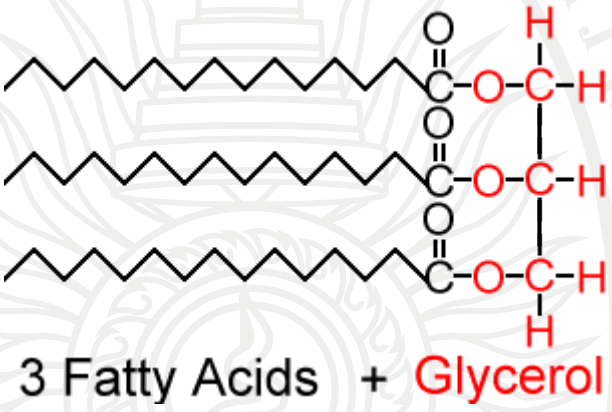
กรดไขมันไม่อิ่มตัว (Unsaturated fatty acids) ซึ่งมีพันธะคู่ พบได้ในไขมันพืช

คำว่า น้ำมัน ไขมัน และลิพิด ล้วนถูกใช้หมายถึงไขมัน แต่โดยทั่วไป "น้ำมัน" ใช้กับไขมันที่เป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง "ไขมัน" หมายถึง ไขมันที่เป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้อง ลิพิด หมายรวมถึงไขมันทั้งที่เป็นของเหลวและของแข็ง ตลอดจนสสารที่เกี่ยวข้องอื่น ซึ่งโดยปกติใช้ในบริบททางการแพทย์หรือชีวเคมี ตัวอย่างไขมันสัตว์ที่กินได้ เช่น มันหมู น้ำมันปลา เนยเหลว และชั้นไขมันวาฬ ไขมันเหล่านี้ได้มาจากนมและเนื้อ ตลอดจนจากใต้หนังของสัตว์ ตัวอย่างไขมันพืชที่กินได้ เช่น น้ำมันถั่วลิสง เต้าเจี้ยว น้ำมันดอกทานตะวัน น้ำมันงา น้ำมันมะพร้าว น้ำมันมะกอก และเนยโกโก้

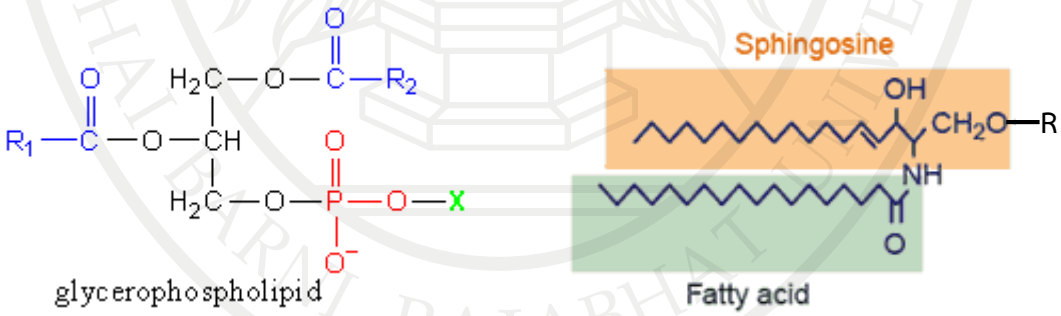
ไขมันในอาหาร คือ การที่สารอาหารชนิดนี้เป็นแหล่งของกรดไขมันจำเป็นเช่น กรดไลโนเลอิกและกรดไลโนเลนิก ซึ่งจำเป็นต่อการเจริญเติบโต การรักษาสมดุลของผิวหนัง ควบคุมการเผาผลาญคอเลสเทอรอล และยังเป็นสารตั้งต้นในการผลิตโพสตาแกลนดิน (Prostaglandin) ที่จำเป็นสำหรับการทำงานของร่างกาย ไขมันยังมีหน้าที่ในการลำเลียงและการดูดซึมของวิตามินชนิดที่ละลายในไขมันได้แก่ วิตามินเอ, วิตามินอี และวิตามินเค รวมทั้งแคโรทีนอยด์ด้วย ในบางกรณีไขมันจากอาหารยังเป็นวิตามินอีกด้วย เช่น น้ำมันถั่วเหลืองเป็นแหล่งสำคัญของวิตามินอี ร่างกายมนุษย์สะสมไขมันไว้ภายในเซลล์ไขมัน (Adipose cell) แต่ก็สามารถพบไขมันบางส่วนในเลือดและเซลล์อื่น ๆ ได้ด้วย การสะสมไขมันในร่างกายมิใช่เพื่อสร้างความอบอุ่นให้ร่างกายเท่านั้น แต่ยังช่วยรองรับและป้องกันอวัยวะภายในต่าง ๆ อีกด้วย ในด้านอาหารนอกเหนือไปจากหน้าที่ที่มีต่อร่างกายแล้ว ไขมันยังมีส่วนสำคัญในด้านเนื้อสัมผัส กลิ่นรส ความชุ่มเนื้อ และรสชาติของอาหารอีกด้วย และเนื่องจากร่างกายของมนุษย์ย่อยไขมันได้ช้ากว่าสารอาหารชนิดอื่น เช่น คาร์โบไฮเดรต ไขมันเป็นสิ่งที่ทำให้เรารู้สึกอิ่ม หลังจากได้รับอาหารเข้าในประมาณที่เพียงพอแล้ว โดยหลักการไขมันมิได้ถูกแบ่งเป็นกลุ่ม ๆ แต่อย่างใด เพราะไขมันก็ประกอบขึ้นด้วยธาตุสามชนิดเช่นเดียวกับคาร์โบไฮเดรต ได้แก่ คาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน อย่างไรก็ตาม ไขมันจะมีสัดส่วนของคาร์บอนและไฮโดรเจนมาก และมีออกซิเจนน้อย ซึ่งทำให้ไขมันมีพลังงานต่อมวลมากถึง 9 แคลอรีต่อกรัม ในขณะที่

คาร์โบไฮเดรตให้พลังงานเพียง 4 แคลอรีต่อกรัม และในด้านอุตสาหกรรม ไขมันใช้ในการทำสบู่ ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชัน (Saponification) ซึ่งเกิดจากน้ำมันพืชผสมกับโซดาไฟ (NaOH)

ไขมันที่รู้จักกัน เป็นส่วนหนึ่งของสารที่เรียกว่า ลิปิด โดยในทางชีวเคมี แบ่งลิปิดออกเป็น 2 ประเภท คือ ลิปิดที่มีกรดไขมันอยู่ในองค์ประกอบ ได้แก่ ไตรเอซิลกลีเซอรอล หรือไตรกลีเซอไรด์ (ภาพที่ 3.6) เป็นลิปิดที่เป็นแหล่งสำรองพลังงานในร่างกายของสัตว์ นอกเหนือจากไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) ก็จะมีพวกกลีเซอรอฟอสโฟลิปิด และสฟินโกลิปิด ที่มีหน้าที่เป็นลิปิดองค์ประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์ (Lipid bilayer) (บทที่ 2) (ภาพที่ 3.7) ลิปิดอีกประเภทหนึ่ง คือ ลิปิดที่ไม่มีกรดไขมันอยู่ในองค์ประกอบเลยได้แก่ คอเลสเตอรอล เกลือน้ำดี ฮอร์โมนกลุ่มสเตียรอยด์ และอนุพันธุ์ของเทอร์พีน หรือสารสีแดงที่พบในพืชและสัตว์บางชนิด เป็นต้น



ภาพที่ 3.6 โครงสร้างของไตรกลีเซอไรด์
ที่มา: (ศุภศิษฏ์ อรุณรุ่งสวัสดิ์, 2552 : 58)

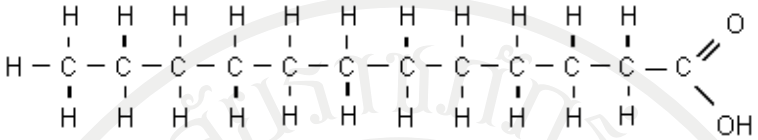


ภาพที่ 3.7 โครงสร้างของลิปิดที่เป็นองค์ประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์
ที่มา: (ศุภศิษฏ์ อรุณรุ่งสวัสดิ์, 2552 : 59)

2.1 กรดไขมัน เป็นสารประกอบอินทรีย์ประเภทกรดคาร์บอกซิลิก ที่มีหมู่คาร์บอกซิล (-COOH) เพียงหมู่เดียว ต่อกับสายไฮโดรคาร์บอน ซึ่งส่วนนี้เป็นส่วนที่สำคัญที่ทำให้ไขมันหรือลิปิดมีคุณสมบัติไม่ละลายน้ำ กรดไขมันส่วนใหญ่จะมีจำนวนคาร์บอนอะตอมเป็นเลขคู่ ที่พบมากจะมีจำนวนคาร์บอน 16 และ 18 อะตอม พันธะที่ต่อระหว่างคาร์บอนอะตอมมีทั้งชนิดพันธะเดี่ยว และ

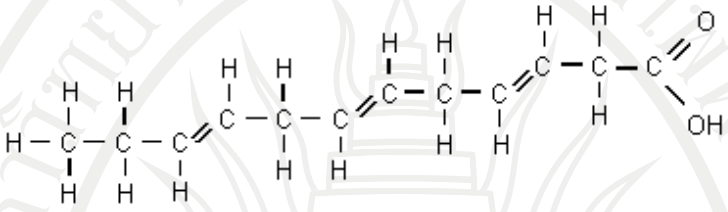
พันธะคู่ กรดไขมันที่มีเฉพาะพันธะเดี่ยวอย่างเดียว เรียกว่า กรดไขมันอิ่มตัว (Saturated fatty acid) ส่วนกรดไขมันที่มีพันธะคู่รวมอยู่ด้วย จะเรียกว่า กรดไขมันไม่อิ่มตัว (Unsaturated fatty acid) (ภาพที่ 3.8)

(ก)



Saturated Fatty Acid

(ข)



Unsaturated Fatty Acid

ภาพที่ 3.8 โครงสร้างกรดไขมัน (ก) ชนิดอิ่มตัว และ (ข) ชนิดไม่อิ่มตัว
ที่มา: (ศุภศิษฐ์ อรุณรุ่งสวัสดิ์, 2552 : 61)

พันธะคู่ที่พบในกรดไขมันส่วนใหญ่จะมีไอโซเมอร์แบบซิส (Cis) กรดไขมันที่มีพันธะคู่ตั้งแต่ 2 ตำแหน่งขึ้นไป จะมีการเรียงตัวของพันธะคู่ที่มีลักษณะเฉพาะคือ มีหมู่ $-CH_2$ คั่นระหว่างคาร์บอนที่ต่อกันด้วยพันธะคู่ ดังนี้ ---HC=CH CH_2HC=CH--- ทำให้ตำแหน่งของพันธะคู่ห่างกันอยู่จำนวน 3 คาร์บอนเสมอ ดังนั้นการนับตำแหน่งของคาร์บอน เพื่อระบุตำแหน่งของพันธะคู่จะมีวิธีนับ 2 วิธี คือ จากปลายหมู่คาร์บอกซิล ใช้สัญลักษณ์ Δ แต่ถ้านับจากปลายสายไฮโดรคาร์บอน (-CH3) ใช้สัญลักษณ์โอเมกา (ω) กรดไขมันแต่ละชนิดนิยมเขียนในรูปรหัส ซึ่งจะบอกถึงจำนวนคาร์บอน จำนวนพันธะคู่ และตำแหน่งของพันธะคู่ เช่น กรดไลโนเลอิก ซึ่งมีคาร์บอน 18 อะตอม มีพันธะคู่ 3 แห่งที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 9, 12 และ 15 จะมีรหัสเป็น 18 : 3 $^{\Delta 9, 12, 15}$ การบอกพันธะคู่ในระบบโอเมกา นิยมบอกเพียงตำแหน่งของพันธะคู่แรกด้านปลายสายไฮโดรคาร์บอน ($-CH_3$) เพียงตำแหน่งเดียว เพราะตำแหน่งถัดไปจะห่างกัน 3 คาร์บอนเสมอ การระบุตำแหน่งพันธะคู่ในระบบโอเมก้า จะทำให้ทราบว่ากรดไขมันชนิดนั้นอยู่ในกลุ่มเดียวกัน และมีความสัมพันธ์ทางด้านเมตาบอลิซึมหรือไม่

2.2 ประเภทของลิปิด

ลิปิดที่มีกรดไขมันเป็นองค์ประกอบ จำแนกได้ 3 ชนิด คือ

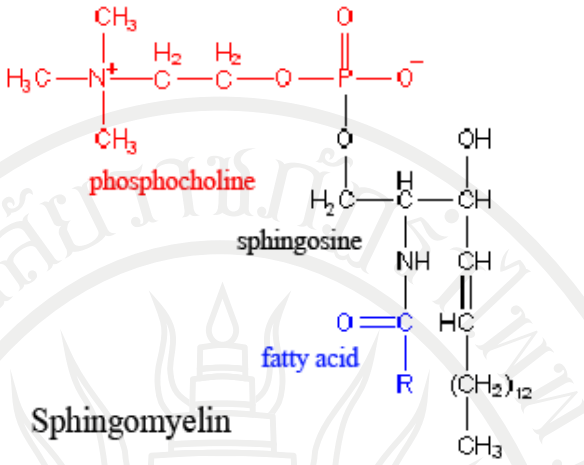
1) เอสเทอร์ของแอลกอฮอล์ ได้แก่ ไข (Wax) เป็นสารประกอบเอสเทอร์ที่เกิดจากแอลกอฮอล์ (ROH) กับกรดไขมัน (RCOOH) แอลกอฮอล์ที่พบในไขจะมีจำนวนอะตอมคาร์บอนสูง และหมู่ไฮดรอกซี (-OH) เพียงหมู่เดียว ขณะที่กรดไขมันจะมีสายไฮโดรคาร์บอนสายยาว โดยทั่วไปไขเป็นสารประกอบที่ไม่ละลายน้ำ ทำหน้าที่เป็นสารเคลือบผิวหนังของคนและสัตว์ ส่วนพืชจะเคลือบที่ผิวของใบไม้ ช่วยป้องกันไม่ให้เซลล์สูญเสียความชื้นไป และป้องกันเชื้อโรคมิให้เข้าทำลายเซลล์อีกด้วย

ตัวอย่างไขที่รู้จักกันดี คือ ขี้ผึ้ง (Bee wax) จัดเป็นสารประกอบเอสเทอร์ระหว่างแอลกอฮอล์ Triacontabol กับกรดปาล์มมิติก

2) เอสเทอร์ของกลีเซอรอล สารประกอบเอสเทอร์ระหว่างกรดไขมันกับกลีเซอรอล เป็นลิปิด หรือไขมันสะสมภายในเซลล์ของพืชและสัตว์ กลีเซอรอล 1 โมเลกุล อาจมีจำนวนกรดไขมัน 1,2 หรือ 3 หมู่ก็ได้ มีชื่อเรียกว่า โมโนเอซิลกลีเซอรอล (Monoacylglycerol) ไดเอซิลกลีเซอรอล (Diacylglycerol) และไตรเอซิลกลีเซอรอล (Triacylglycerol) ตามลำดับ ไตรเอซิลกลีเซอรอลที่มีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ จะมีลักษณะเป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง เรียกว่า น้ำมัน (oil) ซึ่งส่วนใหญ่เป็นน้ำมันที่สกัดได้จากเมล็ดพืช เช่น น้ำมันมะกอก น้ำมันมะพร้าว น้ำมันข้าวโพด น้ำมันปาล์ม น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันเมล็ดดอกทานตะวัน เป็นต้น ถ้ามีสัดส่วนของกรดไขมันอิ่มตัวเป็นองค์ประกอบมากกว่าจะมีลักษณะเป็นของแข็ง เรียกว่า ไขมัน ได้แก่ ไขวัว เนย และน้ำมันมะพร้าว เป็นต้น ซึ่งจะมีลักษณะเป็นไขที่อุณหภูมิห้อง การบริโภคไขมันที่มีสัดส่วนของกรดไขมันอิ่มตัวในปริมาณมาก เช่น น้ำมันปาล์ม น้ำมันหมู หรือไขวัว และกะทิ (น้ำมันมะพร้าว) อาจมีผลเสียต่อร่างกายเพราะอาจเป็นสาเหตุทำให้หลอดเลือดตีบตันได้ นอกจากนี้การเหม็นหืนของน้ำมันซึ่งเกิดจากออกซิเจนในอากาศเข้าทำปฏิกิริยาตรงตำแหน่งพันธะคู่ระหว่างอะตอมของคาร์บอนในโมกุลของกรดไขมัน ได้เป็นอัลดีไฮด์ และกรดไขมันโมเลกุลเล็ก ซึ่งมีกลิ่นเหม็นหืน นอกจากนี้อาจเกิดจากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสระหว่างไขมันและน้ำ โดยมีเอนไซม์จากจุลินทรีย์ในอากาศ เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ได้ผลิตภัณฑ์เป็นกรดไขมันโมเลกุลเล็กที่ระเหยง่าย และมีกลิ่นเหม็น ดังนั้นการเก็บไขมันไว้ไม่ให้เกิดกลิ่นเหม็นหืน ต้องเก็บไว้ที่อุณหภูมิต่ำ ปิดภาชนะให้สนิท ไม่ให้สัมผัสกับออกซิเจนและไอน้ำในอากาศ ในปัจจุบันน้ำมันพืชที่วางขายตามท้องตลาด มีการเติมไฮโดรเจน เพื่อเปลี่ยนพันธะคู่ในกรดไขมันให้เป็นพันธะเดี่ยว ซึ่งช่วยลดการเหม็นหืนได้ แม้เก็บไว้ในมีอุณหภูมิสูง ทำให้วางขายในท้องตลาดได้นานขึ้น โดยไขมันที่ถูกเปลี่ยนให้เป็นพันธะเดียวนี้ เรียกว่าไขมันชนิดทรานส์หรือทรานส์แฟต ที่เป็นไขมันที่ไม่มีประโยชน์ต่อร่างกาย และเป็นสาเหตุของการเกิดโรคเลือดหัวใจตีบตัน และไขมันสะสมในเส้นเลือด อุตสาหกรรมการแปรรูปอาหาร เช่น เบเกอรี่ ขนมปัง เค้ก คุ้กกี้ อาหารกระป๋อง และขนมสำเร็จรูปกรุบกรอบ จะมีไขมันชนิดทรานส์เป็นส่วนประกอบสำคัญในการผลิต รวมทั้งพวกร้านอาหารจานด่วนฟาสฟูดทั้งหลายที่ขายมันฝรั่งทอด เฟรนช์ฟาย หรือไก่ทอด ล้วนแต่ใช้น้ำมันที่ผ่านกรรมวิธีดังกล่าวมาแล้ว โดยประเทศไทยยังไม่มีกฎหมายบังคับให้ผู้ผลิตต้องแจ้งข้อมูลปริมาณไขมันชนิดทรานส์ให้กับผู้บริโภค ดังนั้นหากต้องเลือกรับประทานอาหารที่ต้องใช้น้ำมันในการปรุง ควรสังเกตฉลากข้อมูลโภชนาการด้วย

3) สฟินโกลิปิด เป็นไขมันที่พบที่เยื่อหุ้มเซลล์ มีทั้งส่วนที่มีขั้ว และสายไฮโดรคาร์บอนสองสายที่ไม่มีขั้ว เป็นอนุพันธ์ของสฟินโกซีน ซึ่งมีคาร์บอน 18 อะตอม ส่วนที่มีขั้วจะต่ออยู่กับ $-CH_2$-OH และส่วนที่ไม่มีขั้ว คือ กรดไขมันจะต่อกับหมู่อะมิโนของสฟินโกซีนด้วยพันธะเอไมด์ (ภาพที่ 3.9) แบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ สฟินโกไมอีลิน เซเรโบรไซด์ และแกงกลิโอไซด์ โดยสฟินโกไมอีลินพบมากที่สุด โดยพบในบริเวณเยื่อหุ้มเซลล์ของสัตว์ และที่แผ่นไมอีลิน (Myelin sheath) ซึ่งห่อหุ้มเซลล์ประสาท ส่วนเซเรโบรไซด์พบมากที่เซลล์ของสมอง และประสาท ส่วนกลูโคซีรีโบไซด์ (Glucocerebroside) พบมากที่เยื่อหุ้มเซลล์นอกประสาท และแกงกลิโอไซด์ พบมากในบริเวณส่วนสีเทาของเนื้อสมอง นอกจากนี้แกงกลิโอไซด์ยังเป็นองค์ประกอบสำคัญของผิวเซลล์ที่บริเวณตัวรับ (Receptor) ด้วย ซึ่งจำเพาะกับฮอร์โมน สารพิษ จากแบคทีเรีย และสารสื่อประสาท เป็นต้น

ทั้งเซเรโบรไซด์ และแกงกลิโอไซด์ เป็นไกลโคลิปิด ที่พบเฉพาะในเซลล์สัตว์เท่านั้น ในเซลล์พืชและแบคทีเรียจะพบไกลโคลิปิดอีกชนิดหนึ่ง

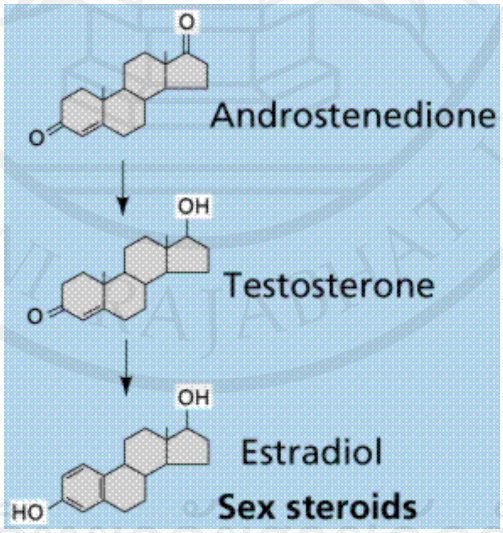


ภาพที่ 3.9 โครงสร้างของสฟินโกลิปิด
ที่มา: (ศุภศิษฏ์ อรุณรุ่งสวัสดิ์, 2552 : 63)

ลิปิดกลุ่มที่ไม่มีไขมันเป็นองค์ประกอบ จำแนกได้เป็น 2 ชนิด คือ

1) อนุพันธ์ของสเตอรอล สารจำพวกสเตอรอล เป็นอนุพันธ์แอลกอฮอล์ของสเตียรอยด์ที่พบมากในเซลล์สัตว์ ได้แก่ โคเลสเตอรอล ซึ่งจะพบทั้งในรูปอิสระ และในรูปของเอสเทอร์กับกรดไขมัน โดยที่โคเลสเทอรอลรูปอิสระจะพบที่เยื่อหุ้มเซลล์ ส่วนรูปเอสเทอร์ มักพบในพลาสมาไลโปโปรตีน เซลล์พืชจะมีสารสเตอรอลที่เรียกว่า สติกมาสเตอรอล (Stigmasterol) ส่วนพวกเชื้อราและยีสต์จะมีเออโกสเตอรอล (Ergosterol) ซึ่งจะเปลี่ยนเป็นวิตามินดี เมื่อถูกแสงแดด

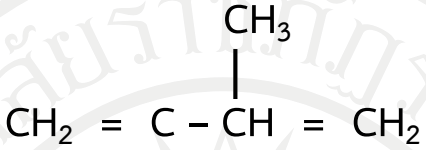
สเตียรอยด์ (Steroids) เป็นลิปิดที่มีคุณสมบัติไม่ละลายน้ำ แต่ละลายได้ในไขมัน และตัวทำละลายอินทรีย์ ตัวอย่างเช่น ฮอร์โมนเพศหญิง และฮอร์โมนเพศชาย เป็นต้น ดังภาพที่ 3.10



ภาพที่ 3.10 โครงสร้างของสเตียรอยด์บางชนิด เช่น เทสโทสเทอโรน
ที่มา: (ศุภศิษฏ์ อรุณรุ่งสวัสดิ์, 2552 : 65)

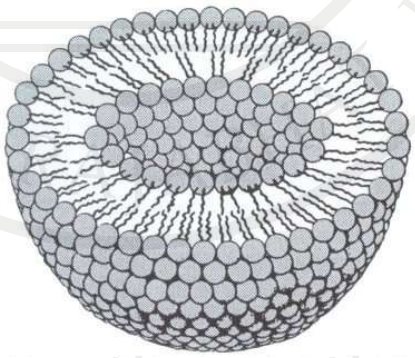
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

2) อนุพันธ์ของเทอร์พีน เป็นโพลิเมอร์ของไอโซพรีน หรืออนุพันธ์ของไอโซพรีน (ภาพที่ 3.11) ซึ่งเป็นสารที่มีคาร์บอน 5 อะตอม ลิปิดที่เป็นอนุพันธ์ของเทอร์พีน ได้แก่ วิตามิน A, E และ K เทอร์พีนในพืช เช่น ไฟทอล เป็นส่วนประกอบของคลอโรฟิลล์ แบต้าแคโรทีน เป็นสารต้นกำเนิดของวิตามิน A และไลโคปีน ที่เป็นสารสีแดงที่พบในมะเขือเทศ และแตงโม



ภาพที่ 3.11 ไอโซพรีน หน่วยย่อยพื้นฐานของเทอร์พีน

2.3 ไมเซลล์และลิโปโซม โมเลกุลของกรดไขมันในรูปที่เป็นเกลือประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนที่มีขั้ว หรือโพลาร์ (Polar) มีคุณสมบัติชอบน้ำ (Hydrophillic) คือหมู่ COO- และส่วนที่ไม่มีขั้ว (Non-polar) มีลักษณะไม่ชอบน้ำ (Hydrophobic) คือ ส่วนที่เป็นสายยาวของไฮโดรคาร์บอน โมเลกุลที่มีลักษณะนี้จะเรียกว่า แอมพลิไฟล์ (Ampliphilic molecule) หรือลักษณะแอมฟิพาธิก เกลือของกรดไขมันและสบู่ เมื่ออยู่ในน้ำจะรวมตัวกันเกิดโครงสร้างที่เรียกว่า ไมเซลล์ (Micelle) คือ จะหันส่วนที่ชอบน้ำไว้ด้านนอก และส่วนที่ไม่ชอบน้ำไว้ด้านใน การเกิดโครงสร้างไมเซลล์ทำให้เกลือของกรดไขมัน หรือสบู่ละลายน้ำได้ และสามารถละลายคราบไขมันที่ติดบนภาชนะ หรือเสื้อผ้า ทั้งนี้เพราะไมเซลล์ของสบู่จะดึงเอาไขมันเข้ามาละลายในส่วนที่ไม่มีขั้ว สำหรับลิโปโซม (ภาพที่ 3.12) เกิดจากการนำกลีเซอรอฟอสโฟลิปิดมาเขย่าในน้ำ และผ่านคลื่นเสียงความถี่สูง จะเกิดการรวมตัวกันเป็นโครงสร้างแบบถุงปิด (Vesicle) กระจัดกระจายเป็นเนื้อเดียวกับสารละลายนั้น ผนังของถุงปิดเหล่านี้ประกอบด้วยกลีเซอรอฟอสโฟลิปิดเรียงตัวกันสองชั้น ภายในถุงจะมีน้ำอยู่ โดยในปัจจุบันมีความพยายามในการเตรียมลิโปโซมไปใช้เป็นพาหะในการนำยาเข้าสู่อวัยวะเป้าหมายที่ต้องการรักษา เพราะลิโปโซมมีคุณสมบัติคล้ายคลึงกับเยื่อหุ้มเซลล์ตามธรรมชาติ



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

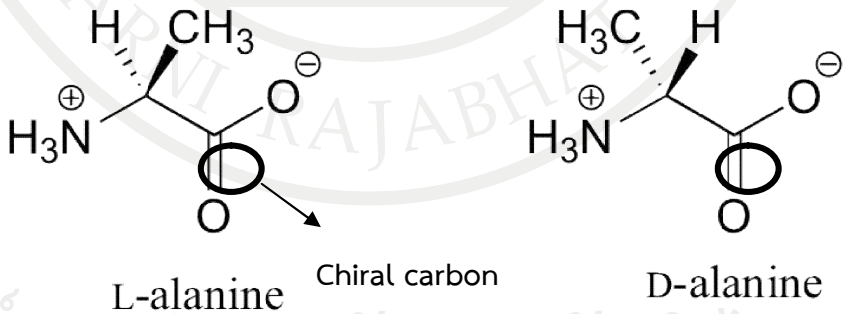
ภาพที่ 3.12 โครงสร้างของลิโปโซม
ที่มา: (ศุภศิษฏ์ อรุณรุ่งสวัสดิ์, 2552 : 67)

2.4 ลิโปโปรตีน หมายถึง ลิปิดที่จับอยู่กับโปรตีนด้วยแรงดึงดูดทางกายภาพที่ไม่ใช่พันธะโควาเลนต์ ในน้ำเลือด หรือพลาสมา จะมีลิโปโปรตีนหลายชนิด ทำหน้าที่ขนส่งลิปิดจากลำไส้เล็กไปยังตับ และจากตับไปยังแหล่งสะสมไขมัน และเนื้อเยื่ออื่น ๆ ลิโปโปรตีนจะมีปริมาณลิปิดและโปรตีนแตกต่างกัน ทำให้มีความหนาแน่นต่างกัน สามารถแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม ตามค่าความหนาแน่น คือ chylomicron, Very low density Lipoprotein (VLDL), Low density Lipoprotein (LDL), และ High density Lipoprotein (HDL) ลิโปโปรตีนของน้ำเลือดจะมีกลีเซอรอลฟอสโฟลิปิดอยู่ด้านนอกในลักษณะเดียวกับการเกิดไมเซลล์ และมีโปรตีนแทรกอยู่ทั่วไป โปรตีนจะมีลักษณะแอมฟิพาธิก คือ มีส่วนที่มีขั้ว และไม่มีขั้ว โดยส่วนที่มีขั้วจะอยู่ด้านนอกกับไมเซลล์ และส่วนที่ไม่มีขั้วจะอยู่ด้านใน ลิปิดที่ไม่มีขั้ว เช่น ไตรเอซิลกลีเซอรอล และคอเลสเตอรอลเอสเทอร์ จะรวมตัวอยู่ด้านในของไมเซลล์ ด้วยเหตุนี้ทำให้ลิโปโปรตีนสามารถจะพาลิปิดที่ไม่ชอบน้ำเคลื่อนที่ไปในกระแสเลือดได้

3. โปรตีน

โปรตีนเป็นสารชีวโมเลกุลที่มีความสำคัญเป็นอย่างมากต่อสิ่งมีชีวิต เนื่องจากเป็นองค์ประกอบหลักของเซลล์ทุกชนิด และเป็นองค์ประกอบของเนื้อเยื่อและอวัยวะต่าง ๆ เช่น ผิวหนัง กล้ามเนื้อ เส้นผม เล็บ และยังเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของฮอร์โมน ซึ่งทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของอวัยวะต่าง ๆ เอนไซม์ที่ทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาในกระบวนการเมตาบอลิซึม แอนติบอดีที่ทำหน้าที่ในระบบภูมิคุ้มกัน รวมไปถึงฮีโมโกลบินที่ทำหน้าที่ขนส่งออกซิเจน ล้วนเป็นสารกลุ่มโปรตีนทั้งสิ้น โปรตีนมีโมเลกุลขนาดใหญ่ มีโครงสร้างเป็นสามมิติ เมื่อย่อยสลายโมเลกุลของโปรตีนให้มีขนาดเล็กลงเรื่อยๆ จนกระทั่งได้เป็นขนาดโมเลกุลที่เล็กที่สุด จะได้โมเลกุลที่เรียกว่า กรดอะมิโน (Amino acid) ดังนั้นโปรตีนจึงเป็นโพลิเมอร์ของกรดอะมิโน เหมือนกับคาร์โบไฮเดรตที่เป็นโพลิเมอร์ของน้ำตาล หรือ DNA ที่เป็นโพลิเมอร์ของนิวคลีโอไทด์ และโปรตีนจะให้พลังงาน 4 กิโลแคลอรีต่อกรัมเท่ากับคาร์โบไฮเดรต (พจน์ ศรีบุญลือ และคนอื่น ๆ, 2555 : 98)

3.1 กรดอะมิโน เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่ประกอบไปด้วยธาตุหลัก 4 ธาตุ คือ C, H, O, N โครงสร้างโมเลกุลประกอบไปด้วยหมู่คาร์บอกซิล (-COOH) และหมู่อะมิโน (-NH2/-NH3) และที่สำคัญคือ มีหมู่แขนงข้าง (Side chain: R) ซึ่งใช้เป็นเกณฑ์ในการจัดจำแนกชนิดของกรดอะมิโน



ภาพที่ 3.13 สูตรโครงสร้างของกรดอะมิโนอะลานีน
ที่มา: (ศุภศิษฏ์ อรุณรุ่งสวัสดิ์, 2552 : 72)

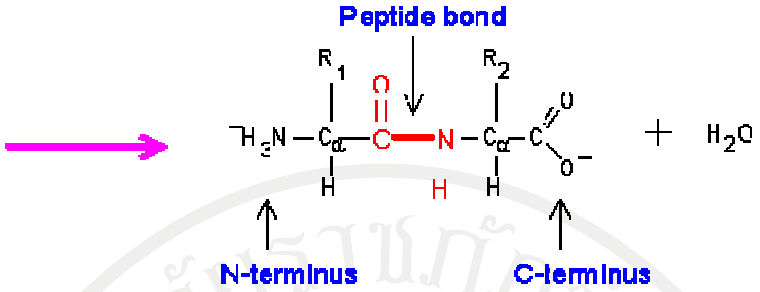
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

จากภาพ จะพบว่าอะตอมคาร์บอนตรงกลางเป็นอะตอมคาร์บอนชนิดไม่สมมาตร (Asymetric carbon atom) หรือ ไครัลคาร์บอน (Chiral carbon) หมายถึง อะตอมคาร์บอนที่มีหมู่ต่าง ๆ เข้ามาเกาะกับแขนทั้ง 4 ของอะตอมคาร์บอน เป็นคนละชนิดกัน จึงทำให้กรดอะมิโนทุกชนิดมีไอโซเมอร์ได้ 2 แบบ คือ D และ L-isomer โดยพิจารณาจากหมู่อะมิโน ($-N^{+}H_3$) ถ้าหมู่อะมิโนอยู่ด้านซ้ายของไครัลคาร์บอน จะเป็นชนิด L-isomer ดังภาพที่ 3.13 ยกเว้นไกลซีนที่ไม่มีไอโซเมอร์ทั้ง D และ L กรดอะมิโนที่พบในธรรมชาติส่วนใหญ่มีไอโซเมอร์เป็นชนิด L-isomer กรดอะมิโนที่พบในธรรมชาติแต่ละชนิดมีชื่อเต็มและชื่อย่อแบบ 3 ตัวอักษร ดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 กรดอะมิโนที่พบในธรรมชาติ 20 ชนิด แสดงชื่อย่อแบบ 3 ตัวอักษร

ชื่อกรดอะมิโน	**ชื่อย่อ**
ไกลซีน (Glycine)	Gly
อะลานีน (Alanine)	Ala
วาลีน (Valine)	Val
ลิวซีน (Leucine)	Leu
ไอโซลิวซีน (Isoleucine)	Ile
เมไทโอนีน (Methionine)	Met
ฟีนิลอะลานีน (Phenylalanine)	Phe
โพรลีน (Proline)	Pro
ซีรีน (Serine)	Ser
ทรีโอนีน (Threonine)	Thr
ซิสเตอีน (Cysteine)	Cys
แอสปาราจีน (Asparagine)	Asn
กลูตามีน (Glutamine)	Gln
ไทโรซีน (Tyrosine)	Tyr
ทริปโตแฟน (Tryptophan)	Trp
แอสปาเตท (Aspartate)	Asp
กลูตาเมท (Glutamate)	Glu
ฮิสทีดีน (Histidine)	His
ไลซีน (Lysine)	Lys
อาร์จินีน (Arginine)	Arg

3.2 เปปไทด์ เป็นกรดอะมิโนที่มาเชื่อมต่อกันไม่เกิน 10 ตัว แต่ถ้ามีกรดอะมิโนตั้งแต่ 10-100 ตัว เรียกว่า โพลิเปปไทด์ (polypeptide) ถ้ายาวกว่านี้จัดเป็นโปรตีน กรดอะมิโนแต่ละโมเลกุลในสายเปปไทด์ โพลิเปปไทด์ และสายโปรตีน จะเรียกว่า เรซิดิวซ์ โดยปลายข้างหนึ่งที่มีหมู่ NH3 เรียกว่า ปลายอะมิโน หรือ ปลานเอ็น (N-terminus) และอีกข้างที่มีหมู่ –COO- อยู่เรียกว่า ปลายคาร์บอกซิล หรือ ปลายซี (C-terminus) ดังภาพที่ 3.14



ภาพที่ 3.14 พันธะเปปไทด์ ที่เชื่อมต่อกรดอะมิโนตั้งแต่ 2 โมเลกุลขึ้นไป

ที่มา: (มนตรี จุฬาวัฒนทล และประหยัด โกมารทัต, 2542 : 45)

3.3 โปรตีน เป็นสายโพลิเปปไทด์ เกิดจากกรดอะมิโนแต่ละหน่วยเชื่อมต่อกันด้วยเปปไทด์ สายโพลิเปปไทด์ สายโพลีเปปไทด์ ขนาดสั้นจะเป็นโพลีเมอร์ที่มีลักษณะเป็นเส้นตรง แต่ถ้าหากมีความยาวมาก ๆ หมู่แขนงของกรดอะมิโนแต่ละหน่วย ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ที่จำเพาะกันพอดี จะสร้างพันธะต่าง ๆ ต่อกัน เช่น พันธะไฮโดรเจน และอันตรกิริยาไฮโดรโฟบิก เป็นต้น ทำให้สายโพลีเปปไทด์เกิดการขด ม้วน พับ เป็นโครงสร้างสามมิติขึ้น โดยสามารถจัดแบ่งโครงสร้างของโปรตีนออกเป็น 4 ระดับ คือ โครงสร้างปฐมภูมิ (Primary structure) โครงสร้างทุติยภูมิ (Secondary structure) โครงสร้างตติยภูมิ (Tertiary structure) และโครงสร้างจตุรภูมิ (Quaternary structure) (พจน์ ศรีบุญลือ และคนอื่น ๆ, 2555: 107)

โครงสร้างปฐมภูมิ การเรียงตัวเชื่อมต่อกันของกรดอะมิโนด้วยพันธะเปปไทด์ในโปรตีนแต่ละชนิดจะมีลำดับการเรียงตัวของกรดอะมิโนที่จำเพาะ โดยกรดอะมิโนตัวแรกที่ปลายอะมิโน หรือปลายเอ็นด้านซ้ายมือ ต่อด้วยกรดอะมิโนตัวที่ 2,3 ถัดไปเรื่อย ๆ จนถึงกรดอะมิโนตัวสุดท้ายที่ปลายคาร์บอกซี หรือปลายซี เช่น

-Ala-Glu-Val-Thr-Asp-Pro-Gly

โครงสร้างทุติยภูมิ (Secondary structure) เกิดจากการม้วน การขด หรือการทับกันของโครงสร้างปฐมภูมิของสายโปรตีน จากการศึกษาโปรตีนในธรรมชาติ ส่วนใหญ่มีการม้วนพับ เกิดเป็นโครงสร้างที่มีลักษณะเป็นเกลียว เรียกว่า เกลียวแอลฟา (alpha-helix) และขดทับกันเป็นแผ่น เรียกว่า แผ่นเบต้าชีต

โครงสร้างตติยภูมิ (Tertiary structure) โปรตีนที่มีโครงสร้างแบบนี้จะมีการขดหรือม้วนตัวทำให้ได้โครงรูปที่คงตัว ได้แก่ โปรตีนก้อนกลม เช่น ไมโอโกลบินในเซลล์กล้ามเนื้อ ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวรับออกซิเจนจากฮีโมโกลบิน เพื่อเก็บไว้ให้เซลล์ใช้ตามต้องการ

โครงสร้างจตุรภูมิ (Quaternary structure) เป็นโปรตีนที่ประกอบด้วยหน่วยย่อยของสายโพลีเปปไทด์หลาย ๆ หน่วยมาอยู่ร่วมกัน โดยอาศัยแรงยึดเหนี่ยวอย่างอ่อน เช่น ฮีโมโกลบิน ซึ่งประกอบด้วยหน่วยย่อย 4 หน่วยคือ หน่วยย่อยแอลฟา จำนวน 2 หน่วย ที่แต่ละหน่วยย่อยประกอบด้วยกรดอะมิโน 141 เรซิดิวซ์ และหน่วยย่อยเบตา จำนวน 2 หน่วย ที่แต่ละหน่วยย่อยประกอบด้วยกรดอะมิโนจำนวน 146 เรซิดิวซ์ จับกันในลักษณะจัตุรมุข ฮีโมโกลบิน 1 โมเลกุล

สามารถจับกับออกซิเจนได้ 4 โมเลกุล ทำหน้าที่ขนส่งออกซิเจนจากปอดไปให้เซลล์ต่าง ๆ ทั่วร่างกาย เมื่อเกิดความผิดปกติทางพันธุกรรม ทำให้กรดอะมิโนบางตำแหน่งบนสายโพลีเปปไทด์ของฮีโมโกลบินผิดไปจากเดิม เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดโรคโลหิตจางได้ เช่น โรคซิกเกิล เซลล์ แอนนิเมีย (Sickle cell anemia) ที่รูปร่างของเซลล์เม็ดเลือดแดงบิดเบนไปจนมีลักษณะคล้ายเคียว ฮีโมโกลบินชนิดนี้จะมีอายุสั้น

การแบ่งประเภทโปรตีน พิจารณาจากองค์ประกอบทางเคมี คุณค่าทางอาหาร โครงสร้างสามมิติ และหน้าที่ทางชีวภาพ

องค์ประกอบทางเคมี สามารถแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ

1) Simple protein เป็นโปรตีนที่ทั้งโมเลกุลประกอบด้วยกรดอะมิโนเท่านั้น ไม่มีสารอื่นปะปนอยู่ ดังนั้นเมื่อโปรตีนชนิดนี้ละลายน้ำ จะได้เพียงกรดอะมิโนอิสระเท่านั้น

2) Complex protein เป็นโปรตีนชนิดที่ถูกสลายด้วยน้ำ จะได้ส่วนประกอบ 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นโปรตีน ประกอบด้วยกรดอะมิโน และส่วนอื่นที่ใช่โปรตีน เรียกว่า หมู่พรอสเธติก อาจจะเป็นน้ำตาล ไขมัน หรือโลหะ เช่น ไกลโคโปรตีน มีหมู่พรอสเธติกเป็นคาร์โบไฮเดรต เป็นต้น

คุณค่าทางอาหาร สามารถแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ

1) Complete protein เป็นโปรตีนที่ประกอบไปด้วยกรดอะมิโนจำเป็นครบสมบูรณ์ เช่น โปรตีนจากถั่วเหลือง และเนื้อสัตว์

2) Incomplete protein เป็นโปรตีนที่มีกรดอะมิโนจำเป็นไม่ครบ เช่น ข้าว ซึ่งมักจะขาดกรดอะมิโนไลซีน เป็นต้น

โครงสร้างสามมิติ สามารถแบ่งชนิดของโปรตีนตามโครงสร้างสามมิติ ได้เป็น 2 ชนิด คือ

1) Fibrous protein เป็นโปรตีนชนิดเส้นใย ไม่ค่อยละลายน้ำ มักทำหน้าที่เป็นโปรตีนโครงสร้าง เช่น เคอราตินในเส้นผม ขนสัตว์และเขาสัตว์ และคอลลาเจน ที่เป็นองค์ประกอบของกระดูกอ่อน และเอ็น เป็นต้น

2) Globular protein เป็นโปรตีนชนิดก้อนกลม ซึ่งมีโครงรูปของสายโพลีเปปไทด์ขดไปมาและอัดกันแน่นเป็นทรงกลม เช่น ฮีโมโกลบิน เป็นต้น

หน้าที่ทางชีวภาพของโปรตีน แบ่งได้เป็น 7 ชนิด คือ

1) โปรตีนเอนไซม์ (Enzymes) ทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalyst) ของกระบวนการเมตาบอลิซึม เช่น ทริปซิน อะดีนิลไซเคลส อาร์เอ็นเอ โพลิเมอเรส รีเวิส ทรานคริปเตส เป็นต้น

2) โปรตีนโครงสร้าง (Structural proteins) เป็นองค์ประกอบหลักของร่างกายในสัตว์ชั้นสูง เช่น คอลลาเจน ซึ่งเป็นโปรตีนเส้นใยที่พบในสัตว์ทุกชนิด

3) โปรตีนป้องกัน (Immune Proteins) เป็นโปรตีนที่ร่างกายสร้างขึ้นมาเพื่อป้องกันการรุกล้ำของสิ่งแปลกปลอมที่เข้าสู่ร่างกาย เช่น แอนติบอดี และโปรตีนที่เกี่ยวข้องกับการแข็งตัวของเลือด ได้แก่ ไฟบริน และทรอมบิน เป็นต้น

4) โปรตีนขนส่ง (Transport proteins) เป็นโปรตีนที่ทำหน้าที่ขนส่งโมเลกุลเล็ก ๆ ไปสู่ส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย เช่น ฮีโมโกลบินในน้ำเลือด ทำหน้าที่ขนส่งออกซิเจนจากปอดไปยังเซลล์ต่าง ๆ ทั่วร่างกาย และรับคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งเป็นของเสียจากเซลล์กลับคืนสู่ปอด เพื่อให้ปอดกำจัดทิ้งออกไป เป็นต้น

5) โปรตีนคลังอาหาร (Storage proteins) เป็นโปรตีนที่ทำหน้าที่เป็นแหล่งพลังงานสำรองหรือเป็นคลังอาหาร เช่น เคซีนในน้ำนม อัลบูมินในไข่ขาว เป็นต้น

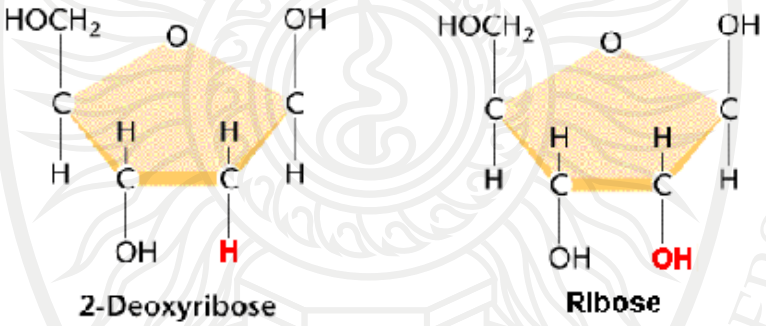
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

6) โปรตีนควบคุม (Regulatory proteins) เป็นโปรตีนที่ควบคุมอัตราเมตาบอลิซึมในร่างกาย เช่น ฮอร์โมนอินซูลิน ที่ผลิตจากตับอ่อน ทำหน้าที่ควบคุมระดับน้ำตาลในกระแสเลือดและส่งสัญญาณให้เปลี่ยนน้ำตาลที่มากเกินพอไปเป็นไกลโคเจนเก็บสะสมไว้ที่ตับ

7) โปรตีนเคลื่อนไหว (Mobility proteins) เป็นโปรตีนที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อในสิ่งมีชีวิตชั้นสูง ซึ่งเป็นผลมาจากโปรตีน 2 ชนิด คือ แอคติน และไมโอซิน ส่วนอสุจิและโปรโตซัว จะใช้ซีเลีย และแฟลกเจลลา อย่างใดอย่างหนึ่งในการเคลื่อนไหว ซึ่งเป็นผลจากการทำงานของโปรตีนไดนีน เป็นต้น

4. กรดนิวคลีอิก เป็นสารเคมีที่อยู่ภายในนิวเคลียส ไซโทพลาสซึม ไมโทคอนเดรีย และในคลอโรพลาสต์ ทำหน้าที่ถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต ถูกค้นพบครั้งแรกโดยนักชีวเคมีที่ชื่อว่าฟรีดิช ไมเอสเชอร์ เป็นสารประกอบโมเลกุลขนาดใหญ่ มีโครงสร้างเป็นโพลิเมอร์ของนิวคลีโอไทด์ เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า โพลีนิวคลีโอไทด์ (Polynucleotide) โดยนิวคลีโอไทด์ 1 หน่วยจะประกอบด้วยเบสไนโตรเจน น้ำตาลเพนโทส และกรดฟอสโฟริค ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

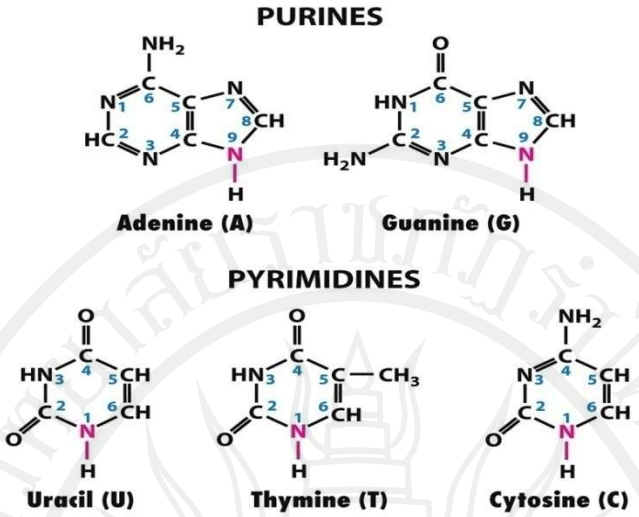
น้ำตาลเพนโทส เป็นน้ำตาลที่มีคาร์บอนจำนวน 5 อะตอม มี 2 ชนิด คือ น้ำตาลไรโบส และน้ำตาลดีออกซีไรโบส ดังภาพที่ 3.15 กรดนิวคลีอิกที่มีน้ำตาลไรโบสเป็นองค์ประกอบ เรียกว่า กรดไรโบนิวคลีอิก (Ribonucleic acid หรือ RNA และถ้ามีน้ำตาลดีออกซีไรโบสเป็นองค์ประกอบจะเรียกว่า กรดดีออกซีไรโบนิวคลีอิก (Deoxyribonucleic acid หรือ DNA)



ภาพที่ 3.15 แสดงน้ำตาลไรโบส และน้ำตาลดีออกซีไรโบส
ที่มา: (ศุภศิษฏ์ อรุณรุ่งสวัสดิ์, 2552 : 32)

เบสไนโตรเจน (Nitrogenous base) เป็นสารประกอบที่มีโครงสร้างเป็นรูปวงแหวน ที่มีอะตอมของไนโตรเจนอยู่ในวงแหวนด้วย มี 2 ชนิด คือ เบสที่เป็นอนุพันธ์ของเพียวรีน และเบสที่เป็นอนุพันธ์ของไพริมีดีน (ภาพที่ 3.16)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



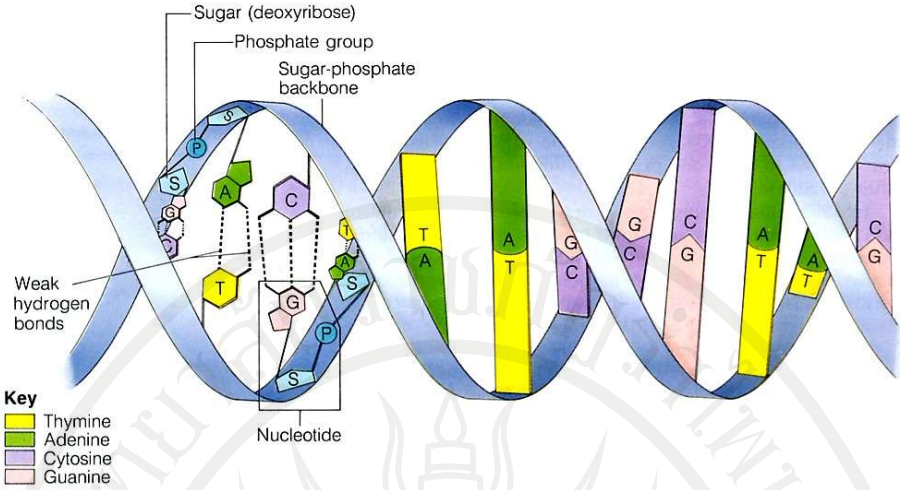
ภาพที่ 3.16 โครงสร้างทั่วไปของเบสเพียวรีน และเบสไพริมิดีน
ที่มา: (ศุภศิษฏ์ อรุณรุ่งสวัสดิ์, 2552 : 33)

อนุพันธ์ของเพียวรีนมีโครงสร้างหลักเป็นวงแหวน 2 วง มี 2 ชนิด คือ A กับ G ส่วนอนุพันธ์ของไพริมิดีนมีโครงสร้างหลักประกอบด้วยวงแหวน 1 วง มีเบส 3 ชนิด คือ ไซโทซีน; C ยูราซิล; U และไทมีน; T

กรดฟอสโฟริก (Phosphoric acid) ในกรดนิวคลีอิกจะอยู่ในรูปของเกลือฟอสเฟต ($-PO_4^{3-}$) ซึ่งเป็นตัวทำให้กรดนิวคลีอิกมีคุณสมบัติเป็นกรด

โครงสร้างและหน้าที่ของ DNA

DNA เป็นโพลิเมอร์ของนิวคลีโอไทด์ 2 สาย ที่พันบิดกันเป็นเกลียวคู่ (Double helix) วนไปทางขวา โดยสายโพลีนิวคลีโอไทด์ทั้งสองสายเรียงสลับสวนทิศทางกัน (Antiparalell) คล้ายบันไดเวียน โดยมีน้ำตาลและหมู่ฟอสเฟตเป็นราวบันได และบันไดแต่ละขั้น คือ เบส 1 คู่ ที่ซ้อนจับกันด้วยพันธะไฮโดรเจนระหว่าง A-T และ G-C การสังเคราะห์ DNA จะทำให้ได้สารพันธุกรรมที่มีลักษณะเหมือนเดิมทุกประการ จำนวนมากขึ้นเป็น 2 เท่า การเกิดสายโพลิเมอร์ของนิวคลีโอไทด์จะมีการสร้างสายใหม่ขึ้นมา 1 สาย และมีสายเก่าอยู่หนึ่งสายทำหน้าที่เป็นแม่พิมพ์ ในขณะที่มีการสังเคราะห์สายใหม่ขึ้นมา ดังภาพที่ 3.17 โดยโครงสร้างของ DNA มีการศึกษา และรวบรวมโดย เจมส์ วัตสัน นักศึกษาปริญญาโทสาขาพันธุศาสตร์ และฟรานซิส คริก นักศึกษาสาขาฟิสิกส์ โดยได้ตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ *Nature* ฉบับวันที่ 25 เมษายน 1953 โดยทั้งวัตสันและคริกได้รับรางวัลโนเบลร่วมกันกับโรสลินด์ วิลคินส์ในปี 1962 โมเลกุลของ DNA เป็นโพลิเมอร์ของนิวคลีโอไทด์ ซึ่งนิวคลีโอไทด์แต่ละหน่วยจะเรียงเชื่อมต่อกันด้วยพันธะ 3’,5’- ฟอสโฟไดเอสเทอร์ (3’,5’- phosphodiester bond) เกิดเป็นสายยาวของโพลีนิวคลีโอไทด์ที่สามารถเขียนโครงสร้างแบบย่อได้ โดยเขียนแสดงเฉพาะเบสไนโตรเจนเท่านั้น และมีทิศทางจากปลาย 5’ ไปทางปลาย 3’ เท่านั้น สายโพลีนิวคลีโอไทด์ 2 สาย จะพันกันเป็นเกลียว โดยยื่นเบสเข้าหากัน (เป็นเสมือนขั้นบันได) โดยเบสอะดีนีน (A) จับกับเบสไทมีน (T) ด้วยพันธะไฮโดรเจนจำนวน 2 พันธะ และเบสกัวนีน (G) จับกับเบสไซโทซีน (C) ด้วยพันธะไฮโดรเจนจำนวน 3 พันธะ การจับกันระหว่างเบส A-T และเบส G-C นี้เรียกว่า เบสคู่สม (Complementary Base Paring)



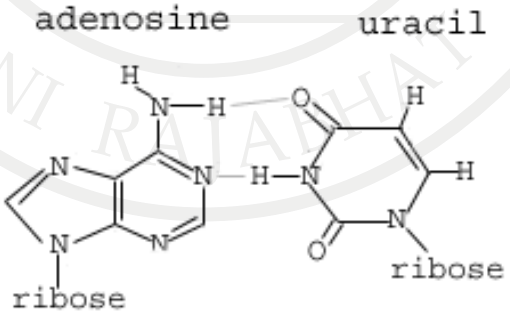
ภาพที่ 3.17 โครงสร้างของดีเอ็นเอ
ที่มา: (ศุภศิษฏ์ อรุณรุ่งสวัสดิ์, 2552 : 129)

โครงสร้างและหน้าที่ของ RNA

RNA เป็นกรดนิวคลีอิกที่พบได้ในสิ่งมีชีวิต ทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการถ่ายทอดข้อมูลทางพันธุกรรมจาก DNA ไปใช้สร้างโปรตีนชนิดต่าง ๆ ของเซลล์

DNA ⟶ RNA ⟶ Protein

โครงสร้างของ RNA คล้ายกับ DNA ส่วนใหญ่แล้ว RNA จะมีลักษณะเป็นสายเดี่ยว แต่ DNA เป็นสายคู่ นอกจากนี้ทั้งคู่ต่างมีองค์ประกอบพื้นฐานคล้ายกัน แตกต่างกันเพียงน้ำตาล คือ ใน RNA เป็นน้ำตาลไรโบส ขณะที่ DNA เป็นน้ำตาลชนิดดีออกซีไรโบส และอีกข้อ คือ DNA มีเบสไทมีน แต่ RNA เป็นเบสยูราซิลแทน ส่วนการจับคู่เบสในโมเลกุลของ RNA เอง หรือการจับกันระหว่าง DNA กับ RNA ในขั้นตอนการสร้าง RNA ทุกชนิด ยังเป็นไปตามกฎของชาร์กาฟ คือ เบสอะดีนีน (A) จับกับเบสยูราซิล (U) แทนที่เบสไทมีน (T) ดังภาพที่ 3.18



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ภาพที่ 3.18 การจับคู่เบสกันระหว่างเบสอะดีนีน และเบสยูราซิล

ในธรรมชาติ RNA ที่ถูกสร้างโดยใช้โมเลกุลของ DNA เป็นแม่แบบ จะแบ่งตามรูปร่างและหน้าที่ได้เป็น 3 ประเภท คือ

mRNA (Messenger RNA) เป็น RNA ส่งข่าว มีเบสไนโตรเจนที่เป็นรหัส โดยการอ่านครั้งละ 3 ตัว เรียกว่า โคดอน (Codon) ซึ่งเป็นรหัสพันธุกรรมที่มีอยู่ในสิ่งมีชีวิตทุกชนิด มีขนาดประมาณ 500-1,000 นิวคลีโอไทด์ ทำหน้าที่เป็นตัวกลางนำข้อมูลทางพันธุกรรมจาก DNA ในนิวเคลียส ออกไปยังไรโบโซมที่อยู่ในไซโทพลาสซึม เพื่อนำมาสังเคราะห์โปรตีนต่อไป

tRNA (Transfer RNA) RNA ทำหน้าที่ขนย้าย มีขนาดเล็กมากเพียง 70-100 นิวคลีโอไทด์เท่านั้น tRNA แต่ละชนิดจะมีลำดับเบสที่ปลายสุดเป็น CCA ซึ่งเป็นที่กรดอะมิโนเกาะอยู่ และมีลำดับเบสที่สมกันกับลำดับเบสบนสาย mRNA ที่เรียกว่า แอนติโคดอน (Anticodon) โดยที่ tRNA จะเป็นตัวนำกรดอะมิโนไปยังไรโบโซม เพื่อนำมาเรียงต่อกันเป็นลำดับกรดอะมิโนของโปรตีน

rRNA (Ribosomal RNA) RNA ของไรโบโซม มีขนาดประมาณ 100-3,000 นิวคลีโอไทด์ rRNA จะรวมตัวกับโปรตีนในไซโทพลาสซึม สร้างเป็นไรโบโซม เพื่อเป็นที่ mRNA และ tRNA เข้าจับกันในปฏิกิริยาการสังเคราะห์โปรตีน

สรุป

สารชีวโมเลกุล (Biomolicules) หมายถึง สารต่าง ๆ ที่เป็นองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต ซึ่งส่วนใหญ่เป็นสารประกอบของคาร์บอน เช่น คาร์โบไฮเดรต ไขมัน โปรตีน และกรดนิวคลีอิก คาร์โบไฮเดรตสามารถแบ่งตามโครงสร้างออกเป็น 3 ประเภท คือ 1. โมโนแซ็กคาไรด์ (Monosaccharides) หรือน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว มีสูตรทั่วไปเป็น C n H_2n O n ซึ่งจะมี 2 ประเภท คือ น้ำตาลอัลโดส (aldoses) เป็นน้ำตาลที่มีหมู่คาร์บอกซาลดีไฮด์ เช่น กลูโคส กาแลกโตส และไรโบส เป็นต้น ส่วนน้ำตาลคีโตส (Ketoses) เป็นน้ำตาลที่มีหมู่คาร์บอนิล ได้แก่ ฟรุกโตส เป็นต้น น้ำตาลโมเลกุลคู่ (Disaccharide) ได้แก่ แลคโตส มอลโตส และซูโครส ซึ่งเกิดจากการรวมตัวของ Monosacharide 2 โมเลกุล โดยกำจัดน้ำออกไป 1 โมเลกุล เช่น ซูโครส ($C_{12}H_{22}O_{11}$) เกิดจากกลูโคสรวมตัวกับฟรุกโตส เป็นต้น และโพลีแซคคาไรด์ เช่น แป้ง เซลลูโลส ไกลโคเจน เกิดจากโมโนแซคคาไรด์ (Monosacharide) หลาย ๆ โมเลกุลจำนวนมากมายต่อรวมกันเป็นพอลิเมอร์ โพลีแซคคาไรด์แบ่งเป็น 2 ชนิด ได้แก่ โพลีแซคคาไรด์ชนิดสะสม และโพลีแซคคาไรด์ชนิดโครงสร้าง ส่วนไกลโคโปรตีน ประกอบไปด้วยโปรตีนที่เกาะอยู่กับน้ำตาลโอลิโกแซคคาไรด์ สายสั้น ประมาณ 15 หน่วย เป็นองค์ประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์ (cell membrane) น้ำตาลที่พบในไกลโคโปรตีน ได้แก่ น้ำตาลกลูโคส กาแลคโตส แมนโนส และฟิวโคส เป็นต้น หน้าที่สำคัญของไกลโคโปรตีน คือ ทำหน้าที่เป็นตัวรับ (receptor) และทำหน้าที่จดจำกันระหว่างเซลล์ (Cell-cell recognition) ไกลโคโปรตีนที่สำคัญ ได้แก่ ไฟบริโนเจน อิมมุโนโกลบูลิน เอนไซม์เปปซิน เป็นต้น และไกลโคลิปิด ประกอบไปด้วยน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวเกาะกับไขมัน เช่น ซีรีโบรไซด์ พบในเยื่อเซลล์สมองและประสาท ได้แก่ ไกลโคอะมิโนไกลแคน (Glycoaminoglycan) เช่น คอนดรอยตินที่พบในกระดูกอ่อน กระดูกแข็ง และแก้วตา เป็นต้น สำหรับไขมัน (lipid) เป็นกลุ่มสารชีวโมเลกุลที่ไม่ชอบน้ำ แต่มีหน้าที่หลากหลายประการ ความไม่ชอบน้ำของไขมันขึ้นอยู่กับโครงสร้างของโมเลกุล ไขมันประกอบไปด้วยธาตุหลัก 3 ชนิด ได้แก่ คาร์บอน ไฮโดรเจน และ ออกซิเจน เช่นเดียวกับโปรตีนและคาร์โบไฮเดรต อย่างไรก็ตามไขมันมีองค์ประกอบเป็นคาร์บอนและไฮโดรเจนแต่มีออกซิเจนน้อย ดังนั้นไขมันจึงให้พลังงานมากถึง 9 แคลอรีต่อ 1 กรัม โดยไขมันจะประกอบขึ้นด้วยกรดไขมัน (Fatty acids)

ชนิดต่าง ๆ ที่มีลักษณะทางกายภาพและมีผลต่อร่างกายแตกต่างกันไป ไขมันยังสามารถแบ่งตามการมีพันธะคู่ของคาร์บอนอะตอมภายในกรดไขมันได้แก่ กรดไขมันอิ่มตัว (Saturated fatty acids) ซึ่งไม่มีพันธะคู่ระหว่างอะตอมของคาร์บอน ปกติพบได้ในไขมันจากสมองสัตว์หรือเครื่องในสัตว์ และกรดไขมันไม่อิ่มตัว (Unsaturated fatty acids) ซึ่งมีพันธะคู่ พบได้ในไขมันพืช ลิปิดที่มีกรดไขมันเป็นองค์ประกอบ จำแนกได้ 3 ชนิด คือ 1) เอสเทอร์ของแอลกอฮอล์ 2) เอสเทอร์ของกลีเซอรอล 3) สฟินโกลิปิด ส่วนลิปิดกลุ่มที่ไม่มีกรดไขมัน จำแนกได้เป็น 2 ชนิด คือ อนุพันธ์ของสเตอรอล และอนุพันธ์ของเทอร์พีน ส่วนลิโปโปรตีน หมายถึง ลิปิดที่จับอยู่ กับโปรตีนด้วยแรงดึงดูดทางกายภาพที่ไม่ใช่พันธะโควาเลนต์ ในน้ำเลือด หรือพลาสมา จะมีลิโปโปรตีนหลายชนิด ทำหน้าที่ขนส่งลิปิดจากลำไส้เล็กไปยังตับ และจากตับไปยังแหล่งสะสมไขมัน และเนื้อเยื่ออื่น ๆ ลิโปโปรตีนจะมีปริมาณลิปิดและโปรตีนแตกต่างกัน ทำให้มีความหนาแน่นต่างกัน สามารถแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม ตามค่าความหนาแน่น คือ chylomicron, Very low density Lipoprotein (VLDL), Low density Lipoprotein (LDL), และ High density Lipoprotein (HDL) สำหรับโปรตีน เป็นสารชีวโมเลกุลที่มีความสำคัญเป็นอย่างมากต่อสิ่งมีชีวิต เนื่องจากเป็นองค์ประกอบหลักของเซลล์ทุกชนิด และเป็นองค์ประกอบของเนื้อเยื่อและอวัยวะต่าง ๆ เช่น ผิวหนัง กล้ามเนื้อ เส้นผม เล็บ และยังเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของฮอร์โมน ซึ่งทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของอวัยวะต่าง ๆ เอนไซม์ที่ทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาในกระบวนการเมตาบอลิซึม แอนติบอดีที่ทำหน้าที่ในระบบภูมิคุ้มกัน รวมไปถึงฮีโมโกลบินที่ทำหน้าที่ขนส่งออกซิเจน ล้วนเป็นสารกลุ่มโปรตีนทั้งสิ้น โดยสามารถจัดแบ่งโครงสร้างของโปรตีนออกเป็น 4 ระดับ คือ โครงสร้างปฐมภูมิ (Primary structure) โครงสร้างทุติยภูมิ (Secondary structure) โครงสร้างตติยภูมิ (Tertiary structure) และโครงสร้างจตุรภูมิ (Quaternary structure) หน้าที่ทางชีวภาพของโปรตีน แบ่งได้เป็น 7 ชนิด เช่น โปรตีนที่ทำหน้าที่เป็นเอนไซม์ โปรตีนที่ทำหน้าที่เป็นโครงสร้าง โปรตีนทีทำหน้าที่ขนส่ง เป็นต้น และกรดนิวคลีอิกเป็นสารเคมีที่อยู่ภายในนิวเคลียส ไซโทพลาสซึม ไมโทคอนเดรีย และในคลอโรพลาสต์ ทำหน้าที่ถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต มีโครงสร้างเป็นโพลิเมอร์ของนิวคลีโอไทด์ เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า โพลีนิวคลีโอไทด์ (Polynucleotide) โดยนิวคลีโอไทด์ 1 หน่วยจะประกอบด้วยเบสไนโตรเจน น้ำตาลเพนโทส และกรดฟอสโฟริค

สำหรับ DNA เป็นกรดนิวคลีอิกที่มีลักษณะเป็นโพลิเมอร์ของนิวคลีโอไทด์ 2 สาย ที่พันบิดกันเป็นเกลียวคู่ (Double helix) วนไปทางขวา โดยสายโพลีนิวคลีโอไทด์ทั้งสองสายเรียงสลับสวนทิศทางกัน (Antiparalell) คล้ายบันไดเวียน โดยมีน้ำตาลและหมู่ฟอสเฟตเป็นราวบันได และบันไดแต่ละขั้น คือ เบส 1 คู่ ที่ซ้อนจับกันด้วยพันธะไฮโดรเจนระหว่าง A-T และ G-C การสังเคราะห์ DNA จะทำให้ได้สารพันธุกรรมที่มีลักษณะเหมือนเดิมทุกประการ RNA เป็นกรดนิวคลีอิกที่พบได้ในสิ่งมีชีวิต ทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการถ่ายทอดข้อมูลทางพันธุกรรมจาก DNA ไปใช้สร้างโปรตีนชนิดต่าง ๆ ของเซลล์ โครงสร้างของ RNA คล้ายกับ DNA ส่วนใหญ่แล้ว RNA จะมีลักษณะเป็นสายเดี่ยว แต่ DNA เป็นสายคู่ นอกจากนี้ทั้งคู่ต่างมีองค์ประกอบพื้นฐานคล้ายกัน แตกต่างกันเพียงน้ำตาล คือ ใน RNA เป็นน้ำตาลไรโบส ขณะที่ DNA เป็นน้ำตาลชนิดดีออกซีไรโบส และอีกข้อ คือ DNA มีเบสไทมีน แต่ RNA เป็นเบสยูราซิลแทน ในธรรมชาติ RNA ที่ถูกสร้างโดยใช้โมเลกุลของ DNA เป็นแม่แบบ จะแบ่งตามรูปร่างและหน้าที่ได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่ tRNA, mRNA และ rRNA การทราบโครงสร้างและหน้าที่ของสารชีวโมเลกุลแต่ละกลุ่ม จะเป็นประโยชน์ในการศึกษาชีววิทยาในขั้นสูงต่อไป เช่น การทำงานของเอนไซม์ และกระบวนการเมตาบอลิซึมต่าง ๆ เป็นต้น

แบบฝึกหัดบทที่ 3

จงตอบคำถามดังต่อไปนี้

1. จงยกตัวอย่างชนิดของคาร์โบไฮเดรตมา 2 ชนิด พร้อมทั้งอธิบายโครงสร้าง และความสำคัญของสารชีวโมเลกุลชนิดที่ยกตัวอย่างมา
2. น้ำตาลชนิดใดที่มีพบมากในผลไม้จากธรรมชาติ
3. น้ำตาลชนิดใดที่พบในน้ำนม
4. น้ำตาลซูโครส มีลักษณะและโครงสร้างแบบใด
5. จงยกตัวอย่างโปรตีนชนิดจำเป็นมา 5 ชนิด
6. จงอธิบายความหมาย และยกตัวอย่างไขมันชนิดอิ่มตัวมา 3 ชนิด
7. กระบวนการใดเป็นการทดสอบว่าสารชีวโมเลกุลนั้นเป็นแป้ง (Starch)
8. จงยกตัวอย่างและอธิบายลักษณะและโครงสร้างของโพลีแซคคาไรด์ชนิดสะสมมา 2 ชนิด
9. จงยกตัวอย่างและอธิบายลักษณะและโครงสร้างของโพลีแซคคาไรด์ชนิดโครงสร้างมา 2 ชนิด
10. จงอธิบายโครงสร้างของ DNA

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

เอกสารอ้างอิง

พจน์ ศรีบุญลือ, พัชรี บัญศิริ, ชฎามาศ พินิจสุนทร และเปรมใจ อารีจิตรานุสรณ์. (2555). **ตำราชีวเคมี**. ขอนแก่น : ภาควิชาชีวเคมี คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

มนตรี จุฬาวัฒนทล และประหยัด โกมารทัต. (2542). **ตำราชีวเคมี.** พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : ภาควิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล : จิรรัชการพิมพ์.

ศุภศิษฏ์ อรุณรุ่งสวัสดิ์. (2552). **ชีวเคมีพื้นฐาน.** กรุงเทพฯ : บริษัทสำนักพิมพ์ท้อป จำกัด.

Cambell, N.A. (1977). **Biology.** 4th ed. California : The Benjamin/Cummings Publishing Company, INC.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

แผนการสอนประจำบทที่ 4

การแบ่งเซลล์

เนื้อหาประจำบท

บทที่ 4 การแบ่งเซลล์

1. ความหมายและชนิดของการแบ่งเซลล์
2. การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส
3. การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส
4. การศึกษาการแบ่งเซลล์ในห้องปฏิบัติการ

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

เมื่อศึกษาบทที่ 4 แล้วนักศึกษาสามารถ

1. บอกความหมายของการแบ่งเซลล์ได้
2. อธิบายความหมายและลักษณะของการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสได้
3. อธิบายความหมายและลักษณะของการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสได้
4. ยกตัวอย่างการแบ่งเซลล์ทั้งแบบไมโทซิส และไมโอซิสได้
5. ยกตัวอย่างปฏิบัติการเรื่องการแบ่งเซลล์ได้

กิจกรรมการเรียนการสอนประจำบท

1. ผู้สอนอธิบายทฤษฎี และซักถาม พร้อมยกตัวอย่างประกอบการบรรยาย โดยใช้เครื่องฉายภาพ (Projector)
2. แสดงวีดิทัศน์เรื่อง “การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส และไมโอซิส”
3. ให้ผู้เรียนทำแบบฝึกหัดบทที่ 4
4. ทดสอบย่อยหลังจบบทเรียน

สื่อการเรียนการสอน

1. เอกสารประกอบการสอนวิชาชีววิทยา 1
2. ไฟล์เอกสารประกอบการสอนวิชาชีววิทยา 1 (Power point)
3. แบบจำลองการแบ่งเซลล์
4. วีดิทัศน์
5. หนังสืออ่านประกอบค้นคว้าเพิ่มเติม
6. แบบฝึกหัดบทที่ 4

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

การวัดผลและประเมินผล

1. สังเกตจากการซักถามผู้เรียน
2. สังเกตจากการร่วมกิจกรรม
3. สังเกตจากความสนใจ
4. ประเมินจากการทำคำถามท้ายบท
5. ประเมินจากการสอบระหว่างภาคและปลายภาค

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

บทที่ 4

การแบ่งเซลล์

เมื่อได้ทราบลักษณะของเซลล์และโครงสร้างของเซลล์ หน้าที่ของเซลล์ ในสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ แล้ว ในบทนี้จะเป็นเนื้อหาในส่วนของการเพิ่มจำนวนเซลล์โดยวิธีการแบ่งเซลล์ร่างกายของสิ่งมีชีวิต ที่เรียกว่า การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส (Mitosis) และการแบ่งเซลล์สืบพันธุ์ ที่เรียกว่า ไมโอซิส (Meiosis) โดยในการแบ่งเซลล์แต่ละประเภทนั้น จะทำให้ได้ผลลัพธ์ของจำนวนเซลล์ และลักษณะเซลล์ที่มีความแตกต่างกันออกไป นอกจากนี้ลักษณะของโครโมโซมที่อยู่ภายในนิวเคลียสในแต่ละประเภทของการแบ่งเซลล์ ก็มีความแตกต่างกันด้วย โดยเนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงความหมายและชนิดของการแบ่งเซลล์ ตลอดจนการเตรียมปฏิบัติการในแต่ละชนิดของการแบ่งเซลล์

ความหมายและชนิดของการแบ่งเซลล์

การแบ่งเซลล์ (Cell division) หมายถึง การเพิ่มจำนวนเซลล์ให้มีจำนวนที่มากขึ้น โดยสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิด จะมีการสืบพันธุ์ในระดับเซลล์ที่มีความแตกต่างกันออกไป ตามกระบวนการทางวิวัฒนาการ เช่น โปรติสท์พวกพารามีเซียม จะมีการแบ่งเซลล์จาก 1 เป็น 2 ในแนวยาว (Longitudinal fission) ส่วนพวกยูกลีนา จะมีการแบ่งเซลล์ในแนวขวาง (Transverse fission) เป็นต้น โดยเซลล์ที่ได้จะมีขนาด และลักษณะที่เหมือนกันทุกประการ สำหรับกลุ่มสิ่งมีชีวิตชั้นสูง เช่น สัตว์ จะมีการแบ่งเซลล์เป็น 2 ชนิด คือ การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส และการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส แต่ละชนิดจะมีการแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน ได้แก่ การแบ่งนิวเคลียส (Karyokinesis) (ซึ่งมี 2 แบบ ดังที่กล่าวไปแล้ว คือ ไมโทซิส และไมโอซิส) และการแบ่งไซโทพลาสซึม มี 2 แบบ คือ แบบที่เยื่อหุ้มเซลล์คอดกิ่วจาก 2 ข้าง เข้าใจกลางเซลล์ เรียกว่าแบบเฟอร์โร (Furrow type) ซึ่งพบในเซลล์สัตว์ และแบบที่มีการสร้างเซลล์เพลท (Cell plate) มาก่อตัว บริเวณกึ่งกลางเซลล์ขยายไป 2 ข้างของเซลล์ เรียกว่า แบบเซลล์เพลท (Cell plate type) ซึ่งพบในเซลล์พืช อย่างไรก็ตามเนื่องจากการศึกษาในหัวข้อนี้ จะมีการเน้นให้นักศึกษาเรียนรู้เกี่ยวกับลักษณะของโครโมโซมในแต่ละระยะของการแบ่งเซลล์ ดังนั้นนักศึกษาควรจะรู้ความหมายของโครโมโซม ก่อนว่าหมายถึงอะไร ตลอดจนสามารถอธิบายโครงสร้างของโครโมโซมแต่ละชนิดได้

โครโมโซม เป็นที่อยู่ของหน่วยพันธุกรรม ซึ่งทำหน้าที่ควบคุมและถ่ายทอดข้อมูล เกี่ยวกับลักษณะทางพันธุกรรมต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิต เช่น ลักษณะของเส้นผม ลักษณะดวงตา เพศ และผิว โดยหน่วยพันธุกรรม หรือ ยีน ปรากฏอยู่บนโครโมโซม ประกอบด้วยดีเอ็นเอ ทำหน้าที่กำหนดลักษณะทางพันธุกรรมต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิต หน่วยพันธุกรรม จะถูกถ่ายทอดจากสิ่งมีชีวิต รุ่นก่อนหน้าสู่ลูกหลาน เช่น ควบคุมกระบวนที่เกี่ยวกับกิจกรรมทั่ว ๆ ไปทางชีวเคมีภายในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต ไปจนถึงลักษณะปรากฏที่พบเห็นหรือสังเกตได้ด้วยตา เช่น รูปร่างหน้าตาของเด็กที่มีบางส่วนเหมือนกับแม่, สีสันของดอกไม้, รสชาติของอาหารนานาชนิด ล้วนแล้วแต่เป็นลักษณะที่บันทึกอยู่ในหน่วยพันธุกรรมทั้งสิ้น แต่ละโครโมโซมประกอบด้วย 2 โครมาทิด ที่เหมือนกัน ซึ่งเกิดจากการที่

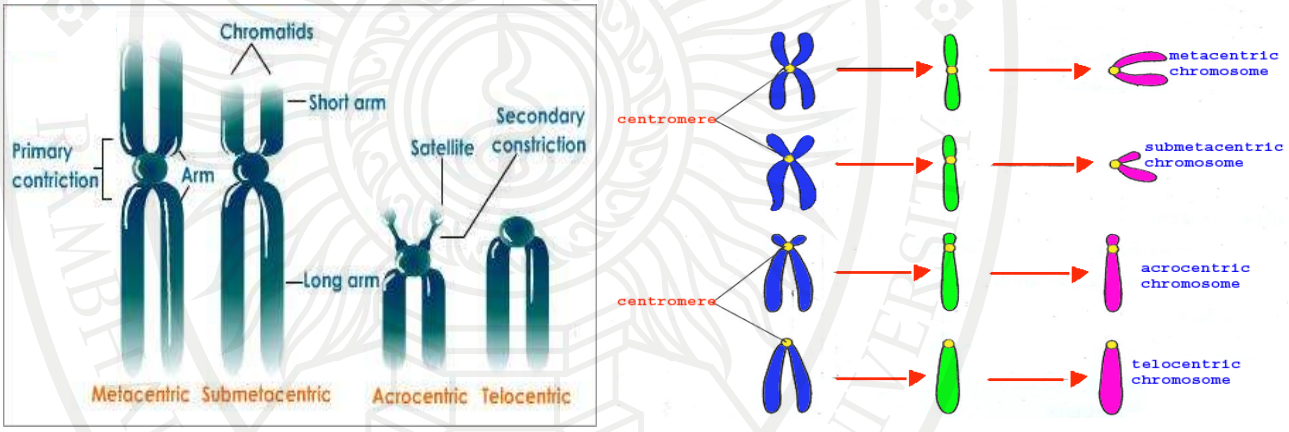
โครโมโซมจำลองตัวเองในระยะอินเตอร์เฟส (Interphase) เพื่อจะแยกออกจากกันในระยะแอนาเฟส (Anaphase) ของการแบ่งเซลล์ โครมาทิดทั้งสองจะติดกันอยู่ตรงส่วนที่เรียกว่า เซนโทรเมียร์ (Centromere) แต่ละโครมาทินก็เรียกว่า โครโมโซม นั่นคือ 1 โครโมโซม มี 1 เซนโทรเมียร์ โครโมโซมของเซลล์ร่างกายจะอยู่กันเป็นคู่ ๆ แต่ละคู่ เรียกว่า โฮโมโลกัสโครโมโซม (Homologous Chromosome) การนำโครโมโซมขนาดต่าง ๆ มาเรียงกันกันเรียกว่า แคริโอไทป์ (Karyotype) โดยจำแนกตามลักษณะ ขนาด และตำแหน่งของเซนโทรเมียร์อาจจะอยู่ตรงกลาง ค่อนไปทางปลาย หรือ ปลายโครโมโซม (สิริภัทร์ พราหมณีย์, 2548 : 69) จึงแบ่งลักษณะโครโมโซมเป็นแบบต่าง ๆ ได้ดังนี้

1. เมตาเซนตริก (Metacentric) เป็นโครโมโซมที่มีแขนยื่น 2 ข้างออกจากเซนโทรเมียร์เท่ากันหรือเกือบเท่ากัน

2. ซับเมตาเซนตริก (Submetacentric) เป็นโครโมโซมที่มีแขนยื่นออกมา 2 ข้างจากเซนโทรเมียร์ไม่เท่ากัน

3. อะโครเซนตริก (Acrocentric) เป็นโครโมโซมที่มีลักษณะเป็นแท่ง โดยมีเซนโทรเมียร์อยู่ใกล้กับปลายข้างใดข้างหนึ่ง จึงเห็นส่วนเล็ก ๆ ยื่นออกจากเซนโทรเมียร์

4. เทโลเซนตริก (Telocentric) เป็นโครโมโซมที่มีลักษณะเป็นแท่ง โดยมีเซนโทรเมียร์อยู่ตอนปลายสุดของโครโมโซม โครมาทิด 2 โครมาทิด มีตัวเชื่อมคือ เซนโทรเมียร์ ดังภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 ลักษณะของโครโมโซมแบบต่าง ๆ
ที่มา: (เชาวน์ ชิโนรักษ์ และพรรณี ชิโนรักษ์, 2552 : 117)

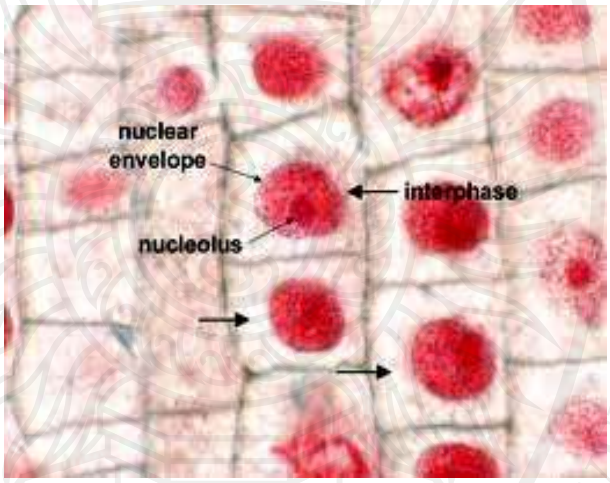
การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส

เป็นการแบ่งเซลล์ร่างกาย โดยเซลล์ที่ได้จะมีลักษณะเหมือนกับเซลล์เดิมทุกประการ ทั้งขนาดและรูปร่าง และมีจำนวนชุดของโครโมโซมเท่ากับเซลล์เดิม (2n ยังคงเป็น 2n) พบที่เนื้อเยื่อเจริญปลายยอด, ปลายราก, แคมเบียมของพืชหรือเนื้อเยื่อบุผิว, ไขกระดูกในสัตว์, การสร้างสเปิร์มและไข่ของพืช แบ่งออกเป็นระยะย่อยทั้งหมด 4 ระยะ ได้แก่ ระยะโพรเฟส ระยะเมตาเฟส ระยะแอนาเฟส และระยะเทโลเฟส โดยก่อนที่จะเข้าสู่ระยะย่อย เซลล์จะมีการเตรียมตัวเพื่อเข้าสู่ระยะดังกล่าว เรียกว่า ระยะอินเตอร์เฟส (Interphase) ซึ่งมีระยะย่อย 3 ระยะ ดังนี้

1. ระยะ G_1 เป็นระยะก่อนการสร้าง DNA ซึ่งเซลล์มีการเจริญเติบโตเต็มที่ ระยะนี้ จะมีการสร้างสารบางอย่าง เพื่อใช้สร้าง DNA ในระยะต่อไป

2. ระยะ S เป็นระยะสร้าง DNA (DNA replication) โดยเซลล์มีการเจริญเติบโต และมีการสังเคราะห์ DNA อีก 1 ตัว หรือมีการจำลองโครโมโซม อีก 1 เท่าตัว แต่โครโมโซมที่จำลองขึ้นยังติดกับท่อนเก่า ที่ปมเซนโทรเมียร์ (Centromere) หรือไคเนโตคอร์ (Kinetochore) ระยะนี้ใช้เวลานานที่สุด

3. ระยะ G_2 เป็นระยะหลังสร้าง DNA ซึ่งเซลล์มีการเจริญเติบโต และเตรียมพร้อม ที่จะแบ่งโครโมโซม และไซโทพลาสซึมต่อไป เป็นระยะที่เซลล์เติบโตเต็มที่ เซลล์มีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีมากที่สุด หรือมีเมทาบอลิซึมสูงมาก จึงเรียก Metabolic stage ใช้เวลานานที่สุด ดังนั้นถ้าศึกษาการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส จากกล้องจุลทรรศน์ จะพบเซลล์ปรากฏอยู่ในระยะนี้มากที่สุด โครโมโซมมีลักษณะเป็นเส้นใยยาวขดไปมา เรียกว่า เส้นใยโครมาทิน (Chromatin) อย่างไรก็ตามภายใต้กล้องจุลทรรศน์ในห้องปฏิบัติการ จะเห็นโครโมโซมในระยะนี้เป็นจุดเล็ก ๆ มากมายอยู่ภายในเซลล์ ดังภาพที่ 4.2

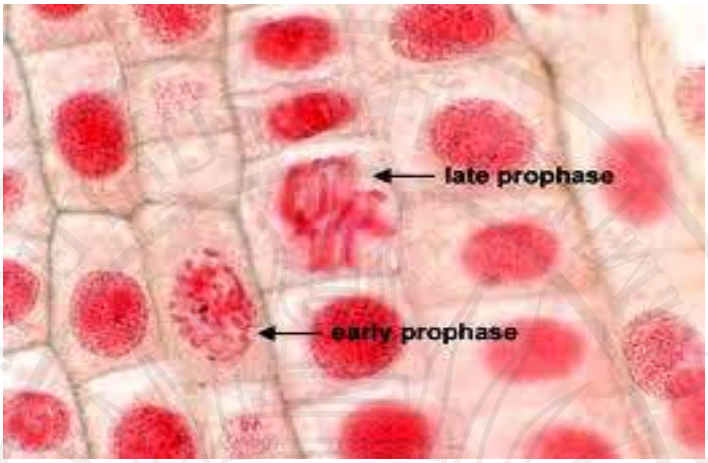


ภาพที่ 4.2 ระยะอินเตอร์เฟส
ที่มา: (เชาวน์ ชิโนรักษ์ และพรรณี ชิโนรักษ์, 2552 : 146)

วัฏจักรของการแบ่งเซลล์ (Cell cycle) หมายถึง ช่วงระยะเวลาการเปลี่ยนแปลงของเซลล์ในขณะที่เซลล์มีการแบ่งตัว ซึ่งประกอบด้วย 2 ระยะได้แก่ การเตรียมตัวให้พร้อม ที่จะแบ่งตัว นั่นคือ ระยะอินเตอร์เฟส และกระบวนการแบ่งเซลล์ ซึ่งจะเริ่มต้นตั้งแต่ระยะโพรเฟส โดยมีรายละเอียดดังนี้

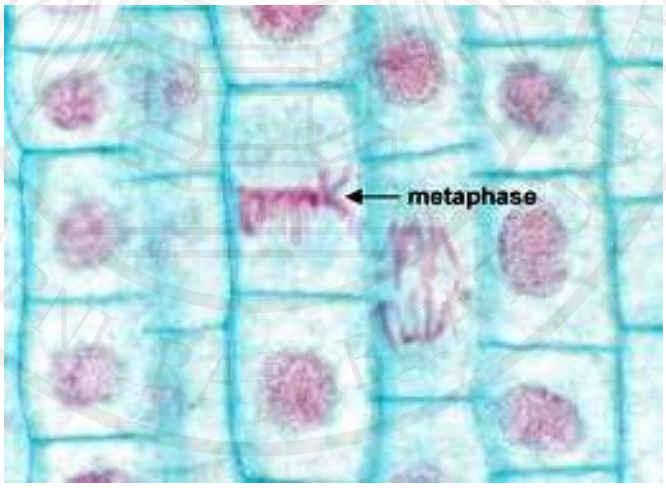
1. ระยะโพรเฟส (Prophase) ระยะนี้โครมาทิดจะหดตัว โดยการบิดเป็นเกลียวสั้นลง ทำให้เห็นได้ชัดเจนมากขึ้นว่า โครโมโซม 1 แท่งมี 2 โครมาทิด เยื่อหุ้มนิวเคลียส และนิวคลีโอลัสสลายไป เซนทริโอล (Centrioles) ในเซลล์สัตว์ และโปรติสท์บางชนิด เช่น สาหร่าย รา จะเคลื่อนที่ แยกไปอยู่ตรงข้ามกันในแต่ละขั้วเซลล์ และสร้างเส้นใยโปรตีน (Microtubule) เรียกว่า ไมโทติก สปินเดิล (Mitotic spindle) และสปินเดิล ไฟเบอร์ (Spindle fiber) ไปเกาะที่เซนโทรเมียร์ ของทุกโครมาทิด ดังนั้น รอบ ๆ เซนทริโอล จึงมีไมโทติกสปินเดิล ยื่นออกมาโดยรอบมากมาย เรียกว่า แอสเทอร์

(Aster) สำหรับในเซลล์พืช ไม่มีเซนทริโอล แต่มีไมโทติก สปินเดิลกระจายออกจากขั้วที่อยู่ตรงข้ามกัน (Polar cap) อย่างไรก็ตามลักษณะภายใต้กล้องจุลทรรศน์จะมีความแตกต่างกับระยะอินเตอร์เฟส คือ จะเห็นโครโมโซมเป็นแท่ง หรือเส้นอย่างชัดเจน ดังภาพที่ 4.3



ภาพที่ 4.3 ระยะโพรเฟส
ที่มา: (เชาวน์ ชิโนรักษ์ และพรรณี ชิโนรักษ์, 2552 : 148)

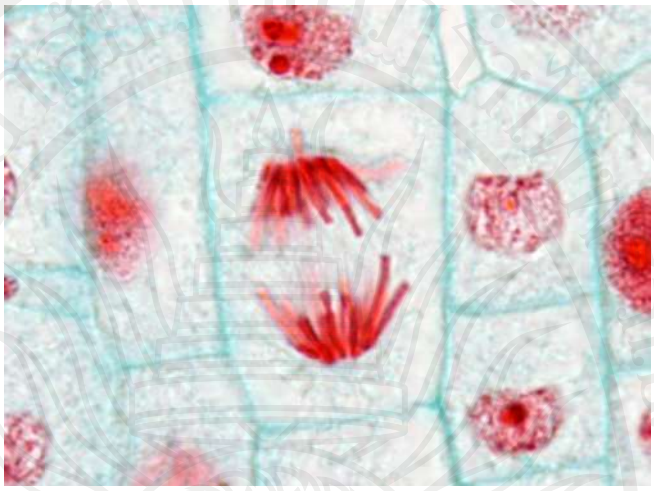
ระยะเมตาเฟส (Metaphase) ระยะนี้ไมโทติกสปินเดิลจะหดตัว ดึงให้โครมาทิดไปเรียงตัวอยู่ในแนวกึ่งกลางเซลล์ (Equatorial plate) โครมาทิดหดสั้นมากที่สุด จึงสะดวกต่อการเคลื่อนที่ของโครมาทิดมาก ระยะนี้เหมาะมากที่สุดต่อการนับจำนวนโครโมโซม และจัดเรียงโครโมโซมเป็นคู่ ๆ หรือที่เรียกว่า แคริโอไทป์ (Karyotype) หรือเหมาะต่อการศึกษารูปร่าง ความผิดปกติ ของโครโมโซม ตอนปลายของระยะนี้ มีการแบ่งตัว ของเซนโทรเมียร์ ทำให้โครมาทิดพร้อมที่จะแยกจากกัน ดังภาพที่ 4.4



ภาพที่ 4.4 ระยะเมตาเฟส
ที่มา: (เชาวน์ ชิโนรักษ์ และพรรณี ชิโนรักษ์, 2552 : 148)

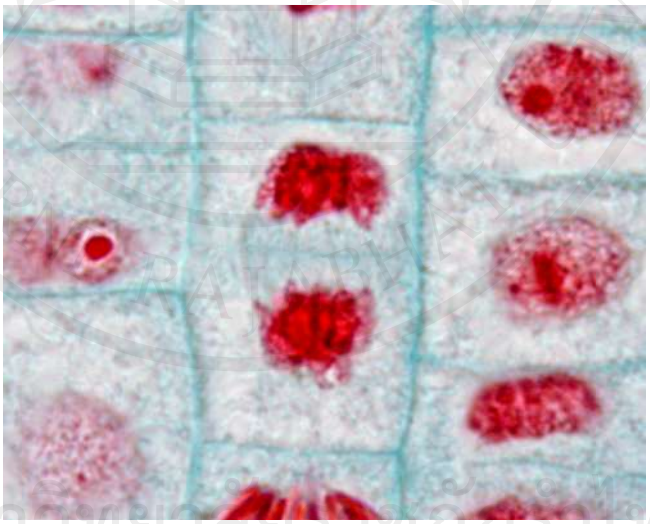
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ระยะแอนนาเฟส (Annaphase) ระยะนี้ไมโทติก สปินเดิลหดสั้นเข้า ดึงให้โครมาทิดแยกตัวออกจากกัน แล้วโครมาทิด จะค่อย ๆ เคลื่อนไปยังแต่ละขั้ว ของเซลล์ โครโมโซม ในระยะนี้จะเพิ่มจาก 2n เป็น 4n เป็นระยะเวลาที่ใช้สั้นที่สุด ระยะนี้จะเห็นโครโมโซม มีรูปร่างคล้ายอักษรตัววี (V), ตัวเจ (J) และตัวไอ (I) หรือคล้ายกับนิ้วมือ ขึ้นอยู่กับตำแหน่งของเซนโทรเมียร์ ว่าอยู่กึ่งกลางของโครโมโซม หรือค่อนข้างปลาย หรือเกือบปลายสุด ดังภาพที่ 4.5



ภาพที่ 4.5 ระยะแอนาเฟส
ที่มา: (เชาวน์ ชิโนรักษ์ และพรรณี ชิโนรักษ์, 2552 : 148)

ระยะเทโลเฟส (Telophase) เป็นระยะสุดท้ายของการแบ่งเซลล์ โดยโครมาทิดที่แยกออกจากกัน จะเรียกเป็น โครโมโซมลูก (Daughter chromosome) ซึ่งจะไปรวมกลุ่มในแต่ละขั้วของเซลล์ มีการสร้างเยื่อหุ้มนิวเคลียส ล้อมรอบโครโมโซม และนิวคลีโอลัสปรากฏขึ้น ไมโทติก สปินเดิลสลายไป ดังภาพที่ 4.6



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ภาพที่ 4.6 ระยะเทโลเฟส
ที่มา: (เชาวน์ ชิโนรักษ์ และพรรณี ชิโนรักษ์, 2552 : 148)

ในเซลล์บางชนิด เช่น เซลล์เนื้อเยื่อเจริญของพืช เซลล์ไขกระดูกที่มีการสร้างเม็ดเลือดแดง และเซลล์เยื่อบุผิว จะมีการแบ่งตัวอยู่เกือบตลอดเวลา จึงกล่าวได้ว่า เซลล์เหล่านี้อยู่ในวัฏจักรของเซลล์ตลอด แต่เซลล์บางชนิด เมื่อแบ่งเซลล์แล้ว จะไม่แบ่งตัวอีกต่อไป นั่นคือ เซลล์จะไม่เข้าสู่วัฏจักรของเซลล์อีก เข้าสู่ G_0 จนกระทั่งเซลล์ชราภาพ (Cell aging) และตายไป (Cell death) ในที่สุด แต่เซลล์บางชนิด จะพักตัวหรืออยู่ใน G_0 ชั่วระยะเวลาหนึ่ง ถ้าจะกลับมาแบ่งตัวอีก ก็จะเข้าสู่วัฏจักรของเซลล์ต่อไป

การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส

เป็นการแบ่งเซลล์เพื่อสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของสัตว์ ซึ่งเกิดในวัยเจริญพันธุ์ ของสิ่งมีชีวิต โดยพบในอัณฑะ (Testis) รังไข่ (Ovary) และเป็นการแบ่ง เพื่อสร้างสปอร์ (Spore) ในพืช ซึ่งพบในอับละอองเรณู (Pollen sac) และอับสปอร์ (Sporangium) หรือโคน (Cone) หรือในออวุล (Ovule) โดยถ้าเริ่มจาก 1 เซลล์ ผลลัพธ์ที่ได้หลังจากการแบ่งเซลล์ชนิดนี้ จะได้เซลล์ทั้งหมด 4 เซลล์ โดยเซลล์ที่ได้จะมีจำนวนโครโมโซมลดลงครึ่งหนึ่ง คือ มีการลดจำนวนชุดโครโมโซมจาก 2n เป็น n ซึ่งเป็นกลไกหนึ่ง ที่ช่วยให้จำนวนชุดโครโมโซมคงที่ ในแต่ละสปีชีส์ ไม่ว่าจะเป็นโครโมโซมในรุ่นพ่อ - แม่ หรือรุ่นลูก - หลานก็ตาม และเซลล์ที่ได้เป็นผลลัพธ์ ไม่จำเป็นต้องมีขนาดเท่ากัน การแบ่งเซลล์ชนิดนี้มีการแบ่ง 2 ครั้ง ได้แก่ ไมโอซิส 1 และไมโอซิส 2

1. ไมโอซิส 1 (Meiosis I) ระยะต่าง ๆ ของไมโอซิส 1 ถ้าเซลล์มีโครโมโซม 4 เส้น มีรายละเอียดดังนี้

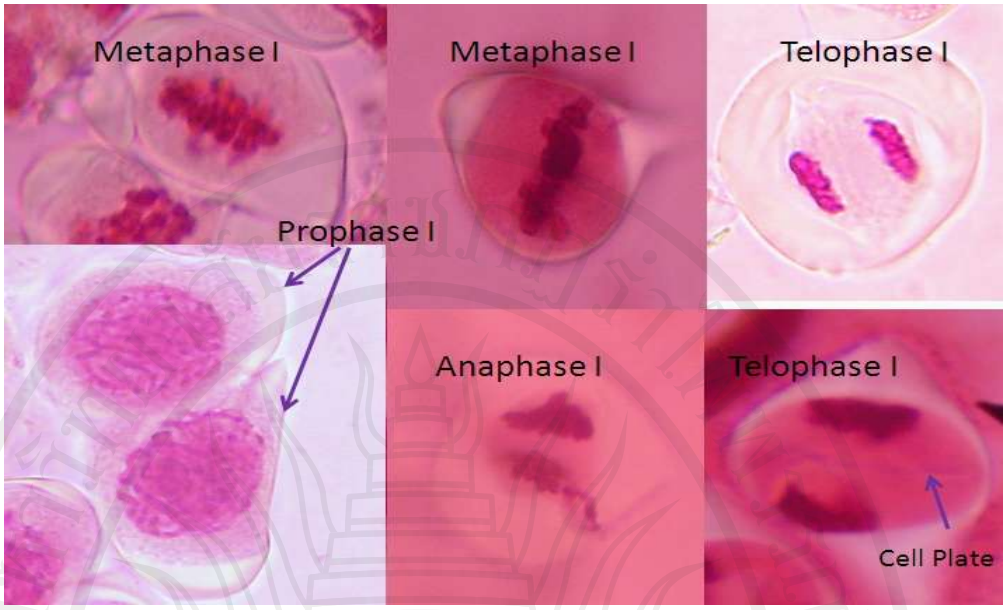
1.1) ระยะโพรเฟส 1 (Prophase I) โครโมโซมมีการหดตัวสั้นเข้า มีขนาดใหญ่ขึ้น แต่ละเส้นมี 2 โครมาติด โดยโครโมโซมแต่ละเส้น จะมีลักษณะเหมือนกันเป็นคู่ ๆ เรียกว่า โฮโมโลกัส โครโมโซม (Homologous chromosome) ซึ่งจะมีการเข้าคู่กัน และเกิดการแลกเปลี่ยนสารพันธุกรรมกันขึ้น เรียกว่า ครอสซิง โอเวอร์ (Crossing over)

1.2) ระยะเมตาเฟส 1 (Metaphase I) โฮโมโลกัส โครโมโซม จะเรียงเป็นคู่ ยังไม่แยกออกจากกัน อยู่ตรงกึ่งกลาง

1.3) ระยะแอนนาเฟส 1 (Anaphase I) โฮโมโลกัส โครโมโซม จะถูกดึงให้แยกจากกันไปคนละข้าง โดยที่แต่ละโครโมโซม มี 2 โครมาติดอยู่ จึงมีโครโมโซม 4 เส้นเท่าเดิม

1.4) ระยะเทโลเฟส 1 (Telophase) จะมีการแบ่งนิวเคลียส 2 ชุด และตามด้วยไซโตไคเนซิส (cytokinesis) แบ่งไซโตพลาสซึมเป็น 2 เซลล์ จะได้เซลล์ใหม่หรือเซลล์ลูก 2 เซลล์ มีโครโมโซมเป็นครึ่งหนึ่งของเซลล์เดิม คือ มีโครโมโซม 2 เส้น หรือ n ดังภาพที่ 4.7

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



ภาพที่ 4.7 แสดงการแบ่งเซลล์ระยะไมโอซิส 1 ของดอกกุยช่าย (*Allium tuberosum*) (ชื่อสามัญ: Chinese Chives, Leek)
ที่มา: (ประดิษฐ์ พงศ์ทองคำ, 2554 : 14)

2. ไมโอซิส 2 (Meiosis II หรือ Equational division) ขั้นตอนนี้จะมีการแยกโครมาทิดออกจากกันมี 4 - 5 ระยะย่อย เมื่อสิ้นสุดการแบ่งจะได้ 4 เซลล์ที่มีโครโมโซมเซลล์ละ n (Haploid) ซึ่งเป็นครึ่งหนึ่งของเซลล์ตั้งต้น และเซลล์ที่ได้เป็นผลลัพธ์ไม่จำเป็นต้องมีขนาดเท่ากัน
ระยะต่าง ๆ ของไมโอซิส 2 ได้แก่

2.1) ระยะโพรเฟส 2 (Prophase II) มี (n) เดียว 2 เส้น ไม่มี crossing over

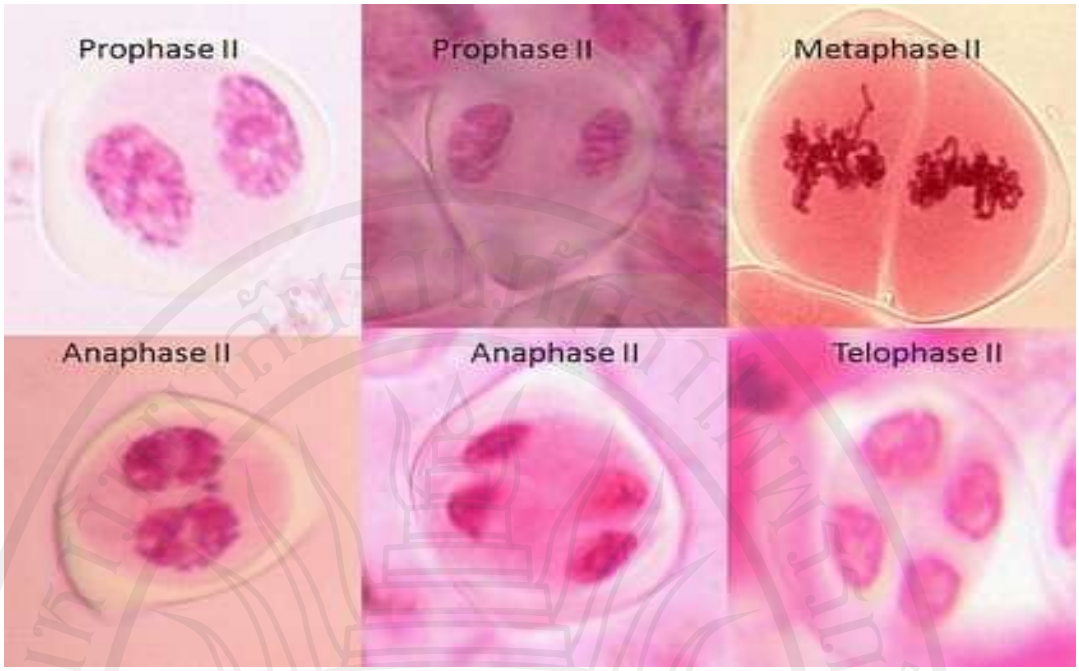
2.2) ระยะเมตาเฟส 2 (Metaphase II) (n) เดียว 2 เส้น โครโมโซมมาเรียงเดี่ยวที่กึ่งกลางเซลล์

2.3) ระยะแอนนาเฟส 2 (Annaphase II) กลายเป็น 4 เส้น (2n) โดยซิสเตอร์ โครมาติด (sister chromatid) แยกจากกันกลายเป็นดอเทอร์ โครโมโซม (daughter chromosome)

2.4) ระยะเทโลเฟส 2 (Telophase II) แบ่งเป็น (n) เดียว 2 เส้น เท่าเดิม ระยะนี้จำนวนโครโมโซมจะยังไม่ลด

ผลลัพธ์จะได้เซลล์ลูกทั้งหมด 4 เซลล์ คือ ใน 1 เซลล์ จะมีจำนวนโครโมโซม 2 เส้น คือ n เดียว แต่ละเซลล์โครโมโซมลดลงครึ่งหนึ่ง ดังภาพที่ 4.8

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



ภาพที่ 4.8 เซลล์แบ่งตัวแบบไมโอซิสในรอบที่สอง
ที่มา: (ประดิษฐ์ พงศ์ทองคำ, 2554 : 14)

การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในระหว่างที่มีการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส สรุปดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 สรุปการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญในการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส

ระยะ	การเปลี่ยนแปลงที่สำคัญ
อินเตอร์เฟส 1	จำลองโครโมโซมขึ้นมาอีก 1 เท่าตัว แต่ละโครโมโซม ประกอบด้วย 2 โครมาทิด
โพรเฟส 1	โฮโมโลกัส โครโมโซม มาจับคู่แนบชิดกัน (Synapsis) ทำให้มีกลุ่มโครโมโซม กลุ่มละ 2 ท่อน (Bivalent) แต่ละกลุ่ม ประกอบด้วย 4 โครมาทิด (tetrad) และเกิดการแลกเปลี่ยนชิ้นส่วนของโครมาทิด (Crossing over)
เมตาเฟส 1	คู่ของโฮโมโลกัส โครโมโซม เรียงตัวอยู่ตามแนวศูนย์ กลางของเซลล์
แอนนาเฟส 1	โฮโมโลกัส โครโมโซม แยกคู่ออกจากกัน ไปยังแต่ละข้างของขั้วเซลล์
เทโลเฟส 1	เกิดนิวเคลียสใหม่ 2 นิวเคลียส แต่ละนิวเคลียส มีจำนวนโครโมโซม เป็นแฮพลอยด์ (n)
อินเตอร์เฟส 2	เป็นระยะพักชั่วครู่ แต่ไม่มีการจำลอง โครโมโซมขึ้นมาอีก
โพรเฟส 2	โครโมโซมหดสั้นมาก ทำให้เห็นแต่ละโครโมโซม มี 2 โครมาทิด
เมตาเฟส 2	โครโมโซมจะมาเรียงตัว อยู่แนวศูนย์กลางของเซลล์
แอนนาเฟส 2	เกิดการแยกของโครมาทิด ที่อยู่ในโครโมโซมเดียวกัน ไปยังขั้วแต่ละข้างของเซลล์ ทำให้โครโมโซม เพิ่มจาก n เป็น 2n
เทโลเฟส 2	เกิดนิวเคลียสใหม่เป็น 4 นิวเคลียส และแบ่งไซโทพลาสซึม เกิดเป็น 4 เซลล์ สมบูรณ์ แต่ละเซลล์ มีจำนวนโครโมโซม เป็นแฮพลอยด์ (n) หรือเท่ากับครึ่งหนึ่ง ของเซลล์เริ่มต้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

การศึกษาการแบ่งเซลล์ในห้องปฏิบัติการ

ในห้องปฏิบัติการมีการศึกษาการแบ่งเซลล์ทั้ง 2 แบบ ดังนี้

การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส

1) ศึกษาการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส โดยใช้รากหอม ตรงบริเวณสีขาวขุ่น ซึ่งเห็นการแบ่งเซลล์ชัดเจนที่สุด เนื่องจากเป็นบริเวณที่มีการเจริญของเนื้อเยื่อเจริญ

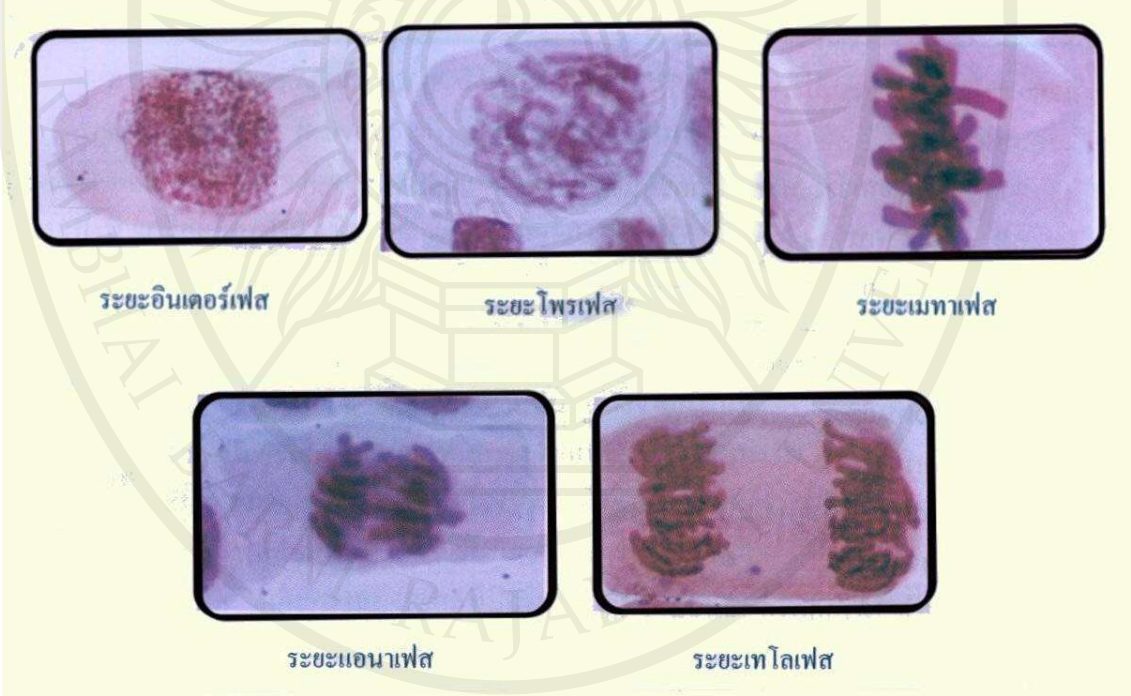
2) ตัดบริเวณสีขาวขุ่นนั้น มาแช่กรดไฮโดรคลอริก (HCl) เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นใช้กระดาษทิชชูซับกรดออกให้หมด แล้วล้างด้วยน้ำสะอาด 3 ครั้ง

3) หยดสีอะซีโตคาร์มีน (Acetocarmine) ลงไป 1-2 หยด แล้วใช้เข็มเขี่ยขยี้ปลายรากหอมให้ละเอียด เพื่อให้เซลล์แยกจากกันมากที่สุด แยกเอาส่วนของขยะทิ้งไป ในระหว่างขยี้ถ้าสีแห้งให้หยดสีเพิ่มลงไป ขั้นตอนนี้ใช้เวลา 3-5 นาที จากนั้นจึงปิดด้วยกระจกปิดสไลด์

4) จากนั้นนำสไลด์ที่เตรียมไปผ่านเปลวไป 2-3 ครั้ง (ระวังอย่าให้สีร้อนจนกระทั่งเดือดให้พออุ่นขนาดแตะหลังมือได้)

5) คว่ำสไลด์ลงบนกระดาษทิชชู แล้วใช้หัวแม่มือกดลงไปบริเวณเนื้อเยื่อให้แบนราบ สีที่เป็นสีส่วนเกินจะถูกกระดาษทิชชูซับไว้

6) นำไปส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ ใช้เลนส์วัตถุกำลังขยาย 10 และ 40 เท่า แล้ววาดรูปรวมทั้งถ่ายภาพด้วยกล้องดิจิตัลในระยะต่าง ๆ ภายใต้เลนส์ใกล้วัตถุกำลังขยาย 40 เท่า



ภาพที่ 4.9 ลักษณะของโครโมโซมในการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส
ที่มา: (Cambell, N.A., 1977 : 208-209)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

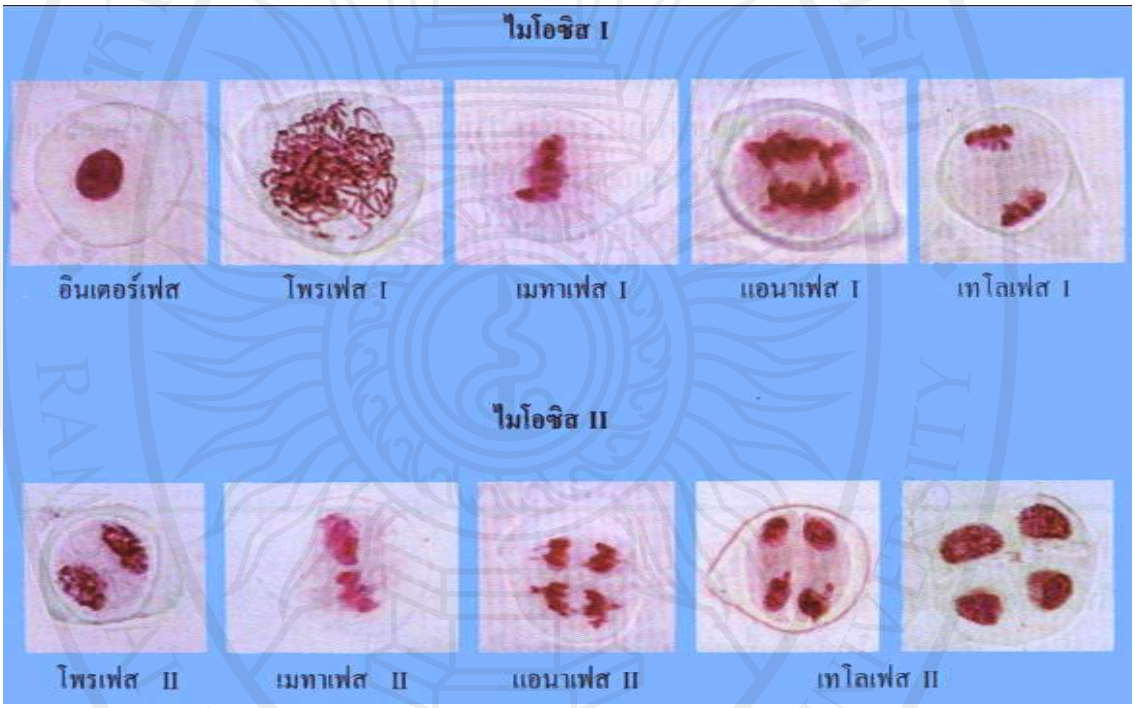
การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส

1) ศึกษาการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส โดยใช้อับเรณูของดอกกุ้ยช่าย จากหลาย ๆ ดอก เนื่องจากในแต่ละดอก จะมีระยะของการแบ่งเซลล์คนละระยะ โดยการใช้ปากคีบดึงอับเรณู 5-10 อัน วางบนสไลด์

2) หยดสีอะซิโตคาร์มีน (Acetocarmine) 1-2 หยด ใช้ปากคีบหรือเข้มเขี่ยฉีกอับเรณูให้ขาด แล้วขยี้เพื่อให้ไมโครสปอโรไซต์ (Microsporocyte) หลุดออกมา จากนั้นใช้ปากคีบเอาผนังอับเรณูทิ้ง แล้วปิดด้วยแผ่นปิดสไลด์ (Cover slip)

3) นำสไลด์ไปผ่านเปลวไฟ 2-3 ครั้ง เพื่อให้เซลล์พองตัว และโครโมโซมติดสีดีขึ้น

4) จากนั้นวางกระดาษซับบนแผ่นปิดสไลด์ (Cover slip) แล้วใช้นิ้วหัวแม่มือกดลงบนกระดาษซับเบา ๆ เพื่อให้โครโมโซมอยู่บนระนาบเดียวกัน แล้วนำไปส่องกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 40 เท่า



ภาพที่ 4.10 ลักษณะของโครโมโซมในการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส
ที่มา: (Cambell, N.A., 1977 : 230-231)

สรุป

การแบ่งเซลล์ (Cell division) คือ การเพิ่มจำนวนของเซลล์ในร่างกายของสิ่งมีชีวิต การแบ่งเซลล์จะมี 2 แบบ ได้แก่ การแบ่งนิวเคลียส และการแบ่งไซโทพลาสซึม โดยการแบ่งนิวเคลียสจะมี 2 แบบ ได้แก่ การแบ่งแบบไมโทซิส และการแบ่งแบบไมโอซิส ซึ่งการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสจะเป็นการแบ่งเซลล์ร่างกาย ส่วนการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสเป็นการแบ่งเซลล์สืบพันธุ์ จำนวนโครโมโซมลดลงครึ่งหนึ่ง สำหรับการแบ่งไซโทพลาสซึม มี 2 แบบ คือ แบบที่เยื่อหุ้มเซลล์

คอดกิ่วจาก 2 ข้างเข้าใจกลางเซลล์ เรียกว่า แบบเฟอโร (Furrow type) ซึ่งพบในเซลล์สัตว์ และแบบที่มีการสร้างเซลล์เพลท (Cell plate) มาก่อตัว บริเวณกึ่งกลางเซลล์ขยายไป 2 ข้างของเซลล์ เรียกว่า แบบเซลล์เพลท (Cell plate type) ซึ่งพบในเซลล์พืช ในแต่ละระยะของการแบ่งเซลล์แต่ละชนิด ลักษณะของโครโมโซมในนิวเคลียส จะมีการเปลี่ยนแปลง โดยชนิดของโครโมโซม แบ่งออกเป็น 4 ชนิด ตามตำแหน่งของเซนโทรเมียร์ ได้แก่ เมตาเซนทริค ซับเมตาเซนทริค อะโครเซนทริค และเทโลเซนทริค ในการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส วัฏจักรของเซลล์จะเริ่มต้นตั้งแต่ระยะการเตรียมตัว คือ ระยะอินเตอร์เฟส และระยะที่มีการแบ่งเซลล์ คือ ตั้งแต่ระยะโพรเฟส เมตาเฟส แอนนาเฟส และเทโลเฟส ส่วนการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส จะมี 2 ครั้ง ได้แก่ ไมโอซิส 1 และไมโอซิส 2 สำหรับความแตกต่างของการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส และไมโอซิส สรุปดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ความแตกต่างระหว่างการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส และไมโอซิส

ไมโทซิส	ไมโอซิส
1. โดยทั่วไป เป็นการแบ่งเซลล์ของร่างกาย เพื่อเพิ่มจำนวนเซลล์ เพื่อการเจริญเติบโต หรือการสืบพันธุ์ ในสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว	1. โดยทั่วไป เกิดกับเซลล์ ที่จะทำหน้าที่ให้กำเนิดเซลล์สืบพันธุ์ จึงเป็นการแบ่งเซลล์ เพื่อสร้างเซลล์สืบพันธุ์
2. เริ่มจาก 1 เซลล์ แบ่งครั้งเดียวได้เป็น 2 เซลล์ใหม่	2. เริ่มจาก 1 เซลล์ แบ่ง 2 ครั้ง ได้เป็น 4 เซลล์ใหม่
3. เซลล์ใหม่ที่เกิดขึ้น 2 เซลล์ สามารถแบ่งตัวแบบไมโทซิสได้อีก	3. เซลล์ใหม่ที่เกิดขึ้น 4 เซลล์ ไม่สามารถแบ่งตัวแบบไมโอซิสได้อีก แต่อาจแบ่งตัวแบบไมโทซิสได้
4. การแบ่งแบบไมโทซิส จะเริ่มเกิดขึ้นตั้งแต่ระยะไซโกต และสืบเนื่องกันไปตลอดชีวิต	4. ส่วนใหญ่จะแบ่งไมโอซิส เมื่ออวัยวะสืบพันธุ์เจริญเต็มที่แล้ว หรือเกิดในไซโกต ของสาหร่ายและราบางชนิด
5. จำนวนโครโมโซม หลังการแบ่งจะเท่าเดิม (2n) เพราะไม่มีการแยกคู่ ของโฮโมโลกัสโครโมโซม	5. จำนวนโครโมโซม จะลดลงครึ่งหนึ่งในระยะไมโอซิส เนื่องจากการแยกคู่ ของโฮโมโลกัสโครโมโซม ทำให้เซลล์ใหม่มีจำนวนโครโมโซมครึ่งหนึ่ง ของเซลล์เดิม (n)
6. ไม่มีไซแนปซิส ไม่มีไคแอสมา และไม่มีครอสซิงโอเวอร์	6. เกิดไซแนปซิส ไคแอสมา และมักเกิดครอสซิงโอเวอร์
7. ลักษณะของสารพันธุ์กรรม (DNA) และโครโมโซมในเซลล์ใหม่ ทั้งสองจะเหมือนกันทุกประการ	7. ลักษณะของสารพันธุกรรม และโครโมโซมในเซลล์ใหม่ อาจเปลี่ยนแปลง และแตกต่างกัน ถ้าเกิดครอสซิงโอเวอร์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

แบบฝึกหัดบทที่ 4

จงตอบคำถามดังต่อไปนี้

1. การแบ่งเซลล์มีกี่ประเภท และมีอะไรบ้าง แต่ละชนิดมีความแตกต่างกันอย่างไร
2. ระยะใดในการแบ่งเซลล์ร่างกาย ที่โครโมโซมมาเรียงตัวอยู่กลางเซลล์
3. ระยะใดที่เห็นโครโมโซมชัดเจนที่สุด และสามารถนำมาจัดเรียงคาริโอไทป์ได้
4. ระยะใดที่โครโมโซมมีรูปร่างคล้ายนิ้วมือ
5. โครโมโซมแบ่งออกเป็นกี่ชนิด ได้แก่โครโมโซมชนิดใดบ้าง
6. โครโมโซมชนิดใด มีโครงสร้างที่เรียกว่า sattelite
7. การแบ่งไซโทพลาสซึมแบบ furrow type พบได้ในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตใด
8. สิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งมีการแบ่งเซลล์ร่างกายจากเซลล์เริ่มต้น 2 เซลล์ แต่ละเซลล์มีโครโมโซมเริ่มต้น 2n= 28 ภายหลังจากการแบ่งเซลล์ จะได้เซลล์ใหม่กี่เซลล์ และมีจำนวนโครโมโซมเท่าใด
9. การศึกษาการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส เราใช้เซลล์ชนิดใดในการศึกษา เพราะอะไร
10. การศึกษาการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส เราใช้เซลล์ชนิดใดในการศึกษา เพราะอะไร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

เอกสารอ้างอิง

เชาวน์ ชิโนรักษ์ และพรรณี ชิโนรักษ์. (2552). **ชีววิทยา 1**. กรุงเทพฯ : โสภณการพิมพ์.

ปรีชา สุวรรณพินิจ และนงลักษณ์ สุวรรณพินิจ. (2551). **ชีววิทยา 1**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประดิษฐ์ พงศ์ทองคำ. (2554). **พันธุศาสตร์.** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สิริภัทร์ พราหมณีย์. (2551). **หลักชีววิทยา.** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Cambell, N.A. (1977). **Biology.** 4th ed.. California : The Benjamin/Cummings Publishing Company, INC.

Cambell, N.A., Jane, B.R., Lisa, A.U., Michael L. Ca in, Peter, V.M., Steven, A.W. and Robert, B.J. (2015). **Biology**. 8th ed. California : The Benjamin/Cummings Publishing Company, INC.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

แผนการสอนประจำบทที่ 5

พันธุศาสตร์

เนื้อหาประจำบท

บทที่ 5 พันธุศาสตร์

1. ความหมายของพันธุศาสตร์
2. ลักษณะทางพันธุกรรม
3. ศัพท์ทางพันธุศาสตร์
4. การทดลองของเมนเดล
5. กฎของเมนเดล
6. การทดสอบพันธุกรรมแบบเทสครอส (Test cross) และการผสมกลับ (Back cross)
7. ลักษณะพันธุกรรมที่เป็นไปตามแบบของเมนเดล
8. ลักษณะพันธุกรรมที่ไม่เป็นไปตามกฎของเมนเดล
9. ลักษณะพันธุกรรมที่เกี่ยวกับเพศ
10. การคัดเลือก การผสมเลือดชิด และการผสมสายพันธุ์ต่าง

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

เมื่อศึกษาบทที่ 5 แล้วนักศึกษาสามารถ

1. บอกความหมายของวิชาพันธุศาสตร์ได้
2. อธิบายลักษณะทางพันธุกรรมแบบต่อเนื่อง และไม่ต่อเนื่องได้
3. อธิบายความหมายของศัพท์ทางพันธุศาสตร์ได้
4. อธิบายการทดสอบพันธุกรรมแบบเทสครอส (Test cross) และการผสมกลับ (Back cross) ได้
5. อธิบายและยกตัวอย่างลักษณะพันธุกรรมที่เป็นไปตามแบบของเมนเดลได้
6. อธิบายและยกตัวอย่างลักษณะพันธุกรรมที่ไม่เป็นไปตามแบบของเมนเดล
7. อธิบายการคัดเลือก การผสมเลือดชิด และการผสมสายพันธุ์ต่างได้

กิจกรรมการเรียนการสอนประจำบท

1. ผู้สอนอธิบายทฤษฎี และซักถาม พร้อมยกตัวอย่างประกอบการบรรยาย โดยใช้เครื่องฉายภาพ (Projector)
2. แสดงวีดิทัศน์เรื่อง “การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม”
3. ให้ผู้เรียนทำแบบฝึกหัดบทที่ 5
4. ทดสอบย่อยหลังจบบทเรียน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

สื่อการเรียนการสอน

1. เอกสารประกอบการสอนวิชาชีววิทยา 1
2. ไฟล์เอกสารประกอบการสอนวิชาชีววิทยา 1 (Power point)
3. วีดิทัศน์
4. หนังสืออ่านประกอบค้นคว้าเพิ่มเติม
5. แบบฝึกหัดบทที่ 5

การวัดผลและประเมินผล

1. สังเกตจากการซักถามผู้เรียน
2. สังเกตจากการร่วมกิจกรรม
3. สังเกตจากความสนใจ
4. ประเมินจากการทำคำถามท้ายบท
5. ประเมินจากการสอบระหว่างภาคและปลายภาค

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

บทที่ 5

พันธุศาสตร์

สิ่งมีชีวิตที่อยู่บนโลกในปัจจุบัน ล้วนมีความหลากหลายทางด้านชนิดเป็นจำนวนมาก และมีความเฉพาะต่อถิ่นที่อาศัยอยู่ ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต และการปรับตัวเพื่อให้อยู่รอดได้ภายในสภาพแวดล้อม ณ ขณะใดขณะหนึ่ง ถูกค้นพบ และสังเกตโดยชาร์ล ดาร์วิน นักวิวัฒนาการที่มีชื่อเสียง ผู้สร้างทฤษฎีทางวิวัฒนาการที่สำคัญ นั่นก็คือ ทฤษฎีการคัดเลือกตามธรรมชาติ (Natural selection) ซึ่งได้กล่าวว่าสิ่งมีชีวิตชนิดใดที่มีการปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมได้ ก็จะสามารถดำรงชีวิต และดำรงสปีชีส์ของตนเองไว้ได้ แต่หากปรับตัวไม่ได้ ก็จะต้องตายไป และสูญพันธุ์ไปในที่สุด อย่างไรก็ตามทฤษฎีของดาร์วินได้มีข้อโต้แย้งจากนักวิทยาศาสตร์ทางด้านวิวัฒนาการคนอื่น ๆ เช่น การที่ไม่มีหลักฐาน หรือสิ่งยืนยันทางวิทยาศาสตร์ที่จะพิสูจน์ทฤษฎีนี้ ว่าสิ่งมีชีวิตนั้นมีการถ่ายทอดลักษณะที่ดีนั้นไว้ได้อย่างไร หรือคงลักษณะที่จะทำให้ตนเองนั้นรอดชีวิตได้อย่างไร อย่างไรก็ตามเมื่อวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีความก้าวหน้ามากขึ้น และได้เกิดมีนักพฤกษศาสตร์ที่สนใจการถ่ายทอดลักษณะต่างๆ ของต้นถั่ว นักวิทยาศาสตร์ท่านนั้นก็คือ เกรเกอร์ เมนเดล ซึ่งได้ค้นพบหลักการถ่ายทอดทางพันธุกรรม และได้มีการตั้งกฎขึ้นมา กฎนั้นมีชื่อว่า กฎของเมนเดล และเมนเดลได้รับการขนานนามว่าเป็นบิดาของวิชาพันธุศาสตร์ในต่อมา โดยในบทนี้จะมีเนื้อหาในส่วนของความหมายของพันธุศาสตร์ ลักษณะทางพันธุกรรม ศัพท์ทางพันธุศาสตร์ การทดลองของเมนเดล กฎของเมนเดล การทดสอบพันธุกรรม ลักษณะพันธุกรรมที่เป็นไปตามแบบของเมนเดล ลักษณะพันธุกรรมที่ไม่เป็นไปตามแบบของเมนเดล ลักษณะพันธุกรรมที่เกี่ยวกับเพศ การคัดเลือก การผสมเลือดชิด และการผสมสายพันธุ์ต่าง โครโมโซม ยีน สารพันธุกรรม การกลายพันธุ์ และพันธุวิศวกรรม

ความหมายของพันธุศาสตร์

เป็นสาขาที่กล่าวถึงลักษณะต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิตที่ถูกควบคุมด้วยยีน ซึ่งจะถ่ายทอดลักษณะต่างๆ จากรุ่นหนึ่งไปยังอีกรุ่นหนึ่ง ยีนจะส่งลักษณะต่าง ๆ จากพ่อแม่ไปยังลูกและควบคุมให้มีลักษณะที่สอดคล้องกับพ่อแม่ ปัจจุบันมีการใช้ความรู้ทางด้านพันธุศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ทางด้านต่าง ๆ มากมาย เช่น การแพทย์ ได้แก่ การทำกิฟท์ การทำเด็กหลอดแก้ว การตรวจพิสูจน์อัตลักษณ์บุคคล การเกษตร เช่น การทำพืชตัดแต่งพันธุกรรม การโคลนนิ่งสัตว์เศรษฐกิจ การถ่ายฝากตัวอ่อน เป็นต้น

ลักษณะทางพันธุกรรม

ลักษณะทางพันธุกรรมเป็นลักษณะของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิด มีลักษณะเหมือนกับพ่อและแม่หรือญาติ และถ่ายทอดมาจากพ่อแม่ได้ ความแปรผันของลักษณะทางพันธุกรรม (Genetic variation) เกิดจาก สิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดมีลักษณะเฉพาะตัว **และ**สิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกันก็มีลักษณะเฉพาะตัว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ความแปรผันทางพันธุกรรมแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ ได้แก่

1. ลักษณะทางพันธุกรรมที่แปรผันไม่ต่อเนื่อง (Discontinuous variation) เป็นการแปรผันที่แยกจากกันได้โดยเด็ดขาด เช่น ลักยิ้ม การห่อลิ้น การกระดกนิ้วหัวแม่มือ ลักษณะเชิงผม หมู่เลือด การเวียนขวัญบนศีรษะ ความถนัดซ้ายขวา เป็นต้น

2. ลักษณะทางพันธุกรรมที่แปรผันต่อเนื่อง (Continuous variation) เป็นการแปรผันที่แยกจากกันได้ไม่ชัดเจน สามารถวัดเชิงปริมาณได้ มีอิทธิพลจากสิ่งแวดล้อม เช่น สีผิว สติปัญญา น้ำหนัก สีตา ความสูง สีผม เป็นต้น

ศัพท์ทางพันธุศาสตร์

ชีววิทยาสาขาพันธุศาสตร์ เป็นสาขาที่มีศัพท์เฉพาะต่าง ๆ เป็นจำนวนมาก โดยมีคำศัพท์ที่สำคัญ ดังนี้

1. จีน (Gene) คือ ลักษณะทางพันธุกรรมซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของโครโมโซม จีนกระจายอยู่ในโครโมโซม แต่ละคู่จะควบคุมการถ่ายทอดลักษณะไปสู่รุ่นลูกได้

2. อัลลีล (Allele) คือ จีนที่เป็นคู่เดียวกันมีตำแหน่งเดียวกันบนโครโมโซมที่เป็นคู่กัน

3. จีโนไทป์ (Genotype) จีนที่ควบคุมลักษณะของสิ่งมีชีวิต เช่น TT, tt, Tt

4. ฟีโนไทป์ (Phenotype) ลักษณะที่ปรากฏออกมาให้เห็นซึ่งเป็นผลจากการแสดงออกของจีโนไทป์ เช่น TT, Tt มีจีโนไทป์ต่างกันแต่มีฟีโนไทป์เหมือนกัน

5. โฮโมไซโกต (Homozygote) คือ คู่ของอัลลีลซึ่งเหมือนกัน เช่น TT เป็นโฮโมไซกัสโดมิแนนต์ (Homozygous dominant) หรือ tt เป็นโฮโมไซกัส รีเซสซีฟ (Homozygous recessive) ลักษณะที่เป็นโฮโมไซโกต เรียกว่า พันธุ์แท้

6. เฮทเทอโรไซโกต (Heterozygote) คือ คู่ของอัลลีลที่ไม่เหมือนกัน เช่น Tt ลักษณะของเฮเทอโรไซโกต เรียก พันธุ์ทางหรือลูกผสม (Hybrid)

7. โดมิแนนต์ (Dominant) คือ ลักษณะที่แสดงออกเมื่อเป็น โฮโมไซกัสโดมิแนนต์และเฮเทอโรไซโกต

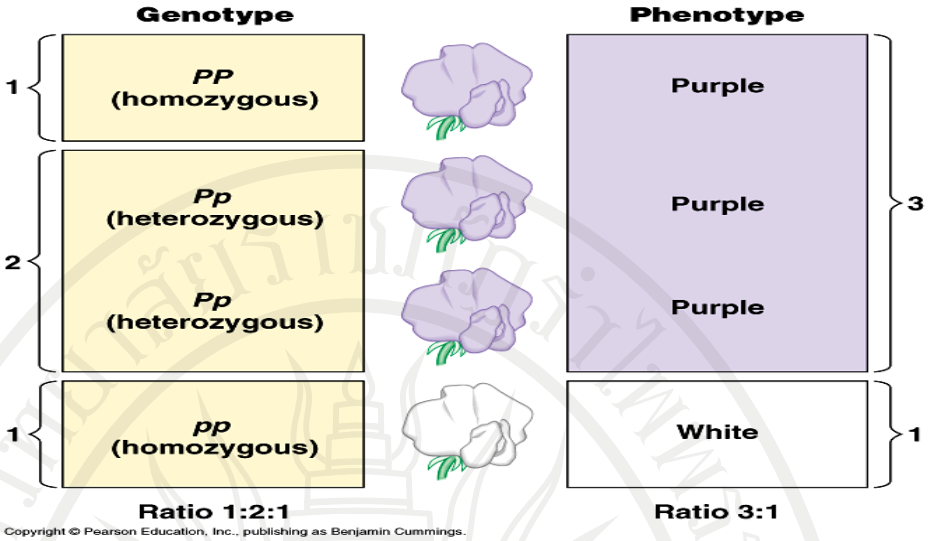
8. รีเซสซีฟ (Recessive) คือ ลักษณะที่จะถูกข่มเมื่ออยู่ในรูปของเฮเทอโรไซโกต และจะแสดงออกเมื่อเป็นฮอมอไซกัสรีเซสซีฟ

9. คอมพลีท โดมิแนนต์ (Complete dominant) การข่มของลักษณะเด่นต่อลักษณะด้อยอย่างสมบูรณ์ ทำให้ฟีโนไทป์ของโฮโมไซกัสโดมิแนนต์และเฮเทอโรไซโกตเหมือนกัน เช่น TT จะมีฟีโนไทป์เหมือนกับ Tt

10. อินคอมพลีท โดมิแนนต์ (Incomplete dominant) เป็นการข่มกันอย่างไม่สมบูรณ์ ทำให้เฮทเทอโรไซโกตไม่เหมือนกับโฮโมไซกัสโดมิแนนต์

11. โคโดมิแนนต์ (Codominant) เป็นลักษณะที่อัลลีลแต่ละตัวมีลักษณะเด่นกันทั้งคู่ข่มกันไม่ลง ทำให้ฟีโนไทป์ของเฮเทอโรไซโกตแสดงออกมาทั้งสองลักษณะ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



ภาพที่ 5.1 ลักษณะของจีโนไทป์ และฟีโนไทป์
ที่มา: (ประดิษฐ์ พงศ์ทองคำ, 2554 : 74)

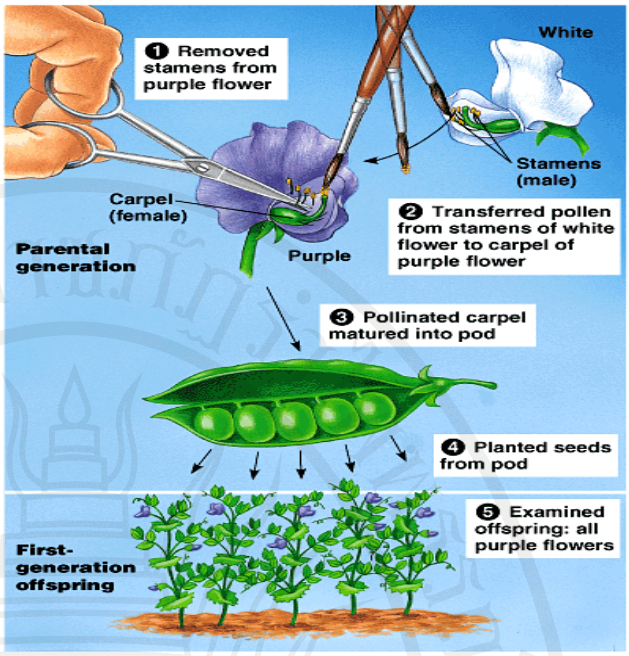
การทดลองของเมนเดล

เกรเกอร์ เมนเดลได้ชื่อว่าเป็นบิดาแห่งวิชาพันธุศาสตร์ เนื่องจากเมนเดลได้มีการศึกษาโครงสร้างและหน้าที่ของหน่วยพันธุกรรม และการถ่ายทอดลักษณะพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตจากรุ่นหนึ่งไปยังรุ่นต่อไป พืชที่เมนเดลนำมาศึกษา คือ ถั่วลันเตา โดยการนำถั่วลันเตาที่มีลักษณะที่แตกต่างกันมาผสมกัน แล้วเก็บเมล็ดไว้ นำเมล็ดมาปลูกเป็นรุ่นที่ 1 สังเกตลักษณะของลูกที่เกิดขึ้น จากนั้นนับจำนวน และบันทึกผล ปล่อยให้ผสมกันเอง เก็บเมล็ดไว้ นำเมล็ดมาปลูก เป็นรุ่นที่ 2 บันทึกผล สรุปผลเป็นกฎเมนเดล 2 ข้อ

เมนเดลใช้ต้นถั่วลันเตาใช้ศึกษาการถ่ายทอดทางพันธุกรรม เพราะว่าถั่วลันเตาเจริญง่าย และมีความหลากหลายทางพันธุกรรม เป็นพืชที่มีการปฏิสนธิตัวเอง (Self-fertilization) เมื่อต้องการให้มีการปฏิสนธิข้าม ก็จะใช้วิธีการป้องกันการผสมตัวเอง โดยการตัดเกสรตัวผู้ของดอกที่อ่อนออก เรียกวิธีการนี้ว่า อิมาสคูเลชั่น (Emasculation)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

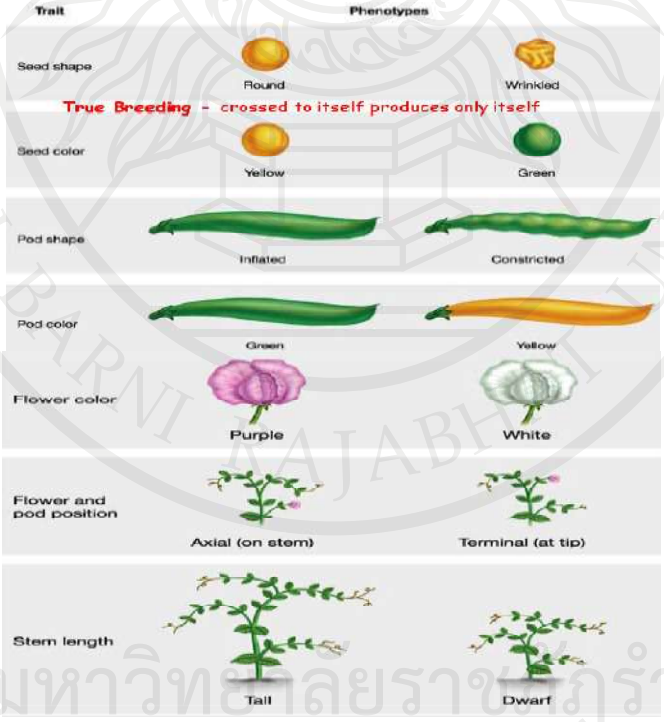
(ก)



(ข)

ภาพที่ 5.2 (ก) เกรเกอร์ เมนเดล (ข) การทดลองของเมนเดล
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553 : 50)

ลักษณะของถั่วลันเตา 7 ลักษณะ คือ สีดอก ตำแหน่งของดอกบนกิ่ง สีของเมล็ด รูปร่างของเมล็ด รูปร่างของฝัก สีของฝัก และความสูงของต้น ดังภาพที่ 5.3



ภาพที่ 5.3 ลักษณะของถั่วลันเตา 7 ลักษณะ ที่เมนเดลใช้ในการทดลอง
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553 : 50)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

เมนเดลนำต้นถั่วที่มีลักษณะต่างกันออกไปมาผสมกัน เช่น ผสมต้นเตี้ยกับต้นสูง เราเรียกต้นพืชที่เกิดจากการผสม 2 ลักษณะว่า ลูกผสม (Hybrid) การผสมข้าม เรียกว่า ไฮบริไดเซชัน (Hybridization)

สรุปผลการทดลองของเมนเดล

1. พืชที่เป็นต้นพันธุ์ทดลอง เรียกว่า พืชรุ่น P (Parent generation หมายถึงรุ่นพ่อ – แม่
2. ลูกที่เกิดขึ้น เรียกว่า รุ่นลูก F1 generation
3. รุ่นหลาน F2 = second generation เกิดจากการนำลูกรุ่น F1 มาผสมกันเอง
4. สิ่งที่ควบคุมลักษณะทางพันธุกรรม เมนเดล เรียก แฟคเตอร์ (factor)
5. ลูก F1 จะมีลักษณะที่ปรากฏเหมือนกันหมด
6. ลูกเกิดจากการรวมตัวของ gene จาก พ่อ – แม่ อย่างละครึ่ง
7. เรียกลักษณะที่ปรากฏในรุ่น F1 ว่า โดมิแนนต์ (Dominant)
8. เรียกลักษณะที่ปรากฏในรุ่น F2 ว่า รีเซสซีฟ (Recissive)
9. ลักษณะฟีโนไทป์ที่ปรากฏในรุ่น F1 : ลักษณะที่ปรากฏในรุ่น F2 = 3 : 1

การผสมที่พิจารณาลักษณะเดียว

เช่น การพิจารณาจากความสูงของต้นถั่ว เกิดคำถามที่ว่า ลักษณะต้นเตี้ยได้หายไประหว่างการผสมหรือไม่ จึงนำลูกรุ่น F1 มาผสมเข้าด้วยกัน จนได้ลูก F2 พบว่าอัตราส่วนลูกที่เป็นต้นสูงต่อต้นเตี้ย คือ 3:1 เมนเดลจึงสรุปว่าลักษณะของต้นเตี้ยไม่ได้หายไปไหน เพียงแต่ถูกข่มไว้ ไม่สามารถแสดงออกได้

สมมุติฐานจากการทดลองเมนเดล

1. เฮอริเทเบิล แฟคเตอร์ (Heritable factor) เป็นหน่วยแสดงลักษณะทางพันธุกรรม เช่น เฮอริเทเบิล แฟคเตอร์ (Heritable factor) ของความสูงของต้นถั่ว มี 2 ชนิด คือ ควบคุมลักษณะต้นสูง กับควบคุมลักษณะต้นเตี้ย ซึ่งปัจจุบัน เราเรียกหน่วยทางพันธุกรรมทั้ง 2 แบบนี้ว่า อัลลีล (Alleles)

2. ลักษณะแต่ละลักษณะในสิ่งมีชีวิตหนึ่ง ๆ ถูกควบคุมด้วยยีน 2 ยีน แต่ละยีนจะได้รับจากพ่อและแม่ ยีนทั้งสองยีนอาจจะมีอัลลีลต่างหรือเหมือนกันก็ได้

3. เซลล์สืบพันธุ์ไม่ว่าจะเป็นสเปิร์มหรือไข่ จะมีเพียงอัลลีลเดียวสำหรับลักษณะหนึ่ง เพราะอัลลีลที่เป็นคู่กัน ได้แยกออกจากกันระหว่างการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ เมื่อสเปิร์ม และไข่มารวมกันขณะเกิดการปฏิสนธิ อัลลีลที่อยู่ในเซลล์สืบพันธุ์ทั้งสองจะมารวมตัวกันใหม่

4. เมื่อยีนทั้งสอง เป็นอัลลีลที่แตกต่างกัน จะมีเพียงอัลลีลเดียวที่แสดงออก และอีกอัลลีลหนึ่งจะไม่แสดงออก หรือถูกข่มไว้ เรียกอัลลีลที่แสดงออก ว่า อัลลีลเด่น (Dominant allele) และอัลลีลที่ถูกข่มว่า (Recessive allele)

5. เมนเดลใช้อักษรตัวใหญ่แทนอัลลีลเด่น และอักษรตัวเล็กแทนอัลลีลด้อย เช่น ใช้ T แทนอัลลีลเด่นสำหรับต้นสูงและใช้ t แทนอัลลีลสำหรับต้นเตี้ย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ภาพที่ 5.4 พันเนต สแควร์ (Punnet square) แสดงการผสมพ่อแม่ที่เป็นพันธุ์ลูกผสม (TtxTt)

สมมุติฐานของเมนเดลสามารถทำนายได้ว่าลูกที่เป็น TT มีอัตราส่วนเป็น ¼ ของลูกทั้งหมดที่เกิดขึ้น...Tt=...1/2...และ tt=.....1/4.....

นักพันธุศาสตร์ เรียกการแสดงออกของสิ่งมีชีวิตว่า ฟีโนไทป์ (Phenotype) เช่น ลักษณะต้นเตี้ย และเรียกลักษณะทางพันธุกรรมว่า จีโนไทป์ (genotype) เช่น ลักษณะฟีโนไทป์ของต้นสูง อาจมีจีโนไทป์ เป็น TT หรือ Tt ก็ได้ ส่วนต้นเตี้ยมีจีโนไทป์ เป็น tt เท่านั้น

กฎของเมนเดล

เมนเดลได้มีการค้นพบกฎ 2 ข้อ ได้แก่

กฎข้อที่ 1 กฎแห่งการแยกตัว

ยีนแต่ละคู่ที่ควบคุมแต่ละลักษณะทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต จะแยกตัวจากกันเป็นอิสระไปสู่เซลล์สืบพันธุ์แต่ละเซลล์ ลักษณะถูกควบคุมโดยยีน ยีนของแต่ละลักษณะมี 2 รูปแบบ การสร้างเซลล์สืบพันธุ์มีการลดจำนวนโครโมโซม แต่ละเซลล์สืบพันธุ์จึงมียีนที่ควบคุมลักษณะหนึ่ง ๆ เพียง 1 รูปแบบ การปฏิสนธิจะนำยีน 1 รูปแบบของพ่อมารวมกับยีน 1 รูปแบบของแม่

กฎข้อที่ 2 กฎแห่งการรวมกลุ่มกันอย่างอิสระ

ในการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ จะมีการรวมกลุ่มของหน่วยควบคุมลักษณะทางพันธุกรรม (ยีนเดียวของทุกยีน) ซึ่งการรวมกลุ่มนี้เกิดขึ้นอย่างอิสระ หรืออากล่าวว่ายีนที่อยู่บนโครโมโซมคู่เดียวกัน หรืออยู่บนโครโมโซมต่างคู่กัน เมื่อแยกออกจากกัน ในขณะสร้างเซลล์สืบพันธุ์ตามกฎข้อ 1 นั้น จะมารวมกันอีกครั้งหนึ่งในขณะที่มีการปฏิสนธิเกิดขึ้น และการรวมตัวกันใหม่นี้จะเป็นไปอย่างอิสระโดยสามารถไปรวมกับจีนใดก็ได้ ไม่จำเป็นจะต้องกลับไปรวมกับคู่อัลลีลเดิมของตน

การผสมที่พิจารณา 2 ลักษณะ

คือ การผสมต้นพืช เพื่อศึกษาลักษณะ 2 ประการพร้อมกัน เช่น เมนเดล ศึกษาการผสมระหว่างต้นพืชที่เป็นโฮโมไซโกต (Homozygote) ที่มีเมล็ดกลมสีเหลือง (Genotype เป็น RRYY) กับพืชที่มีลักษณะเมล็ดย่นสีเขียว (rryy) การรวมตัวกันของเซลล์สืบพันธุ์ที่เป็น RY กับ ry จะผลิตลูก F1 ที่เป็นเฮทเทอโรไซกัส (Heterozygous) ทั้งสองลักษณะ และมีจีโนไทป์เป็น RrYy ลูก F1 มีลักษณะเมล็ดกลมสีเหลือง หากลักษณะทั้งสองของเมล็ดแยกจากกันอย่างอิสระ ไม่ขึ้นแก่กัน F1 จะสามารถ

สร้างเซลล์สืบพันธุ์ได้ 4 แบบ คือ RY, Ry, rY, และ ry ในอัตราส่วนที่เท่ากัน จากพันเนต สแควร์ (Punnet square) แสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการที่อัลลีลจะมารวมกัน เป็นผลให้เกิดสเปิร์ม 4 แบบ กับไข่ 4 แบบ ซึ่งจะได้จีโนไทป์ (Genotype) ทั้งหมด 8 แบบ ในลูกรุ่น F2 แต่พบฟีโนไทป์ (phenotype) เพียง 4 แบบ ดังนี้

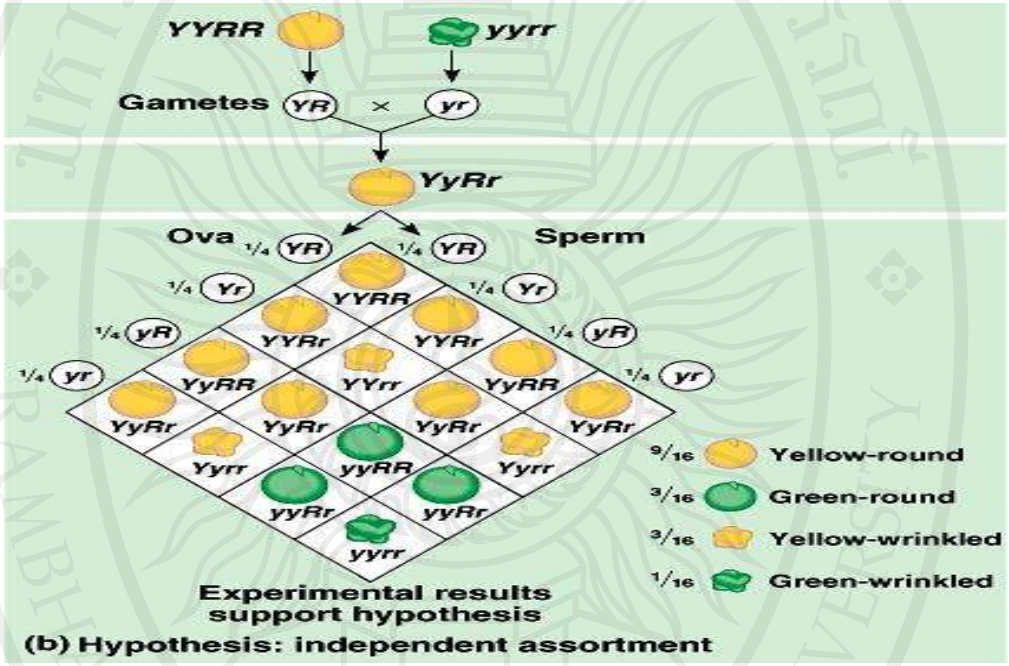
1) Yellow round: 9

2) Yellow wrinkled: 3

3) Green round: 3

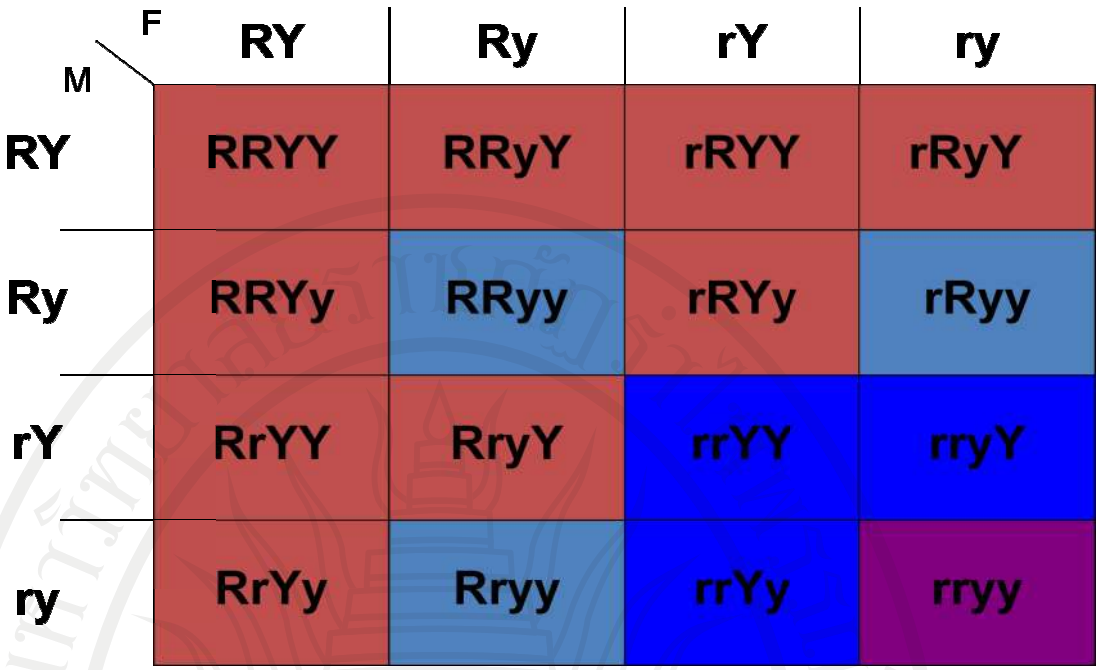
4) Green wrinkled: 1

ผลการทดลองนี้สนับสนุนกฎข้อที่สองของเมนเดล ชื่อ กฎการรวมกลุ่มกันอย่างอิสระ (Principle of Independent Assortment)



ภาพที่ 5.5 กฎการรวมกลุ่มกันอย่างอิสระ
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553 : 54)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



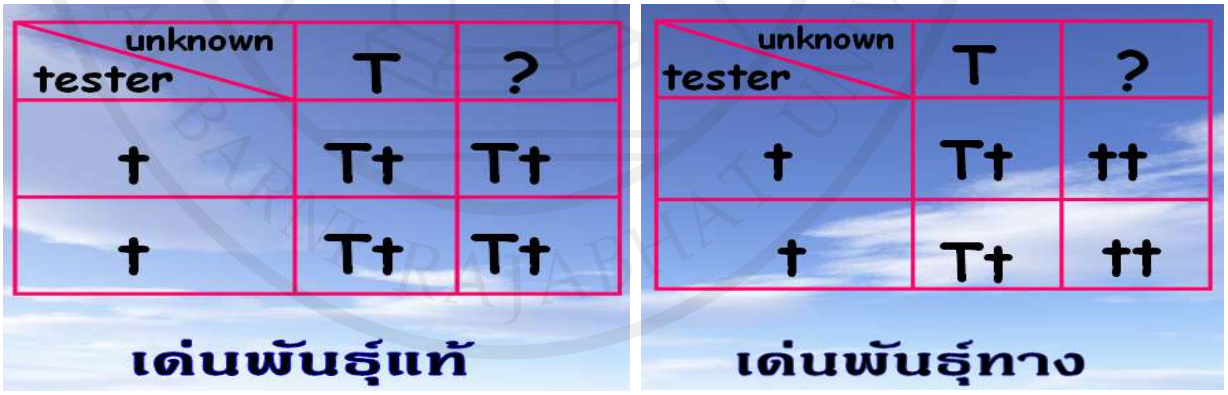
ภาพที่ 5.6 การผสมแบบไดไฮบริด

การทดสอบพันธุกรรมแบบเทสครอส

การทดสอบพันธุกรรมแบบเทสครอส คือ การนำสิ่งมีชีวิตที่สงสัยว่าเป็นลักษณะเด่นหรือไม่ไปผสมกับลักษณะด้อยของสิ่งมีชีวิตนั้น (Tester) แล้วสังเกตอัตราส่วนของลูกที่ได้ มีขั้นตอนดังนี้

1. นำตัวที่มีลักษณะเด่นไปผสมกับตัวที่มีลักษณะด้อย
2. รอดูอัตราส่วนในรุ่นลูก โดยพิจารณาดังนี้

หากต้นถั่วที่ทดสอบมีจีโนไทป์เป็น TT ลูกรุ่น F1 จะมีฟีโนไทป์ (Phenotype) เป็นต้นสูงทั้งหมด



ภาพที่ 5.7 การทดสอบแบบเทสต์ครอส

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

การผสมกลับ

การผสมกลับ (Backcross) เหมือนกับการทดสอบแบบเทสครอส (Test Cross) แต่เป็นการนำรุ่น F1 กลับไปผสมกับพ่อหรือแม่

ลักษณะพันธุกรรมที่เป็นไปตามแบบของเมนเดล

ต้นถั่ว แมลงหวี่ และสัตว์ชนิดอื่น รวมทั้งจุลชีพ มีการนำมาใช้ศึกษาพันธุศาสตร์มากกว่ามนุษย์ เนื่องจากมนุษย์มีอายุยืนยาว และให้ลูกหลานน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับสิ่งมีชีวิตอื่น อย่างไรก็ตาม เราสามารถศึกษาลักษณะทางพันธุศาสตร์ของมนุษย์ โดยสังเกตจากลักษณะเด่น และลักษณะด้อยเพียงลักษณะเดียวเช่น อัลลีล A ฟีโนไทป์ที่เกิดขึ้นจะมีลักษณะเดียว แต่มีจีโนไทป์ที่เป็นทั้งโฮโมไซกัส AA และ เฮทเทโรไซกัส Aa ก็ได้ ส่วนฟีโนไทป์ที่เป็นลักษณะด้อย จะมีจีโนไทป์เพียงอย่างเดียว คือ aa คำว่า ลักษณะเด่นในทางพันธุศาสตร์ไม่ได้หมายความว่าเป็นลักษณะปกติ หรือเป็นลักษณะโดยทั่วไปมากกว่าลักษณะด้อย แต่หมายถึงอัลลีลที่สามารถแสดงออก ในสภาพที่เป็นเฮทเทอโรไซโกต เช่นเดียวกับสิ่งมีชีวิตที่เป็นโฮโมไซโกต ในทางตรงข้ามกับอัลลีลด้อย สามารถแสดงออกได้เพียงสภาพที่เป็นโฮโมไซโกตเท่านั้น บ่อยครั้งที่ลักษณะด้อยกลับเป็นลักษณะทั่วไปมากกว่าลักษณะเด่น เช่น ลักษณะที่ไม่สามารถกระดกนิ้วและการไม่มีลักยิ้ม ลักษณะเหล่านี้เป็นลักษณะด้อย แต่พบได้โดยทั่วไปมากกว่า อีกตัวอย่าง คือ โรคทางพันธุกรรมบางโรค เกิดจากอัลลีลเด่น แต่พบได้น้อยมาก กฎของเมนเดลสามารถใช้ในการทำนายลักษณะทางพันธุกรรมที่เกี่ยวข้องกับลักษณะเด่นหรือลักษณะด้อย เช่น คนที่มีขนที่หลังนิ้วแต่งงานกับผู้หญิงที่ไม่มีลักษณะนี้ ดังนั้นเราจึงทราบทันทีว่าผู้หญิงคนนี้มีจีโนไทป์เป็น aa เซลล์สืบพันธุ์ที่สร้างขึ้นมีแต่อัลลีล a ผู้ชายเป็นทั้งโฮโมไซกัสและเฮทเทอโรไซกัส หากเป็นโฮโมไซกัส สเปิร์มที่สร้างขึ้นจะมีอัลลีลเป็น A ทั้งหมด ลูกที่เกิดขึ้นจะมีจีโนไทป์เป็น Aa และมีขนที่หลังนิ้วทั้งหมด แต่ถ้าเป็นเฮทเทอโรไซกัส สเปิร์มที่สร้างขึ้นจะมีทั้งอัลลีล A และ a ลูกที่เกิดขึ้นจะมีทั้งที่มีขนและไม่มีขนในอัตราส่วน 1:1

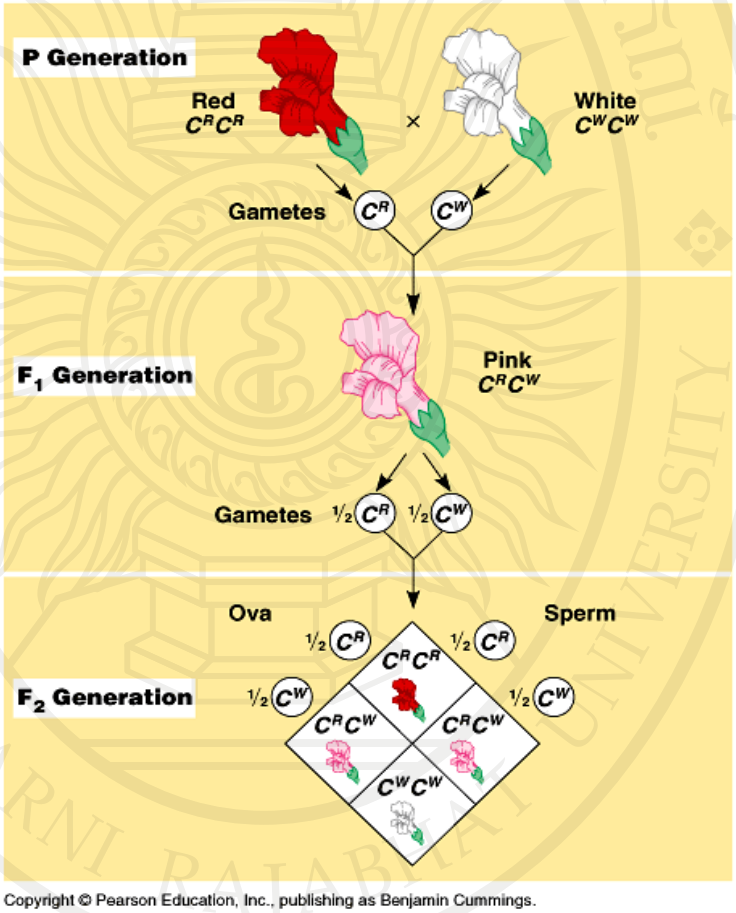
ภาพที่ 5.8 ลักษณะของขนที่หลังนิ้ว
ที่มา: (ประดิษฐ์ พงศ์ทองคำ, 2554 : 70)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ลักษณะพันธุกรรมที่ไม่เป็นไปตามกฎของเมนเดล

การข่มไม่สมบูรณ์

ต้นถั่วรุ่น F1 ที่ได้จากการทดลองมีลักษณะเหมือนกับพ่อหรือแม่ เนื่องจากเฉพาะอัลลีลเด่นเท่านั้นที่แสดงออก แต่ในกรณีที่ลูก F1 ที่เกิดมามีลักษณะที่อยู่ระหว่างฟีโนไทป์ของพ่อและแม่ เรียกลักษณะนี้ว่า ลักษณะที่ถูกข่มไม่สมบูรณ์ เช่น การผสมดอกไม้ที่มีดอกสีแดง และดอกสีขาว ลูกที่เกิดขึ้นจะมีดอกสีชมพู หากเป็นไปตามกฎต้องได้สีแดง) ในกรณีนี้ดอกสีแดงและดอกสีขาวจะแสดงออกร่วมกันในรุ่น F1 เมื่อนำลูกรุ่น F1 มาผสมกันเองจนได้ลูกรุ่น F2 พบว่ามีอัตราส่วนของฟีโนไทป์เป็นสีแดง: ชมพู: สีขาว เท่ากับ 1:2:1 จะเห็นได้ว่าสิ่งมีชีวิตที่เป็นเฮทเทอโรไซกัส มีลักษณะฟีโนไทป์แตกต่างไปจากพ่อแม่ที่เป็นโฮโมไซกัสทั้งสิ้น ยกตัวอย่างเช่นคนที่เป็นโรคไฮเปอร์คอเลสเตอโรนีเมีย (Hypercholesteronemia)



Copyright © Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

ภาพที่ 5.9 การข่มแบบไม่สมบูรณ์
ที่มา: (ประดิษฐ์ พงศ์ทองคำ, 2554 : 87)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

มัลติเปิลอัลลีล

แบบแผนที่กล่าวมาช่วงแรก ถูกควบคุมโดย 2 อัลลีล แต่มีลักษณะพันธุกรรมบางลักษณะที่ถูกควบคุมโดยอัลลีลที่มากกว่า 2 อัลลีลขึ้นไป เช่น พันธุกรรมหมู่เลือดระบบเอบีโอ (ABO) ในมนุษย์

มีฟีโนไทป์ 4 แบบ มนุษย์อาจมีหมู่เลือดเป็นเอ, บี, โอ, เอบี (A, B, O, AB) กลุ่มเลือดทั้ง 4 เป็นผลจากการที่คนมีอัลลีล 3 อัลลีล ซึ่งประกอบด้วยอัลลีล I^A, I^B และ i มีจีโนไทป์ได้ 6 แบบ (ปรีชา สุวรรณพินิจ และนงลักษณ์ สุวรรณพินิจ, 2553 : 588-589) โดยหมู่เอ จะมีจีโนไทป์ I^AI^A และ I^Ai หมู่บี จะมีจีโนไทป์ I^BI^B และ I^Bi และหากเป็นอัลลีลด้อยด้วยกันทั้งคู่ คือ ii ก็แสดงฟีโนไทป์เป็นหมู่เลือดโอ และลักษณะอัลลีล I^A และ I^B จะแสดงออกพร้อมกัน เนื่องจากไม่สามารถข่มกันได้ เราเรียกว่า การข่มร่วมกัน หรือ โคโดมิแนนซ์ (Codominance) คนที่มีอัลลีล I^AI^B จึงจัดว่าเป็นหมู่เลือดเอบี (AB)

ตารางที่ 5.1 แสดงฟีโนไทป์และจีโนไทป์ของหมู่เลือดระบบเอบีโอ (ABO)

หมู่เลือดระบบเอบีโอในคน (ABO Blood group)	
ฟีโนไทป์	**จีโนไทป์**
O	ii
A	I^AI^A **และ** I^Ai
B	I^BI^B **และ** I^Bi
AB	I^AI^B

การถ่ายทอดโพลียีน

เป็นลักษณะทางพันธุกรรมที่หนึ่งลักษณะถูกควบคุมด้วยยีนมากกว่า 1 คู่ เป็นลักษณะที่ไม่สามารถสังเกตเห็นความแตกต่างกันได้อย่างชัดเจน เช่น ลักษณะสีผิวของคน และลักษณะความสูง ซึ่งลักษณะเหล่านี้มีความแปรปรวนอย่างต่อเนื่องในประชากร คือ มีการกระจายตัวเป็นรูประฆังคว่ำ เรียกลักษณะเหล่านี้ว่า โพลิเจนิก อินเฮอริทแทนซ์ (Polygenic inheritance) อีกทั้งยังมีปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมเข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น สารอาหาร ซึ่งจะมีอิทธิพลต่อความสูงของมนุษย์ พันธุกรรมและสิ่งแวดล้อมต่างก็มีผลต่อฟีโนไทป์ที่ปรากฏ แต่ในบางกรณี สิ่งแวดล้อมจะมีอิทธิพลมากกว่าพันธุกรรม สำหรับปัจจัยอื่น ๆ เช่น อุณหภูมิ จะมีอิทธิพลต่อพืชและสัตว์มาก เช่น กระต่ายหิมาลายัน มีอัลลีล ch เป็นโฮโมไซกัส อัลลีลที่เกี่ยวข้องกับการผลิตเมลานิน เอนไซม์ที่มีรหัสมาจากยีนนี้จะถูกกระตุ้นในช่วงอุณหภูมิที่ต่ำเท่านั้น ดังนั้นขนสีดำจะเกิดในบริเวณที่ความร้อนจากร่างกายสูญเสียไปในสิ่งแวดล้อม

ไพลโอโทรปี

เกิดเมื่อยีน 1 ยีน สามารถควบคุมลักษณะทางพันธุกรรมหลายลักษณะ ตัวอย่างเช่น โรคซิกเกิลเซลล์ แอนนีเมีย (Sickle cell anemia) หรือภาวะเลือดจาง ซึ่งเกิดความผิดปกติของยีนและมีผลทำให้รูปร่างของเม็ดเลือดแดงผิดปกติไปเป็นรูปเคียว ทำให้การนำออกซิเจนทำได้ไม่ดีนัก และเกิดความผิดปกติของม้าม ตับ และสีผิวด้วย อีกโรคหนึ่งคือ คนที่เป็นโรคมาร์ฟาน (Marfan syndrome) จะมีแขน ขา มือ และเท้า ยาวเกินปกติ เส้นเลือดแดงใหญ่ไม่แข็งแรง และมีสายตาไม่ดี ซึ่งเป็นผลมาจากการสร้างเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่ผิดปกติ เนื่องจากการกลายพันธุ์ของยีน FBN 1 บนโครโมโซมแท่งที่ 15

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา

อีพิสเทซิส

การทำงานร่วมกันระหว่างยีน เช่น การที่ยีนหนึ่งไปมีผลกับการทำงานของยีนคู่อื่น หรือการที่ยีนหลาย ๆ คู่ทำงานร่วมกันให้เกิดลักษณะหนึ่ง หรืออัลลีลคู่หนึ่งไปยับยั้งหรือเปลี่ยนแปลงผลของอัลลีลยีนอื่นได้ ตัวอย่างเช่น การทำงานร่วมกันของยีนเพื่อสร้างสีขนกระต่าย มีอัลลีลมากกว่า 12 คู่ทำงานร่วมกัน ขณะที่สีตาและรูปร่างตาของแมลงหวี่ มีมากกว่า 100 คู่ที่ทำงานร่วมกัน เป็นต้น

ลักษณะพันธุกรรมที่เกี่ยวกับเพศ

ยีนบนโครโมโซมเพศ (X-Linked gene) หรือลักษณะที่ถูกควบคุมโดยยีนที่ตั้งอยู่บนโครโมโซม x เช่น ลักษณะตาบอดสี โรคฮีโมฟีเลีย เป็นต้น สำหรับผู้หญิงจะได้รับ โครโมโซม x จากพ่อและแม่อย่างละแท่ง ส่วนผู้ชายได้รับโครโมโซม x จากแม่ 1 แท่ง และโครโมโซม Y 1 แท่ง ดังนั้นผู้ชายในทุกอัลลีลที่อยู่บนโครโมโซม x จะแสดงออกไม่ว่าจะเป็นอัลลีลเด่นหรืออัลลีลด้อย

ส่วนในผู้หญิงจะแสดงลักษณะผิดปกติที่ควบคุมจากอัลลีลบนโครโมโซม x ได้ต่อเมื่อเป็นอัลลีลด้อยทั้งคู่ บนโครโมโซม x ผู้หญิงที่มีลักษณะตาบอดสีจะต้องมีพ่อที่ตาบอดสี และแม่ที่อย่างน้อยสุดเป็นพาหะ คือ เป็นเฮทเทอโรไซกัสของตาบอดสี ตรงกันข้ามกับผู้ชายตาบอดสี จะมีแม่ที่เป็นเฮทเทอโรไซกัส สำหรับลักษณะตาบอดสี ถึงแม้ว่าพ่อของเค้าจะตาปกติ ก็สามารถทำให้ลูกตาบอดสีได้ ลักษณะเอกซ์ ลิงค์ รีเซสซีฟ (X-Linked recessive) พบในผู้ชายมากกว่าผู้หญิง ยีนที่ควบคุมลักษณะที่อยู่ภายใต้อิทธิพลของเพศ เช่น ผู้ชายหรือผู้หญิงที่มีจีโนไทป์เหมือนกัน อาจมีฟีโนไทป์ที่แตกต่างกันระหว่าง 2 เพศ เช่น ลักษณะศีรษะล้าน ที่ล้านเฉพาะด้านด้านหน้าและด้านบน อัลลีลที่เกี่ยวข้อง เป็นอัลลีลเด่นในผู้ชาย เป็นอัลลีลด้อยในผู้หญิง ลักษณะศีรษะล้านถูกควบคุมโดยอัลลีล b และลักษณะปกติควบคุมโดยอัลลีล b^+ หากมีจีโนไทป์เป็น bb ก็จะแสดงลักษณะศีรษะล้านทั้ง 2 เพศ ส่วนจีโนไทป์ b^+ b หากเป็นผู้ชายศีรษะจะล้าน หากเป็นผู้หญิงจะปกติ ส่วนจีโนไทป์ b^+ b^+ ศีรษะไม่ล้านทั้ง 2 เพศ ลักษณะที่ปรากฏจำเพาะเพศ (Sex-Limited Traits) เป็นลักษณะที่ไม่ได้ควบคุมโดยโครโมโซมเพศ แต่แสดงออกในเพศหนึ่ง และไม่แสดงออกในเพศหนึ่ง เช่น ลักษณะขนไก่ที่แตกต่างระหว่างเพศผู้และเพศเมีย เป็นต้น

การคัดเลือก การผสมเลือดชิด และการผสมสายพันธุ์ต่าง

การคัดเลือก (Selection) นักพันธุศาสตร์สามารถผสมพันธุ์วัวจนได้วัวที่สามารถผลิตนมได้มากขึ้น ผลิตไก่ที่ให้ไข่ฟองขนาดใหญ่ขึ้น หรือผสมข้าวโพดจนได้ฝักที่มีเมล็ดต่อฝักมากขึ้น กระบวนการเหล่านี้กระทำ โดยการคัดเลือกสิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะที่ต้องการ แล้วนำสิ่งมีชีวิตเหล่านี้มาผสมใช้เป็นพ่อพันธุ์แม่พันธุ์ต่อไปเรื่อย ๆ จนได้สายพันธุ์ที่เป็นพันธุ์แท้ (True breeding) ซึ่งมีประโยชน์อย่างยิ่ง สายพันธุ์ที่ได้นี้เป็นโฮโมไซกัสสำหรับยีนทั้งหมดที่เกี่ยวข้องอาจจะเป็นยีนสำหรับลักษณะเด่น หรือลักษณะด้อยก็ได้

ข้อจำกัดถึงประสิทธิภาพของการผสมพันธุ์โดยวิธีการคัดเลือกลักษณะที่ดีไว้ คือเมื่อได้สายพันธุ์ที่เป็นโฮโมไซกัสสำหรับยีนทุกยีนที่เกี่ยวข้องสายพันธุ์เหล่านี้ไม่สามารถเพิ่มคุณภาพตามที่ต้องการได้อีกต่อไปยิ่งกว่านั้นการผสมสายพันธุ์ที่ใกล้เคียงกันจะทำให้เกิดลักษณะของโฮโมไซกัสสำหรับลักษณะต่าง ๆ ที่ไม่ต้องการ การผสมแบบนี้เรียก การผสมแบบเลือดชิด (Inbreeding)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

ตัวอย่างเช่น การที่มนุษย์แต่งงานกันในเครือญาติ ทำให้มีโอกาสได้ลูกที่เป็นโรคทางพันธุกรรมสูงขึ้น โดยทั่วไปแล้วลักษณะความผิดปกติเช่นนี้เกิดขึ้นได้น้อยมาก จึงเป็นเหตุผลที่ในบางแห่งมีกฎหมายห้ามการแต่งงานในเครือญาติ

การผสมสิ่งมีชีวิตสายพันธุ์ที่แตกต่างกัน (Outbreeding) ทำให้ลูกที่เกิดขึ้นมีลักษณะที่แข็งแรงขึ้น มีการปรับตัวเพื่อการอยู่รอดดีกว่าพ่อหรือแม่ ลักษณะดังกล่าวเรียกว่า ไฮบริด ไวเกอร์ (Hybrid vigor) เกิดขึ้นเนื่องจากสายพันธุ์พ่อหรือแม่มีลักษณะที่ไม่ต้องการเป็นโฮโมไซกัส รีเซสซีฟ (Homozygous recessive) ในยีนที่แตกต่างกัน แต่ทั้งพ่อและแม่ต่างก็มียีนเด่นที่จะไปข่มยีนด้อยของกันและกันได้ เช่น สายพันธุ์พ่อมีจีโนไทป์เป็น AAbbCCdd สายพันธุ์แม่มีจีโนไทป์เป็น aaBBccDD จาก 2 สายพันธุ์นี้ ลูกมีจีโนไทป์เป็น AaBbCcDd จึงแสดงลักษณะเด่นของทุกลักษณะ โดยที่ลักษณะด้อยทุกลักษณะถูกข่มไว้

การที่สิ่งมีชีวิตที่เป็นเฮเทโรไซโกตแสดงลักษณะที่ดีกว่าพ่อและแม่ที่เป็นโฮโมไซโกต เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า โอเวอร์โดมิแนนซ์ (Overdominance) หากลักษณะที่แสดงของ เฮเทโรไซโกต เป็นที่ต้องการมากกว่า เรียกว่ามี เฮทเทอโรไซโกต แอดแวนเทจ (Hetrozygote advantage) เกิดขึ้น ดังนั้นการเกิดเฮทเทอโรไซโกซิตี้ (Heterozygosity) บางครั้งมีประโยชน์ เช่น คนที่เป็นเฮโทโรไซกัสสำหรับอัลลีลด้อยของโรคซิกเกิลเซลล์ แอนนีเมีย (Sickle cell anemia) (s) และอัลลีลเด่น (S) มีความต้านทานต่อโรคมาเลเรีย ส่วนคนที่เป็นโฮโมไซกัส SS มีลักษณะปกติ แต่มีความต้านทานต่อโรคมาเลเรียน้อยกว่าคนที่เป็นโฮโมไซกัส ss เป็นต้น

สรุป

การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม เป็นสิ่งที่มีนักวิทยาศาสตร์พยายามอธิบายมาหลายศตวรรษ รวมทั้งชาร์ลส ดาร์วิน บิดาของวิชาวิวัฒนาการ ซึ่งเป็นผู้ตั้งทฤษฎีการคัดเลือกตามธรรมชาติ (Natural selection) ซึ่งอธิบายการเกิดสปีชีส์ ของสิ่งมีชีวิต ที่มีความสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม อย่างไรก็ตามดาร์วินกลับไม่สามารถอธิบายได้ว่าสิ่งมีชีวิตเหล่านี้มีการถ่ายทอดลักษณะพันธุกรรมซึ่งเป็นทั้งลักษณะเด่นและลักษณะด้อยนั้นได้อย่างไร โดยทฤษฎีของดาร์วินถูกอธิบายโดยเกรเกอร์ เมนเดล ที่ค้นพบว่าสิ่งมีชีวิตสามารถส่งผ่านองค์ประกอบ ที่เรียกว่า ยีน จากรุ่นพ่อแม่ไปยังลูกหลานได้ จึงได้ชื่อว่าเป็นบิดาแห่งวิชาพันธุศาสตร์ เนื่องจากเมนเดลได้มีการศึกษาโครงสร้างและหน้าที่ของหน่วยพันธุกรรม และการถ่ายทอดลักษณะพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตจากรุ่นหนึ่งไปยังรุ่นต่อไป พืชที่เมนเดลนำมาศึกษา คือ ถั่วลันเตา โดยการนำถั่วลันเตาที่มีลักษณะที่แตกต่างกันมาผสมกัน แล้วเก็บเมล็ดไว้ นำเมล็ดมาปลูกเป็นรุ่นที่ 1 สังเกตลักษณะของลูกที่เกิดขึ้น จากนั้นนับจำนวน และบันทึกผล ปล่อยให้ผสมกันเอง เก็บเมล็ดไว้ นำเมล็ดมาปลูก เป็นรุ่นที่ 2 บันทึกผล สรุปผลเป็นกฎเมนเดล 2 ข้อ ได้แก่ กฎข้อที่ 1 กฎแห่งการแยกตัว และกฎข้อที่ 2 กฎแห่งการรวมกลุ่มกันอย่างอิสระ เมนเดลใช้ต้นถั่วลันเตาใช้ศึกษาการถ่ายทอดทางพันธุกรรม เพราะว่าถั่วลันเตาเจริญง่าย และมีความหลากหลายทางพันธุกรรม เป็นพืชที่มีการปฏิสนธิตัวเอง (Self-fertilization) ลักษณะพันธุกรรมที่เป็นไปตามแบบของเมนเดล เช่น ลักษณะที่ไม่สามารถกระดกนิ้วและการไม่มีลักยิ้ม ลักษณะเหล่านี้เป็นลักษณะด้อย แต่พบได้โดยทั่วไปมากว่า อีกตัวอย่าง คือ โรคทางพันธุกรรมบางโรค เกิดจากอัลลีลเด่น แต่พบได้น้อยมาก ลักษณะพันธุกรรมที่ไม่เป็นไปตามกฎของเมนเดล ได้แก่ การข่มไม่สมบูรณ์ของดอกไม้ และมัลติเปิลอัลลีล เป็นต้น สำหรับการถ่ายทอดโพลียีน เป็นลักษณะทางพันธุกรรมที่หนึ่งลักษณะถูกควบคุมด้วยยีนมากกว่า 1 คู่ เป็นลักษณะที่ไม่สามารถสังเกตเห็นความแตกต่างกันได้อย่างชัดเจน เช่น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

ลักษณะสีผิวของคน และลักษณะความสูง ซึ่งลักษณะเหล่านี้มีความแปรปรวนอย่างต่อเนื่องในประชากร ส่วนไพลโอโทรปีเกิดเมื่อยีน 1 ยีน สามารถควบคุมลักษณะทางพันธุกรรมหลายลักษณะ ตัวอย่างเช่น โรคซิกเกิลเซลล์ แอนนีเมีย หรือภาวะเลือดจาง ซึ่งเกิดความผิดปกติของยีน และมีผลทำให้รูปร่างของเม็ดเลือดแดงผิดปกติไปเป็นรูปเคียว อีพิสเทซิส เกิดจากการทำงานร่วมกันระหว่างยีน เช่น การที่ยีนหนึ่งไปมีผลกับการทำงานของยีนคู่อื่น หรือการที่ยีนหลายๆ คู่ทำงานร่วมกันให้เกิดลักษณะหนึ่ง หรืออัลลีลคู่หนึ่งไปยับยั้งหรือเปลี่ยนแปลงผลของอัลลีลยีนอื่นได้ ตัวอย่างเช่น การทำงานร่วมกันของยีนเพื่อสร้างสีขนกระต่าย เป็นต้น ลักษณะพันธุกรรมที่เกี่ยวกับเพศ เช่น ลักษณะตาบอดสี เป็นต้น การคัดเลือก คือ การที่นักพันธุศาสตร์สามารถผสมพันธุ์วัวจนได้วัวที่สามารถผลิตนมได้มากขึ้น ผลิตไก่ที่ให้ไข่ฟองขนาดใหญ่ขึ้น หรือผสมข้าวโพดจนได้ฝักที่มีเมล็ดต่อฝักมากขึ้น กระบวนการเหล่านี้กระทำ โดยการคัดเลือกสิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะที่ต้องการ แล้วนำสิ่งมีชีวิตเหล่านี้มาผสมใช้เป็นพ่อพันธุ์แม่พันธุ์ต่อไปเรื่อย ๆ จนได้สายพันธุ์ที่เป็นพันธุ์แท้ ข้อจำกัดถึงประสิทธิภาพของการผสมพันธุ์โดยวิธีการคัดเลือกลักษณะที่ดีไว้ คือ เมื่อได้สายพันธุ์ที่เป็นโฮโมไซกัสสำหรับยีนทุกยีนที่เกี่ยวข้องสายพันธุ์เหล่านี้ไม่สามารถเพิ่มคุณภาพตามที่ต้องการได้อีกต่อไป ยิ่งกว่านั้นการผสมสายพันธุ์ที่ใกล้เคียงกันจะทำให้เกิดลักษณะของโฮโมไซกัสสำหรับลักษณะต่าง ๆ ที่ไม่ต้องการ การผสมแบบนี้เรียก การผสมแบบเลือดชิด (Inbreeding) ตัวอย่างเช่น การที่มนุษย์แต่งงานกันในเครือญาติทำให้มีโอกาสได้ลูกที่เป็นโรคทางพันธุกรรมสูงขึ้น โดยทั่วไปแล้วลักษณะความผิดปกติเช่นนี้เกิดขึ้นได้น้อยมาก จึงเป็นเหตุผลที่ในบางแห่งมีกฎหมายห้ามการแต่งงานในเครือญาติ Out breeding การผสมสิ่งมีชีวิตสายพันธุ์ที่แตกต่างกัน ทำให้ลูกที่เกิดขึ้นมีลักษณะที่แข็งแรงขึ้น มีการปรับตัวเพื่อการอยู่รอดดีกว่าพ่อหรือแม่ ลักษณะดังกล่าวเรียกว่า ไฮบริด ไวเกอร์ (Hybrid vigor) การที่สิ่งมีชีวิตที่เป็นเฮเทโรไซโกตแสดงลักษณะที่ดีกว่าพ่อและแม่ที่เป็นโฮโมไซโกต เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า โอเวอร์โดมิแนนซ์ หากลักษณะที่แสดงของ เฮเทโรไซโกต เป็นที่ต้องการมากกว่า เรียกว่า มีเฮทเทอโรไซโกต แอดแวนเทจ (Hetrozygote advantage) เกิดขึ้น ดังนั้นการเกิดเฮทเทอโรไซโกซิตี้ (Heterozygosity) บางครั้งมีประโยชน์ เช่น คนที่เป็นเฮโทโรไซกัสสำหรับอัลลีลด้อยของโรคซิกเกิลเซลล์ แอนนีเมีย (s) และอัลลีลเด่น (S) มีความต้านทานต่อโรคมาเลเรีย เป็นต้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

แบบฝึกหัดบทที่ 5

จงตอบคำถามดังต่อไปนี้

1. จงอธิบายกฎของเมนเดลมีกี่ข้อ อะไรบ้าง
2. จงบอกความแตกต่างระหว่างจีโนไทป์และฟีโนไทป์
3. จงอธิบายว่าทำไมการผสมพันธุ์สัตว์จึงต้องทำเทสครอส
4. จงอธิบายว่าทำไมลูกชายจึงมีลักษณะด้อยที่เกี่ยวข้องทางเพศ ซึ่งถ่ายทอดมาจากแม่เท่านั้น
5. โรคซิเกิลเซลล์ แอนนีเมีย เกิดจากอะไร และมีลักษณะความผิดปกติอย่างไร
6. จงอธิบายมัลติเปิลอัลลีล
7. ทำไมเมนเดลจึงเลือกใช้ต้นถั่วในการทดลอง
8. จงยกตัวอย่างและอธิบายข้อยกเว้นที่ไม่เป็นไปตามกฎของเมนเดลมา 3 ลักษณะ
9. ความแตกต่างระหว่างการถ่ายทอดพันธุกรรมแบบโพลียีนและไพลโอโทรปี คืออะไร
10. จงอธิบายคำว่า inbreeding และ out breeding

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

เอกสารอ้างอิง

คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (2553). **ชีววิทยา และสัตววิทยา 2**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ปรีชา สุวรรณพินิจ และนงลักษณ์ สุวรรณพินิจ. (2553). **ชีววิทยา 2.** พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ประดิษฐ์ พงศ์ทองคำ. (2554). **พันธุศาสตร์.** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์:

Mader, S.S. (2012). **Essensial of Biology 1**. 2nd ed. New York : Mc-Graw Hill.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

แผนการสอนประจำบทที่ 6

เนื้อเยื่อ

เนื้อหาประจำบท

บทที่ 6 เนื้อเยื่อ

1. ความหมายของเนื้อเยื่อ
2. ชนิดของเนื้อเยื่อพืช
3. ชนิดของเนื้อเยื่อสัตว์

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

เมื่อศึกษาบทที่ 6 แล้วนักศึกษาสามารถ

1. บอกความหมายของเนื้อเยื่อได้
2. อธิบายลักษณะของเนื้อเยื่อพืชได้
3. ยกตัวอย่างชนิดของเนื้อเยื่อพืชได้
4. อธิบายลักษณะของเนื้อเยื่อสัตว์ได้
5. ยกตัวอย่างชนิดของเนื้อเยื่อสัตว์ได้

กิจกรรมการเรียนการสอนประจำบท

1. ผู้สอนอธิบายทฤษฎี และซักถาม พร้อมยกตัวอย่างประกอบการบรรยาย โดยใช้เครื่องฉายภาพ (Projector)
2. ให้ผู้เรียนทำแบบฝึกหัดบทที่ 6
3. ทดสอบย่อยหลังจบบทเรียน

สื่อการเรียนการสอน

1. เอกสารประกอบการสอนวิชาชีววิทยา 1
2. ไฟล์เอกสารประกอบการสอนวิชาชีววิทยา 1 (Power point)
3. แบบจำลองเนื้อเยื่อพืช
4. วีดิทัศน์
5. หนังสืออ่านประกอบค้นคว้าเพิ่มเติม
6. แบบฝึกหัดบทที่ 6

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

การวัดผลและประเมินผล

1. สังเกตจากการซักถามผู้เรียน
2. สังเกตจากการร่วมกิจกรรม
3. สังเกตจากความสนใจ
4. ประเมินจากการทำคำถามท้ายบท
5. ประเมินจากการสอบระหว่างภาคและปลายภาค

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

บทที่ 6

เนื้อเยื่อ

องค์ประกอบของสิ่งมีชีวิตที่เกิดขึ้นจากหน่วยที่เล็กที่สุด ก็คือ เซลล์ ซึ่งประกอบไปด้วยเซลล์ที่มีรูปร่าง และหน้าที่ที่แตกต่างกันออกไป โดยเซลล์ที่มีรูปร่างและขนาดเหมือนกัน จะมารวมกันเพื่อทำหน้าที่ร่วมกัน เราเรียกโครงสร้างของสิ่งมีชีวิตในระดับนี้ว่า เนื้อเยื่อ ซึ่งในบทนี้ จะแบ่งเนื้อหาออกเป็นสองส่วน คือ เนื้อเยื่อพืช และเนื้อเยื่อสัตว์ โดยในแต่เรื่องจะประกอบไปด้วยความหมาย ชนิด และลักษณะของเนื้อเยื่อแบบต่าง ๆ ตลอดจนวิธีในการศึกษาเนื้อเยื่อในห้องปฏิบัติการเบื้องต้น

ความหมายของเนื้อเยื่อ

เนื้อเยื่อ (Tissue) คือ กลุ่มเซลล์ที่ร่วมกันทำหน้าที่เฉพาะ ซึ่งส่วนมากจะประกอบด้วยกลุ่มเซลล์ที่มีขนาด รูปร่าง และการจัดระเบียบแบบเดียวกัน ในร่างกายของสิ่งมีชีวิตชั้นสูงจะประกอบไปด้วยเซลล์ต่าง ๆ หลากหลายชนิด แต่ละชนิดจะมีหน้าที่เฉพาะอย่าง ดังนั้นเนื้อเยื่อจึงหมายถึง กลุ่มของเซลล์ที่มีลักษณะอย่างเดียวกันมารวมกัน เพื่อทำหน้าที่อย่างเดียวกัน วิชาที่ศึกษาเกี่ยวกับเนื้อเยื่อโดยตรง คือ วิชามิญชวิทยา (Histology) โดยเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิตจะแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ เนื้อเยื่อพืช และเนื้อเยื่อสัตว์

เนื้อเยื่อพืช

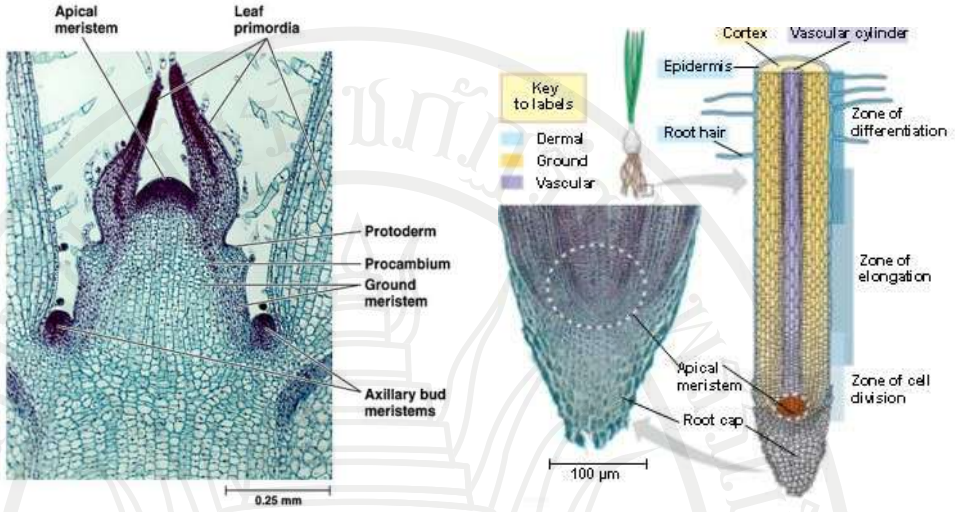
เนื้อเยื่อพืช คือ เนื้อเยื่อที่มีอยู่ในส่วนต่าง ๆ ของต้นไม้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกลุ่มของพืชชั้นสูง แบ่งได้ 2 กลุ่มตามคุณสมบัติของการแบ่งเซลล์ ได้แก่ เนื้อเยื่อเจริญ (Meristimatic tissue หรือ Meristem) และเนื้อเยื่อถาวร (Permanent tissue)

1. เนื้อเยื่อเจริญ (Meristimatic tissue) เป็นเนื้อเยื่อที่ประกอบไปด้วยเซลล์ที่มีคุณสมบัติการแบ่งเซลล์แบบไมโตติก (Mitotic cell division) เอาไว้ได้ตลอดชีวิต เนื้อเยื่อเจริญเป็นเนื้อเยื่อที่ทำให้พืชมีการเจริญเติบโตได้อย่างไม่มีที่สิ้นสุด ตราบเท่าที่พืชยังมีชีวิต ดังนั้นเราจึงสังเกตเห็นได้ว่าลำต้นพืชรวมทั้งราก สามารถเจริญเติบโต ยืดยาว หรือแผ่กิ่งก้านหรือสาขาออกไปได้เรื่อย ๆ หรือมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพิ่มขึ้นเมื่อพืชมีอายุมากขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งเป็นลักษณะที่ไม่พบในสัตว์ที่การเจริญเติบโตมักจะหยุดหรือสิ้นสุดลง เมื่อสัตว์มีอายุถึงในระดับหนึ่ง เนื้อเยื่อเจริญ อาจแบ่งได้เป็น 2 แบบใหญ่ ๆ คือ เนื้อเยื่อเจริญส่วนปลาย (Apical meristem) และเนื้อเยื่อเจริญด้านข้าง (Lateral meristem) หรือเนื้อเยื่อเจริญทุติยภูมิ (Secondary meristem) หรืออาจเรียกสั้น ๆ ว่า แคมเบียม (Cambium)

1.1 เนื้อเยื่อเจริญส่วนปลาย

เนื้อเยื่อเจริญส่วนปลายที่พบตามปลายยอดของลำต้นหรือกิ่งก้านเรียก เนื้อเยื่อเจริญปลายยอด (Apical shoot meristem) แต่ถ้าพบที่ปลายรากจะเรียก เนื้อเยื่อเจริญปลายราก (Apical root meristem) ทั้งเนื้อเยื่อเจริญปลายยอดและปลายราก จะสร้างเนื้อเยื่อเจริญอีกชุดหนึ่งที่เรียกว่าเนื้อเยื่อเจริญปฐมภูมิ (Primary meristem) ขึ้นมา ซึ่งเนื้อเยื่อเจริญปฐมภูมิยังแบ่งได้ออก 3 กลุ่ม คือ โพรโตเดิร์ม (Protoderm) โพรแคมเบียม (Procambium) และ กราวด์เมอริสเต็ม (Ground meristem) ซึ่งเนื้อเยื่อเจริญปฐมภูมิทั้ง 3 กลุ่มนี้จะพัฒนาและเปลี่ยนแปลงต่อไปเป็นเนื้อเยื่อถาวร

ชนิดต่าง ๆ การเจริญเติบโตของอวัยวะหรือส่วนต่าง ๆ ของพืชที่มาจากการทำงานของเนื้อเยื่อเจริญส่วนปลาย หรือ เนื้อเยื่อเจริญปฐมภูมิ เรียกว่า การเจริญเติบโตปฐมภูมิ (Primary growth) ซึ่งเป็นการเจริญเติบโตที่ทำให้ส่วนต่าง ๆ ของพืชมีความสูง หรือความยาวเพิ่มมากขึ้น

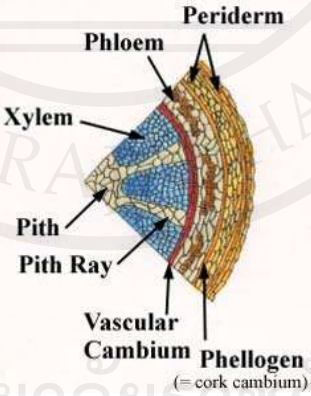


(ก) (ข)

ภาพที่ 6.1 (ก) เนื้อเยื่อเจริญปลายยอด (ข) เนื้อเยื่อเจริญปลายราก
ที่มา: (Cambell, N.A., 1977 : 683)

1.2 เนื้อเยื่อเจริญด้านข้าง

ในขณะที่เนื้อเยื่อเจริญส่วนปลายนั้น จะเกิดขึ้นมาตั้งแต่พืชอยู่ในระยะเอ็มบริโอ (Embryo) เนื้อเยื่อเจริญด้านข้างจะเป็นเนื้อเยื่อเจริญที่เกิดหรือพัฒนาขึ้นมาภายหลัง และไม่ได้พบในพืชทุกชนิด เนื้อเยื่อเจริญด้านข้างแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ แคมเบียมท่อลำเลียง (Vascular cambium) และ คอร์กแคมเบียม (Cork cambium) การเจริญเติบโตของลำต้น หรือราก ที่มาจากการทำงานหรือการแบ่งเซลล์ของเนื้อเยื่อเจริญด้านข้าง เรียก การเจริญเติบโตทุติยภูมิ (Secondary growth) ซึ่งเป็นการเจริญเติบโตที่ทำให้ลำต้น หรือรากของพืชมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางหรือเส้นรอบวงเพิ่มมากขึ้น ซึ่งการเจริญเติบโตทุติยภูมินั้นจะพบได้เฉพาะในพืชที่มีการสร้างเนื้อเยื่อเจริญด้านข้าง พืชที่ไม่มีการสร้างเนื้อเยื่อเจริญด้านข้าง จะไม่มีการเจริญเติบโตทุติยภูมิ



ภาพที่ 6.2 เนื้อเยื่อเจริญด้านข้าง
ที่มา: (Cambell, N.A., 1977 : 687)

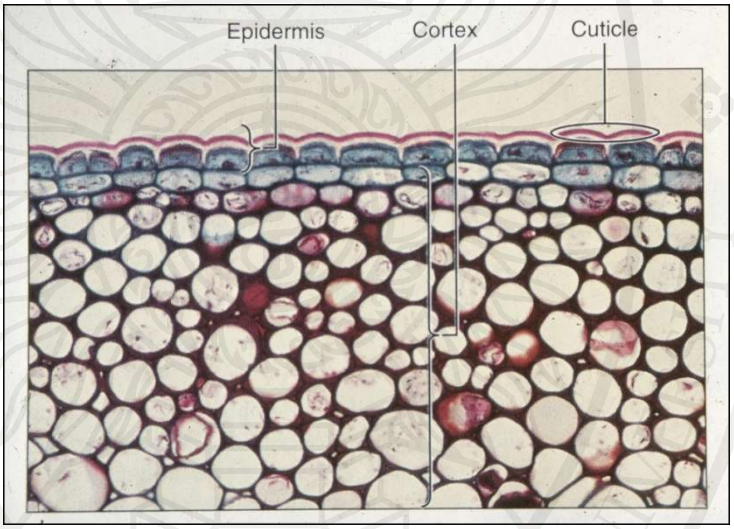
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

2. เนื้อเยื่อถาวร

เนื้อเยื่อถาวรแบ่งออกเป็น 5 กลุ่ม คือ

2.1 เนื้อเยื่อผิว

เนื้อเยื่อผิวเป็นเนื้อเยื่อที่อยู่รอบนอกสุด ทำหน้าที่ป้องกันเนื้อเยื่ออื่นๆ ที่อยู่ภายใน โดยปกติประกอบด้วยเซลล์ผิว (Epidermal cell) ที่เรียงตัวหนึ่งแถวหรือหนึ่งชั้น แต่ในพืชบางชนิดอาจพบเนื้อเยื่อชั้นนี้มีมากกว่าหนึ่งชั้น นอกจากนั้นยังอาจพบเซลล์คุม (Guard cell) เซลล์ข้างเซลล์คุม (Subsidiary cell) และขน (Trichomes) ระหว่างเซลล์คุมหนึ่งคู่จะมีช่องเล็กๆ เรียกว่า รูปากใบ (Stomal pore) ซึ่งเป็นบริเวณหรือตำแหน่งที่เกิดการแลกเปลี่ยนก๊าซระหว่างอากาศภายนอกกับพืช โดยเฉพาะก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่จำเป็นต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง (Photosynthesis) นอกจากนั้นปากใบยังเป็นช่องทางที่ทำให้เกิดการคายน้ำ (transpiration) ซึ่งเป็นกระบวนการสำคัญต่อการลำเลียงน้ำและธาตุอาหารของพืชอีกด้วย ด้านนอกผนังเซลล์ของเซลล์ผิวจะมีสารคิวติน (Cutin) เคลือบอยู่เห็นเป็นชั้นเรียก คิวติเคิล (Cuticle) ซึ่งจะช่วยป้องกันการสูญเสียน้ำของพืชออกสู่สิ่งแวดล้อมภายนอก นอกจากนี้ยังอาจพบสารอื่นๆ เช่น ซิลิกา (Silica) สะสมร่วมอยู่ด้วย เซลล์ในเนื้อเยื่อผิวเหล่านี้เปลี่ยนสภาพมาจากเซลล์ของเนื้อเยื่อเจริญปฐมภูมิกลุ่มโพรโตเดิร์ม

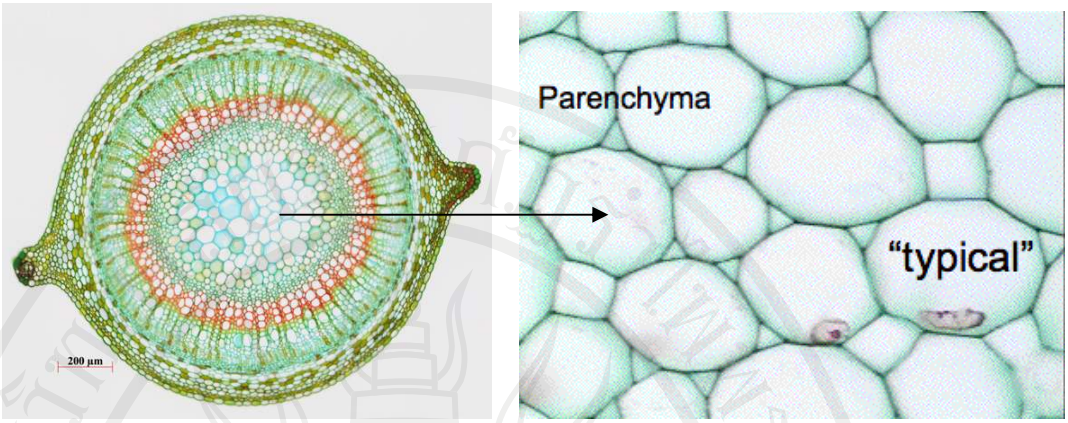


ภาพที่ 6.3 แสดงชั้นของอีพิเดอร์มิส
ที่มา: (Cambell, N.A., 1977 : 682)

2.2 เนื้อเยื่อพาเรนไคมา

เป็นเนื้อเยื่อที่พบได้ทั่วไปในเกือบทุกส่วนของพืช มักจะพบช่องว่างระหว่างเซลล์ (Intercellular space) ปรากฏอยู่ภายในเนื้อเยื่อเสมอ ประกอบด้วยเซลล์พาเรนไคมา (Parenchyma cell) ซึ่งเป็นเซลล์ที่มีชีวิต มีแวคิวโอล (Vacuole) ขนาดใหญ่ โดยทั่วไปมีผนังเซลล์ปฐมภูมิ (Primary cell wall) ที่บางและมีความหนาของผนังเซลล์สม่ำเสมอทั่วทั้งเซลล์ มีรูปร่างของเซลล์แตกต่างกันไปได้หลายแบบ โดยปกติจะมีรูปร่างค่อนข้างกลมหรือเป็นรูปหลายเหลี่ยม อาจพบที่มีลักษณะรูปร่างของเซลล์คล้ายดาว เซลล์พาเรนไคมาเป็นเซลล์ที่มีกิจกรรมหรือกระบวนการต่าง ๆ ที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตของพืชเกิดขึ้นมากมาย เช่น การสังเคราะห์และสะสมสารต่าง ๆ โดยเฉพาะกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงที่เกิดขึ้นในเซลล์พาเรนไคมาในใบพืช เซลล์พาเรนไคมานั้นจัดเป็นเซลล์ที่มีความซับซ้อนของโครงสร้างและผนังเซลล์น้อย ในการเจริญเติบโตของพืช

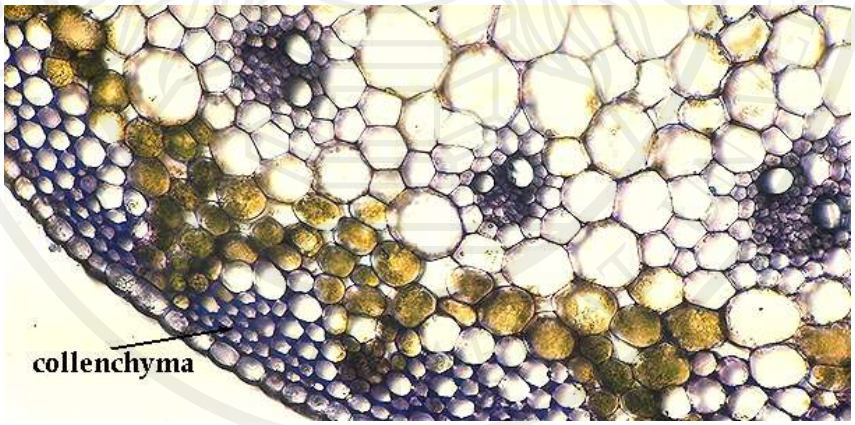
เซลล์ชนิดอื่นๆ ที่พบในเนื้อเยื่อส่วนต่าง ๆ นั้นก็มักจะเปลี่ยนสภาพ (Differentiation) มาจากเซลล์พาเรนไคมา



ภาพที่ 6.4 เนื้อเยื่อพาเรนไคมา
ที่มา: (Cambell, N.A., 1977 : 677)

2.3 เนื้อเยื่อคอลเลนไคมา

เป็นเนื้อเยื่อที่ให้ความแข็งแรงแก่ส่วนที่ยังอ่อนของพืช โดยปกติไม่พบในราก แต่มักพบในลำต้น ก้านใบและแผ่นใบ มักพบอยู่เป็นกลุ่มหรือเป็นมัดถัดเข้ามาจากชั้นเนื้อเยื่อผิว ประกอบด้วยเซลล์คอลเลนไคมา ซึ่งเป็นเซลล์ที่มีลักษณะคล้ายกับเซลล์พาเรนไคมา กล่าวคือมีชีวิต แต่ primary cell wall ของเซลล์คอลเลนไคมานั้นมีความหนาบางไม่สม่ำเสมอทั่วทั้งเซลล์ เช่น หนาตามมุมของเซลล์มากกว่าบริเวณอื่น ๆ เซลล์คอลเลนไคมาสามารถยืดตัวได้เมื่อพืชมีการเจริญเติบโตปฐมภูมิ หรือขยายขนาด

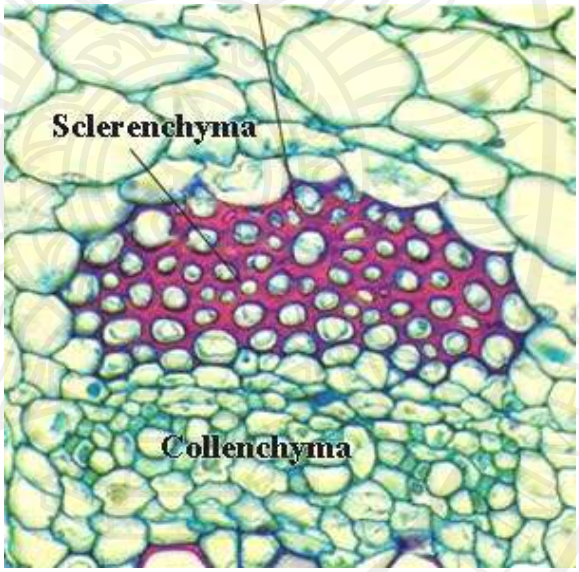


ภาพที่ 6.5 เนื้อเยื่อคอลเลนไคมา
ที่มา: (ชุมพล คุณวาสี, 2555 : 5)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

2.4 เนื้อเยื่อสเคลอเรนไคมา

เป็นเนื้อเยื่อที่ทำหน้าที่ให้ความแข็งแรงแก่ส่วนต่าง ๆ ของพืช ประกอบด้วยเซลล์สองชนิดคือ เซลล์ไฟเบอร์ (Fiber) และสเคลอรีด (Sclereid) เซลล์ทั้งสองชนิดเมื่อเจริญเต็มที่จะไม่มีชีวิต มักพบเกิดขึ้นในบริเวณหรืออวัยวะของพืชที่ไม่มีการเจริญเติบโตปฐมภูมิอีกต่อไป เนื่องจากเซลล์ทั้งสองชนิดนี้ไม่สามารถยืดตัวได้ มีการสะสมของผนังเซลล์ทุติยภูมิ (Secondary cell wall) ซึ่งมีสารประกอบพวกลิกนิน (Lignin) เป็นองค์ประกอบสำคัญ และทำให้ลักษณะโครงสร้างของเซลล์มีความแข็งแรงเพิ่มมากขึ้น ลักษณะโดยทั่วไปของเซลล์ทั้งสองชนิดจะแตกต่างกัน คือ เซลล์ไฟเบอร์มักมีรูปร่างเซลล์ผอม ยาว ในผนังเซลล์ทุติยภูมิมีรอยเว้าไม่มีขอบ (Simple pit) จำนวนน้อย โดยปกติมักพบเพียงหนึ่งหรือสองแนวเท่านั้น ส่วนสเคลรีดนั้นมีรูปร่างแตกต่างกันไปมากมาย แต่มักจะไม่เรียวยาวเหมือนเซลล์ไฟเบอร์ และพบรอยเว้าไม่มีขอบจำนวนมากและเป็น รอยเว้าไม่มีขอบที่มักแตกแขนงหรือแยกสาขาด้วย รอยเว้า (Pit) คือ รอยบางที่เกิดขึ้นบนผนังเซลล์ทุติยภูมิ เนื่องจากเป็นบริเวณที่ไม่มีการสะสมสารพวกลิกนิน นอกจากนั้นถึงแม้ว่าเซลล์ทั้งสองชนิดจะทำหน้าที่ให้ความแข็งแรงกับส่วนต่างๆ ของพืช แต่เซลล์ไฟเบอร์จะมีความยืดหยุ่นที่ดีกว่า ทำให้มักพบเซลล์ไฟเบอร์ในอวัยวะหรือส่วนของพืชที่ต้องการความแข็งแรงและความยืดหยุ่นในเวลาเดียวกัน เช่น ลำต้น หรือก้านใบ แต่ตำแหน่งที่พบสเคอลรีดมักจะพบในบริเวณที่ไม่ต้องการความยืดหยุ่น เช่น ผลหรือ เมล็ด



ภาพที่ 6.6 เซลล์เสคลอเรนไคมา
ที่มา: (Cambell, N.A., 1977 : 677)

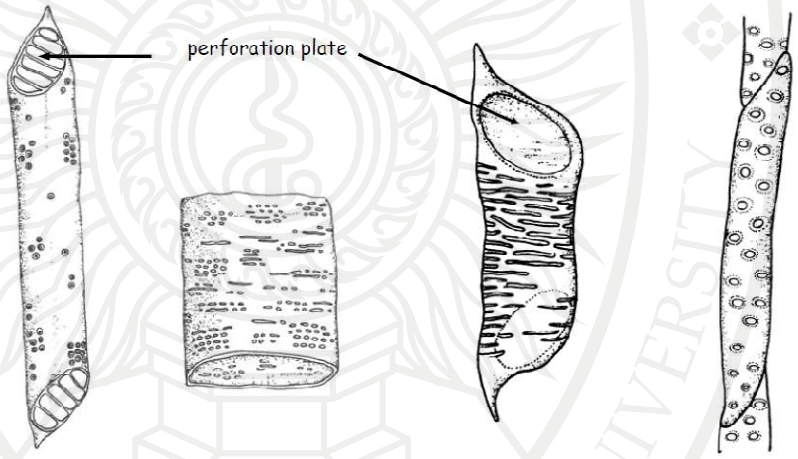
2.5 เนื้อเยื่อลำเลียง

เป็นเนื้อเยื่อที่ทำหน้าที่ในการลำเลียงน้ำและอาหาร แบ่งออกเป็นสองกลุ่มคือ เนื้อเยื่อลำเลียงน้ำ (Xylem) และเนื้อเยื่อลำเลียงอาหาร (Phloem) เนื้อเยื่อลำเลียงมีจุดกำเนิดมาจากเนื้อเยื่อเจริญสองชนิดที่แตกต่างกันในแต่ละช่วงของการเจริญเติบโต ถ้าเป็นเนื้อเยื่อลำเลียงที่เกิดขึ้นในระยะการเจริญเติบโตปฐมภูมิเรียกว่า เนื้อเยื่อลำเลียงปฐมภูมิ (Primary vascular tissue) ซึ่งเจริญมาจากโพรแคมเบียม และแบ่งออกเป็นเนื้อเยื่อลำเลียงน้ำปฐมภูมิ (Primary xylem) กับเนื้อเยื่อลำเลียงอาหารปฐมภูมิ (Primary phloem) ส่วนเนื้อเยื่อลำเลียงที่เจริญมาจากแคมเบียมท่อลำเลียง

ในการเจริญเติบโตทุติยภูมิเรียกว่า เนื้อเยื่อลำเลียงทุติยภูมิ (Secondary vascular tissue) ซึ่งแบ่งได้เป็นเนื้อเยื่อลำเลียงน้ำทุติยภูมิ (Secondary xylem) และเนื้อเยื่อลำเลียงอาหารทุติยภูมิ (Secondary phloem) เช่นกัน

2.5.1 เนื้อเยื่อลำเลียงน้ำ

เป็นเนื้อเยื่อที่ทำหน้าที่ลำเลียงน้ำและแร่ธาตุจากรากไปยังส่วนต่างๆ ของพืช ประกอบด้วยเซลล์หลายชนิด ที่พบเสมอได้แก่เซลล์พาเรนไคมา เซลล์ไฟเบอร์ และเซลล์ลำเลียงน้ำ (Tracheary element) สองชนิด คือ เซลล์เวสเซล (Vessel member) และ เทรคีด (Tracheid) เซลล์ทั้งสองชนิดเมื่อเจริญเต็มที่จะไม่มีชีวิต และโพรโทพลาสต์ (Protoplast) ภายในจะสลายไป รวมทั้งมีการสะสมผนังเซลล์ทุติยภูมิก่อนที่เซลล์จะตาย ลักษณะของเซลล์เวสเซล และเทรคีดนั้นแตกต่างกัน (ภาพที่ 6.7) โดยเทรคีดเป็นเซลล์ที่มีลักษณะค่อนข้างผอมยาว หัวท้ายเซลล์สอบ และไม่พบแผ่นมีรู (Perforation plate) ที่หัวท้ายของเซลล์ การลำเลียงน้ำในเทรคีด จะเกิดผ่านส่วนที่เป็นรอยเว้าซึ่งเป็นบริเวณที่ไม่มีการสะสมผนังเซลล์ทุติยภูมิ ทำให้เกิดการลำเลียงได้ง่ายกว่า ส่วนเซลล์เวสเซลมักจะมีลักษณะรูปร่างของเซลล์ที่ค่อนข้างกว้างเมื่อเทียบกับความยาว และมีแผ่นมีรูที่หัวท้ายของเซลล์ การลำเลียงน้ำในเวสเซลจะเกิดขึ้นได้อย่างต่อเนื่องผ่านแผ่นมีรูที่หัวท้ายของเซลล์ที่ต่อกันนี้ นอกจากนั้นในเนื้อเยื่อลำเลียงน้ำอาจพบเซลล์พาเรนไคมาหรือกลุ่มของเซลล์ไฟเบอร์แทรกร่วมอยู่ด้วย



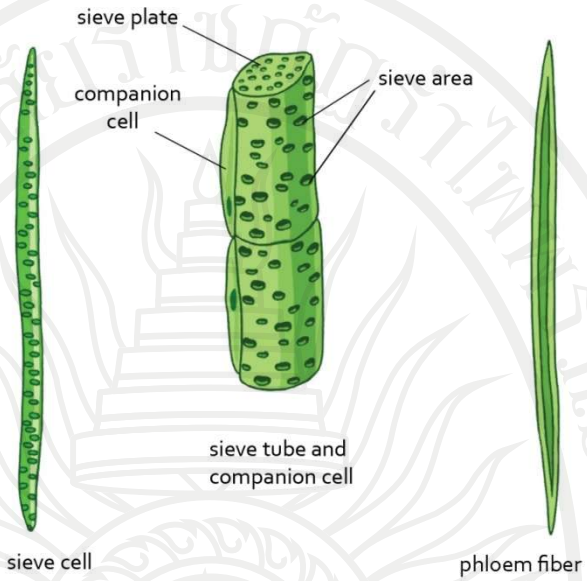
(ก) (ข) (ค) (ง)

ภาพที่ 6.7 ภาพ (ก-ค) แสดงลักษณะของเวสเซล ส่วน (ง) คือลักษณะของเทรคีด
ที่มา: (ชุมพล คุณวาสี, 2555 : 7)

2.5.2 เนื้อเยื่อลำเลียงอาหาร

เป็นเนื้อเยื่อที่ทำหน้าที่ลำเลียงอาหารที่ได้จากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงไปยังส่วนต่างๆ ของพืช ในพืชดอกประกอบด้วยเซลล์ท่อลำเลียงอาหาร (Sieve tube member) เซลล์ประกบ (Companion cell) (ภาพที่ 6.8) นอกจากนั้นยังอาจพบเซลล์พาเรนไคมาและเซลล์ไฟเบอร์แทรกรวมอยู่ในเนื้อเยื่อลำเลียงอาหารได้เช่นเดียวกันกับในเนื้อเยื่อลำเลียงน้ำ เซลล์ท่อลำเลียงอาหารเป็นเซลล์หลักที่ทำหน้าที่ในการลำเลียงอาหาร ลักษณะเซลล์ค่อนข้างกว้าง หัวท้ายของเซลล์มักจะมีลักษณะตัดตรงหรือเอียงเล็กน้อยและมีแผ่นตะแกรง (Sieve plate) อาจมีบริเวณตะแกรง (Sieve area) ขนาดเล็กตามผิวด้านข้างของเซลล์ เมื่อเซลล์เจริญเต็มที่นิวเคลียส (Nucleus)

ไรโบโซม (Ribosome) และแวคิวโอล (Vacuole) จะสลายไป แต่เซลล์ยังคงมีชีวิต โดยการทำงานของเซลล์จะถูกควบคุมด้วยนิวเคลียสของเซลล์ประกบ ซึ่งเป็นเซลล์ที่มีขนาดเล็กกว่าและอยู่ติดกับเซลล์ท่อลำเลียงอาหารเสมอ โดยจะมีช่องทางติดต่อกับเซลล์ท่อลำเลียงอาหารผ่านทางพลาสโมเดสมา (Plasmodesma) ที่มีอยู่เป็นจำนวนมาก



ภาพที่ 6.8 แสดงโครงสร้างของซีพทิวป์เมมเบอร์ และคอมพาเนียนเซลล์
ที่มา: (ชุมพล คุณวาสี, 2555 : 8)

3. โครงสร้างของลำต้น

ลำต้น (Stem) คืออวัยวะของพืชที่ตามปกติจะอยู่เหนือระดับผิวดินประกอบด้วยส่วนที่เรียกว่าข้อ (Node) สลับกับบริเวณที่เรียกว่าปล้อง (Internode) ตำแหน่งที่เป็นข้อจะเป็นที่เกิดของใบ (Leaf) และบริเวณตอนปลาย ๆ ของลำต้นจะเรียกว่า ตายอด (Terminal bud หรือ Apical bud) ประกอบด้วยเนื้อเยื่อเจริญปลายยอดและเนื้อเยื่อเจริญปฐมภูมิ รวมไปถึงกลุ่มของเนื้อเยื่อกำเนิดใบ (Leaf primordium) ซึ่งจะอยู่ชิดกันมากเนื่องจากส่วนที่เป็นข้อในบริเวณนี้ยังไม่ยืดตัว ระหว่างซอกใบกับลำต้นจะมีกลุ่มของเนื้อเยื่อที่มีลักษณะคล้ายตายอดเรียกว่า ตาข้าง (Axillary bud) ซึ่งจะเจริญยืดตัวต่อไปเป็นกิ่ง (Branch) โดยจะมีลักษณะโครงสร้างและการเจริญเติบโตเหมือนกับลำต้น แต่ในบางสภาวะตายอดและตาข้างอาจจะถูกชักนำและเปลี่ยนแปลงไปกลายเป็นตาดอก (Flower bud) โดยทั่วไปตาข้างที่อยู่บริเวณช่วงปลายของลำต้นหรืออยู่ใกล้กับตายอดมักจะอยู่ในสภาพที่เรียกว่า ระยะพักตัว (Dormant) เนื่องจากผลของปรากฏการณ์ที่เรียกว่า การข่มของตายอด (Apical dominance) ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่ตายอดไปมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของตาข้างเอาไว้ โดยที่ตาข้างนั้นสามารถเจริญเติบโตยืดตัวออกไปเป็นกิ่งได้ภายหลัง เมื่อส่วนปลายของลำต้นมีการยืดตัวสูงขึ้นจากผลของการเจริญเติบโตปฐมภูมิ ทำให้ระยะห่างระหว่างตายอดและตาข้างที่ถูกยับยั้งเอาไว้เพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ จนกระทั่งตาข้างหลุดพ้นจากการควบคุมของตายอดได้ ความสามารถในการยืดตัวหรือเจริญของตาข้างนี้อาจช้าหรือเร็วแตกต่างกันไปในพืชแต่ละชนิด ซึ่งส่งผลทำให้พืชมีลักษณะทรงต้น หรือทรงพุ่มที่มีลักษณะเฉพาะตัวแตกต่างกันออกไป

3.1 โครงสร้างของลำต้นในการเจริญเติบโตปฐมภูมิ

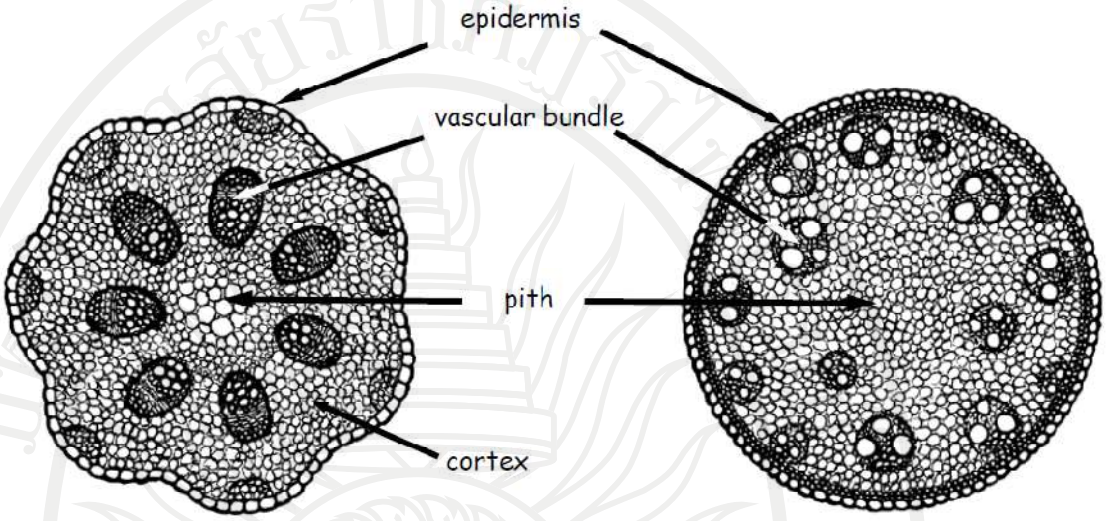
ลำต้นพืชในระยะการเจริญเติบโตปฐมภูมิสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 บริเวณใหญ่ ๆ เรียงตามลำดับจากด้านนอกเข้าสู่ด้านในคือบริเวณเนื้อเยื่อผิว (Epidermis) คอร์เทกซ์ (Cortex) และสตีล (Stele) สตีลคือบริเวณแกนของลำต้น (หรือราก) ซึ่งประกอบด้วยกลุ่มของมัดท่อลำเลียง (Vascular bundle) ที่เรียงตัวอยู่บริเวณตรงกลาง ๆ ของลำต้น และรวมไปถึงบริเวณที่เรียกว่าไส้ไม้ (Pith) ด้วย (ภาพที่ 6.9) มัดทำลำเลียงคือกลุ่มของเนื้อเยื่อลำเลียงปฐมภูมิ (Primary vascular tissue) ที่อยู่กันเป็นกลุ่ม พบตลอดแนวความยาวของลำต้นเจริญและพัฒนามาจากโพรแคมเบียม (Procambium) แต่ละกลุ่มหรือแต่ละมัดประกอบด้วยเนื้อเยื่อลำเลียงน้ำปฐมภูมิ (Primary xylem) และเนื้อเยื่อลำเลียงอาหารปฐมภูมิ (Primary phloem) ในลำต้นพืชจะพบว่ามีท่อลำเลียงเกิดขึ้นเป็นจำนวนมาก ส่วนไส้ไม้ คือเนื้อเยื่อพื้น (Ground tissue) ที่พบอยู่ตรงกลางของลำต้น (หรือราก) อาจจะเป็นเนื้อเยื่อพาเรนไคมา หรือเนื้อเยื่อสเคลอเรนไคมา คอร์เทกซ์ คือ บริเวณของเนื้อเยื่อพื้นที่อยู่ระหว่างเนื้อเยื่อผิว และสตีล เนื้อเยื่อที่พบในชั้นนี้เจริญและพัฒนามาจากกราวด์เมอริสเต็ม (Ground meristem) เช่นกัน อาจเป็นเนื้อเยื่อพาเรนไคมา คอลเลนไคมา หรือสเคลเรนไคมาก็ได้

3.2 โครงสร้างของลำต้นในการเจริญทุติยภูมิ

พืชดอกจำนวนมากโดยเฉพาะพืชใบเลี้ยงคู่จะมีการเจริญเติบโตทุติยภูมิ ซึ่งเป็นการเติบโตที่ทำให้มีขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้น กิ่งก้านเพิ่มมากขึ้น หรือมีความยาวของเส้นรอบวงเพิ่มมากขึ้น การเจริญเติบโตในระยะนี้ เกิดจากการทำงานของเนื้อเยื่อเจริญด้านข้าง สองชนิดคือ แคมเบียมท่อลำเลียง (Vascular cambium) และคอร์กแคมเบียม (Cork cambium) แคมเบียมท่อลำเลียง คือ เนื้อเยื่อเจริญด้านข้างหรือเนื้อเยื่อเจริญทุติยภูมิที่ทำหน้าที่สร้างเนื้อเยื่อลำเลียงทุติยภูมิ (Secondary phloem) แนวหรือตำแหน่งที่เกิดของแคมเบียมท่อลำเลียงจะอยู่ระหว่างเนื้อเยื่อลำเลียงอาหารปฐมภูมิ (Primary phloem) และเนื้อเยื่อลำเลียงน้ำปฐมภูมิ (Primary xylem) เซลล์ที่ได้จากการแบ่งเซลล์ของแคมเบียมท่อลำเลียงจะพัฒนาเปลี่ยนแปลงไปเป็นเซลล์ที่ทำหน้าที่ในการลำเลียง ถ้าเซลล์ที่มีการเปลี่ยนสภาพเป็นเซลล์ที่อยู่ด้านนอกใกล้กับเนื้อเยื่อลำเลียงอาหารปฐมภูมิหรือใกล้กับชั้นคอร์เทกซ์ เซลล์นั้นจะเปลี่ยนเป็นเซลล์ในเนื้อเยื่อลำเลียงอาหารทุติยภูมิ (Secondary phloem) แต่ถ้าเป็นเซลล์ด้านในที่อยู่ใกล้กับเนื้อเยื่อลำเลียงน้ำปฐมภูมิ (Primary xylem) หรือใกล้กับไส้ไม้ (Pith) เซลล์นั้นจะเปลี่ยนสภาพไปเป็นเซลล์ในเนื้อเยื่อลำเลียงน้ำทุติยภูมิ (Secondary xylem) และเมื่อพืชมีการเจริญเติบโตระยะทุติยภูมิมากขึ้น ลักษณะของมัดท่อลำเลียงที่แยกกันอยู่เป็นมัดในการเติบโตระยะปฐมภูมิจะหมดไป เนื่องจากเนื้อเยื่อลำเลียงจะเชื่อมต่อกันเป็นวง

คอร์กแคมเบียม คือ เนื้อเยื่อเจริญด้านข้าง ที่ทำหน้าที่สร้างชั้นของเนื้อเยื่อที่ทำหน้าที่ปกป้องเนื้อเยื่อส่วนอื่น ๆ ที่อยู่ภายในแทนที่เนื้อเยื่อผิวที่จะแยกหรือแตกออกหรือแห้งแล้วหลุดไป ในลำต้นพืชคอร์กแคมเบียมจะเปลี่ยนแปลงพัฒนาขึ้นจากเนื้อเยื่อที่อยู่ในชั้นคอร์เทกซ์ เซลล์ที่ได้จากการแบ่งเซลล์ของคอร์กแคมเบียมนั้น ถ้าเซลล์ที่อยู่ด้านนอกของคอร์กแคมเบียมเป็นเซลล์ที่เปลี่ยนสภาพ เซลล์ที่ได้จะเป็น เซลล์คอร์ก (Cork cell) ที่เมื่อเจริญเต็มที่จะเกิดการสะสมสารประกอบพวกซูเบอริน (Suberin) ที่ผนังเซลล์เป็นจำนวนมาก และเซลล์จะตายไปในที่สุดชั้นของเซลล์คอร์กที่เกิดขึ้นนี้เรียกว่า คอร์ก (Cork) ซึ่งช่วยป้องกันการสูญเสียน้ำภายในลำต้น และป้องกันการทำลายของเชื้อโรคและอันตรายจากสิ่งแวดล้อมภายนอก แต่ถ้าเป็นเซลล์ที่อยู่ด้านในของคอร์กแคมเบียมเป็นเซลล์ที่เปลี่ยนสภาพ เซลล์ที่ได้จะได้เป็นเซลล์พาเรนไคมาเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งทำให้มีการเพิ่มเติมส่วนที่เป็น

คอร์เทกซ์ให้มีขนาดใหญ่ขึ้น เรียกบริเวณนี้ว่า ชั้นคอร์กแคมเบียม และเนื้อเยื่อพาเรนไคมาที่ถูกสร้างขึ้นจากคอร์กแคมเบียมนี้ว่า เพอริเดิร์ม (Periderm) นอกจากนั้นในบางบริเวณของเพอริเดิร์มจะมีลักษณะของกลุ่มเซลล์ที่เรียงตัวกันหลวม ๆ มีช่องว่างระหว่างเซลล์ชัดเจนแตกต่างไปจากส่วนอื่น ๆ ของเพอริเดิร์ม เรียกบริเวณนี้ว่า ช่องอากาศ (Lenticel) โดยเป็นบริเวณที่ทำให้สามารถเกิดการแลกเปลี่ยนก๊าซกับอากาศภายนอกได้ ซึ่งจะทำหน้าที่แทนปากใบในเนื้อเยื่อผิว



(ก) (ข)

ภาพที่ 6.9 โครงสร้างลำต้นของ (ก) พืชใบเลี้ยงเดี่ยว และ (ข) พืชใบเลี้ยงคู่
ที่มา: (ชุมพล คุณวาสี, 2555 : 9)

4. โครงสร้างของราก

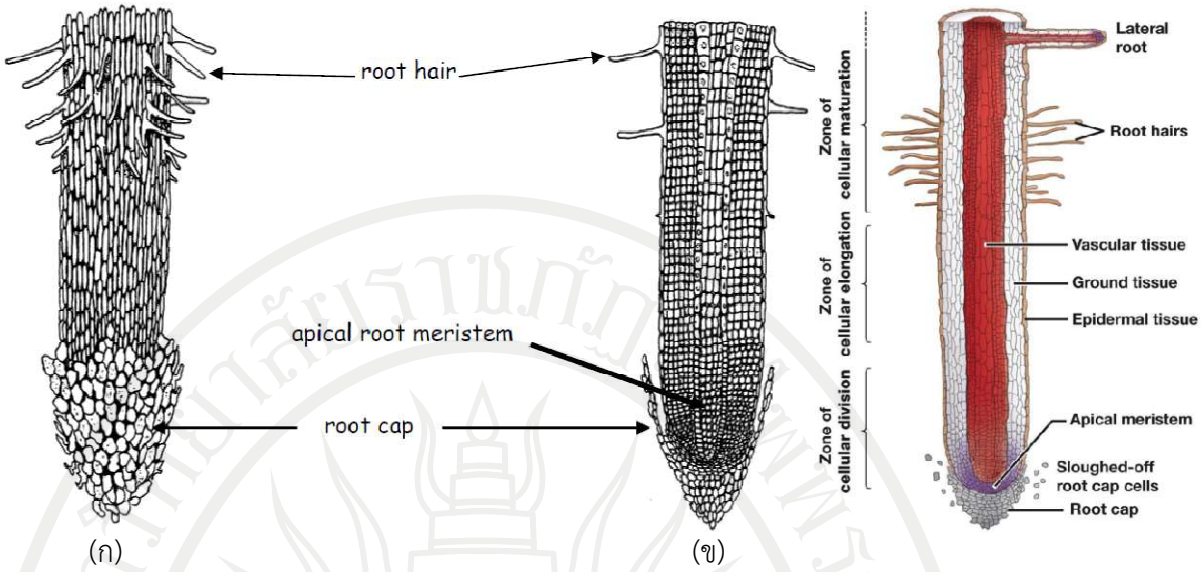
ราก คืออวัยวะของพืชที่ตามปกติจะอยู่ใต้ระดับผิวดิน ทำหน้าที่ดูดซึมน้ำและธาตุอาหารในดินเข้าไปสู่ภายในพืช และช่วยค้ำจุนหรือยึดส่วนของพืชที่อยู่เหนือดินให้ทรงตัวอยู่ได้

พืช และช่วยค้ำจุนหรือยึดส่วนของพืชที่อยู่เหนือดินให้ทรงตัวอยู่ได้

4.1 โครงสร้างของรากในการเจริญเติบโตปฐมภูมิ

โครงสร้างของรากในการเจริญเติบโตปฐมภูมิมีลักษณะโครงสร้างที่แตกต่างไปจากในลำต้น ส่วนปลายสุดของรากประกอบด้วยกลุ่มเซลล์ซึ่งถูกสร้างมาจากบางส่วนของเนื้อเยื่อเจริญปลายราก (Apical root meristem) มีลักษณะคล้ายเซลล์พาเรนไคมาเรียงตัวกันหลวม ๆ ห่อหุ้มส่วนปลายรากเพื่อทำหน้าที่ป้องกันบริเวณส่วนที่เป็นเนื้อเยื่อเจริญปลายรากเอาไว้ เรียกว่า หมวกราก (Root cap) เหนือบริเวณเนื้อเยื่อเจริญปลายราก จะเป็นบริเวณของเนื้อเยื่อเจริญปฐมภูมิ (Primary meristem) ทั้งสามกลุ่ม และบริเวณที่อยู่ถัดจากเนื้อเยื่อเจริญปฐมภูมิขึ้นไป จะเป็นบริเวณที่เนื้อเยื่อเจริญเริ่มเปลี่ยนสภาพไปเป็นเซลล์ต่าง ๆ ของเนื้อเยื่อถาวร ลักษณะที่สังเกตได้ชัดเจนของบริเวณที่มีการเปลี่ยนสภาพเซลล์นี้ คือการเกิดขนราก (Root hair) ซึ่งเกิดจากการยืดตัวของผนังเซลล์ของเซลล์ผิว (Epidermal cell) ออกไปเพื่อเพิ่มพื้นที่ในการดูดน้ำและธาตุอาหารให้มากขึ้น

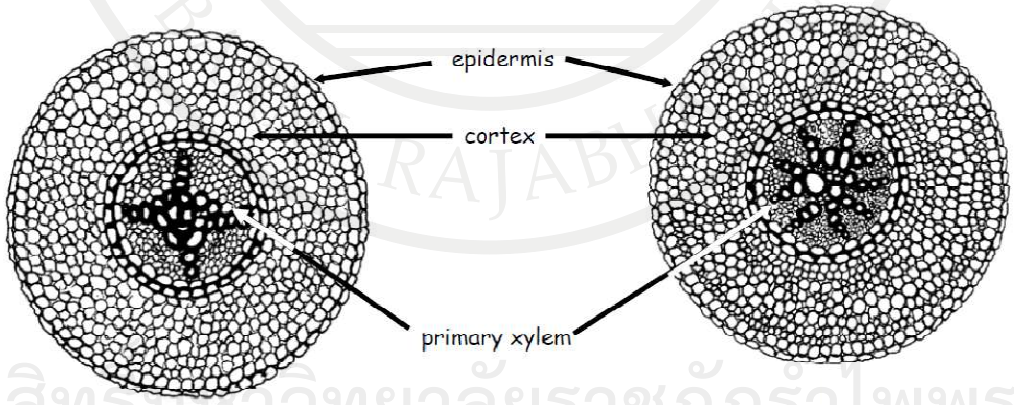
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



(ก) (ข)

ภาพที่ 6.10 (ก) ปลายรากพืชที่เห็นจากภายนอก และ (ข) ลักษณะภายในที่เห็นจากกล้องจุลทรรศน์
ที่มา: (ชุมพล คุณวาสี, 2555 : 12)

โครงสร้างภายในของรากตั้งแต่บริเวณที่มีการเปลี่ยนสภาพเซลล์ไปนั้นสามารถแบ่งได้เป็นสามบริเวณคล้ายในลำต้นคือ เอพิเดอร์มิส (Epidermis) คอร์เทกซ์ (Cortex) และ สตีล (Stele) ชั้นคอร์เทกซ์ในรากคือชั้นที่อยู่ระหว่างเอพิเดอร์มิส และสตีลเช่นเดียวกับในลำต้น แต่ในรากจะสังเกตเห็นเนื้อเยื่อชั้นพิเศษหนึ่งชั้นที่เรียกว่า เอนโดเดอร์มิส (Endodermis) ซึ่งเป็นเนื้อเยื่อชั้นในสุดของคอร์เทกซ์ก่อนที่จะถึงสตีล ลักษณะพิเศษของเอนโดเดอร์มิส คือจะมีการสะสมซูเบอริน (Suberin) ที่ผนังเซลล์ ในลักษณะที่เป็นแถบหรือเป็นแนวคาดอยู่โดยรอบของผนังเซลล์ตามขวาง (transverse wall) และผนังเซลล์ตามแนวรัศมี (Radial wall) เรียกแถบซูเบอรินที่เกิดขึ้นนี้ว่า แถบคาสแพเรียน (Casparian strip) ถัดจากชั้นเอนโดเดอร์มิสเข้าไปคือ ชั้นเพอริไซเคิล (Pericycle) ซึ่งเป็นชั้นที่อยู่รอบนอกสุดของสตีลในราก และกลุ่มเซลล์ในชั้นนี้มีคุณลักษณะพิเศษที่สามารถเปลี่ยนแปลงตัวเองกลับไปมีลักษณะหรือคุณสมบัติการเป็นเนื้อเยื่อเจริญได้ใหม่เพื่อสร้างรากแขนง (Lateral root) ระบบท่อลำเลียงในรากแขนงนั้น จะติดต่อเชื่อมโยงกับระบบท่อลำเลียงของรากหลัก ทำให้การลำเลียงน้ำเกิดขึ้นได้ต่อเนื่องถึงกันหมดในระบบราก



(ก) (ข)

ภาพที่ 6.11 (ก) แสดงลักษณะโครงสร้างภายในรากพืชใบเลี้ยงคู่ และ (ข) พืชใบเลี้ยงเดี่ยว
ที่มา: (ชุมพล คุณวาสี, 2555 : 13)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

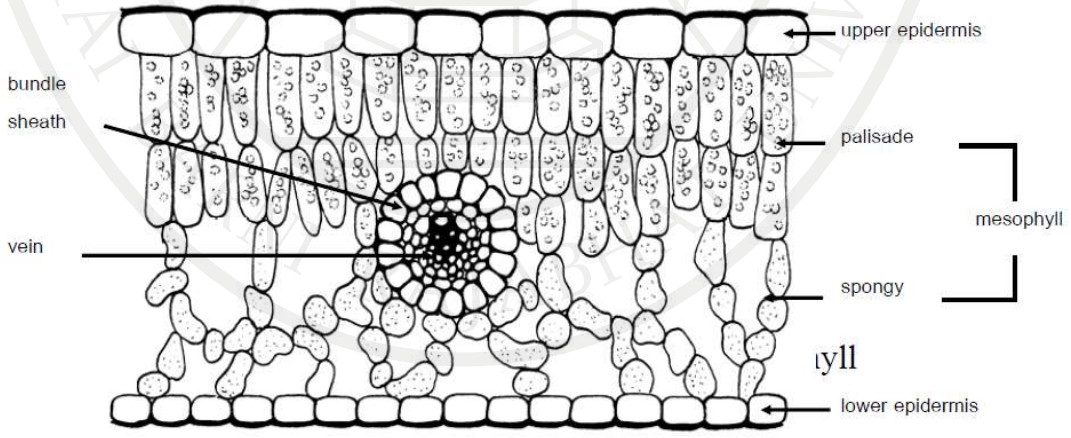
นอกจากนั้นลักษณะมัดท่อลำเลียงที่พบในชั้นสตีลของรากจะต่างไปจากในลำต้น นั่นคือ จะพบกลุ่มของมัดท่อลำเลียงเพียงกลุ่มเดียวบริเวณตรงกลางของราก โดยเนื้อเยื่อลำเลียงน้ำปฐมภูมิ (Primary xylem) จะมีการเรียงตัวในลักษณะเป็นแฉกคล้ายซี่ล้อ และระหว่างแฉกหรือระหว่างซี่ล้อจะเป็นบริเวณที่เกิดของเนื้อเยื่อลำเลียงอาหารปฐมภูมิ (Primary phloem)

4.2 โครงสร้างของรากในการเจริญเติบโตทุติยภูมิ

ในรากที่มีการเจริญเติบโตทุติยภูมิจะมีการพัฒนาหรือการสร้างแคมเบียมท่อลำเลียง (Vascular cambium) และคอร์กแคมเบียม (Cork cambium) ขึ้นมาเช่นกันแคมเบียมท่อลำเลียงจะเกิดขึ้นระหว่างเนื้อเยื่อลำเลียงน้ำปฐมภูมิ (Primary xylem) และเนื้อเยื่อลำเลียงน้ำทุติยภูมิ (Primary phloem) และทำหน้าที่สร้างเนื้อเยื่อลำเลียงทุติยภูมิ (Secondary vascular tissue) เช่นเดียวกันกับในลำต้น เนื้อเยื่อลำเลียงทุติยภูมิที่สร้างขึ้นนี้จะทำให้ลักษณะที่เป็นแฉกของเนื้อเยื่อลำเลียงน้ำปฐมภูมิค่อย ๆ หมดไป ดังนั้นในการเจริญเติบโตทุติยภูมิของรากจึงเห็นลักษณะของเนื้อเยื่อลำเลียงเป็นกลุ่มเดียวที่มีขอบเขตของเนื้อเยื่อโดยรอบเป็นวงกลม ไม่มีลักษณะเป็นแฉกเหมือนในการเจริญเติบโตระยะปฐมภูมิอีกต่อไป ส่วนคอร์กแคมเบียมจะเกิดขึ้นมาจากชั้นเพอริไซเคิล และทำหน้าที่ในการสร้างเพอริเดิร์มเช่นกัน รากที่มีการเจริญเติบโตทุติยภูมิจะมีลักษณะของโครงสร้างคล้ายกับในลำต้น

5. โครงสร้างของใบ

ใบเป็นอวัยวะของพืชที่มีหน้าที่สำคัญในการสังเคราะห์ด้วยแสง (Photosynthesis) ตามปกติใบประกอบด้วยส่วนที่เรียกว่าแผ่นใบ (Lamina หรือ Blade) และก้านใบ (Petiole) โครงสร้างของแผ่นใบประกอบด้วยชั้นที่เรียกว่า มีโซฟิลล์ (Mesophyll) (ภาพที่ 6.12) ซึ่งเป็นชั้นของเนื้อเยื่อพื้นที่อยู่ตรงกลางระหว่างเนื้อเยื่อผิวด้านบน (Upper epidermis) และเนื้อเยื่อผิวด้านล่าง (Lower epidermis) เนื้อเยื่อผิวของใบจะพบปากใบเป็นจำนวนมาก และโดยปกติเนื้อเยื่อผิวด้านล่างมักจะพบปากใบมากกว่าเนื้อเยื่อผิวด้านบน



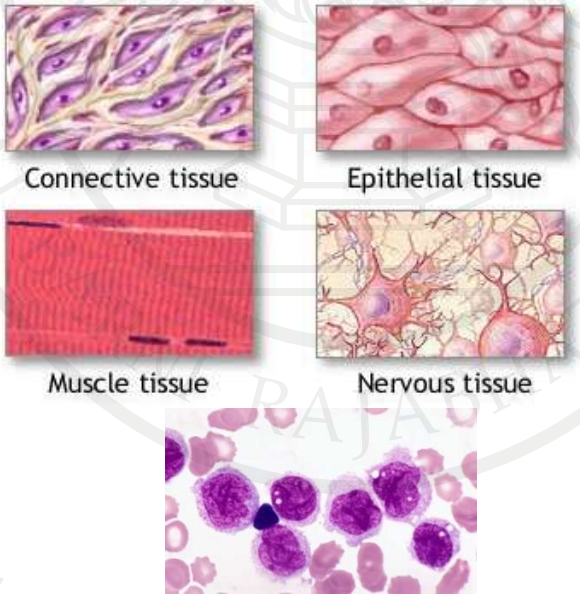
ภาพที่ 6.12 โครงสร้างทั่วไปของใบ
ที่มา: (ชุมพล คุณวาสี, 2555 : 15)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

เซลล์ที่พบในชั้นมีโซฟิลล์ส่วนใหญ่จะเป็นเซลล์พาเรนไคมาที่มีคลอโรพลาสต์ (Chloroplast) อยู่ภายในเซลล์เป็นจำนวนมาก ใบของพืชโดยเฉพาะพืชใบเลี้ยงคู่มีลักษณะของเซลล์ในชั้นมีโซฟิลล์ที่แตกต่างกันเป็นสองกลุ่ม กลุ่มแรกมีลักษณะรูปร่างเซลล์ยาว หรือมีลักษณะคล้ายเป็นแท่ง เรียงตัวเบียดกันแน่นทำมุมฉากกับผิวใบ อาจมีหนึ่งแถวหรือมากกว่า เรียก แพลิเสดพาเรนไคมา (Palisade parenchyma) ซึ่งจะพบอยู่ทางด้านที่ติดกับเนื้อเยื่อผิวด้านบน ทางด้านล่างของชั้นแพลิเสดพาเรนไคมา จะเป็นกลุ่มเซลล์ที่มีลักษณะรูปร่างไม่แน่นอน มีการเรียงตัวกันหลวม ๆ ทำให้เกิดช่องอากาศ (Air space) จำนวนมาก เรียก สปันจีพาเรนไคมา (Spongy parenchyma) ซึ่งจะอยู่ติดกับเนื้อเยื่อผิวด้านล่าง เนื้อเยื่อลำเลียงภายในใบจะแทรกอยู่ในชั้นมีโซฟิลล์ และต่อเนื่องมาจากเนื้อเยื่อลำเลียงภายในลำต้น โดยจะแยกผ่านเข้ามาทางก้านใบ เนื้อเยื่อลำเลียงในแผ่นใบที่ต่อออกมาจากเนื้อเยื่อลำเลียงในก้านใบ เรียก เส้นกลางใบ (Midrib) ซึ่งเส้นใบจะมีการแยกสาขาของออกไปทั้งสองด้านของเส้นกลางใบเกิดเป็น เส้นใบ (Vein) และเส้นใบอาจแยกสาขาย่อยออกไปอีกหลายครั้งเกิดเป็นเส้นใบย่อย (Veinlet) ที่ทำให้เกิดลักษณะของระบบรูปแบบของเส้นใบแบบต่าง ๆ ขึ้น เนื้อเยื่อลำเลียงที่พบในใบนี้มักจะมีเนื้อเยื่อลำเลียงน้ำอยู่ทางด้านบน และเนื้อเยื่อลำเลียงอาหารอยู่ทางด้านล่าง และอาจพบเนื้อเยื่อพาเรนไคมา หรือสเคลอเรนไคมาล้อมรอบเนื้อเยื่อลำเลียงเรียก เยื่อหุ้มท่อลำเลียง (Bundle sheath) ถ้าเยื่อหุ้มท่อลำเลียงเป็นเนื้อเยื่อพาเรนไคมาอาจพบคลอโรพลาสต์ภายในเซลล์หรือไม่ก็ได้

เนื้อเยื่อสัตว์

เป็นเนื้อเยื่อที่มีอยู่ในร่างกายโดยทั่วไปของสัตว์ชนิดต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสัตว์มีกระดูกสันหลัง เนื้อเยื่อของสัตว์แบ่งออกเป็น 5 ชนิด คือ เนื้อเยื่อบุผิว เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน เนื้อเยื่อลำเลียง เนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ และเนื้อเยื่อประสาท ดังภาพที่ 6.13



ภาพที่ 6.13 เนื้อเยื่อสัตว์ชนิดต่าง ๆ
ที่มา: (เชาวน์ ชิโนรักษ์ และพรรณี ชิโนรักษ์, 2552 : 223)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

1. เนื้อเยื่อบุผิว

เป็นเนื้อเยื่อที่ปกคลุมภายนอกหรือภายในของอวัยวะต่าง ๆ ทั่วร่างกายเพื่อทำหน้าที่ป้องกันอันตราย ดูดซึมสารบางอย่าง เช่น การดูดซึมน้ำของลำไส้ สร้างและหลั่งสารบางอย่าง เช่น เมือก น้ำมัน หรือเหงื่อ จากต่อมต่าง ๆ รับความรู้สึก เช่น ในบริเวณผิวหนังชั้นนอก เป็นต้น เป็นเนื้อเยื่อที่เปลี่ยนแปลงมาจากชั้นเอคโตเดิร์ม (Ectoderm) หรือ มีโซเดิร์ม (Mesoderm) หรือ เอนโดเดิร์ม (Endoderm) ได้เกือบทั้งสิ้น ถ้าเปลี่ยนแปลงมาจากเอคโตเดิร์ม (Ectoderm) ก็มักจะปกคลุมภายนอกร่างกาย แต่ถ้าเปลี่ยนแปลงมาจากเอนโดเดิร์ม (Endoderm) ก็มักจะบุอยู่ภายในอวัยวะภายใน เช่น ทางเดินอาหาร และถ้าเปลี่ยนแปลงมาจากมีโซเดิร์ม (Mesoderm) ก็มักจะห่อหุ้มหรือบุอวัยวะที่มาจากมีโซเดิร์ม (Mesoderm) เช่น อวัยวะขับถ่ายและอวัยวะสืบพันธุ์ เป็นต้น

1.1 ชนิดของเนื้อเยื่อบุผิว

1.1.1. คัฟเวอริง อีพิทีเลียม (Covering epithelium) ทำหน้าที่ปกคลุมผิว พิจารณาจากการเรียงตัวของเซลล์เป็นชั้น แบ่งเป็น 2 ชนิด คือ

1) ซิมเปิล อีพิทีเลียม (Simple epithelium)

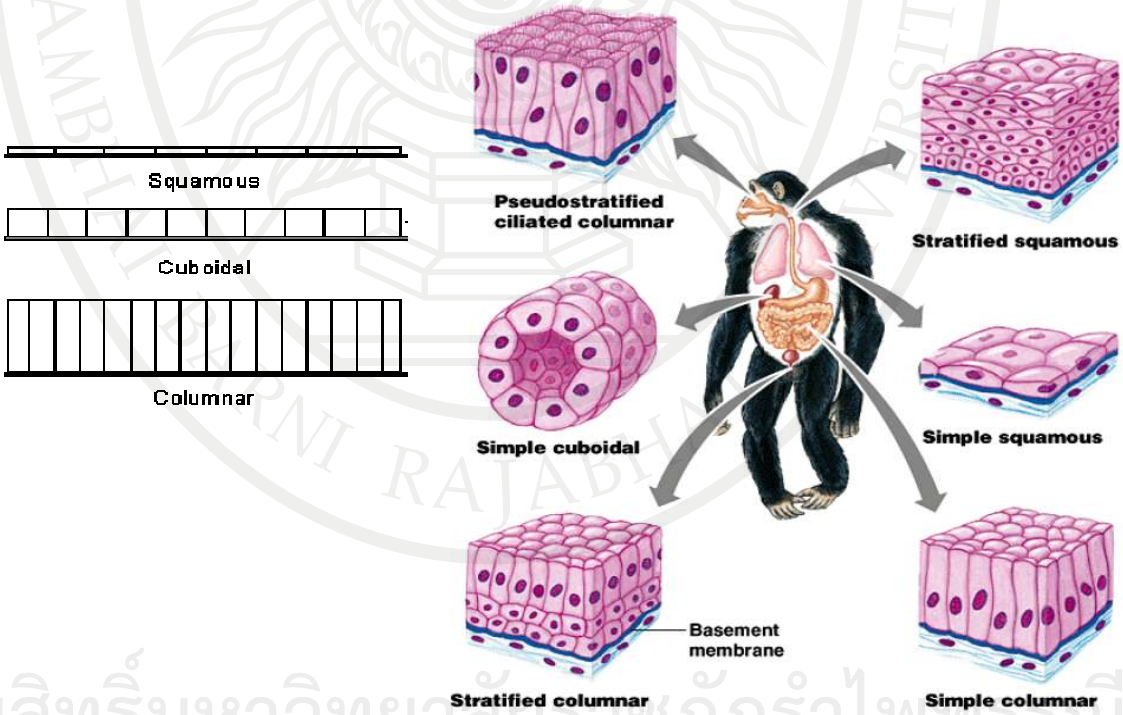
2) สตราติฟาย อีพิทีเลียม (Stratified epithelium)

พิจารณารูปร่างของเซลล์ที่ชั้นบนสุดของเนื้อเยื่อบุผิว แบ่งเป็น 3 ชนิด คือ

1) สควอมัส อีพิทีเลียม (Squamous epithelium) เซลล์รูปแบน

2) คิวบอดอล อีพิทีเลียม (Cuboidal epithelium) เซลล์ลูกบาศก์ หรือลูกเต๋า

3) คอลัมนาร์ อีพิทีเลียม (Columnar epithelium) เซลล์ที่มีรูปร่างสูงยาว



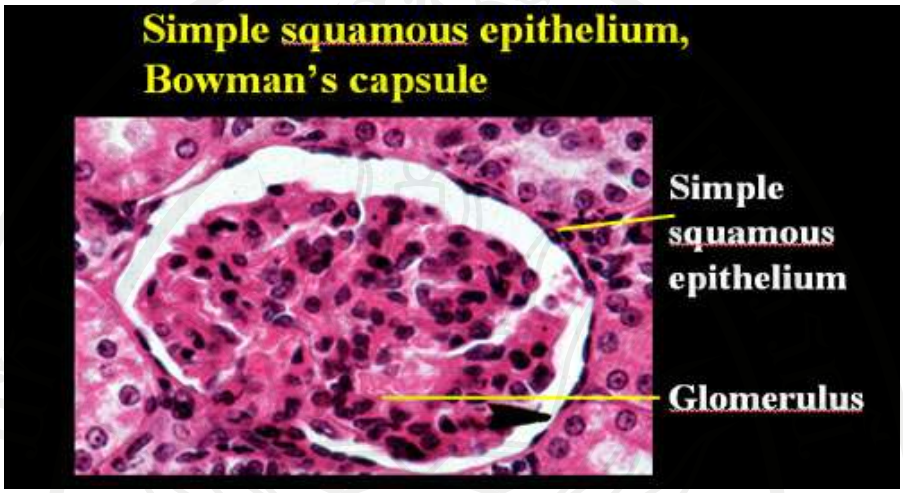
ภาพที่ 6.14 เนื้อเยื่อบุผิวชนิดต่าง ๆ
ที่มา: (Cambell, N.A., 1977 : 780)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ลักษณะของคัฟเวอริง อีพิทีเลียมชนิดต่าง ๆ

1. เนื้อเยื่อบุผิวชนิดซิมเปิลสควอมัส

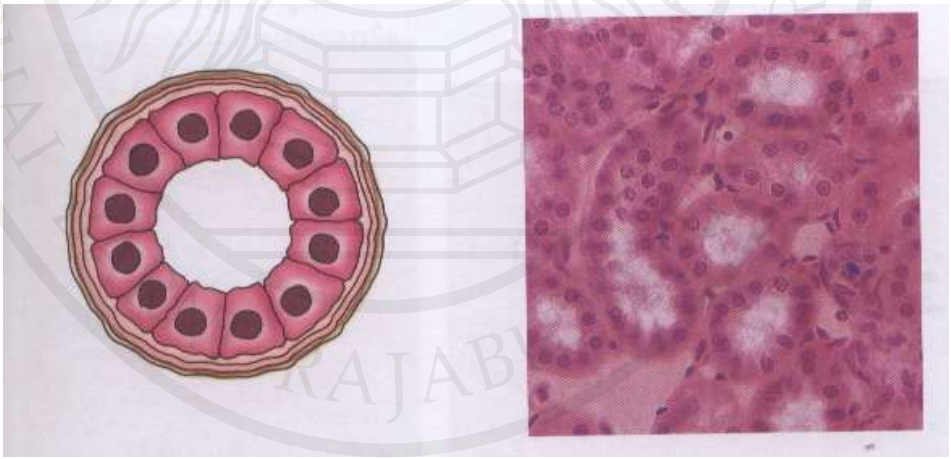
เซลล์มีการเรียงตัวชั้นเดียว เซลล์เป็นรูปแบน พบได้ที่ ผนังหลอดเลือด เยื่อบุช่องท้อง ถุงลม ที่ไตบริเวณลูปออฟเฮนเล (Henle's loop) และบริเวณโบว์แมนแคปซูล (Bowman's capsule) ชั้นนอก



ภาพที่ 6.15 เนื้อเยื่อบุผิวชนิดซิมเปิลสควอมัส
ที่มา: (เชาวน์ ชิโนรักษ์ และพรรณี ชิโนรักษ์, 2552 : 224)

2. เนื้อเยื่อบุผิวชนิดซิมเปิลคิวบอดอล

เซลล์เรียงตัวชั้นเดียว เซลล์มีรูปร่างแบบลูกเต๋า พบที่ท่อต่าง ๆ เช่น ท่อรวม (Collecting duct) ของท่อหน่วยไต ท่อน้ำลาย ท่อตับอ่อน และหลอดลม

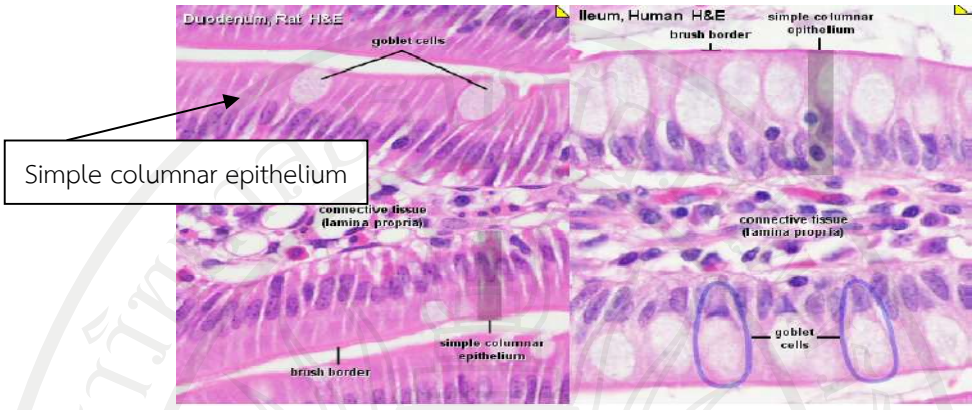


ภาพที่ 6.16 เนื้อเยื่อบุผิวชนิดซิมเปิลคิวบอดอล
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553 : 49)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

3. เนื้อเยื่อบุผิวชนิดซิมเปิลคอลัมนาร์

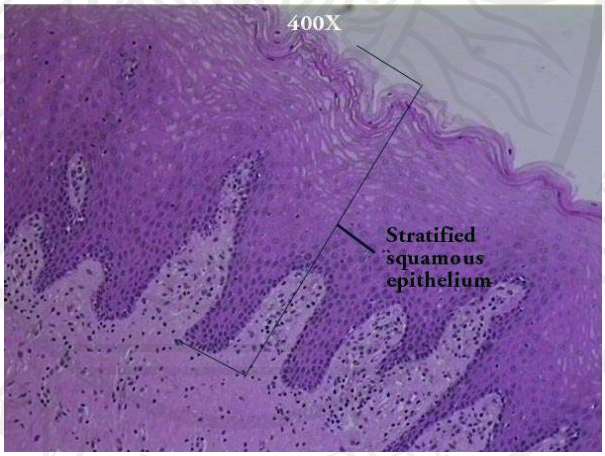
เซลล์เรียงตัวชั้นเดียว เซลล์มีรูปร่างแบบทรงสูง พบที่ท่อทางเดินอาหารส่วนต่าง ๆ ยกเว้นหลอดอาหารและทวารหนัก ทำหน้าที่ในการดูดซึมสารต่าง ๆ เข้าสู่บริเวณทางเดินอาหาร



ภาพที่ 6.17 เนื้อเยื่อบุผิวชนิดซิมเปิลคอลัมนาร์
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553 : 49)

4. เนื้อเยื่อบุผิวชนิดสตราติฟาย สควอมัส

เซลล์เรียงตัวหลายชั้น เซลล์เป็นรูปแบน พบที่บริเวณผิวหนัง เยื่อบุช่องปาก หลอดอาหารและทวารหนัก

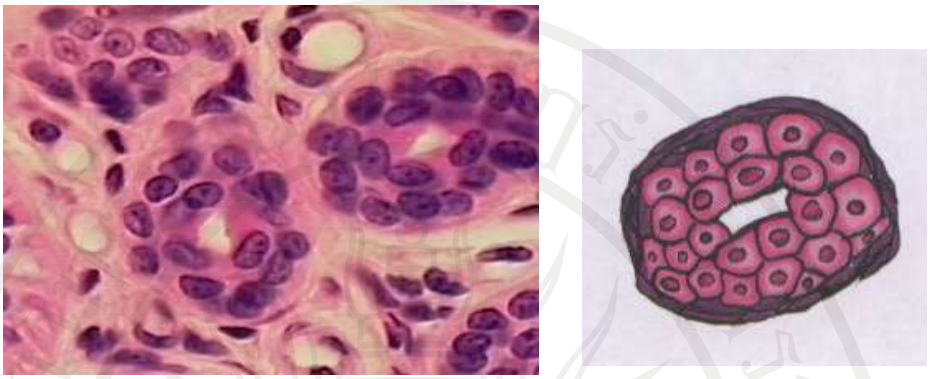


ภาพที่ 6.18 เนื้อเยื่อบุผิวชนิดสตราติฟาย สควอมัส
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553 : 50)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

5. เนื้อเยื่อบุผิวชนิดสตราติฟาย คิวบอดอล

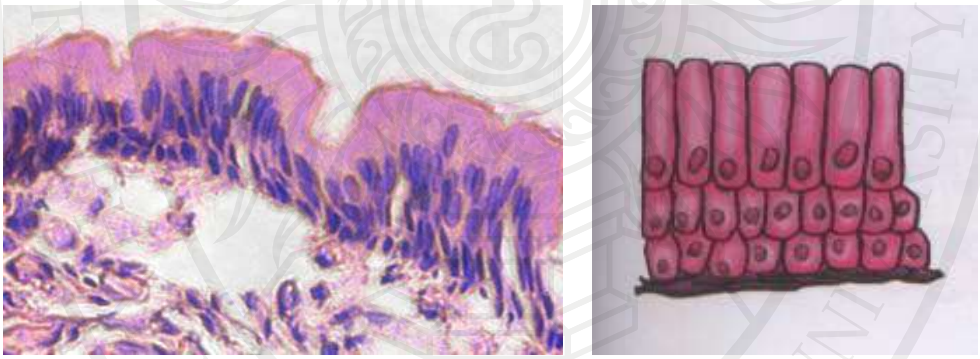
เซลล์เรียงตัวหลายชั้น เซลล์มีรูปร่างคล้ายลูกเต๋า พบภายในท่อขนาดกลางของต่อมต่าง ๆ เช่น ต่อมน้ำลาย ตับอ่อน และต่อมเหงื่อ



ภาพที่ 6.19 เนื้อเยื่อบุผิวชนิดสตราติฟาย คิวบอดอล
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553 : 50)

6. เนื้อเยื่อบุผิวชนิดสตราติฟาย คอลัมนาร์

ประกอบด้วยเซลล์ที่มีการเรียงตัวหลายชั้น เซลล์ทรงสูง เนื้อเยื่อชนิดนี้ พบน้อยแห่ง เช่น บริเวณท่อปัสสาวะเพศชาย และที่บริเวณท่อขนาดใหญ่ของต่อมบางชนิด เป็นต้น

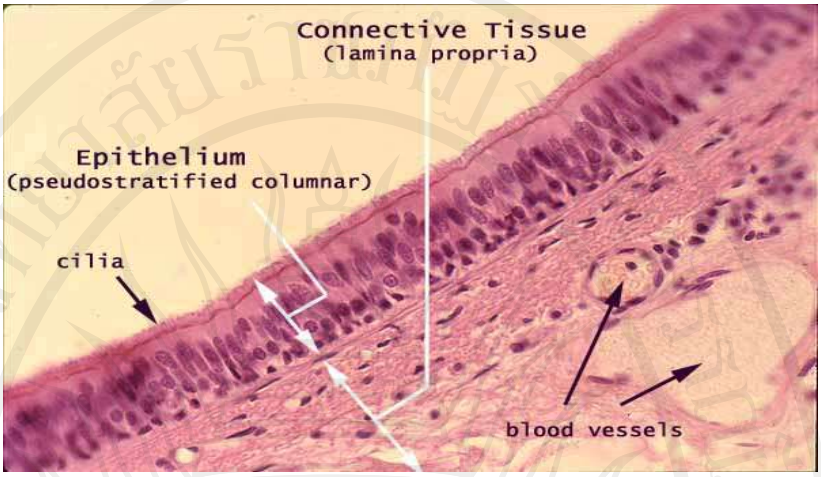


ภาพที่ 6.20 เนื้อเยื่อบุผิวชนิดสตราติฟาย คอลัมนาร์
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553 : 51)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

7. เนื้อเยื่อบุผิวชนิดซูโดสตราติฟาย คอลัมนาร์

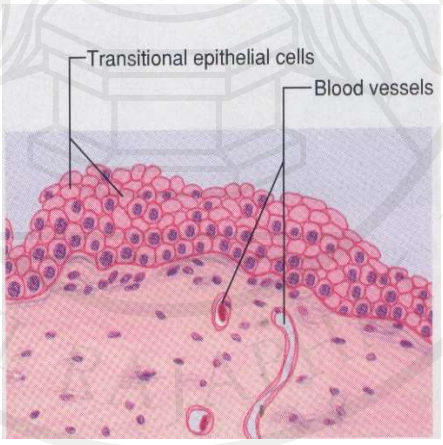
เซลล์มีการเรียงตัวชั้นเดียว แต่เนื่องมีเซลล์ทรงสูงที่มีขนาดและความสูงไม่เท่ากัน จึงดูเหมือนประกอบไปด้วยเซลล์ที่มีการเรียงตัวหลายชั้น พบที่ผนังด้านในของท่อลม (Trachea) และบางส่วนของท่อปัสสาวะเพศชาย



ภาพที่ 6.21 เนื้อเยื่อบุผิวชนิดซูโดสตราติฟาย คอลัมนาร์
ที่มา: (เชาว์ ชิโนรักษ์และพรรณี ชิโนรักษ์, 2552 : 223)

8. เนื้อเยื่อบุผิวชนิดทรานสิชันนอล

เซลล์มีการเรียงตัวซ้อนกันหลายชั้น แต่มีการเปลี่ยนแปลงความหนาตามการหด หรือขยายของอวัยวะเซลล์มีรูปลูกแต๋ำเมื่ออวัยวะหดตัว และจะเป็นรูปแบนบาง เมื่ออวัยวะขยายตัว พบที่ผนังด้านในของกระเพาะปัสสาวะ



ภาพที่ 6.22 เนื้อเยื่อบุผิวชนิดทรานสิชันนอล
ที่มา: (เชาว์ ชิโนรักษ์และพรรณี ชิโนรักษ์, 2552 : 223)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

1.1.2. โมดิฟาย อีพิทีเลียม เป็นเนื้อเยื่อบุผิวซึ่งดัดแปลงไปเพื่อทำหน้าที่ต่าง ๆ ได้แก่ เนื้อเยื่อบุผิวที่เปลี่ยนแปลงเป็นต่อม (Glandular epithelium) ทำหน้าที่สร้างสาร เช่น สารพวกโปรตีนจากเซลล์ตับอ่อน ไขมันจากต่อมหมวกไต และสารประกอบของโปรตีน

และแป้งจากต่อมน้ำลาย ตัวอย่างเช่น ต่อมเซลล์เดียว ที่พบที่บริเวณเยื่อบุทางเดินอาหาร หรือในบริเวณเยื่อบุผิวทางเดินหายใจ เรียกว่า เซลล์กอบเลท (Goblet cell)

เนื้อเยื่อบุผิวที่มีการดัดแปลงเพื่อทำหน้าที่รับความรู้สึก (Neuroepithelium) เช่น เซลล์รับรส บนต่อมรับรส ที่บริเวณลิ้น และเซลล์รับกลิ่นที่บริเวณจมูก

เนื้อเยื่อบุผิวที่มีการหดตัวของเซลล์ ทำให้เกิดการหลั่งสาร (Myoepithelium) พบที่ต่อมน้ำนม ต่อมเหงื่อ และต่อมน้ำลาย

เนื้อเยื่อบุผิวที่มีการสะสมรงควัตถุ (Pigmented epithelium) เช่น บริเวณผิวหนัง เป็นต้น

2. เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน มีโครงสร้างที่ประกอบด้วยเซลล์หลายชนิด กระจายตัวอยู่ภายในสารระหว่างเซลล์ และแทรกปนด้วยเส้นใยที่อยู่ภายนอกเซลล์ หน้าที่ของเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน ได้แก่

1) ทำหน้าที่ยึดเหนี่ยวเกี่ยวพันห่อหุ้มเนื้อเยื่อชนิดอื่น ๆ ให้อยู่เป็นรูปร่างในลักษณะของอวัยวะได้ ทำให้เนื้อเยื่อเชื่อมยึดกัน และทำให้เซลล์อยู่ชิดกัน

2) ห่อหุ้มสิ่งต่าง ๆ ให้อยู่รวมตัวกันเป็นอวัยวะ ทำให้เนื้อเยื่อเชื่อมยึดกัน และทำให้เซลล์อยู่ชิดกัน

3) ช่วยลำเลียงสาร สารอาหาร ของเสีย และออกซิเจน

4) เป็นแหล่งสะสมสาร เช่น การสะสมรงควัตถุ

5) หน้าที่เกี่ยวกับการป้องกัน เพราะในบริเวณเนื้อเยื่อชนิดนี้มีเซลล์ที่ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับระบบภูมิคุ้มกัน และแมคโครฟาจ (Macrophage)

6) เป็นเนื้อเยื่อซ่อมแซมบริเวณที่เกิดการเสียหายต่าง ๆ ด้วยเซลล์มีเซนไคม์ (Mesenchymal cell) ซึ่งเป็นเซลล์ที่ยังไม่มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างและหน้าที่ และพร้อมมีการเปลี่ยนแปลงเพื่อซ่อมแซมเซลล์ที่มีการเสียหายในบริเวณที่ได้รับบาดแผล หรือเกิดการทำลายขึ้น

ชนิดและลักษณะของเส้นใยในเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน

1. เส้นใยคอลลาเจน

เป็นเส้นใยที่มีขนาดใหญ่ ถูกสร้างจากเซลล์สร้างเส้นใยที่แทรกอยู่ข้าง ๆ เส้นใยคอลลาเจนประกอบด้วยเส้นใยเล็ก ๆ เรียกว่า ไฟบริน (Fibrin) ภายในไฟบริน มีเส้นใยละเอียดที่เรียกว่า ไมโคไฟบริล (Microfibril) เป็นองค์ประกอบ

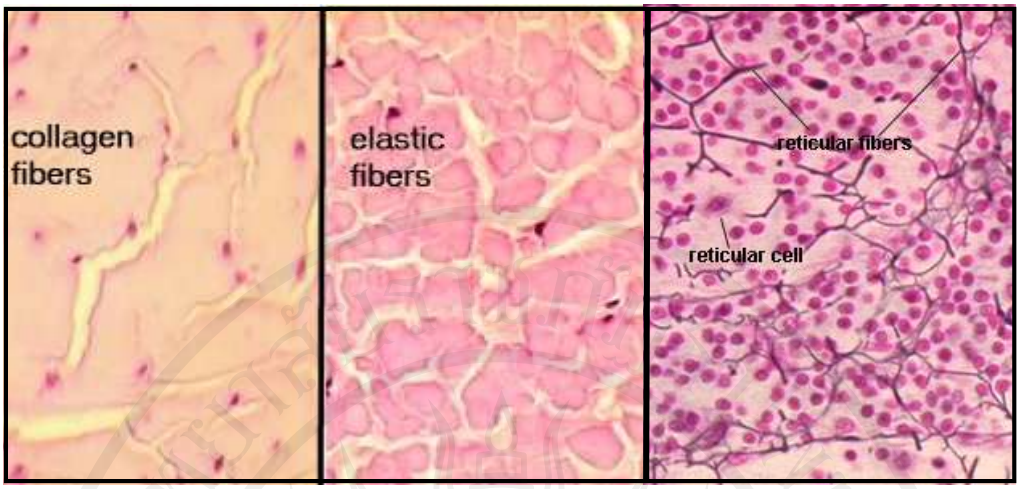
2. เส้นใยอีลาสติก

มีลักษณะเป็นเส้นใยลอนคลื่น และอยู่รวมเป็นกลุ่ม มีความยืดหยุ่นมาก บริเวณที่พบ คือ ผนังหลอดเลือดขนาดใหญ่ (Aotar artery) กระดูกอ่อนที่ใบหู สายเสียง (Vocal cord) เยื่อหุ้มปอด

3. เส้นใยร่างแห

เป็นเส้นใยเล็กบาง แตกแขนงสานกันเป็นร่างแห พบว่าเส้นใยนี้เป็นโครงสร้างของบริเวณไขกระดูกแดง (Red bone marrow) พบที่บริเวณม้าม ต่อมน้ำเหลือง ร่างแหของเนื้อเยื่อตับ ไต ต่อมไร้ท่อ เยื่อหุ้มกล้ามเนื้อ และหลอดเลือด เส้นใยชนิดนี้มีคุณสมบัติทนต่อกรด ด่าง และความร้อนได้ดี นอกจากมีตัวเซลล์ และเส้นใยร่างแหแล้ว ยังมีสารที่อยู่ระหว่างเซลล์อีกด้วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



ภาพที่ 6.23 ชนิดและลักษณะของเส้นใยในเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553 : 55-56)

เนื้อเยื่อเกี่ยวพันแบ่งออกเป็น 3 ชนิด แบ่งตามลักษณะการเรียงตัวของเส้นใย และเซลล์ ได้แก่ เนื้อเยื่อเกี่ยวพันแท้จริง เนื้อเยื่อเกี่ยวพันพิเศษ และเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่พยุงค้ำจุนโครงร่าง

1. เนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่แท้จริง มี 2 ชนิด ได้แก่

1.1 เนื้อเยื่อเกี่ยวพันชนิดโปร่งบาง

มีความโปร่งบางใส มีเซลล์ และเส้นใยชนิดต่าง ๆ อยู่หลายชนิดภายใน ทำหน้าที่ห่อหุ้มอวัยวะต่าง ๆ เช่น เยื่อหุ้มหัวใจ เยื่อหุ้มปอด เยื่อบุภายในช่องท้อง

1.2 เนื้อเยื่อเกี่ยวพันชนิดแน่น

ประกอบด้วยเซลล์สร้างเส้นใย และเส้นใยที่ถูกสร้างออกมาที่เมตริกซ์ (Matrix) การเรียงตัวของเส้นใยชิดแน่น ภายในระหว่างเส้นใย พบเซลล์สร้างเส้นใยกระจายอยู่ทั่วไป เส้นใยคอลลาเจนที่ถูกสร้างออกมาจากเซลล์ไฟโบรบลาสต์ (Fibroblast) มีการเรียงตัวชิดแน่นและเรียงเป็นระเบียบขนานกัน เช่น เส้นเอ็น เป็นต้น

2. เนื้อเยื่อเกี่ยวพันชนิดที่มีคุณสมบัติพิเศษ ได้แก่

2.1 เนื้อเยื่อไขมัน

ประกอบไปด้วยเซลล์ไขมันขนาด 70-120 ไมโครเมตร กระจายตัวหรือเรียงตัวอยู่เป็นกลุ่มๆ มีลักษณะเด่น คือ นิวเคลียสจะอยู่ริมขอบเซลล์ แบ่งออกเป็น 2 ชนิด ได้แก่ ไขมันขาว (White fat) พบสะสมทุกแห่งทั่วร่างกาย และไขมันน้ำตาล (Brown fat) พบในคนระยะตัวอ่อน ทารก และเด็ก ทำหน้าที่เป็นแหล่งสะสมไขมัน

2.2 เนื้อเยื่ออิลาสติก

ประกอบด้วยมัดของเส้นใยอิลาสติกที่จัดเรียงตัวขนานกัน และถูกห่อหุ้มด้วยเนื้อเยื่อเกี่ยวพันชนิดโปร่งบาง บริเวณเนื้อเยื่ออิลาสติก มักมีสีเหลือง และมีคุณสมบัติยืดหยุ่นได้ดี สามารถพับงอหรือมีการกลับคืนรูปร่างได้ตามปกติ เนื่องจากมีลักษณะเป็นลอนคลื่น และเรียงตัวเป็นระเบียบ พบบริเวณ ลิกาเมนท์ (Ligament) ของข้อกระดูกสันหลัง

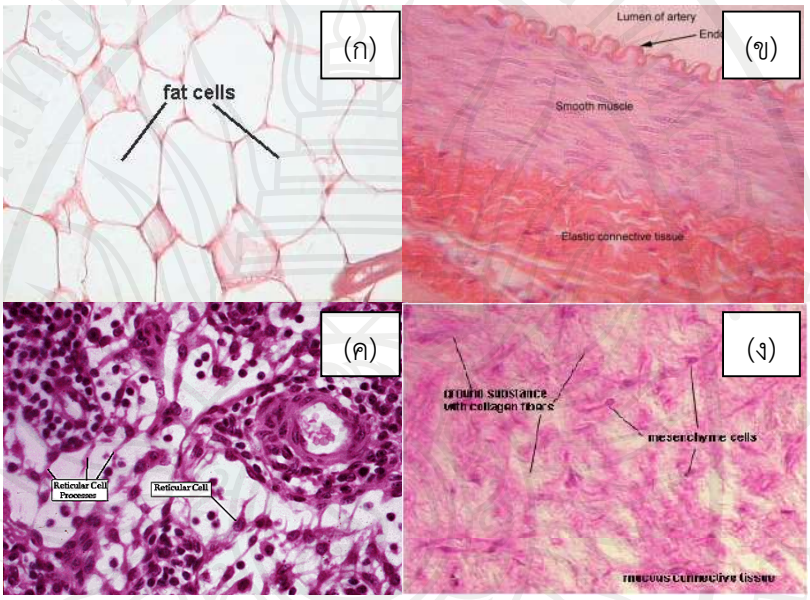
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

2.3 เนื้อเยื่อร่างแห (Reticular tissue)

ประกอบด้วยเส้นใยร่างแหที่เรียงตัวสานกันเป็นโครงร่างของอวัยวะ เช่น บริเวณเนื้อเยื่อเลือด และอวัยวะสร้างน้ำเหลือง ในไขกระดูก ต่อมน้ำเหลือง และม้าม มีช่องว่างเป็นรูพรุนเรียกว่า ไซนูซอยด์ ไลค์ สเปซ (Sinusoid like space) เพื่อให้น้ำเลือด หรือของเหลวไหลผ่านได้

2.4 เนื้อเยื่อเมือก (Mucous tissue)

มีลักษณะหยุ่นใส คล้ายกับสารที่เป็นวุ้น (Jelly like tissue) พบเซลล์สร้างเส้นใยจำนวนน้อย มักพบที่บริเวณสายสะดือ (Umbilical cord) มีชื่อเฉพาะว่า วอตัน เจลลี่ (Wharton's jelly) และที่พบซอกฟัน (Pulp cavity) ซึ่งเจริญมาจากซอกเหงือก



ภาพที่ 6.24 เนื้อเยื่อเกี่ยวพันชนิดที่มีคุณสมบัติพิเศษ (ก) เนื้อเยื่อไขมัน (ข) เนื้อเยื่ออิลาสติก (ค) เนื้อเยื่อร่างแห (ง) เนื้อเยื่อเมือก

ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553 : 60-61)

3. เนื้อเยื่อเกี่ยวพันชนิดพยุงค้ำจุน ได้แก่ กระดูกอ่อน และกระดูกแข็ง

3.1 กระดูกอ่อน (Cartilage) ประกอบไปด้วยเซลล์ชนิดคอนโดรบลาสต์ (Chondroblast) และ คอนโดรไซต์ (Chondrocyte) ทำหน้าที่สร้างสารออกมาภายนอกเซลล์

หน้าที่ของกระดูกอ่อน คือ

1) การรองรับเนื้อเยื่อที่มีความอ่อน

2) ช่วยในการเคลื่อนไหวข้อต่อกระดูก

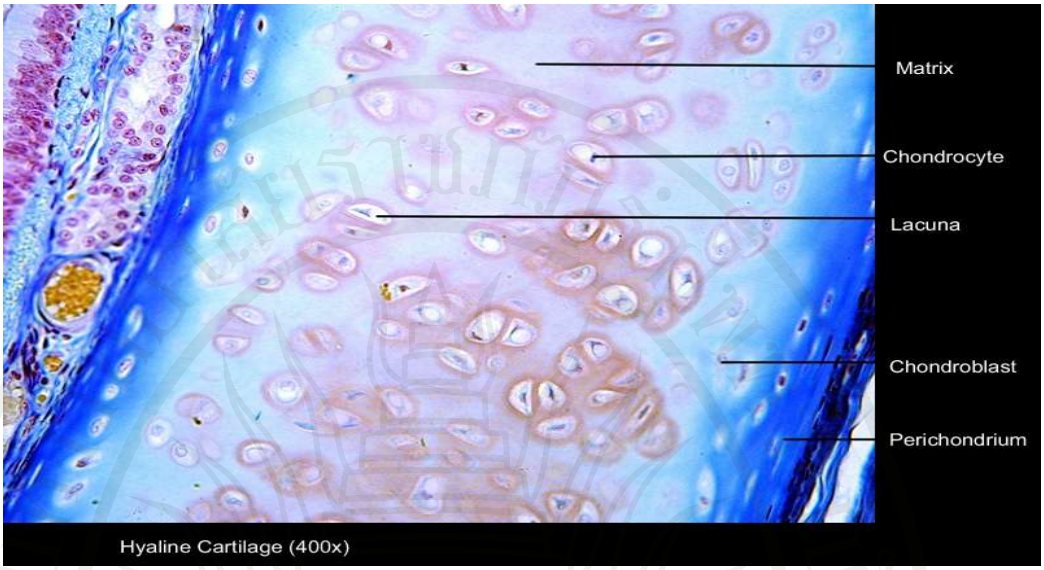
3) ปกคลุมผิวของหัวกระดูก

4) เป็นโครงร่างแท่งกระดูกอ่อนในตัวอ่อน

กระดูกอ่อน แบ่งออกเป็น 3 ชนิด ได้แก่ กระดูกอ่อนไฮยาลิน (Hyalin cartilage) กระดูกอ่อนไฟโบร (Fibrocartilage) และกระดูกอ่อนอิลาสติก (Elastic cartilage)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏราไพพรรณี

โดยในเนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงกระดูกอ่อนชนิด ไฮยาลิน คาทิเลจ (Hyalin cartilage) ซึ่งเป็นกระดูกอ่อนที่มีเส้นใยคอลลาเจนจำนวนน้อย กระจายอยู่ในเมตริกซ์



ภาพที่ 6.25 กระดูกอ่อนไฮยาลิน
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553 : 63)

3.2 กระดูกแข็ง ประกอบไปด้วยเซลล์ 4 ชนิด ได้แก่

1) เซลล์ที่เจริญมาเป็นเซลล์กระดูก (Osteoprogenitor cell) มีต้นกำเนิดมาจากเซลล์มีเซนไคม์ (Mesenchymal cell) ซึ่งเปลี่ยนแปลงและเจริญเป็นเซลล์กระดูก ลักษณะหัวแหลมท้ายแหลม (Spindle shape) พบในบริเวณแผ่นกระดูกในระยะที่มีการเจริญเติบโตของแท่งกระดูก เซลล์มีรูปกลมใหญ่ และมีนิวเคลียสรูปไข่ เป็นเซลล์ที่มีการแบ่งตัว เพิ่มจำนวนในบริเวณเนื้อเยื่อที่กำลังสร้างกระดูก

2) เซลล์กระดูกที่ยังอ่อน (Osteoblast) เป็นเซลล์กระดูกที่มีอายุน้อย (Young bone cell) รูปร่างลักษณะของเซลล์เป็นรูปคิวบอดอล (Cuboidal cell) หรือ คอลัมนาร์ (Columnar cell) ซึ่งเห็นนิวเคลียส และนิวคลีโอลัส (Nucleolus) ได้ชัดเจน ภายในไซโทพลาสซึมมีร่างแหเอนโดพลาสมิกแบบหยาบ (RER) จำนวนมาก ไซโทพลาสซึมมีกระบวนการยื่นออกไปสัมผัสกันในระหว่างกลุ่มเซลล์ด้วยกัน

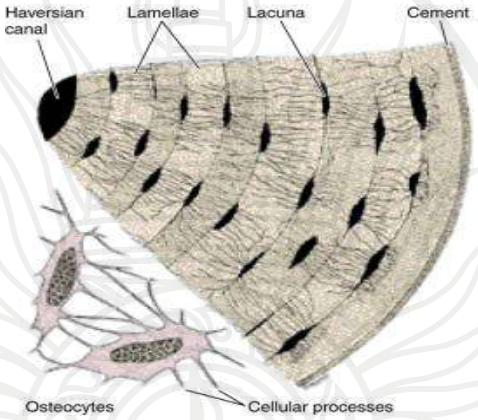
3. เซลล์กระดูกที่มีการเจริญเติบโตเต็มที่แล้ว (Osteocyte) เป็นเซลล์กระดูกที่เจริญแล้ว (Mature bone cell) ซึ่งเจริญมาจาก Osteoblast ที่มีการเจริญเต็มที่แล้ว มีการสร้างเมตริกซ์ (Matrix) และเส้นใยออกมาล้อมรอบเซลล์ และแขนงของไซโตพลาสซึม (Cytoplasmic process) ของแต่ละเซลล์มีการเชื่อมติดต่อถึงกัน เซลล์เปลี่ยนแปลง รูปร่างเป็นเซลล์รีแบน ภายในมีออร์การเนลต่าง ๆ ลดน้อยลง เซลล์อยู่ภายในช่องเรียกว่า ลากูนา (Lacuna) ภายในเมตริกซ์ (Matrix) รอบ ๆ ออสทีโอไซต์ (Osteocyte) เริ่มมีสารประกอบแคลเซียมซัลเฟต ($CaSo_4$) เข้ามาสะสมทำให้แข็งตัวขึ้น

4) แมคโครฟาจ (Macrophage) ที่พบเฉพาะแห่งในบริเวณเนื้อเยื่อกระดูก (Osteoclast) เป็นเซลล์ที่มีต้นกำเนิดมาจากแมคโครฟาจ (Macrophage) ภายในมีนิวเคลียสหลายอัน เซลล์มีรูปร่างใหญ่ และไม่แน่นอน มีการเคลื่อนที่ได้แบบอะมีบา (Amoeboid

movement) พบเนื้อเยื่อกระดูก (Osteoclast) ในบริเวณแอ่งกระดูกที่เรียกว่า ฮาวชิพ ลากูนา (Howship's lacuna) เซลล์นี้ทำหน้าที่ทำลายเมตริกซ์ (Matrix) ของกระดูก และทำลายเศษกระดูก เพื่อตบแต่งรูปร่างกระดูกให้มีรูปทรงที่ได้สัดส่วนอย่างถูกต้อง

ชนิดของเนื้อเยื่อกระดูก เมื่อพิจาณาจากลักษณะทางกายภาพ

1) กระดูกทึบ (Compact bone) ประกอบด้วยโครงสร้างระบบฮาร์เวอเชียน (Harversian system) ซึ่งประกอบด้วยวงลาเมลลา (Lamella) ซึ่งมีตัวเซลล์ออสทีโอไซต์ (Osteocyte) อยู่ในช่องลากูนา (Lacuna) ในแต่ละวงลาเมลลา (Lamella) มีเส้นใยคอลลาเจน (Collagen fiber) เรียงตัวขนานกัน และมีสารที่ไม่มีรูปร่าง (Amorphous substance) มาเกาะเส้นใย



ภาพที่ 6.26 โครงสร้างระบบฮาร์เวอเชียนของกระดูกทึบ
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553 : 65)

2) กระดูกพรุน (Spongy bone) พบอยู่ภายในและส่วนหัว-ท้ายของกระดูก จะทำให้กระดูกมีน้ำหนักเบาและกระจายการรับน้ำหนักได้ทั่วร่างกาย

3. เนื้อเยื่อลำเลียง หรือเนื้อเยื่อเลือด

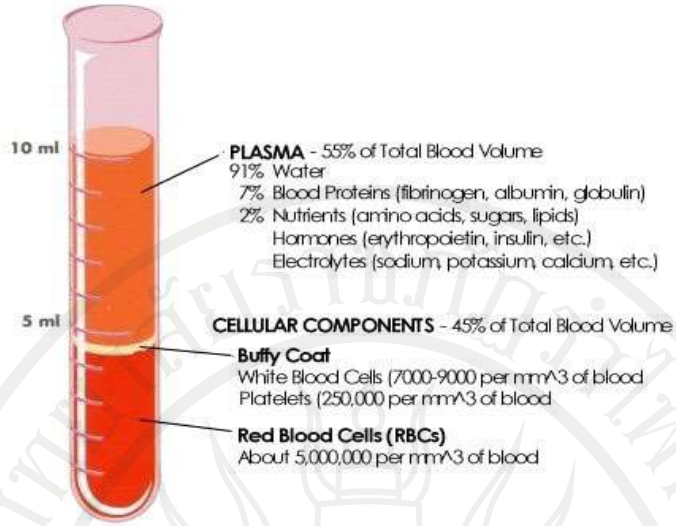
มีลักษณะเป็นของเหลว ประกอบด้วยเซลล์เม็ดเลือดชนิดต่างๆ และของเหลว (Plasma) และเมื่อนำเลือดมาปั่น เกิดการแยกได้ 3 ชั้น ได้แก่

3.1 ชั้นบนเป็นชั้นของน้ำเลือด คือ ชั้นพลาสมา (Plasma)

3.2 ชั้นกลาง (Buffy coat) มีอยู่ประมาณ 1% มีส่วนประกอบเป็นเม็ดเลือดขาว (Leukocyte) ชนิดต่าง ๆ

3.3 ชั้นล่างเป็นชั้นของเม็ดเลือดแดง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



ภาพที่ 6.27 แสดงการแยกชั้นของเลือดภายหลังการปั่น
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553 : 65)

น้ำเลือด ประกอบด้วย

1. โปรตีนพลาสมา (Plasma protein) 7%
2. โปรตีนอัลบูมิน (Protein albumin) และกลอบบูลิน (Globulin)
3. ไฟบริโนเจน (Fibrinogen)
4. ไอออนเกลือ (Inorganic salt) เช่น K+, Na+, Ca^{2+}, Cl-, Po_4^{3-}
5. สารประกอบอินทรีย์ (Organic compound)
6. ของเสียต่าง ๆ (Waste product)

ค่าฮีมาโตคริต (Hematocrit) คือ ค่า % ของปริมาณเม็ดเลือดแดงอัดแน่นต่อปริมาตรของเลือดทั้งหมด

เพศชาย~40-50%
เพศหญิง~35-40%
ทารกแรกเกิด~45-60%

หน้าที่ของเลือด

1. ลำเลียงและแลกเปลี่ยนสารต่าง ๆ
2. รักษาสมดุลต่างๆ ได้แก่ อุณหภูมิ กรดด่าง และปริมาณอิเล็กโทรไลต์ (Electrolyte)
3. เกี่ยวข้องกับระบบภูมิคุ้มกัน โดยการเกิดการกินโดยวิธีฟาโกไซโทซิส (Phagocytosis
4. เกี่ยวข้องกับการแข็งตัวของเลือด เพื่อทำให้เลือดหยุดไหล

เซลล์และชิ้นส่วนของเซลล์ ประกอบไปด้วย

1. เม็ดเลือดแดง (Erythrocyte or RBC) มีรูปทรงกลมที่เว้าทั้ง 2 ด้าน (Biconcave disc) มีขนาด 7.2-7.5 ไมโครเมตร เม็ดเลือดแดงที่แก่เต็มที่จะไม่มีออการ์เนล ในไซโตพลาสซึมไม่มีนิวเคลียส ที่บริเวณเยื่อหุ้มเซลล์ของเม็ดเลือดแดงมีเส้นใยที่เรียกว่า สเปกตริน (Spectin) ซึ่งเป็นเส้นใยขนาดกลาง (Intermediate filament) ที่ช่วยรักษารูปร่างของเม็ดเลือดแดง เพศชายจะมีมากกว่าเพศหญิงประมาณ 3.9-5.5 ล้านเซลล์/ลูกบาศก์มิลลิเมตร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

2. เม็ดเลือดขาว (Leukocyte or WBC) แบ่งเป็น 2 กลุ่ม

2.1 กลุ่มไม่มีกรานูลพิเศษ (Agranulocytes) มีนิวเคลียส 1 พู พบแกรนูล (Lysosomal granule) ในไซโตพลาสซึม แบ่งได้ 2 ชนิด คือ โมโนไซต์ (Monocyte) และ ลิมโฟไซต์ (Lymphocyte) ซึ่งได้แก่ บี-ลิมโฟไซต์ (B-lymphocyte) และ ที-ลิมโฟไซต์ (T-lymphocyte)

2.2 กลุ่มมีกรานูล (Granulocytes) เป็นกลุ่มที่นิวเคลียสมีรูปร่างหลายแบบ (Polymorpho nuclear white blood cell (PMN) มีแกรนูลที่เฉพาะ (Specific granule) ซึ่งมีขนาดใหญ่ มองเห็นได้ชัดเจน เมื่อย้อมสี และส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์ แบ่งออกเป็น 3 ชนิด ได้แก่ นิวโทรฟิล (Neutrophil), อีโอซิโนฟิล (Eosinophil), และเบโซฟิล (Basophil)

โมโนไซต์ เป็นเม็ดเลือดขาว ในกลุ่มที่ไม่มีแกรนูล มีลักษณะเป็นเซลล์รูปกลมขนาดใหญ่ และพบเป็นจำนวน 3-8% เม็ดเลือดขาวชนิดนี้มีอายุอยู่ในกระแสโลหิตประมาณ 3 วัน ลักษณะที่สำคัญของโมโนไซต์ คือ มีนิวเคลียสเป็นรูปไตหรือเกือกม้าจำนวน 1 พู (Lobe) ภายในนิวเคลียสมีโครมาตินที่กระจายอยู่ทั่วๆไปติดสีจางและไม่เห็นนิวคลีโอลัส ภายในไซโทพลาสซึม ไม่มีแกรนูลเฉพาะ แต่มีเพียงแกรนูลปกติเท่านั้น (Lysosomal granule) มีออร์แกเนลล์ชนิดต่าง ๆ ได้แก่ ไมโทคอนเดรีย (Mitochondria), กอลจิคอมเพล็กซ์ (Golgi complex), ร่างแหเอนโดพลาสมิกแบบเรียบ (SER) และไมโครทูบูล (Microtubule) หน้าที่สำคัญของโมโนไซต์ (Monocyte) คือ ทำหน้าที่กิน (Phagocytosis) พวกจุลินทรีย์ต่าง ๆ และมีการเคลื่อนที่ออกจากเส้นเลือดเข้าสู่เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน แล้วเกิดการเปลี่ยนแปลงไปเป็นแมคโครฟาจ (Macrophage) เพื่อทำลายสิ่งแปลกปลอมต่าง ๆ ส่วนโมโนไซต์ (Monocyte) ซึ่งอยู่ในบริเวณเนื้อเยื่อกระดูกก็มีการรวมตัวกันเป็นเซลล์ขนาดใหญ่ (Giant cell) ชื่อ ออสทีโอคลาสต์ (Osteoclast) ตามปกติเมื่อโมโนไซต์เคลื่อนที่เข้าไปอยู่ภายในบริเวณเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน จะมีอายุยาวนานได้ประมาณ 72 วัน

ลิมโฟไซต์ เป็นเม็ดเลือดขาวขนาดเล็ก มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 7-9 ไมโครเมตร และพบประมาณ 20-35% ส่วนใหญ่พบในบริเวณต่อมน้ำเหลือง ต่อมไทมัส บริเวณม้าม ลักษณะที่สำคัญ คือ เป็นเซลล์รูปร่างกลม มีนิวเคลียสกลม มีโครมาตินอัดแน่นทึบ ติดสีเข้ม เมื่อย้อมแล้ว มีลักษณะติดสีม่วงเข้มทึบ ไซโทพลาสซึมมีปริมาตรน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาตรของนิวเคลียส ไม่มีแกรนูลเฉพาะ (Specific granule) พบแต่เพียงแกรนูลปกติ (Lysosomal granule) เท่านั้น ถ้าพิจารณาจากต้นกำเนิดลิมโฟไซต์ (Lymphocyte) แบ่งออกได้เป็น 2 ชนิดคือ บี-ลิมโฟไซต์ (B-lymphocyte) และ ที-ลิมโฟไซต์ (T-lymphocyte)

1) บี-ลิมโฟไซต์ เกิดจากเซลล์ที่ยังไม่มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง (Undifferentiated cell) ที่อยู่ในไขกระดูก (Bone marrow) ในระยะตัวอ่อน ถูกกระตุ้นให้เปลี่ยนแปลงไปเป็น บี-ลิมโฟไซต์ (B-lymphocyte) ภายในไขกระดูกและทำหน้าที่สร้างแอนติบอดี (Antibody) และ บี-ลิมโฟไซต์ (B-lymphocyte) บางเซลล์เปลี่ยนแปลงไปเป็นเมมมอรีเซลล์ (Memory cell) ซึ่งทำให้มีการจดจำแอนติเจน (Antigen) ครั้งแรก ซึ่งเมื่อได้รับ แอนติเจน (Antigen) อีกครั้งหนึ่งก็สามารถสร้างแอนติบอดี (Antibody) ได้อย่างรวดเร็ว

2) ที-ลิมโฟไซต์ เกิดจากเซลล์ต้นกำเนิด (Stem cell) ที่อยู่ภายในไขกระดูก ทำหน้าที่ในระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อทำลายสิ่งแปลกปลอมที่เข้ามาในบริเวณเนื้อเยื่อต่าง ๆ

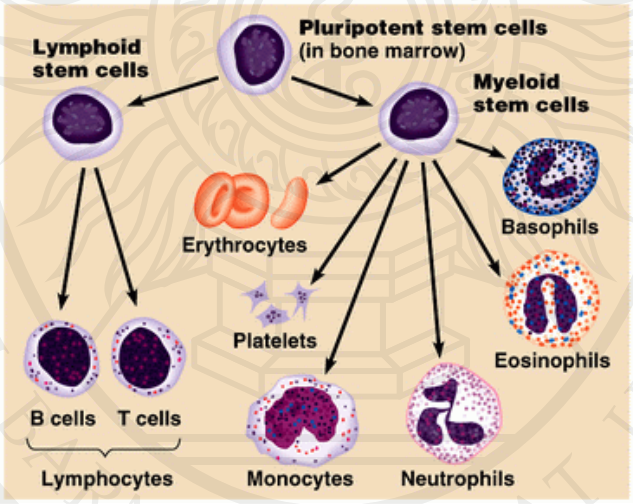
นิวโทรฟิล (Neutrophil) เป็นเซลล์รูปร่างกลมขนาดใหญ่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 12-15 ไมโครเมตร และมีอายุอยู่ในกระแสเลือดประมาณ 1-4 วัน พบประมาณ 60-70% มีลักษณะ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

สำคัญ คือ มีนิวเคลียสหลายพู (Lobe) ซึ่งเชื่อมติดต่อกันด้วยเส้นใยโครมาติน นิวโทรฟิลของเพศหญิงพบว่ามีส่วนที่มีลักษณะยื่นออกมาเป็นติ่ง และมีหัวกลม ๆ เล็ก ๆ คล้าย ๆ หัวของไม้ตีกลอง ซึ่งเรียกว่า ดรัม สติ๊ก (Drum stick) ซึ่งเป็นส่วนของโครโมโซมที่อัดกันแน่น นิวโทรฟิลทำหน้าที่ทำลายแบคทีเรีย และสิ่งแปลกปลอมขนาดเล็กด้วยวิธีการกิน (Phagocytosis)

อีโอซิโนฟิลล์ เป็นเซลล์ขนาดกลางมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 10-15 micrometer พบอยู่ประมาณ 2-5% และมีอายุอยู่ประมาณ 8-12 วัน ลักษณะที่สำคัญคือ มีนิวเคลียส 2 พู (Lobe) และไม่เห็นนิวคลีโอลัส ภายในไซโทพลาสซึม มีแกรนูลเฉพาะ (Specific granule) ขนาดใหญ่รูปไข่จำนวนมาก ซึ่งพบอยู่ประมาณ 200-300 แกรนูลต่อเซลล์ ย้อมติดสีแดง หน้าที่ของเม็ดเลือดขาวชนิดนี้คือ กำจัดสารประกอบเชิงซ้อนของแอนติเจน-แอนติบอดี (Antigen-antibody complex) ของคนที่เป็นโรคหืด (asthma) ทำหน้าที่กิน (Phagocytosis) ในลักษณะที่เป็นการกินแบบเลือก (Selective phagocytosis) และทำหน้าที่ลดการทำงานของสารสื่อ (Mediator) ต่าง ๆ เพื่อลดอาการอักเสบ

เบโซฟิล เม็ดเลือดขาวชนิดนี้พบน้อยมาก เพียงประมาณ 0.5-1% มีรูปร่างกลมขนาดใหญ่ มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 12-15 ไมโครเมตร ลักษณะที่สำคัญคือ นิวเคลียสมีรูปร่างเป็นตัว S หรือบางครั้งเป็นแถบยาว ภายในไซโทพลาสซึม มีแกรนูลเฉพาะมาก (Specific granule) และมีการกระจายบดบังบริเวณนิวเคลียส ทำให้มองเห็นนิวเคลียสไม่ชัด หน้าที่ของเม็ดเลือดขาวเบโซฟิล (Basophill) คือ ป้องกันไม่ให้เลือดแข็งตัว ขณะไหลเวียนอยู่ในหลอดเลือด และหลั่งฮีสตามีน (Histamine) ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดภูมิแพ้



ภาพที่ 6.28 เม็ดเลือดแดง และเม็ดเลือดขาวชนิดต่าง ๆ
ที่มา: (Cambell, N.A., 1977 : 833)

4. เนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ

เนื้อเยื่อกล้ามเนื้อมีลักษณะเฉพาะคือ เซลล์กล้ามเนื้อ (Muscle cell) มีลักษณะยาวมาก จึงเรียกอีกชื่อว่าเส้นใยกล้ามเนื้อ (Muscle fiber) เยื่อหุ้มเซลล์มีชื่อเรียกเฉพาะว่า ซาโคเลมมา (Sarcolemma) และไซโทพลาสซึม มีชื่อเรียกเฉพาะว่า ซาโคพลาสซึม (Sarcoplasm) รวมทั้งร่างแหเอนโดพลาสมิกเรติคิวลัม (Endoplasmic reticulum) มีชื่อเรียกเฉพาะว่า ซาโคพลาสมิก (Sarcoplasmic reticulum) ร่างกายของสัตว์ประกอบด้วยกล้ามเนื้อ 3 ชนิด ได้แก่ กล้ามเนื้อลาย

(Skeletal muscle) พบตามแขน ขา และทั่ว ๆ ไป ยกเว้นอวัยวะของระบบภายในต่าง ๆ และหัวใจ กล้ามเนื้อเรียบ (Smooth muscle) พบอยู่ในบริเวณอวัยวะภายใน เช่นที่ระบบทางเดินอาหารและระบบอื่น ๆ และกล้ามเนื้อหัวใจ (Cardiac muscle or Heart muscle) พบเฉพาะที่บริเวณหัวใจเท่านั้น

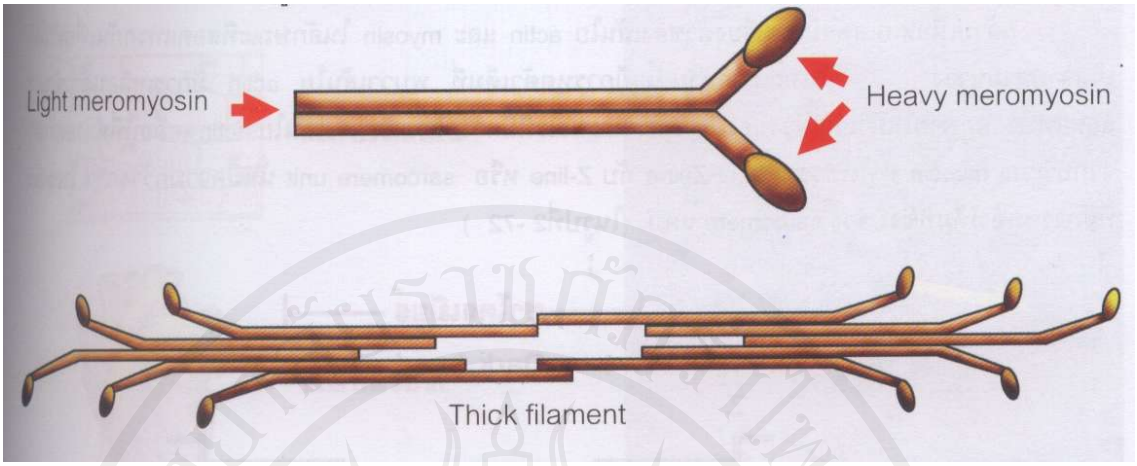
4.1 กล้ามเนื้อลาย

มีลักษณะดังนี้ คือประกอบด้วยเซลล์ที่มีลักษณะยืดหดได้ (Contractile cell) มีขนาดยาวมาก จึงเรียกชื่อว่า เส้นใยกล้ามเนื้อ ภายในเซลล์กล้ามเนื้อหนึ่งเซลล์มีนิวเคลียสจำนวนหลายนิวเคลียส และนิวเคลียสเหล่านี้เรียงตัวอยู่ที่ริมขอบของเซลล์ ภายในไซโทพลาสซึม (Cytoplasm) ของเซลล์กล้ามเนื้อ ประกอบด้วยโครงสร้างภายในซึ่งมีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการหดตัวของเซลล์ที่เรียกว่า ไมโอไฟบริล (Myofibril) ซึ่งมีการเรียงตัวให้เห็นลายตามขวางเป็นแถบสีเข้มทึบ (Dark band) และแถบสีจาง (Light band) สลับกันไปตลอดความยาวของเซลล์ ซึ่งแถบเหล่านั้นเกิดขึ้นเนื่องจากมีการเรียงตัวของเส้นใยไมโอซิน (Myosins) หรือเส้นใยแบบหนา (Thick filament) และ แอคติน (Actin) หรือเส้นใยแบบบาง (Thin filament) อย่างเป็นระเบียบ

ภาพที่ 6.29 แสดงลักษณะของกล้ามเนื้อลายที่มีแถบทึบและแถบจางสลับกัน
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553 : 72)

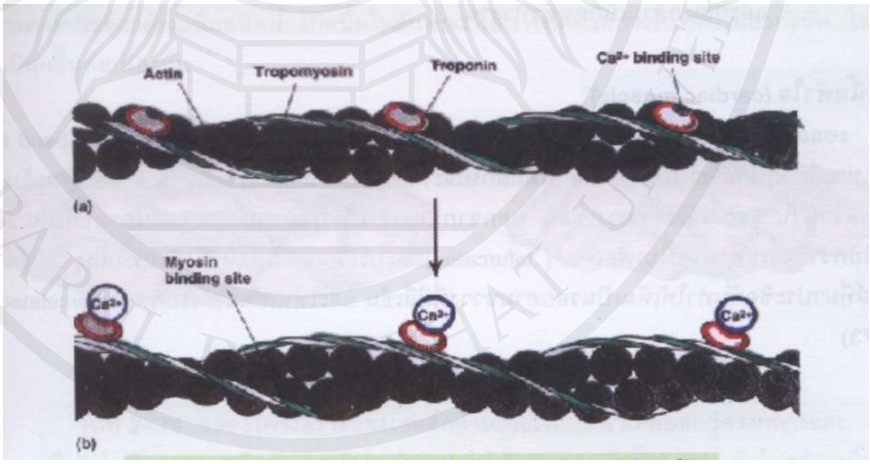
โครงสร้างของเส้นใยไมโอซิน ประกอบด้วยโครงสร้างของสายโพลีเปปไทด์ (Polypeptide) 2 สาย แต่ละสายมีส่วนหัวที่เรียกว่า เฮฟวี่เมอโรไมโอซิน (Heavy meromyosin) และส่วนปลายหางที่เรียกว่า ไลท์เมอโรไมโอซิน (Light meromyosin)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



ภาพที่ 6.30 โครงสร้างของไมโอซิน
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553 : 73)

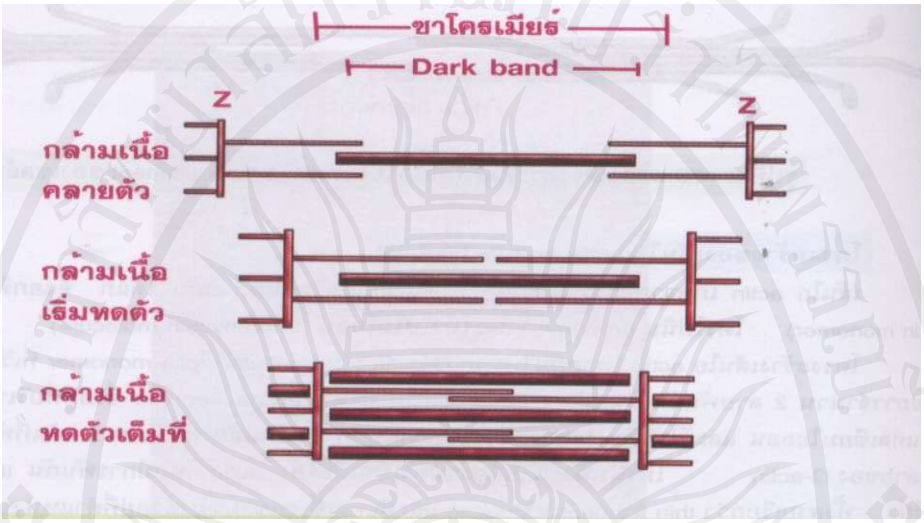
โครงสร้างของเส้นใยแอคติน เกิดจากการรวมตัวของโปรตีนโมเลกุล 3 ชนิดด้วยกัน ได้แก่ จีแอกตินโมโนเมอร์ (G-actin monomer) โทรโปนิน (Troponin) และโทรโปไมโอซิน (Tropomyosin molecule) โครงสร้างเส้นใยแอคติน ประกอบไปด้วยจีแอกติน (G-actin หรือ Globular actin monomer) ที่เรียงตัวต่อกันเป็นสายยาวจำนวน 2 สายพันกันเป็นเกลียว ซึ่งมีโปรตีนโตรโปนิน (Troponin) ซึ่งอยู่ที่บริเวณที่มีการจับตัวกับแคลเซียมไอออน และมีโปรตีนโมเลกุลของ โทรโปไมโอซิน (Tropomyosin ซึ่งเป็นเส้นใยจำนวน 2 เส้นที่พันกันเป็นเกลียวกับสายของจีแอกติน (G-actin) โปรตีนทั้ง 3 ชนิดรวมตัวเป็นเส้นใยแอคติน โดยมีการพันกัน และจับตัวกันเป็นเกลียวทั้งสายเรียกว่า เส้นใยแบบบาง (Thin filament หรือ actin) และมีแคลเซียมเข้ามาจับตัวอยู่ที่ตำแหน่งของโทรโปนิน (Troponin) ซึ่งพร้อมที่จะเกิดการทำงานหดตัวของกล้ามเนื้อ



ภาพที่ 6.31 โครงสร้างของแอคติน
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553 : 73)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

กล้ามเนื้อลายมีการเรียงตัวของเส้นใยแอคติน (Actin) และไมโอซิน (Myosin) ในลักษณะที่สอดแทรกกันเพื่อทำให้เกิดลายตามขวาง ในขณะที่กล้ามเนื้อมีการหดตัวเต็มที่ พบว่าเส้นใยแอคติน (Actin) มีการเคลื่อนตัวเข้ามาสอดแทรก อยู่ภายในบริเวณช่วงของไมโอซิน (Myosin) และขณะที่มีการคลายตัว เส้นใยแอคติน (Actin) จะเคลื่อนที่ห่างออกมาจากบริเวณไมโอซิน (Myosin) ทำให้ช่วงระยะเวลา Z-line กับ Z-line หรือหน่วยของซาโคเมียร์ (Sarcomere unit) นั้นมีความกว้างกว่าในขณะที่มีการหดตัวเต็มที่ซึ่งมีช่วงซาโคเมียร์แคบ

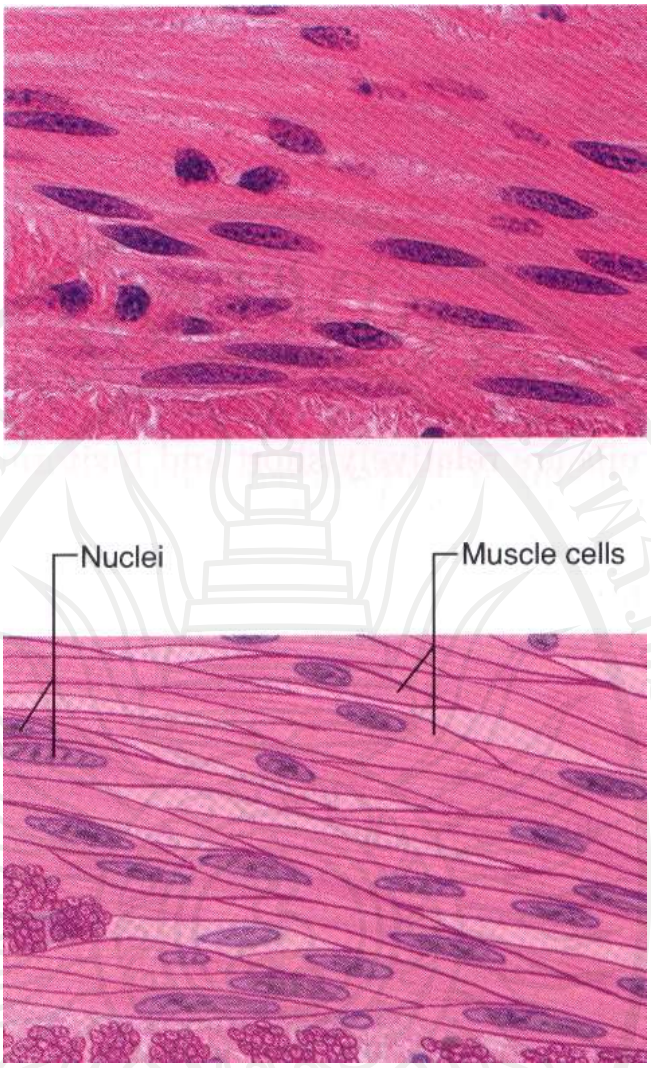


ภาพที่ 6.32 โครงสร้างของหน่วยกล้ามเนื้อ ขณะที่กล้ามเนื้อคลายตัวและหดตัว
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553 : 74)

4.2 กล้ามเนื้อเรียบ

กล้ามเนื้อเรียบมีลักษณะประกอบด้วยเซลล์รูปแหลมหัวแหลมท้าย (Spindle shape) มีนิวเคลียสจำนวน 1 อัน อยู่ตรงกลางเซลล์ ภายในไซโทพลาสซึม มีแอคติน (Actin) และไมโอซิน (Myosin) ที่มีการเรียงตัวที่ไม่เห็นลายขวาง และไม่มีระบบท่อที ทูบูล (T-tubule) แต่มีการติดต่อระหว่างเซลล์ใกล้กันด้วยโครงสร้างของแกพ จังชัน (Gap junction) การทำงานของกล้ามเนื้อชนิดนี้เกิดขึ้นในลักษณะที่มีการหดตัวอย่างช้า ๆ ต่อเนื่องทั้งมัด โดยมีการหดตัวแบบเป็นคลื่นต่อเนื่องกัน โครงสร้างของเซลล์กล้ามเนื้อเรียบ มีนิวเคลียสอยู่ตรงกลาง และมีเส้นใยยึดระหว่างเยื่อหุ้มเซลล์รอบด้าน ทำให้เกิดการหดตัวสั้นลงของเส้นใยกล้ามเนื้อ ในลักษณะที่แตกต่างจากกล้ามเนื้อหัวใจและกล้ามเนื้อลาย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

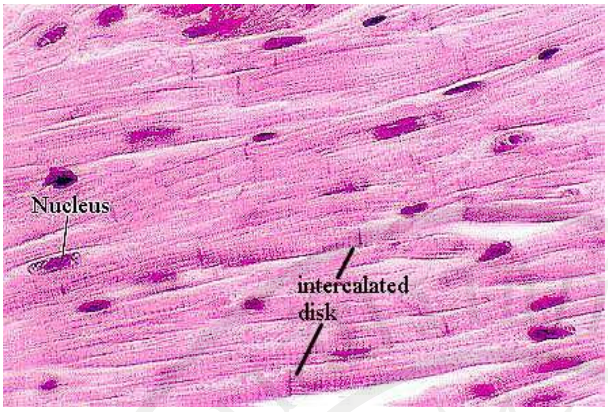


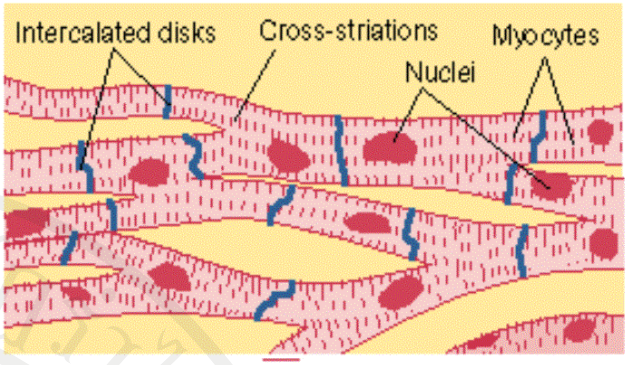
ภาพที่ 6.33 กล้ามเนื้อเรียบ
ที่มา: (Cambell, N.A., 1977 : 784)

4.3 กล้ามเนื้อหัวใจ

เซลล์กล้ามเนื้อหัวใจมีลักษณะที่เด่นชัดคือ เส้นใยไมโอไฟบริล (Myofibril) มีลายขวางของแถบทึบ (Dark band) สลับกับแถบจาง (Light band) เช่นเดียวกับกล้ามเนื้อลาย แต่มีลักษณะที่แตกต่างกัน คือ ภายใน 1 เซลล์ของ กล้ามเนื้อหัวใจมีนิวเคลียสจำนวน 1 อัน และอยู่กลางเซลล์ นอกจากนี้พบว่าบริเวณส่วนปลายเซลล์แยกออกเป็น 2 ง่ามหรือ 2 แฉก เรียกว่า การแตกแบบไบเฟอเคท (Bifurcate) และบริเวณปลายระหว่างด้านทั้งสอง 2 ด้านของเยื่อหุ้มเซลล์ที่มาประชิดกันทำให้เห็นเป็นรอยตามขวางที่มีสีเข้ม และเห็นเด่นชัด เรียกว่า อินเตอร์คาเลต ดิส (Intercalated disc)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

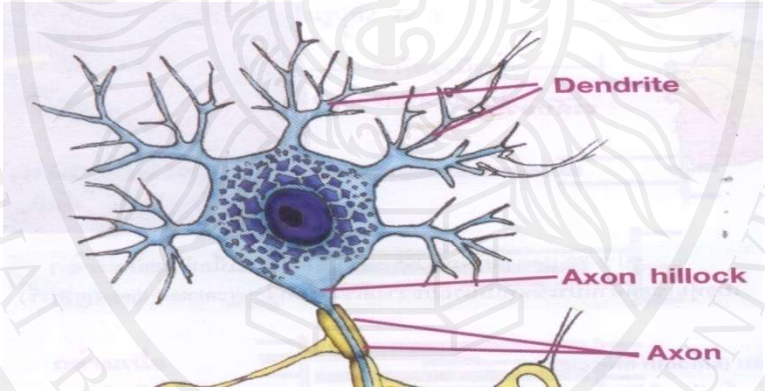




ภาพที่ 6.34 กล้ามเนื้อหัวใจ
ที่มา: (Cambell, N.A., 1977 : 784)

5. เนื้อเยื่อประสาท

ประกอบด้วยเซลล์ 2 ประเภท คือ เซลล์ประสาท (Neuron) และเซลล์ค้ำจุนประสาท (Neuroglia) คุณสมบัติของเซลล์ประสาท คือ สามารถถูกเร้า และตอบสนองโดยเกิดสัญญาณประสาทได้ และมีคุณสมบัติในการนำสัญญาณประสาทด้วย มีโครงสร้างประกอบด้วยตัวเซลล์ (Cell body) ซึ่งเป็นบริเวณที่ประกอบด้วยไซโตพลาสซึม และมีส่วนที่เป็นแขนงของไซโตพลาสซึม (Cytoplasmic process) หรือส่วนที่ยื่นจากตัวเซลล์ มีอยู่ 2 ประเภท คือ เดรนไดรท์ (Dendrite) และแอกซอน (Axon)



ภาพที่ 6.35 โครงสร้างของเซลล์ประสาท
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553 : 78)

ลักษณะเฉพาะอีกประการ คือ กลุ่มของไรโบโซมที่รวมกันบริเวณโคนเดรนไดรต์ (Dendrite) เรียกว่า นิสเซิล บอดี้ (Nissl's bodies) แต่สำหรับโคนของแอกซอน (Axon) นั้น ไม่มีนิสเซิล บอดี้ (Nissl's bodies) กระจายอยู่ เรียกบริเวณนี้ว่า แอกซอน ฮิลลอค (Axon hillock)

เส้นใยประสาท แบ่งออกเป็น 2 ชนิด ได้แก่ เดรนไดรต์ และ แอกซอน ความแตกต่างของเส้นใยประสาททั้ง 2 ชนิด คือ เดรนไดรต์ (Dendrite) มีจำนวนหลายแขนง ต่อ 1 เซลล์ประสาท หรืออาจมี 1 แขนง ต่อ 1 เซลล์ประสาท เดรนไดรต์ (Dendrite) ส่วนมากแตกสาขาย่อยขนาดสั้นจำนวนมาก ส่วนปลายของ เดรนไดรต์ (Dendrite) ไปซินแนปส์ (Synap) กับ แอกซอน (Axon) หรือ

เยื่อหุ้มเซลล์ของเซลล์ประสาทตัวอื่น ๆ เดรนไดรต์ (Dendrite) ทำหน้าที่เป็นเส้นใยรับความรู้สึกไปยังบริเวณตัวรับความรู้สึก (Sensory receptor) ส่วนแอกซอน (Axon) มีจำนวน 1 แขนงต่อ 1 เซลล์ประสาท แอกซอน (Axon) เป็นเส้นที่ไม่มีการแตกสาขา จนกว่าจะไปถึงส่วนปลายจึงแตกสาขาออกเป็นกระเปาะ (Synaptic bulb)

เส้นใยประสาทแบ่งตามลักษณะโครงสร้างมี 2 แบบ ได้แก่

1) เส้นใยประสาทชนิดมีปลอกไมอีลินหุ้ม (Myelinated fiber) เป็นเส้นใยแอกซอน (Axon) ขนาดใหญ่ ที่ถูกห่อหุ้มด้วยเยื่อหุ้มเซลล์ของเซลล์ชวาน (Schwann cell) ซ้อนหลายชั้นเป็นปลอกหนา เรียกว่า ปลอกไมอีลิน (Myelin sheath) มีผลให้เกิดการเหนี่ยวนำให้เกิดการนำกระแสประสาท (Action potential) ได้เร็วกว่าชนิดเส้นใยที่ไม่มีเยื่อไมอีลินมาหุ้ม (Non-myelinated fiber)

2) เส้นใยประสาทชนิดที่ไม่มีปลอกไมอีลินหุ้ม (Non-myelinated fiber) เกิดจากเส้นใยแอกซอน (Axon) ขนาดเล็ก มีการห่อหุ้มด้วยเยื่อหุ้มเซลล์ของเซลล์ชวาน (Schwann cell) เพียง 1 ชั้นเท่านั้น และพบว่าเยื่อหุ้มเซลล์และไซโตพลาสซึมของเซลล์ชวาน (Shwann cell) เพียง 1 เซลล์สามารถหุ้มล้อมรอบ แอกซอน (Axon) ได้หลาย แอกซอน (Axon) พร้อม ๆ กัน และห่อหุ้มบาง ๆ เรียกเส้นใยประสาทแบบนี้ว่า เส้นใยที่ไม่มีเยื่อไมอีลินมาหุ้ม (Non-myelinated fiber)

สำหรับชนิดของเซลล์ประสาท (Neuron) แบ่งเป็น 3 ชนิด โดยพิจารณาจากรูปร่าง ได้แก่

1) เซลล์ประสาทขั้วเดียว (Unipolar neuron) ลักษณะโครงสร้างประกอบด้วยขั้วเพียง 1 ขั้ว มีบริเวณนิวเคลียส (Nucleus) และไซโทพลาสซึมยื่นออกจากตัวเซลล์ (Cell body) เพียง 1 เส้น เนื้อเยื่อประสาทที่มีเซลล์ประสาทขั้วเดียว ได้แก่ ปมประสาทไขสันหลัง และปมประสาทอัตโนมัติ

2) เซลล์ประสาท 2 ขั้ว (Bipolar neuron) ลักษณะโครงสร้างประกอบด้วยขั้ว 2 ขั้วอยู่ในบริเวณตรงข้ามกัน ขั้วด้านหนึ่งเป็นเส้นใยแอกซอน (Axon fiber) และขั้วด้านหนึ่งเป็นเส้นใยเดรนไดรท์ (Dendrite fiber) บริเวณที่มีเซลล์ประสาทชนิดนี้ คือ เรตินาของลูกนัยน์ตา

3) เซลล์ประสาทหลายขั้ว (Multipolar neuron) ประกอบด้วยขั้วหลาย ๆ ขั้ว ได้แก่ ขั้วของเส้นใยแอกซอน (Axon fiber) จำนวนหนึ่ง และขั้วอื่น ๆ หลายขั้วของ เส้นใยเดรนไดรท์ (Dendrite fiber) ตัวอย่างของเซลล์ประสาทหลายขั้ว ได้แก่ เซลล์เพอร์กินเจ (Purkinje cell) และเซลล์พีรามิด (Pyramidal cell)

แต่ถ้าแบ่งชนิดของเซลล์ประสาทตามหน้าที่ได้ มี 3 ชนิด ได้แก่

1) เซลล์ประสาทที่ทำหน้าที่รับความรู้สึก (Sensory neuron)

2) เซลล์ประสาทที่ทำหน้าที่นำคำสั่ง (Motor neuron) และ

3) เซลล์ประสาทที่ทำหน้าที่เชื่อมต่อเซลล์ประสาทสองเซลล์หรือมากกว่า เรียกว่า อินเตอร์นิวรอน (Inter-neuron)

นิวโรเกลีย มีหน้าที่ดังนี้

1) ทำหน้าที่สร้างเยื่อหุ้มเส้นใยประสาท

2) จัดหาสารอาหารให้กับเซลล์ประสาท

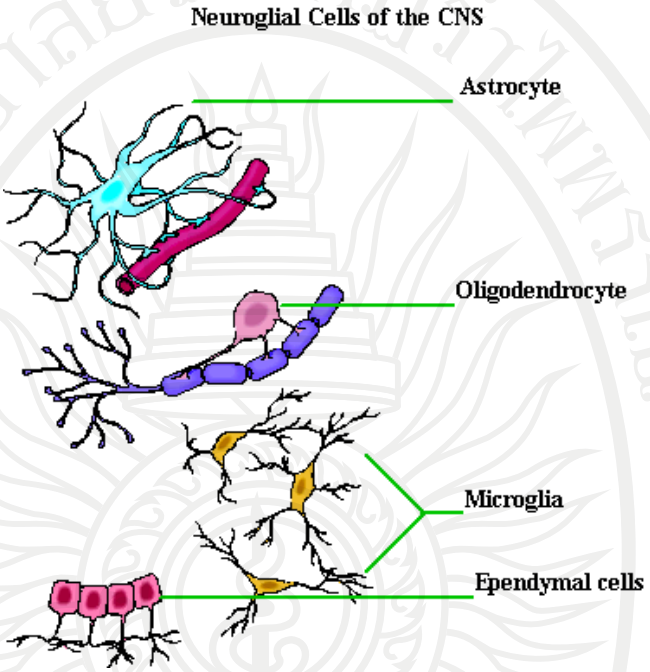
3) ทำลายสิ่งแปลกปลอมในบริเวณเนื้อเยื่อประสาท

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

4) ยึดพยุงโครงสร้างของเนื้อเยื่อประสาทให้อยู่ในลักษณะที่เป็นอวัยวะ เช่น สมอง ไขสันหลัง ปมประสาท

5) บุช่องภายในไขสันหลังและช่องภายในสมอง

6) ชนิดของนิวโรเกลีย (Neuroglia) ได้แก่ แอสโตรไซต์ (Astrocyte), เซลล์ไมโครเกลีย (Microglia cell), โอลิโกเดนโดรไซต์ (Oligodendrocyte) และ เซลล์อีพีเดนไดมอล (Ependymal cell)



ภาพที่ 6.36 ชนิดของนิวโรเกลีย
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553 : 82)

สรุป

เนื้อเยื่อ หมายถึง กลุ่มของเซลล์ที่มีลักษณะอย่างเดียวกันมารวมกัน เพื่อทำหน้าที่อย่างเดียวกัน โดยเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิตจะแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ เนื้อเยื่อพืช และเนื้อเยื่อสัตว์

เนื้อเยื่อพืช คือ เนื้อเยื่อที่มีอยู่ในส่วนต่าง ๆ ของต้นไม้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกลุ่มของพืชชั้นสูง แบ่งได้ 2 กลุ่มตามคุณสมบัติของการแบ่งเซลล์ ได้แก่ เนื้อเยื่อเจริญ (Meristimatic tissue หรือ Meristem) และเนื้อเยื่อถาวร (Permanent tissue) โดยเนื้อเยื่อเจริญ (Meristimatic tissue) เป็นเนื้อเยื่อที่ประกอบไปด้วยเซลล์ที่มีคุณสมบัติการแบ่งเซลล์แบบไมโตติก (Mitotic cell division) เอาไว้ได้ตลอดชีวิต ได้แก่ เนื้อเยื่อเจริญส่วนปลาย และเนื้อเยื่อเจริญด้านข้าง ส่วนเนื้อเยื่อถาวรแบ่งออกเป็น 5 กลุ่ม คือ เนื้อเยื่อผิว (Epidermis) ทำหน้าที่เป็นเนื้อเยื่อป้องกัน เนื้อเยื่อพาเรนไคมา (Parenchyma) เนื้อเยื่อคอลเลนไคมา (Collenchyma) และเนื้อเยื่อสเคลอเรนไคมา (Sclerenchyma) ทำหน้าที่เป็นเนื้อเยื่อฐาน และเนื้อเยื่อลำเลียง (Vascular tissue) ซึ่งเป็นเนื้อเยื่อที่ทำหน้าที่ในการลำเลียงน้ำและอาหาร แบ่งออกเป็นสองกลุ่มคือเนื้อเยื่อลำเลียงน้ำ (Xylem) และเนื้อเยื่อลำเลียงอาหาร (Phloem)

สำหรับโครงสร้างของลำต้น (Stem) คือ อวัยวะของพืชที่ตามปกติจะอยู่เหนือระดับผิวดิน ประกอบด้วยส่วนที่เรียกว่าข้อ (Node) สลับกับบริเวณที่เรียกว่า ปล้อง (Internode) ตำแหน่งที่เป็น

ข้อจะเป็นที่เกิดของใบ (Leaf) และบริเวณตอนปลาย ๆ ของลำต้นจะเรียกว่า ตายอด (Terminal bud หรือ apical bud) ประกอบด้วยเนื้อเยื่อเจริญปลายยอดและเนื้อเยื่อเจริญปฐมภูมิ รวมไปถึงกลุ่มของเนื้อเยื่อกำเนิดใบ (Leaf primordium) ระหว่างซอกใบกับลำต้นจะมีกลุ่มของเนื้อเยื่อที่มีลักษณะคล้ายตายอดเรียกว่า ตาข้าง (Axillary bud) ซึ่งจะเจริญยืดตัวต่อไปเป็นกิ่ง (Branch) โดยจะมีลักษณะโครงสร้างและการเจริญเติบโตเหมือนกับลำต้น แต่ในบางสภาวะตายอดและตาข้างอาจจะถูกชักนำและเปลี่ยนแปลงไปกลายเป็นตาดอก (Flower bud) ได้

สำหรับรากนั้น ราก คือ อวัยวะของพืชที่ตามปกติจะอยู่ใต้ระดับผิวดิน ทำหน้าที่ดูดซึมน้ำและธาตุอาหารในดินเข้าไปสู่ภายในพืช และช่วยค้ำจุนหรือยึดส่วนของพืชที่อยู่เหนือดินให้ทรงตัวอยู่ได้ ส่วนปลายสุดของรากประกอบด้วยกลุ่มเซลล์ซึ่งถูกสร้างมาจากบางส่วนของเนื้อเยื่อเจริญปลายราก (Apical root meristem) มีลักษณะคล้ายเซลล์พาเรนไคมาเรียงตัวกันหลวม ๆ ห่อหุ้มส่วนปลายรากเพื่อทำหน้าที่ป้องกันบริเวณส่วนที่เป็นเนื้อเยื่อเจริญปลายรากเอาไว้ เรียกว่า หมวกราก (Root cap) ซึ่งจะมีขนราก (Root hair) ที่เกิดจากการยืดตัวของผนังเซลล์ของเซลล์ผิว (Epidermal cell) ออกไปเพื่อเพิ่มพื้นที่ในการดูดน้ำและธาตุอาหารให้มากขึ้น

ส่วนโครงสร้างของใบ ใบเป็นอวัยวะของพืชที่มีหน้าที่สำคัญในการสังเคราะห์ด้วยแสง (Photosynthesis) ตามปกติใบประกอบด้วยส่วนที่เรียกว่าแผ่นใบ (Lamina หรือ Blade) และก้านใบ (Petiole) โครงสร้างของแผ่นใบประกอบด้วยชั้นที่เรียกว่า มีโซฟิลล์ (Mesophyll) ซึ่งเป็นชั้นของเนื้อเยื่อพื้นที่อยู่ตรงกลางระหว่างเนื้อเยื่อผิวด้านบน (Upper epidermis) และเนื้อเยื่อผิวด้านล่าง (Lower epidermis) เนื้อเยื่อผิวของใบจะพบปากใบเป็นจำนวนมาก และโดยปกติเนื้อเยื่อผิวด้านล่างมักจะพบปากใบมากกว่าเนื้อเยื่อผิวด้านบน ปากใบของพืชจะทำหน้าที่ในการคายน้ำ

เนื้อเยื่อสัตว์ แบ่งออกเป็น 5 ชนิด ได้แก่ 1) เนื้อเยื่อบุผิว ทำหน้าที่ปกคลุมภายนอกหรือภายในของอวัยวะต่าง ๆ ทั่วร่างกายเพื่อทำหน้าที่ป้องกันอันตราย ดูดซึมสารบางอย่าง เช่น การดูดซึมน้ำของลำไส้ สร้างและหลั่งสารบางอย่าง 2) เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (Connective tissue) มีโครงสร้างที่ประกอบด้วยเซลล์หลายชนิด กระจายตัวอยู่ภายในสารระหว่างเซลล์ และแทรกปนด้วยเส้นใยที่อยู่ภายนอกเซลล์ ได้แก่ เส้นใยคอลลาเจน อีลาสติก และเรติคูล่าร์ แบ่งออกเป็น 3 ชนิด ได้แก่ เนื้อเยื่อเกี่ยวพันแท้จริง เนื้อเยื่อเกี่ยวพันพิเศษ และเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่พยุงค้ำจุนโครงร่าง หน้าที่ของเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน ได้แก่ การยึดเหนี่ยวเกี่ยวพันห่อหุ้มเนื้อเยื่อชนิดอื่น ๆ ให้อยู่เป็นรูปร่างในลักษณะของอวัยวะได้ ช่วยลำเลียงสาร สารอาหาร ของเสีย และออกซิเจน เป็นแหล่งสะสมสาร เช่น การสะสมรงควัตถุ ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับระบบภูมิคุ้มกัน และเป็นเนื้อเยื่อซ่อมแซมบริเวณที่เกิดการเสียหายต่าง ๆ ด้วย เซลล์มีเซนไคม์ (Mesenchymal cell) ซึ่งเป็นเซลล์ที่ยังไม่มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างและหน้าที่ และพร้อมมีการเปลี่ยนแปลงเพื่อซ่อมแซมเซลล์ที่มีการเสียหายในบริเวณที่ได้รับบาดแผล หรือเกิดการทำลายขึ้น 3) เนื้อเยื่อลำเลียง ได้แก่ เม็ดเลือดแดง เม็ดเลือดขาว และเกล็ดเลือด เนื้อเยื่อลำเลียงทำหน้าที่ ลำเลียงและแลกเปลี่ยนสารต่าง ๆ การรักษาสมดุลต่าง ๆ ได้แก่ อุณหภูมิ กรดด่าง และปริมาณ อิเล็กโตรไลท์ (Electrolyte) ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับระบบภูมิคุ้มกันโดยการกิน (Phagocytosis) และเกี่ยวข้องกับการแข็งตัวของเลือด เพื่อทำให้เลือดหยุดไหล 4) เนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ เป็นเนื้อเยื่อที่มีลักษณะเฉพาะคือ เซลล์กล้ามเนื้อ (Muscle cell) มีลักษณะยาวมาก จึงเรียกอีกชื่อว่าเส้นใยกล้ามเนื้อ (Muscle fiber) ร่างกายของสัตว์ประกอบด้วยกล้ามเนื้อ 3 ชนิด ได้แก่ กล้ามเนื้อลาย (Skeletal muscle) พบตามแขน ขา และทั่ว ๆ ไป ยกเว้นอวัยวะของระบบภายในต่าง ๆ และหัวใจ 1 เซลล์ประกอบไปด้วยนิวเคลียสหลายนิวเคลียส การทำงานอยู่ภายใต้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

อำนาจจิตใจ กล้ามเนื้อเรียบ (Smooth muscle) พบอยู่ในบริเวณอวัยวะภายใน เช่นที่ระบบทางเดินอาหารและระบบอื่น ๆ 1 เซลล์มีรูปร่างแบบกระสวย แหลมหัวแหลมท้าย 1 เซลล์ประกอบไปด้วย 1 นิวเคลียส ซึ่งมักอยู่กลางเซลล์ การทำงานอยู่ภายนอกอำนาจจิตใจ และกล้ามเนื้อหัวใจ (Cardiac muscle or heart muscle) พบเฉพาะที่บริเวณหัวใจเท่านั้น เซลล์กล้ามเนื้อหัวใจมีลักษณะที่เด่นชัด คือ เส้นใยไมโอไฟบริล (Myofibril) มีลายขวางของแถบทึบ (Dark band) สลับกับแถบจาง (Light band) เช่นเดียวกับกล้ามเนื้อลาย แต่มีลักษณะที่แตกต่างกันคือ ภายใน 1 เซลล์ของ กล้ามเนื้อหัวใจมีนิวเคลียสจำนวน 1 อันและอยู่กลางเซลล์ นอกจากนี้พบว่าบริเวณส่วนปลายเซลล์แยกออกเป็น 2 ง่ามหรือ 2 แฉก เรียกว่า การแตกแบบไบเฟอเคท (Bifurcate) 5) เนื้อเยื่อประสาท ประกอบด้วยเซลล์ 2 ประเภท คือ เซลล์ประสาท (Neuron) และเซลล์ค้ำจุนประสาท (Neuroglia) คุณสมบัติของเซลล์ประสาท คือ สามารถถูกเร้า และตอบสนองโดยเกิดสัญญาณประสาทได้ และมีคุณสมบัติในการนำสัญญาณประสาทด้วย มีโครงสร้างประกอบด้วยตัวเซลล์ (Cell body) และมีนิวเคลียสขนาดใหญ่ ซึ่งเป็นบริเวณที่ประกอบด้วยไซโตพลาสซึม และมีส่วนที่เป็นแขนงของไซโตพลาสซึม (Cytoplasmic process) หรือส่วนที่ยื่นจากตัวเซลล์ มีอยู่ 2 ประเภท คือ เดนไดรท์ (Dendrite) ซึ่งมีหลายแขนง และ แอกซอน (Axon) ซึ่งมีเพียงแขนงเดียว แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ ชนิดที่เยื่อไมอีลินมาหุ้ม ซึ่งสามารถนำกระแสประสาทได้รวดเร็ว ส่วนอีกชนิด คือ ชนิดที่ไม่มีเยื่อไมอีลินมาหุ้ม ซึ่งนำกระแสประสาทได้ช้า สำหรับนิวโรเกลีย (Neuroglia) มีหน้าที่สร้างเยื่อหุ้มเส้นใยประสาท จัดหาสารอาหารให้กับเซลล์ประสาท และทำลายสิ่งแปลกปลอมในบริเวณเนื้อเยื่อประสาท

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

แบบฝึกหัดบทที่ 6

จงตอบคำถามดังต่อไปนี้

1. เนื้อเยื่อพืชแบ่งได้กี่ชนิด ได้แก่เนื้อเยื่อชนิดใดบ้าง
2. เนื้อเยื่อสัตว์แบ่งเป็นกี่ชนิด ได้แก่เนื้อเยื่อชนิดใดบ้าง
3. จงบอกความหมายของเนื้อเยื่อเจริญ และยกตัวอย่างเนื้อเยื่อเจริญมา 2 ชนิด
4. เนื้อเยื่อถาวรที่พบได้ทั่วไปในเกือบทุกส่วนของพืช คือ เนื้อเยื่อชนิดใด
5. เนื้อเยื่อถาวรที่เป็นเนื้อเยื่อที่ทำหน้าที่ให้ความแข็งแรงแก่ส่วนต่าง ๆ ของพืช ได้แก่ เนื้อเยื่อชนิดใด และจงอธิบายโครงสร้างและลักษณะของเนื้อเยื่อชนิดดังกล่าว
6. เนื้อเยื่อลำเลียงแบ่งเป็นกี่ชนิด และทำหน้าที่ใดบ้าง
7. จงอธิบายโครงสร้างและลักษณะของเนื้อเยื่อลำเลียง
8. จงอธิบายโครงสร้างและลักษณะของเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ พร้อมทั้งยกตัวอย่างมา 3 ชนิด
9. จงอธิบายโครงสร้างของแอกซอน และเดรนไดรท์
10. โครงสร้างของเนื้อเยื่อบุผิวมีการแบ่งได้กี่ลักษณะ จงอธิบาย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

เอกสารอ้างอิง

คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา. (2556). **ปฏิบัติการชีววิทยา 1**. จันทบุรี : ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี.

คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (2553). **ชีววิทยา และสัตววิทยา 1.** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชุมพล คุณวาสี. (2555). **เอกสารประกอบการสอนวิชา 230107.** กรุงเทพฯ : ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เชาวน์ ชิโนรักษ์ และพรรณี ชิโนรักษ์. (2552)**. ชีววิทยา เล่ม 1**. กรุงเทพฯ : โสภณการพิมพ์.

ปรีชา สุวรรณพินิจ. (2543). **ชีววิทยา 1**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Cambell, N.A. (1977). **Biology.** 4th ed. California : The Benjamin/Cummings Publishing Company, INC.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

แผนการสอนประจำบทที่ 7

กลไกของวิวัฒนาการ

เนื้อหาประจำบท

บทที่ 7 กลไกของวิวัฒนาการ

7.1 สมมุติฐานของการกำเนิดสิ่งมีชีวิต
7.2 ความหมายและแนวความคิดทางวิวัฒนาการ
7.3 กลไกการคัดเลือกตามธรรมชาติ
7.4 ทฤษฎีวิวัฒนาการในปัจจุบัน
7.5 หลักฐาน และความรู้ต่าง ๆ ที่มาสนับสนุนวิวัฒนาการ
7.6 วิวัฒนาการของมนุษย์

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

เมื่อศึกษาบทที่ 7 แล้วนักศึกษาสามารถ
1. อธิบายสมมุติฐานของการกำเนิดสิ่งมีชีวิตได้
2. อธิบายแนวความคิดทางวิวัฒนาการได้
3. อธิบายกลไกการคัดเลือกตามธรรมชาติได้
4. อธิบายหลักฐาน และความรู้ต่าง ๆ ที่มาสนับสนุนวิวัฒนาการได้
5. อธิบายวิวัฒนาการของมนุษย์ได้

กิจกรรมการเรียนการสอนประจำบท

1. ผู้สอนอธิบายทฤษฎี และซักถาม พร้อมยกตัวอย่างประกอบการบรรยาย โดยใช้เครื่องฉายภาพ (Projector)
2. แสดงวีดิทัศน์เรื่อง “กลไกการคัดเลือกตามธรรมชาติ”
3. ให้ผู้เรียนทำแบบฝึกหัดบทที่ 7
4. ทดสอบย่อยหลังจบบทเรียน

สื่อการเรียนการสอน

1. เอกสารประกอบการสอนวิชาชีววิทยา 1
2. ไฟล์เอกสารประกอบการสอนวิชาชีววิทยา 1 (Power point)
3. หนังสืออ่านประกอบค้นคว้าเพิ่มเติม
4. แบบฝึกหัดบทที่ 7

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

การวัดผลและประเมินผล

1. สังเกตจากการซักถามผู้เรียน
2. สังเกตจากการร่วมกิจกรรม
3. สังเกตจากความสนใจ
4. ประเมินจากการทำคำถามท้ายบท
5. ประเมินจากการสอบระหว่างภาคและปลายภาค

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

บทที่ 7

กลไกของวิวัฒนาการ

การศึกษากลไกวิวัฒนาการในสิ่งมีชีวิต เริ่มต้นจากการที่มนุษย์ตั้งคำถามว่ามนุษย์เกิดมาจากไหน เกิดมาได้อย่างไร ซึ่งได้ก่อให้เกิดทฤษฎีทางวิวัฒนาการต่าง ๆ ทั้งที่พิสูจน์ได้ และยังไม่ได้ ซึ่งต่อมาได้ทำให้เกิดความก้าวหน้าทางองค์ความรู้ต่าง ๆ ที่นำมาใช้ศึกษากลไกทางวิวัฒนาการ ซึ่งเริ่มต้นจากการสังเกตการเจริญของจุลินทรีย์ การเจริญและพัฒนาของอวัยวะในสัตว์ การศึกษาพันธุกรรมของพืช จนกระทั่งสามารถที่จะพิสูจน์ความใกล้ชิด และความไกลห่างของสิ่งมีชีวิตที่เป็นบรรพบุรุษและลูกหลาน โดยการพิสูจน์ทางสารพันธุกรรม หรือดีเอ็นเอ ซึ่งเป็นหน่วยที่เล็กที่สุดของสิ่งมีชีวิต ซึ่งนั่นก็ได้ทำให้มนุษย์รู้ที่มาของตนเองมากขึ้นว่ามีบรรพบุรุษเป็นสิ่งมีชีวิตกลุ่มใด อันเป็นที่มาของการศึกษาวิวัฒนาการของมนุษย์นั่นเอง

สมมติฐานของการกำเนิดของสิ่งมีชีวิต

มีหลายทฤษฎีที่ได้มีการอธิบายและให้คำจำกัดความไว้ ดังนี้

1. ทฤษฎีพระเจ้าสร้างโลก (Special creation) มีการอธิบายไว้ว่าสิ่งมีชีวิตทุกชนิดที่เกิดขึ้นบนโลกนี้ ล้วนเกิดขึ้นมาจากการสร้างโดยวิธีแบบพิเศษ โดยอำนาจเหนือธรรมชาติ หรือเกิดขึ้นมาจากความต้องการของพระเจ้า โดยทฤษฎีนี้เป็นความเชื่อที่ไม่มีเหตุผลมารองรับ ทฤษฎีนี้จึงมีการยกเลิกไป

2. ทฤษฎีการเกิดขึ้นด้วยตนเอง (Spontaneous generation) เสนอโดยยาน แบบติสต์ วาน เฮลมอนต์ ซึ่งมีใจความว่าสิ่งมีชีวิตเกิดขึ้นได้ด้วยตนเอง เช่น การที่พบหนูวิ่งออกมาจากโถใส่ข้าวฟ่าง หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่า สปีชีส์สามารถเกิดขึ้นได้ด้วยตนเอง ซึ่งอย่างไรก็ตามได้มีการทดลอง และแสดงให้เห็นว่าสิ่งมีชีวิตเกิดขึ้นด้วยตนเองนั้นไม่จริง เช่น การทดลองของฟรานเชสโก เรดิ ที่ได้ค้นพบว่าหนอนแมลงวันนั้นไม่ได้เกิดจากเนื้อเน่า แต่เกิดจากการที่แมลงวันมาไข่ไว้บนก้อนเนื้อ หรือการทดลองของหลุยส์ ปาสเตอร์ ที่พบว่าแบคทีเรียที่พบในอาหารเหลวในภาชนะ ไม่สามารถเกิดขึ้นเองได้หากไม่ได้เปิดภาชนะให้สัมผัสกับอากาศ

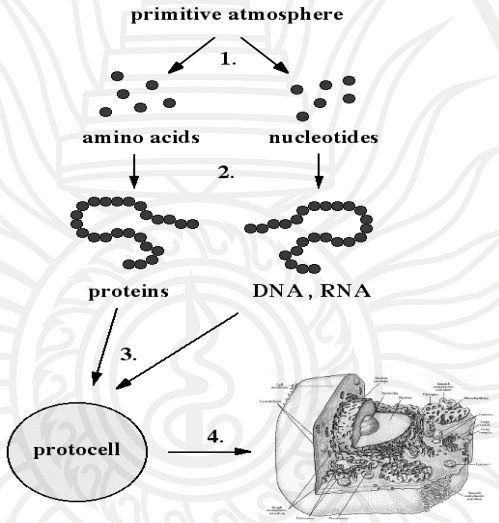
3. ทฤษฎีการเกิดสิ่งมีชีวิตจากสิ่งมีชีวิต (Biogenesis) เป็นทฤษฎีที่กล่าวว่า สิ่งมีชีวิตนั้นเกิดมาจากสิ่งมีชีวิตที่มีมาก่อนอยู่แล้ว นั่นคือ สิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดนั้นจะต้องมีบรรพบุรุษ โดยปัญหาของทฤษฎีนี้ก็คือ สิ่งมีชีวิตที่เกิดมาก่อนนั้นมาจากไหน และเกิดขึ้นได้อย่างไร

4. ทฤษฎีสิ่งมีชีวิตมาจากนอกโลก (Cosmozoic theory) เป็นทฤษฎีที่กล่าวว่าสิ่งมีชีวิตเกิดมามาจากนอกโลก หรือดาวดวงอื่น ซึ่งตกลงมาพร้อมกับสะเก็ดดาว หรืออุกกาบาต

5. ทฤษฎีการเกิดสารอินทรีย์ (Chemosynthetic) เกิดมาจากแนวคิดของโอปาริน และฮาลเดน ที่กล่าวว่าสิ่งมีชีวิตชนิดแรกเกิดมาจากอินทรียสาร ได้แก่ กรดอะมิโน พิวรีน และพิริมิดีนเบส น้ำตาล polypeptide polynucleic และ polysaccharide เกิดการรวมตัวเป็นสายยาวของ polymer โดยการรับพลังงานจากรังสีอัลตราไวโอเลต ความร้อน ไฟฟ้า รวมทั้งจากกัมมันตรังสีต่าง ๆ จากดวงอาทิตย์โดยตรง ซึ่งยังไม่สลาย (ภาพที่ 7.1) นอกจากนี้กระบวนการ photosynthesis ยังทำให้เกิดมีออกซิเจนอิสระเกิดขึ้น ซึ่งอินทรียสารเหล่านี้จะทำปฏิกิริยากับ ออกซิเจน เกิดการสลายตัวมาก ๆ เข้า ทำให้ออกซิเจนบางส่วนเกิดเปลี่ยนเป็นโอโซน (O_3) เพิ่มอยู่ในชั้นบรรยากาศโลก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

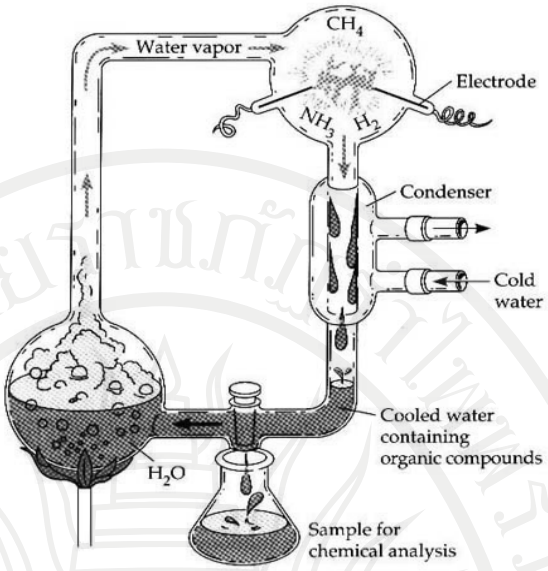
โดยชั้นโอโซน ทำหน้าที่ป้องกันรังสีอัลตราไวโอเลต ที่เข้าสู่บรรยากาศของโลก ทำให้โลกเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพบรรยากาศแตกต่างจากในอดีต จนไม่สามารถเกิดสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ เหล่านั้นขึ้นเองอีก ยกเว้นเกิดจากสิ่งมีชีวิตด้วยกันเอง ในระยะแรกที่ดาวต่าง ๆ รวมทั้งโลก เพิ่งแยกออกจากดวงอาทิตย์ เริ่มมีการเย็นลง แต่โลกก็ยังมีอุณหภูมิที่ร้อนมาก ก๊าซอิสระ และออกซิเจนยังไม่มีในบรรยากาศ เพราะออกซิเจนอยู่รวมกับไฮโดรเจนในรูปของน้ำ รวมทั้งแร่ธาตุต่าง ๆ ที่อยู่บริเวณผิวโลก เช่น ซิลิกอน เหล็ก อะลูมิเนียม ส่วนคาร์บอนอยู่รวมกับไฮโดรเจน ในรูปมีเทน คือ CH_4 สำหรับไนโตรเจนอยู่ในรูปของแอมโมเนีย ออกซิเจนที่อยู่ในบรรยากาศปัจจุบัน เกิดจากการสังเคราะห์แสงของพืชสีเขียว เชื่อกันว่าสารง่าย ๆ ต่าง ๆ เหล่านี้ ค่อย ๆ รวมตัวซับซ้อนมากขึ้นทุกที พร้อมกับการเกิดของทะเล มหาสมุทร และได้พลังงานจากรังสีอัลตราไวโอเลต ไฟฟ้าในบรรยากาศ และการสลายตัวของสารกัมมันตรังสี สมมติฐานนี้ถูกพิสูจน์โดยมิลเลอร์ (Miller) ในปี 1953 ดังภาพที่ 7.2



ภาพที่ 7.1 การเกิดสิ่งมีชีวิตจากอินทรียสาร
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีวิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553 : 1)

ภายในเครื่องมือนั้นมีสารอยู่ 4 ชนิด ได้แก่ มีเทน (CH_4), แอมโมเนีย (NH_3), ไฮโดรเจน (H2) และน้ำ (H_2O) เมื่อผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไประยะหนึ่ง แล้วจึงนำสารออกมาวิเคราะห์ พบว่าเป็นสารอินทรีย์โมเลกุลใหญ่ เช่น กรดอะมิโน ยูเรีย กรดแลกติก ต่อมามีนักวิทยาศาสตร์อีกหลายคนทำการทดลองคล้ายกับของมิลเลอร์ แต่ใช้สารให้พลังงานอย่างอื่น เช่น กัมมันตภาพรังสี รังสี UV แทนไฟฟ้า ผลที่ออกมาคล้ายกับมิลเลอร์ รวมทั้งให้ ATP และนิวคลีโอไทด์ด้วย ซิดนีย์ (Sydney) ได้ทดลองเกี่ยวกับการเอากรดอะมิโน 18-20 ชนิด ใส่รวมกัน แล้วเผาจนถึงจุดหลอมเหลว ปรากฏว่ากรดอะมิโนหลายชนิดรวมตัวกันเป็นสายยาวคล้ายโปรตีน ปัจจุบันทฤษฎีนี้เป็นทฤษฎีที่มีการยอมรับมากที่สุด (เชาวน์ ชิโนรักษ์ และพรรณี ชิโนรักษ์, 2552 : 14)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



ภาพที่ 7.2 การจัดเครื่องมือการทดลองของมิลเลอร์ ในปี 1953
ที่มา: (เชาว์ ชิโนรักษ์ และพรรณี ชิโนรักษ์, 2552 : 15)

ต้นกำเนิดของเซลล์

โอปาริน (Oparin) เสนอว่าต้นกำเนิดของเซลล์สิ่งมีชีวิต เกิดจากหยดที่เรียกว่า โคแอคเซอเวต ดรอปเลต (Coacervate droplet) ซึ่งมีโปรตีน น้ำและอินทรียสาร ซึ่งมีคุณสมบัติคล้ายกับสิ่งมีชีวิตหลายอย่าง หยดดังกล่าวของโอปารินมีปฏิกิริยาต่าง ๆ อยู่ข้างใน เช่น มีปฏิกิริยาที่ทำให้ตัวมันแตกสลาย บางปฏิกิริยาทำให้ตัวมันคงทนต่อสภาพแวดล้อม และสามารถดูดซึมเอาสารเคมีรอบตัวมันเข้าไว้ได้ เรียกหยดดังกล่าวว่า โปรโตไบออนท์ (Protobionts) เริ่มมีกรดนิวคลีอิกที่สามารถจำลองตัวเองได้เหมือนกับสิ่งมีชีวิต ยังไม่มีผู้ใดสามารถสร้างสิ่งมีชีวิตที่ว่านี้ได้เลย โดยเฉพาะสิ่งมีชีวิตที่สามารถตอบสนองต่อสิ่งแวดล้อม และมีกระบวนการต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิตครบถ้วน โดยเฉพาะการสืบพันธุ์ เมื่อเกิดมีการรวมตัวของหน่วยย่อย ๆ (Polymerization) ขึ้นพร้อมกับการเกิดพลังงาน ATP นั้น ทำให้สิ่งมีชีวิตแรก ๆ สามารถสังเคราะห์แสงได้ โดยไม่ต้องใช้คลอโรฟิลล์ ได้แก่ พวกแบคทีเรียต่าง ๆ ต่อมาก็เกิดสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ทำให้เกิดออกซิเจนจากการสังเคราะห์แสง ต่อมาก็เกิดสาหร่ายสีเขียวในระยะ 1.2-1.4 พันล้านปี พืชและสัตว์หลายเซลล์เกิดขึ้นเมื่อประมาณ 1 พันล้านปี นอกจากนี้หลักฐานทางฟอสซิล พบว่าสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังเกิดขึ้นเมื่อประมาณ 600 ล้านปีมาแล้ว จะเห็นว่าสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ค่อย ๆ เปลี่ยนแปลงอย่างช้า ๆ ต่อเนื่องเป็นเวลานาน จนกระทั่งสิ่งมีชีวิตในปัจจุบันแตกต่างจากแบบเดิมอย่างเห็นได้ชัด ไม่ว่าจะเป็นรูปร่างหรือการทำงานของร่างกาย เนื่องจากการถ่ายทอดทางพันธุกรรมและการเปลี่ยนแปลงไปของสภาพแวดล้อม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ความหมายและแนวความคิดทางวิวัฒนาการ

วิวัฒนาการ (Evolution) หมายถึง การเปลี่ยนแปลงที่ถ่ายทอดได้ทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตถูกขับเคลื่อนด้วยสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไปตามระยะเวลาหนึ่ง จนนำไปสู่ความแตกต่างของประชากรสิ่งมีชีวิตนั้น (เจษฎา เด่นดวงบริพันธ์, 2555) โดยจากความหมายดังกล่าวจะเห็นได้ว่าการเกิดวิวัฒนาการนั้นจะต้องประกอบด้วยปัจจัยหลัก 3 ประการได้แก่ พันธุกรรม สิ่งแวดล้อม และเวลา การศึกษาวิวัฒนาการสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ระดับ คือ วิวัฒนาการระดับจุลภาค (Microevolution) ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมที่เกิดขึ้นภายในประชากรของสิ่งมีชีวิต และวิวัฒนาการระดับมหภาค (Macroevolution) ซึ่งเป็นการศึกษาการกำเนิดสิ่งมีชีวิตสปีชีส์ใหม่ (Speciation)

แนวความคิดทางวิวัฒนาการ ตั้งแต่อดีตจนกระทั่งถึงปัจจุบัน มีดังนี้

1. แนวคิดของอาริสโตเติล (Aristotle) การศึกษาเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตนั้นได้เริ่มมีเมื่อสามร้อยปีก่อนคริสตกาล โดยนักปราชญ์ชาวกรีกที่ชื่อว่า อาริสโตเติล (Aristotle) ซึ่งได้เสนอแนวคิดเรื่อง ลำดับขั้นของธรรมชาติ โดยกล่าวถึงสิ่งมีชีวิตจะมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างจากแบบไม่สมบูรณ์ ไปจนถึงรูปร่างที่มีความสมบูรณ์ที่สุด เช่น จากพืชเปลี่ยนไปเป็นสัตว์ และมนุษย์ในที่สุด โดยแนวความคิดนี้ได้ถูกนำไปใช้อธิบายวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตจนถึงศตวรรษที่ 18 แนวความคิดดังกล่าวได้เริ่มถูกโต้แย้ง ซึ่งเป็นผลมาจากการปฏิวัติอุตสาหกรรม และความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี

2. แนวคิดของโวลแตร์ (Voltaire) ได้มีการตั้งคำถามแย้งต่อการเปลี่ยนแปลงลำดับขั้นของสปีชีส์ว่ามีช่องว่างอยู่มากระหว่างสิ่งมีชีวิตชั้นต่ำที่ยังไม่สมบูรณ์ไปจนถึงสิ่งมีชีวิตชั้นสูง ซึ่งโวลแตร์ได้เสนอว่าช่องว่างเหล่านี้อาจจะเกิดจากการสูญพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตนั้น ความขัดแย้งในเรื่องช่องว่างของลำดับชั้นของสิ่งมีชีวิตเป็นจุดเริ่มต้นที่สำคัญต่อหลักความต่อเนื่องของของชีวิต (Concept of continuity) ซึ่งนำไปสู่ความพยายามที่จะค้นหาตัวเชื่อมโยงที่หายไป (Missing link) ของสิ่งมีชีวิตแต่ละกลุ่มทั้งในพืชและในสัตว์

3. แนวคิดของคาโรลัส ลินเนียส บิดาของวิชาอนุกรมวิธาน ได้เป็นผู้ริเริ่มการตั้งชื่อวิทยาศาสตร์ (Scientific name) เนื่องจากการที่จะทราบวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตใดนั้น จำเป็นที่จะต้องแบ่งแยกสปีชีส์ หรือชนิดของสิ่งมีชีวิตนั้น ๆ ออกจากชนิดหนึ่ง ซึ่งก็คือ การจัดจำแนก (Classify) นั่นเอง โดยการพิจารณาจากลักษณะที่เห็นได้อย่างชัดเจน ภายนอก เช่น ลักษณะของปีก ลักษณะของตา เป็นต้น โดยระบบการตั้งชื่อของลินเนียสนั้น มีชื่อว่า ระบบการตั้งชื่อแบบ 2 คำ (Binomial nomenclature) โดยจะประกอบไปด้วยชื่อแรกที่ต้องขึ้นต้นด้วยอักษรภาษาอังกฤษตัวใหญ่เสมอ นั่นคือ ชื่อสกุล ส่วนชื่อที่สองเป็นชื่อที่ขึ้นต้นด้วยอักษรภาษาอังกฤษตัวเล็ก นั่นคือ ชื่อชนิด (Species) และตามด้วยชื่อผู้แต่ง และปีคริสตศักราชที่ตั้ง เช่น ชื่อของปูม้า คือ *Portunus pelagicus* Linnaeus, 1758

4. แนวคิดของบุฟฟอง (Buffon) นักธรรมชาติวิทยาชาวฝรั่งเศส แสดงให้เห็นว่าปัจจัยที่สำคัญที่ทำให้เกิดกระบวนการวิวัฒนาการขึ้น ได้แก่ อิทธิพลของสิ่งแวดล้อมการอพยพย้ายถิ่น การแบ่งแยกโดยสภาพภูมิศาสตร์ การมีประชากรหนาแน่นมากเกินไป และการดิ้นรนต่อสู้ เพื่อเอาชีวิตรอด

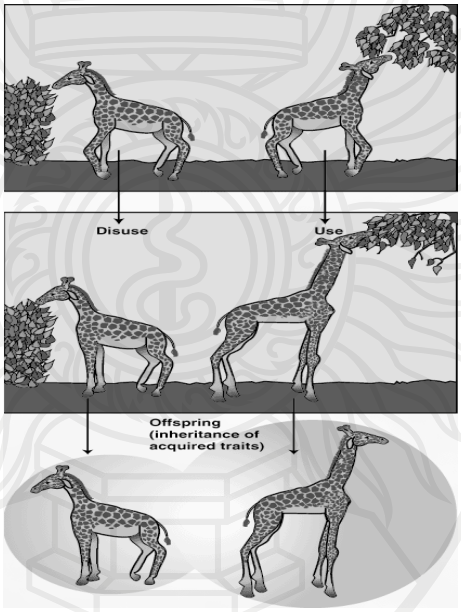
5. กฎของธรรมชาติ เสนอโดยจีน แบพติส เดอ ลามาร์ก ชาวฝรั่งเศส ซึ่งได้ชื่อว่าเป็นผู้วางรากฐานเกี่ยวกับวิวัฒนาการเป็นคนแรก โดยได้เสนอกฎขึ้นมา 2 ข้อ ได้แก่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏราไพพรรณี

1) กฎการใช้และไม่ใช้ (Law of use and Disuse) ซึ่งกล่าวว่า สัตว์ทุกชนิดถ้ามีการใช้งานอวัยวะต่าง ๆ ให้บ่อยครั้งขึ้นอย่างต่อเนื่อง จะทำให้อวัยวะนั้นแข็งแรง และพัฒนาใหญ่ขึ้นไปตามกาลเวลาที่อวัยวะนั้นถูกใช้งาน ขณะที่อวัยวะใดถ้าหยุดการใช้งาน อวัยวะนั้นก็จะอ่อนแอและลดรูปลง จนกระทั่งหายไปในที่สุด

2) กฎแห่งการถ่ายทอดลักษณะที่ต้องการ (Law of inheritance of acquired characteristics) การที่ลักษณะของสิ่งมีชีวิต ดังเช่นอวัยวะที่ถูกลดรูปจนหายไป หรือที่พัฒนาใหญ่โตแข็งแรงขึ้น จากผลกระทบของสิ่งแวดล้อมต่อสิ่งมีชีวิตนั้น ลักษณะทั้งหมดนี้จะถูกรักษาไว้ผ่านกระบวนการการสืบพันธุ์ระดับเซลล์ถ่ายทอดไปให้ลูกหลาน โดยที่ลักษณะการเปลี่ยนแปลงที่ต้องการนี้ สามารถเกิดขึ้นได้ทั้งสองเพศ โดยเฉพาะกับตัวที่ให้ลูกได้

สัตว์ที่ถูกนำมาอธิบายกฎของการใช้และไม่ใช้ของลามาร์ค ได้แก่ ยีราฟ โดยยีราฟในอดีตมีคอสั้นกว่าในปัจจุบัน กินยอดไม้เป็นอาหาร เมื่อยอดไม้ด้านล่างหมด ยีราฟต้องยืดคอ เพื่อกินยอดไม้ที่อยู่สูงขึ้นไป เมื่อยืดคออยู่เช่นนั้นเป็นเวลานาน ๆ ทำให้ยีราฟมีคอยาวขึ้น และมีการถ่ายทอดไปสู่ลูกหลานได้ ทำให้ยีราฟรุ่นต่อมามีคอยาวขึ้น ดังภาพที่ 7.3

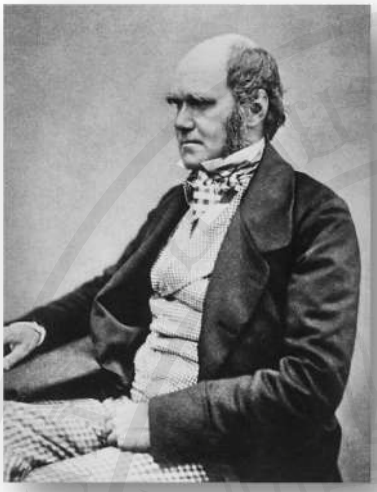


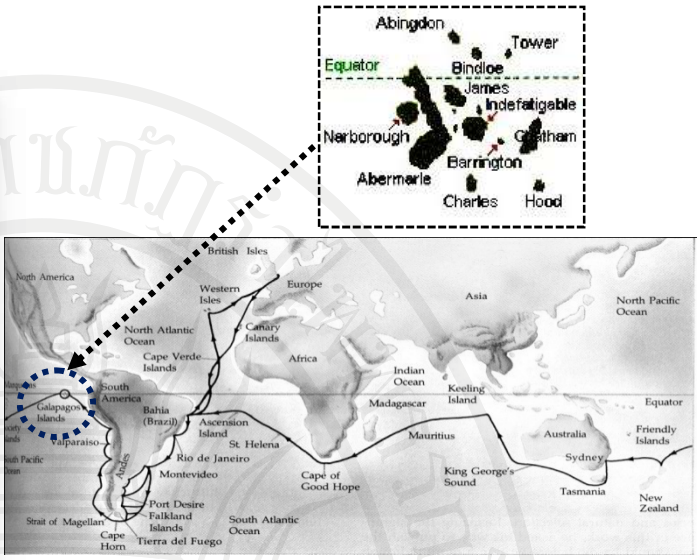
ภาพที่ 7.3 การวิวัฒนาการคอของยีราฟ
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีวิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553 : 107)

กลไกการคัดเลือกตามธรรมชาติ

แนวความคิดนี้ได้ทำให้เกิดเป็นทฤษฎีทางวิวัฒนาการที่มีชื่อเสียงมาก นั่นก็คือ ทฤษฎีการคัดเลือกตามธรรมชาติ (Natural selection) หรือ Darwin’s Theory ซึ่งกล่าวไว้เกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตที่มีการปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไปได้ ก็จะสามารถดำรงชีวิตและเผ่าพันธุ์ของตนเองไว้ได้ ในขณะที่สิ่งมีชีวิตที่ไม่มีการปรับตัวดังกล่าว ก็จะไม่สามารถมีชีวิตหรือคงความเป็นสปีชีส์ของตนเองไว้ได้ โดยผู้เสนอแนวคิดที่มีชื่อเสียงนี้ คือ ชาลส์ ดาร์วิน (Charles Darwin) (ภาพที่ 7.4) ซึ่งได้ชื่อว่าเป็นบิดาของวิชาวิวัฒนาการ โดยดาร์วินได้มีการออกสำรวจธรรมชาติไปกับ

เรือเดินสมุทรที่ชื่อเอช เอม เอส บีเกิล (H.M.S. Beagle) รอบโลกในปี ค.ศ. 1831-1836 (ภาพที่ 7.5) โดยบริเวณที่พบความหลากหลายชนิดของสิ่งมีชีวิต และมีอิทธิพลต่อแนวความคิดของดาร์วินมากที่สุด คือ หมู่เกาะกาลาปากอส





ภาพที่ 7.4 ชาลส์ ดาร์วิน บิดาแห่งวิชาวิวัฒนาการ **ภาพที่ 7.5** เส้นทางการสำรวจรอบโลกของชาลส์ ดาร์วิน

ที่มา: (เจษฎา เด่นดวงบริพันธ์, 2555 : 12-14)

โดยดาร์วินได้พบสิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะแปลกมากมาย เช่น เต่าบกยักษ์ และอีกัวน่าทะเลที่มีการปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมในบริเวณแหล่งอาศัย เช่น การมีต่อมเกลือ (Salt gland) เพื่อขจัดเกลือออกจากร่างกาย เป็นต้น และสิ่งมีชีวิตที่สร้างความประหลาดใจที่สุดให้กับดาร์วิน ก็คือ นกฟินช์ (Finch) โดยพบถึง 13 ชนิด นกชนิดนี้เป็นนกที่มีการปรับลักษณะของจะงอยปาก (ภาพที่ 7.6) ให้เข้ากับชนิดของอาหารในบริเวณแหล่งอาศัย โดยแสดงถึงการแบ่งสรรทรัพยากร (Resource partitioning) ที่มีอยู่อย่างจำกัดนั่นเอง เพราะถ้าหากยังกินอาหารที่เป็นชนิดเดียวกันอยู่ ก็จะต้องเกิดการต่อสู้เพื่อเอาชีวิตรอด แต่ถ้าหากปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการกิน ก็จะมีโอกาสที่จะอยู่รอดได้มากกว่า โดยดาร์วินพบว่าเป็นลักษณะที่แตกต่างที่พบจากแผ่นดินใหญ่ (Mainland)

ภาพที่ 7.6 ลักษณะปากของนกฟินช์ชนิดต่าง ๆ บนหมู่เกาะกาลาปากอส

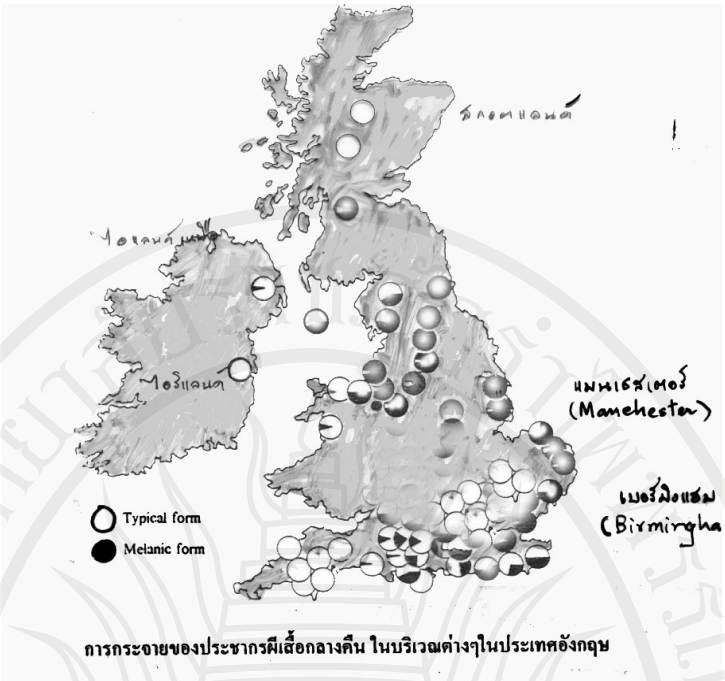
ที่มา: (เจษฎา เด่นดวงบริพันธ์, 2555 : 12-14)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ทฤษฎีการคัดเลือกตามธรรมชาติ กล่าวว่า สิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะเหมาะสมกับสิ่งแวดล้อมมาก จะสามารถมีชีวิตอยู่รอด และสืบพันธุ์ถ่ายทอดลักษณะนั้นให้รุ่นต่อไปได้มากกว่าสิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะเหมาะสมน้อย ตัวอย่างกรณีศึกษาเรื่องการคัดเลือกตามธรรมชาติ ปรากฏการณ์อินดัสเทรียลเมลานิสซึม (Industrial melanism) ในผีเสื้อกลางคืน *Biston betularia* จากการศึกษาประชากรผีเสื้อกลางคืน ในประเทศอังกฤษ พบว่าประกอบด้วยผีเสื้อลักษณะปีกสีเทาและ ปีกสีดำ โดยผู้ล่าที่สำคัญของผีเสื้อชนิดนี้ ได้แก่ นก ประเด็นสำคัญของการวิวัฒนาการของผีเสื้อชนิดนี้ คือ การปฏิวัติอุตสาหกรรมในประเทศอังกฤษ โดยก่อนที่จะเกิดการปฏิวัติอุตสาหกรรม ในปี ค.ศ. 1848 พบสัดส่วนของประชากรผีเสื้อปีกสีเทา (98%) มากกว่าปีกสีดำ (2%) โดยในช่วงเวลานั้นยังไม่เกิดมลพิษจากเขม่าและควันจากโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ ต้นไม้จึงถูกปกคลุมไปด้วยดัชนีชี้วัดสิ่งแวดล้อมปกติ นั่นคือ ไลเคนส์ จึงทำให้ต้นไม้มีสีออกขาว ๆ เทา ๆ ทำให้ผีเสื้อสีดำ ที่มีสีสะดุดตานกซึ่งเป็นผู้ล่ามากกว่า และถูกจับกินได้ง่ายกว่า ส่วนผีเสื้อปีกสีเทามีสีที่กลมกลืนกับต้นไม้ จึงมีโอกาสรอด จากการถูกล่าโดยนกมากกว่า

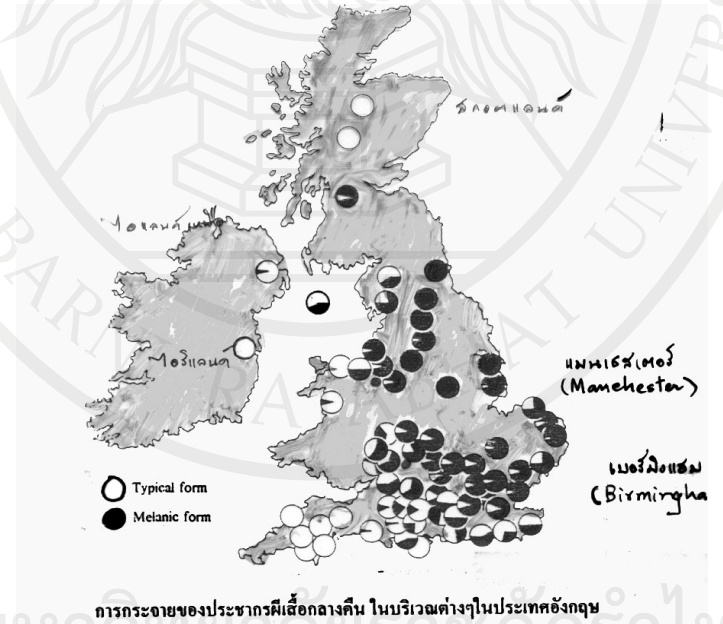
ภาพที่ 7.7 ผีเสื้อ (*Biston betularia*) ปีกสีเทา และปีกสีดำ
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553 : 141)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



ภาพที่ 7.8 การแพร่กระจายของผีเสื้อ *(Biston betularia)* ก่อนการปฏิวัติอุตสาหกรรม
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553 : 142)

ต่อมาในปี ค.ศ. 1898 เมืองเบอร์มิงแฮมพัฒนาไปเป็นเมืองอุตสาหกรรม ก่อให้เกิดมลพิษ ต้นไม้ถูกควันดำรม ไลเคนส์ตาย การศึกษาการกระจายพบผีเสื้อปีกสีเทาเพียง 1 % พบปีกสีดำ 99 % (ภาพที่ 7.9)



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ภาพที่ 7.9 การแพร่กระจายของผีเสื้อ (*Biston betularia*) หลังการปฏิวัติอุตสาหกรรม
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553 : 142)

การเปลี่ยนแปลงของประชากรผีเสื้อกลางคืน แสดงให้เห็นว่า ปัจจัยที่มีผลต่อ วิวัฒนาการ ได้แก่ 1) การแปรผันทางพันธุกรรม ได้แก่ ลักษณะปีกสีเทา และปีกสีดำ 2) การคัดเลือกโดยธรรมชาติ ที่เกิดจากผลของการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม และ 3) เวลา (Time) ที่มีการสะสมปริมาณการเปลี่ยนแปลง

ทฤษฎีวิวัฒนาการในปัจจุบัน

หลักเกณฑ์ทฤษฎีวิวัฒนาการของดาร์วินได้รับการยอมรับ และกระตุ้นให้นักวิทยาศาสตร์สนใจศึกษาวิวัฒนาการเพิ่มมากขึ้น ปัญหาของทฤษฎีดาร์วิน คือ การที่รับแนวความคิดของลามาร์คในเรื่องอิทธิพลของสภาพแวดล้อม ซึ่งไม่สามารถอธิบายขั้นตอนการแปรผันลักษณะทางพันธุกรรมที่เกิดขึ้นได้ รวมไปถึงไม่สามารถอธิบายได้ว่าการแปรผันลักษณะที่เกิดขึ้นสามารถคงอยู่ในสภาพแวดล้อมได้อย่างไร ต่อมาในระหว่างปี 1822-1884 เกรเกอร์ เจ เมนเดล (Gregor J. Mendel) บาทหลวงและนักพฤกษศาสตร์ชาวออสเตรีย ค้นพบการถ่ายทอดลักษณะพันธุกรรม โดยทำการทดลองผสมต้นถั่ว ที่มีลักษณะ 7 ลักษณะ ผลการทดลองสนับสนุนให้เห็นว่าการแปรผันของลักษณะในสิ่งมีชีวิตเกิดขึ้นได้อย่างไร ซึ่งเป็นการอธิบายเพิ่มเติมในส่วนของทฤษฎีของดาร์วินที่ยังไม่สามารถอธิบายได้นั่นเอง ดาร์วินได้ชื่อว่าเป็นบิดาของวิชาวิวัฒนาการ ส่วนเมนเดลได้ชื่อว่าเป็นบิดาของวิชาพันธุศาสตร์ นับตั้งแต่ในปี 1935 มีการนำความรู้ใหม่ ๆ ในสาขาวิชา พันธุศาสตร์ พันธุศาสตร์ประชากร ชีวโมเลกุล และ วิทยาศาสตร์สาขาอื่นๆ มาอธิบายความรู้ทางวิวัฒนาการมากขึ้น จึงได้เกิดเป็นทฤษฎีวิวัฒนาการปัจจุบัน ซึ่งมีหลักการดังนี้

1. การเกิดเจเนติก ดริฟท์ (genetic drift) แบบสุ่ม เป็นปัจจัยสำคัญเท่า ๆ กับการคัดเลือกตามธรรมชาติ

2. การเกิดการแปรผันในหมู่ประชากร (Variation with in a population) ซึ่งเกิดจากผลของมัลติเปิลอัลลีลของยีน

3. การเกิดชนิดหรือสปีชีส์ใหม่ (Speciation) เกิดจากการสะสมของการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมที่เกิดขึ้นอย่างค่อยเป็นค่อยไปทีละน้อย (Gradual accumulation)

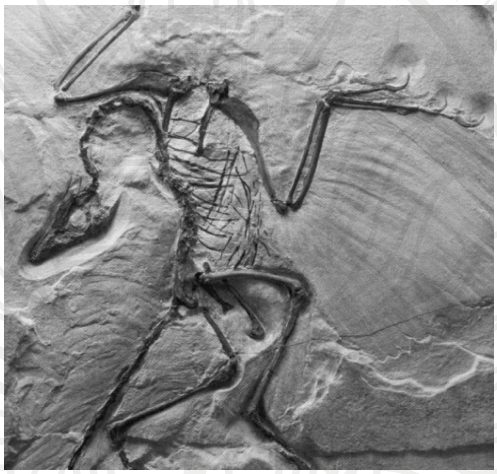
หลักฐานในการศึกษาวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต

การศึกษาทางด้านวิวัฒนาการตั้งแต่ในอดีตมักถูกตั้งคำถามโดยนักวิทยาศาสตร์แขนงอื่น ๆ เสมอว่ามีหลักฐานใดที่จะมาสนับสนุนแนวความคิดวิวัฒนาการนั้น ๆ โดยดาร์วินเองก็ถูกตั้งคำถามเช่นกันว่าสิ่งมีชีวิตที่มีวิวัฒนาการมาจากบรรพบุรุษนั้น มีการถ่ายทอดลักษณะของร่างกายนั้นได้อย่างไร โดยที่ดาร์วินก็ยังไม่ทราบว่าได้มีนักพันธุศาสตร์ที่สามารถอธิบายกฎของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมได้แล้ว อย่างไรก็ตมหลังการจากการเสียชีวิตของดาร์วิน การเจริญรุดหน้าของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ก็ได้ทำให้เกิดการศึกษาวิทยาศาสตร์หลากหลายแขนง ที่สามารถนำมาอธิบายกระบวนการวิวัฒนาที่เกิดขึ้นมาเป็นเวลาหลายร้อยล้านปีที่ผ่านมาได้ ดังมีรายละเอียด ดังนี้

1. การศึกษาทางธรณีวิทยา และซากดึกดำบรรพ์

ฟอสซิล (Fossils) คือ ซากของสิ่งมีชีวิต ที่ถูกทับถมจนกลายเป็นหิน การศึกษาโดยวิธีการทางธรณีวิทยา สามารถนำซากที่กลายเป็นหิน (ฟอสซิล) มาตรวจสอบอายุได้ โดยจากการศึกษาทางธรณีวิทยา พบฟอสซิลอยู่ในหินชั้นหรือหินตะกอน (Sedimentary rock) ที่มีการทับถมมาจากด้านบน ด้วยเหตุนี้ นักธรณีวิทยาเชื่อว่า ฟอสซิลที่อยู่ชั้นล่างมีอายุมากกว่า ฟอสซิลที่อยู่ชั้นบน

อาร์คีออพเทอริกซ์ (Archeopteryx) เป็นฟอสซิลที่มีชื่อเสียงมาก และได้ชื่อว่าเป็นมิซซิง ลิงค์ (Missing link) ที่เชื่อมโยงวิวัฒนาการระหว่างสัตว์เลื้อยคลาน และนก โดยมีฟัน ขาหน้าและขาหลังคล้ายบรรพบุรุษของสัตว์เลื้อยคลาน และมีลักษณะอื่น เช่น ขนนก ที่คล้ายกับ นกปัจจุบัน เรียกว่าเป็นทรานสิชันนอล ฟอสซิล (Transitional fossil) เชื่อมโยงอดีตกับปัจจุบัน (ภาพที่ 7.10)

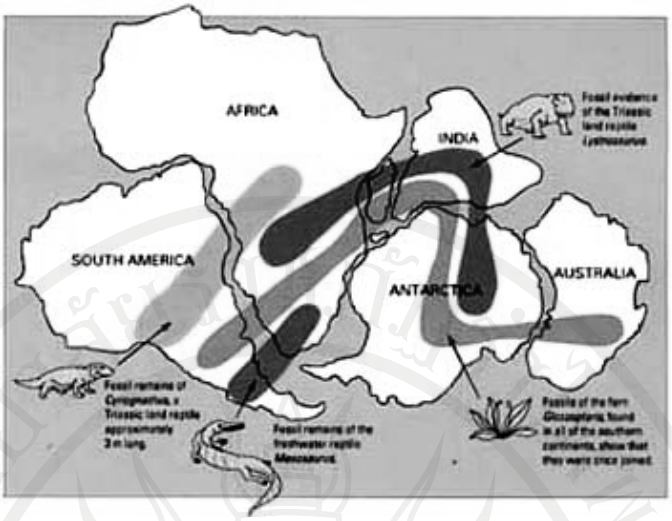


ภาพที่ 7.10 ซากฟอสซิลของอาร์คีออพเทอริกซ์
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553 : 113)

2. การศึกษาชีวภูมิศาสตร์

ศึกษาการกระจาย ของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิด ในสภาพภูมิศาสตร์ต่าง ๆ เช่น การศึกษาการกระจายของนกเพนกวิน และหมีขาวขั้วโลก หลักฐานสำคัญในการสนับสนุนสมมุติฐานการกระจายของสิ่งมีชีวิต ได้แก่ การศึกษาเรื่องราวของฟอสซิล (Fossil record) และ การเคลื่อนตัวของเปลือกโลก (Continental drift) หลักฐานสนับสนุน การเคลื่อนตัวของเปลือกโลกและการกระจายพันธุ์ (Continental drift and Biogeography) เช่น การค้นพบฟอสซิลของสัตว์เลื้อยคลาน (Reptiles) และ เฟิร์น ในบริเวณต่าง ๆ (ภาพที่ 7.11)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

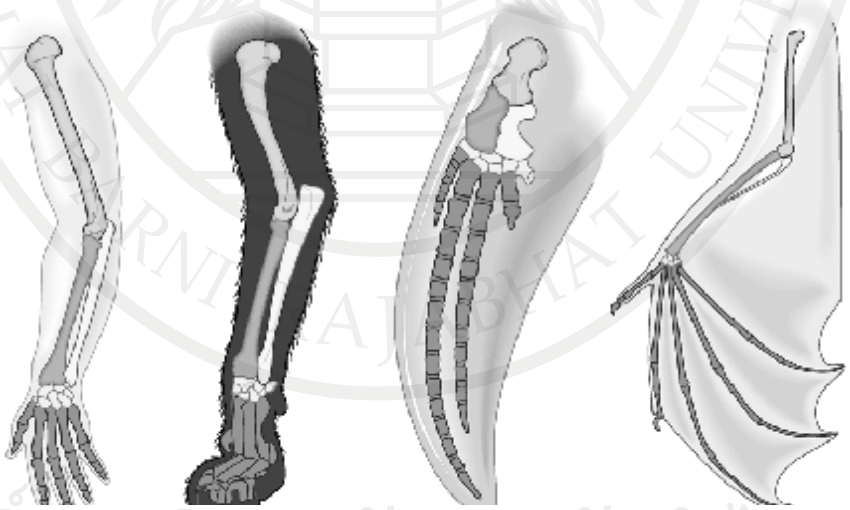


ภาพที่ 7.11 การแพร่กระจายของไดโนเสาร์ในทวีปต่าง ๆ
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553 : 167)

3. หลักฐานทางกายวิภาคเปรียบเทียบ

เป็นการศึกษาเปรียบเทียบ จุดกำเนิด หน้าที่ และ การทำงานของ โครงสร้างต่าง ๆ ในตัวเต็มวัย ได้แก่ โฮโมโลกัส สตรัคเจอร์ (Homologous structure) และ อะนาโลกัส สตรัคเจอร์ (Analogous structure)

โฮโมโลกัส สตรัคเจอร์ (Homologous structure) คือ โครงสร้างของอวัยวะเกิดมาจากจุดกำเนิดเดียวกันแต่ทำหน้าที่ต่างกัน วิวัฒนาการของโครงสร้างนี้เรียกว่า โฮโมโลจี (Homology) การมาจากจุดกำเนิดเดียวกัน แสดงว่าสิ่งมีชีวิตกลุ่มนี้มีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกันในเชิงวิวัฒนาการ (มีบรรพบุรุษร่วมกัน) ตัวอย่างเช่น ระยางค์คู่หน้าของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม ได้แก่ แขนของคน ขาหน้าของเสือ ครีบปลาวาฬ และ ปีกค้างคาว ดังภาพที่ 7.12



มนุษย์ แมว วาฬ ค้างคาว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

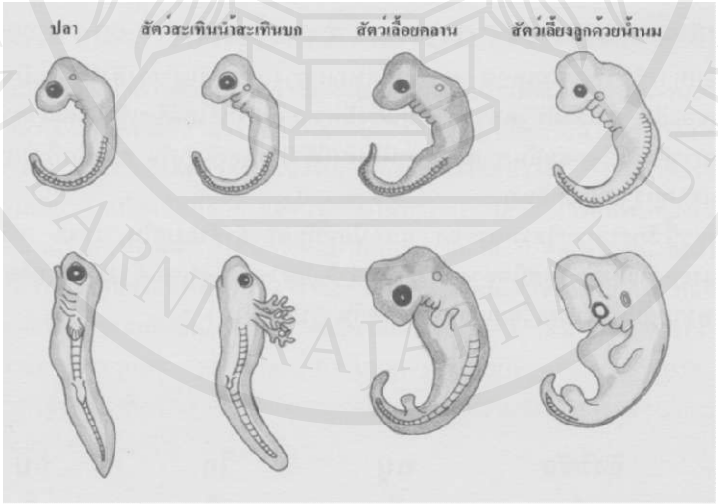
ภาพที่ 7.12 โครงสร้างที่มาจากจุดกำเนิดเดียวกันแต่ทำหน้าที่ต่างกัน
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553 : 116)

อะนาโลกัส สตรัคเจอร์ (Analogous structure) โครงสร้างอวัยวะของสิ่งมีชีวิตที่มาจากจุดกำเนิดต่างกัน แต่ทำหน้าที่เหมือนกัน เรียกวิวัฒนาการของโครงสร้าง นี้ว่า อะนาโลจี (Analogy) ในเชิงวิวัฒนาการ สิ่งมีชีวิตกลุ่มนี้ไม่มีความสัมพันธ์กันทางบรรพบุรุษ ตัวอย่างเช่น ปีกนก ปีกแมลง โครงสร้างมาจากจุดกำเนิดต่างกัน แต่นำไปใช้ประโยชน์ในการบินเช่นเดียวกัน การศึกษาส่วนประกอบของโครงสร้างที่ประกอบเป็นปีกจะต่างกัน ดังภาพที่ 7.13

ภาพที่ 7.13 โครงสร้างที่มีจุดกำเนิดต่างกัน แต่ทำหน้าที่เหมือนกัน
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553 : 117)

4. กายวิภาคเปรียบเทียบของตัวอ่อน

การศึกษาการเจริญของเอ็มบริโอในสิ่งมีชีวิต พบว่าสิ่งมีชีวิตที่มีความสัมพันธ์กันในสายวิวัฒนาการ มีแบบแผนการเจริญของเอ็มบริโอระยะแรกคล้ายคลึงกัน ตัวอย่างเช่น กลุ่มสัตว์มีกระดูกสันหลัง ได้แก่ ปลา สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก สัตว์เลื้อยคลาน ไก่ วัว คน การเจริญของเอมบริโอระยะแรกมีลักษณะเหมือนกัน ต่อจากนั้นจะมีทิศทางในการเจริญที่เป็นลักษณะเฉพาะตัว (ภาพที่ 7.14)

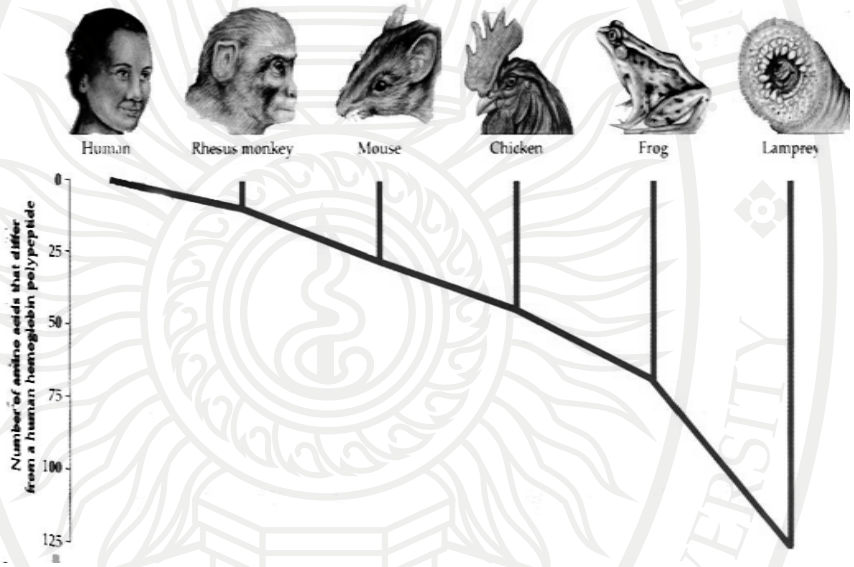


ภาพที่ 7.14 เอ็มบริโอของสัตว์มีกระดูกสันหลัง ได้แก่ ปลา สัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ สัตว์เลื้อยคลาน และสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553 : 119)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏราไพพรรณี

5. การศึกษาทางสรีรวิทยาและชีวโมเลกุล

โครงสร้างพื้นฐานของสิ่งมีชีวิตที่ควบคุม การถ่ายทอดลักษณะพันธุกรรมคือ ดีเอ็นเอ (DNA) หรือยีน (Genes) ซึ่งจะทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์โปรตีน (Protein) การศึกษาพบว่าสิ่งมีชีวิตที่มีความสัมพันธ์ใกล้ชิดในเชิงวิวัฒนาการ มีความเหมือนกันของ ดีเอ็นเอ (DNA) มากกว่าสิ่งมีชีวิตกลุ่มอื่น ๆ ทำนองเดียวกัน ในสิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกันในสมาชิกที่เป็นกลุ่มพี่น้องจะมีความเหมือนกันของลำดับเบสบนสายดีเอ็นเอ (DNA) และโปรตีน (Protein) มากกว่าสมาชิกกลุ่มอื่น ๆ ตัวอย่างเช่น การศึกษาความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตจากจำนวนกรดอะมิโน (Amino acid) ที่พบบนสายโพลีเปปไทด์ (Polypeptide) ของฮีโมโกลบิน (Hemoglobin) จากภาพที่ 7.15 พบว่าสัตว์มีกระดูกสันหลังที่มีเปอร์เซ็นต์ของดีเอ็นเอ หรือโปรตีนที่เหมือนกันสูง แสดงว่าสัตว์ชนิดนั้นนั้นมีความสัมพันธ์เชิงวิวัฒนาการใกล้ชิดกัน นั่นคือ มนุษย์และลิงรีซัส มีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกันมากกว่าสิ่งมีชีวิตอื่น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาซากดึกดำบรรพ์ หรือซากฟอสซิล และกายวิภาคเปรียบเทียบ



ภาพที่ 7.15 จำนวนของกรดอะมิโนในสัตว์มีกระดูกสันหลัง พบว่ามนุษย์และลิงรีซัสมีวิวัฒนาการที่ใกล้เคียง โดยแกนตั้งคือจำนวนของกรดอะมิโนในสิ่งมีชีวิต

ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553 : 120)

แบคทีเรียและสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมมีโปรตีนบางชนิดที่เหมือนกัน โครงสร้างและหน้าที่ของไซโตโครมซี ของสิ่งมีชีวิตทุกชนิดเหมือนกันมาก ดังนั้นความรู้ทางชีววิทยาระดับโมเลกุลสนับสนุนความคิดของดาร์วินที่ว่า สิ่งมีชีวิตต่างมีความสัมพันธ์และถ่ายทอดมาจากบรรพบุรุษดึกดำบรรพ์ร่วมกัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

6. การศึกษาทางพันธุศาสตร์

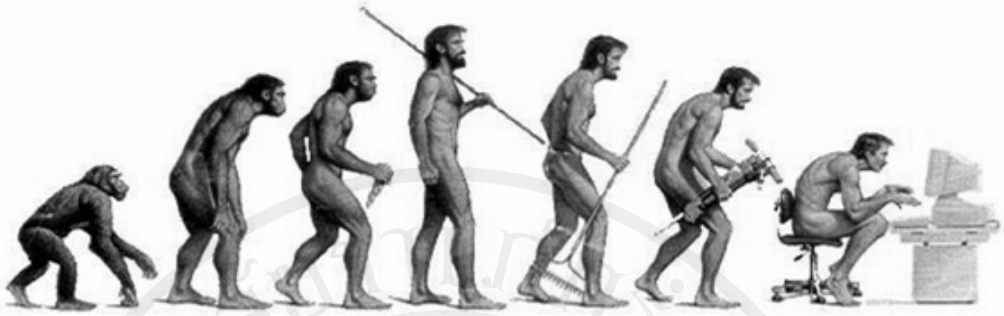
จากความรู้ทางพันธุศาสตร์ที่เมนเดลเป็นผู้ค้นพบ ได้ทำให้เกิดมีการนำมาประยุกต์ใช้ในการเปลี่ยนแปลงลักษณะของประชากรสิ่งมีชีวิตได้ เช่น การคัดเลือกพันธุ์ และ การปรับปรุงพันธุ์พืช และพันธุ์สัตว์ โดยที่มนุษย์เป็นผู้กระทำ เรียกการคัดเลือกแบบนี้ว่า การคัดเลือกแบบเทียม (Artificial selection) ซึ่งมีประโยชน์ต่อสังคมมนุษย์ในด้านต่าง ๆ เช่น การเกษตร ปศุสัตว์ อุตสาหกรรม การแพทย์ เป็นต้น ในปัจจุบัน มีการนำความรู้ทางด้านพันธุวิศวกรรม (Genetic engineering) มาใช้ในการคัดเลือกสายพันธุ์ โดยวิธีการตัดต่อยีน โดยสิ่งมีชีวิตที่ได้มาจากการคัดเลือกและการปรับปรุงพันธุ์โดยวิธีตัดต่อยีน จะเรียกว่า จีเอ็มโอ (Genetically Modified Organisms, GMOs) ตัวอย่างเช่น ฝ้าย ถั่วเหลือง ซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของโลก ถูกนำมาตัดต่อยีนที่มีลักษณะเด่นเข้าไป เช่น ลักษณะการทนแล้ง การทนทานต่อโรค และโตเร็ว เป็นต้น อย่างไรก็ตาม แม้ในระยะสั้นพืชจีเอ็มโอจะยังไม่มีผลกระทบใด ๆ อีกทั้งยังช่วยเพิ่มผลผลิตในเชิงเกษตรกรรม แต่ในระยะยาวนั้นยังไม่มีงานวิจัยใดที่สามารถรับรองได้ว่าพืชตัดแต่งพันธุกรรมนี้ จะก่อให้เกิดผลกระทบใดในระบบนิเวศ รวมไปถึงความกังวลต่อพืชที่เป็นพืชท้องถิ่น ซึ่งอาจจะได้รับผลกระทบนี้ในแง่ของความหลากหลายทางชีวภาพ ที่ขาดการผสมพันธุ์ตามธรรมชาติ และอาจจะเป็นอันตรายต่อลักษณะทางพันธุกรรมของพืชท้องถิ่นในธรรมชาติได้ในอนาคต

ภาพที่ 7.16 การปรับปรุงพันธุ์พืช และพันธุ์สัตว์
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553 : 145)

วิวัฒนาการของมนุษย์

มนุษย์เป็นสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า โฮโม ซาเปียน ซาเปียน (*Homo sapien sapien*) มีการดำรงชีวิตมาประมาณ 3 หมื่น-1 แสนปี มาแล้ว จากหลักฐานของซากฟอสซิล นักมนุษยวิทยาต่างลงความเห็นว่า มนุษย์มีวิวัฒนาการมาร่วมกันกับลิงไร้หาง (Ape) ภาพที่ 7.17

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



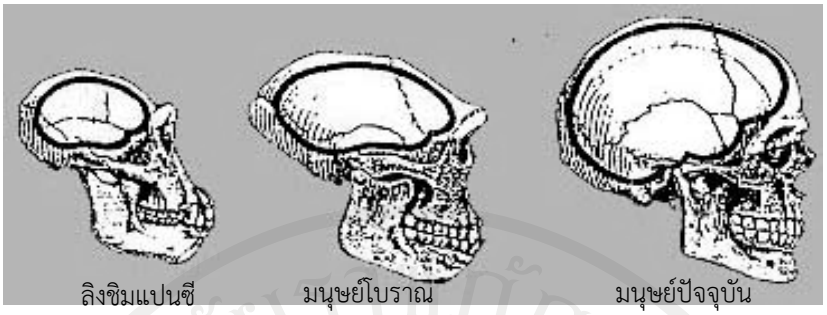
ภาพที่ 7.17 แสดงวิวัฒนาการของมนุษย์
ที่มา: (เจษฎา เด่นดวงบริพันธ์, 2555 : 1)

ข้อแตกต่างระหว่างมนุษย์และลิง ได้แก่

1. การเดิน มนุษย์เดิน 2 ขา ลำตัวตั้งตรงส่วนลิงมีการเดิน 4 ขา
2. กระดูกเชิงกราน มนุษย์มีกระดูกเชิงกรานเรียงตัวในแนวตั้ง ส่วนกระดูกเชิงกรานของลิงมีลักษณะลาดเอียง ดึงโน้มให้กระดูกคอ และกะโหลกศีรษะเรียงตัวในแนวนอน ดังภาพที่ 7.18
3. ปริมาตรของสมอง มนุษย์ในปัจจุบันมีปริมาตรของสมองใหญ่กว่าลิง โดยจากภาพที่ 7.19 เป็นการเปรียบเทียบขนาดของสมองของลิงชิมแพนซี มนุษย์โบราณ และมนุษย์ปัจจุบัน โดยจะเห็นว่ามนุษย์ในปัจจุบันมีปริมาตรของสมองใหญ่ที่สุด รองลงมาคือมนุษย์โบราณ และลิงชิมแปนซี
4. ส่วนของหน้าและขากรรไกร มนุษย์มีการลดขนาดลง เมื่อเปรียบเทียบกับลิง
5. ลักษณะมือ มนุษย์และลิงมีลักษณะที่คล้ายกัน แต่การใช้งานต่างกัน เนื่องจาก ขนาดของนิ้วหัวแม่มือยาวไม่เท่ากัน นิ้วหัวแม่มือของลิงชิมแพนซี สั้นกว่าฐานข้อที่ 1 ของนิ้วชี้ ส่วนนิ้วหัวแม่มือของมนุษย์ยาวเกือบกึ่งกลางของข้อที่ 2

ภาพที่ 7.18 เปรียบเทียบลักษณะการเดินและกระดูกเชิงกราน ระหว่างลิงไร้หาง กับ คน
ที่มา: (เจษฎา เด่นดวงบริพันธ์, 2555 : 176)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



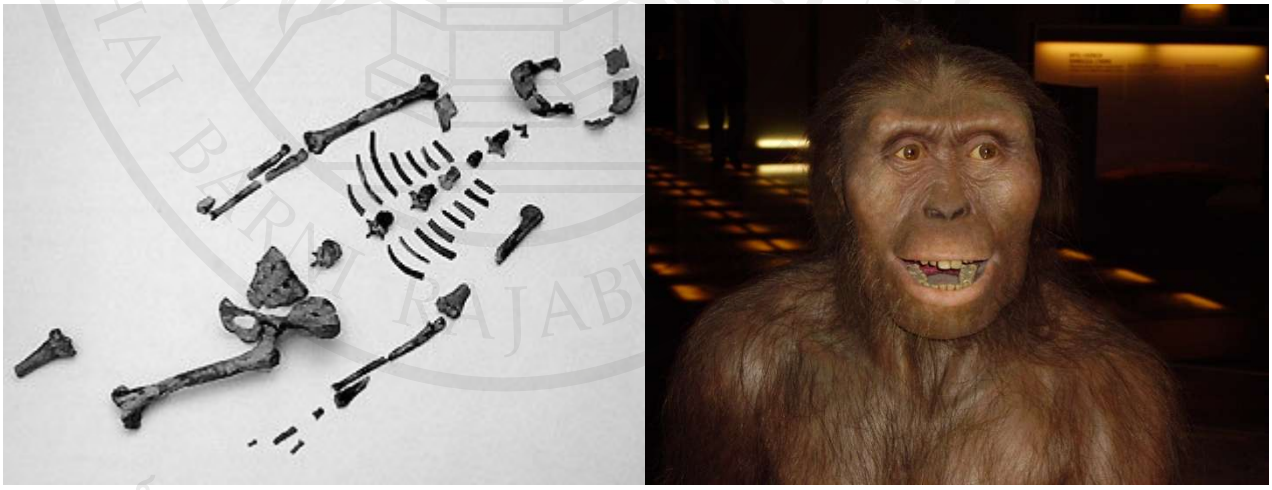
ภาพที่ 7.19 เปรียบเทียบปริมาตรสมองของลิงชิมแปนซี มนุษย์โบราณ และมนุษย์ในยุคปัจจุบัน
ที่มา: (เจษฎา เด่นดวงบริพันธ์, 2555 : 177)

บรรพบุรุษของมนุษย์ในยุคต่าง ๆ

1. สายพันธุ์มนุษย์วานร (The *Australopithecines*)

บรรพบุรุษของมนุษย์ชนิดนี้ ปรากฏขึ้นครั้งแรก สมัยไมโอซีน พบว่ามีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับลิงไร้หางแอฟริกา (African ape) และเชื่อว่าวิวัฒนาการมาจากบรรพบุรุษเดียวกัน เมื่อประมาณ 4-8 ล้านปีมาแล้ว มีการค้นพบฟอสซิล สายพันธุ์มนุษย์วานร (*Australopithecines*) มี 4 สปีชีส์ ได้แก่ *Australopithecus afarensis, A. africanus, A. robustus* และ *A. bosei*

Australopithecus afarensis มีลักษณะสำคัญ คือ มีขนาดใหญ่กว่าชิมแพนซีเล็กน้อย สูง 1-1.5 เมตร (3-5 ฟุต) น้ำหนักตัวประมาณ 25-50 กิโลกรัม สมองมีขนาดเล็ก ประมาณ 380-450 ลบ.ซม. ช่วงแขนยาวกว่าช่วงขา โดยมีการค้นพบฟอสซิลของ *A. afarensis* ในทวีปแอฟริกา ฟอสซิลที่พบมีจำนวน 13 ฟอสซิล โดยพบทางตอนเหนือของทะเลทรายในประเทศเอธิโอเปียในปี 1974 โดยโดนัลด์ จอร์นสัน (Donald Johanson) ฟอสซิลมีอายุมากกว่า 3 ล้านปี โครงกระดูกเป็นลักษณะผู้หญิง เดินตัวตรง และมีการตั้งชื่อว่า ลูซี่ (Lucy)



(ก) (ข)

ภาพที่ 7.20 (ก) โครงกระดูกที่พบ และมีการตั้งชื่อว่าลูซี่ (Lucy) ส่วน (ข) เป็นรูปจำลองของมนุษย์วานร *(Australopithecus afarensis)* ในพิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์ฯ ที่คลอง 6 ปทุมธานี
ที่มา: (เจษฎา เด่นดวงบริพันธ์, 2555 : 178)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

Australopithecus africanus

นักมนุษย์วิทยาเชื่อว่า *A. africanus* วิวัฒนาการมาจาก *A. afarensis* ขนาดสมองอยู่ระหว่าง 494-600 ลบ.ซม. มีความสูงประมาณ 1.4 เมตร ส่วนหน้ามีลักษณะแบน ฟันหน้า (Incisor) มีขนาดเล็ก พบฟอสซิลของ *A. africanus* ในประเทศแทนซาเนียและเอธิโอเปีย มีอายุประมาณ 3 ล้านปี

Australopithecus robustus

มีการดำรงชีวิตเมื่อประมาณ 2.3-1.3 ล้านปีมาแล้ว มีลักษณะแตกต่างไปจาก 2 สปีชีส์แรก คือ สมองมีขนาดประมาณ 500-600 ลบ.ซม. มีความสูงประมาณ 1.5 เมตร น้ำหนักตัวประมาณ 45 กิโลกรัม มีหลักฐานพบว่า *A. robustus* มีการวิวัฒนาการแตกสายออกไป แล้วเกิดการสูญพันธุ์

Australopithecus boisei

นักมนุษยวิทยามีหลักฐานพบว่า มนุษย์วานรสปีชีส์นี้ วิวัฒนาการแตกสายแยกออกมาจาก *A. afarensis* สมองมีลักษณะคล้าย *A. robustus* มีขากรรไกรขนาดใหญ่ และมีความกว้างของฟันมากกว่า มีการดำรงชีวิตอยู่ทางตะวันออกของทวีปแอฟริกา ในช่วงระหว่าง 2.5-1.2 ล้านปีมาแล้ว

(ก) (ข) (ค)

ภาพที่ 7.21 โครงกะโหลกของมนุษย์วานร (ก) *A. afarensis* (ข) *A. robustus* และ (ค) *A. boisei*
ที่มา: (เจษฎา เด่นดวงบริพันธ์, 2555 : 177)

2. สายพันธุ์ของมนุษย์ (Human species) มีเพียง 1 สกุล ได้แก่ *Homo* sp. ลักษณะที่สำคัญของมนุษย์สกุล Homo คือ มีการสื่อสาร หรือสื่อภาษาได้ นอกจากนี้ยังผลิตเครื่องมือเครื่องใช้ได้หลายชนิด ไม่ว่าจะเป็นอาวุธ หรือเครื่องทุ่นแรงชนิดต่าง ๆ เช่น ลูกดอก ธนู หอก ขวาน เป็นต้น ประกอบด้วย 3 สปีชีส์ ได้แก่ *Homo habilis, Homo erectus* และ *Homo sapiens* สำหรับ *H. habilis* และ *H. erectus* จัดเป็นมนุษย์โบราณที่สูญพันธุ์ไปหมดแล้ว

2.1 มนุษย์โบราณชนิด *Homo habilis* (ภาพที่ 7.22) มีการดำรงชีพเมื่อประมาณ 2 ล้านปีมาแล้ว มีความสูงประมาณ 1.5 เมตร สมองมีขนาดใหญ่ประมาณ 700 ลบ.ซม. ส่งผลทำให้ส่วนหน้ามีขนาดใหญ่ขึ้นด้วย แต่ขนาดของฟันหน้าและเขี้ยวกลับเล็กลง สามารถสร้างเครื่องมือหาอาหารสำหรับใช้ล่าสัตว์เล็กได้ มีการดำรงชีวิตแบบเร่ร่อน ในปี 1960 นักมนุษย์วิทยาชื่อ ลีกกี (Leaky) ค้นพบฟอสซิลของ *H. habilis* ที่เมืองโอลดูไว จอร์จ (Olduvai Gorge) อยู่ทางตอนใต้ของทวีปแอฟริกา ฟอสซิลมีอายุประมาณ1.75 ล้านปี มีลักษณะเป็นผู้หญิง ตั้งชื่อฟอสซิลว่า ทวิกกี้ (Twiggy) นอกจากนี้ยังมีการค้นพบฟอสซิลของ *H. habilis* อีกเป็นจำนวนมากในทะเลสาบเทอกานา (Turkana) ที่อยู่ทางตอนเหนือของทวีปแอฟริกา บริเวณที่ค้นพบฟอสซิล *H. habilis* พบหลักฐานการประดิษฐ์เครื่องมือล่าสัตว์ ที่ทำมาจากหินแบบง่าย ๆ แสดงให้เห็นว่ามีการพัฒนาทางสมอง

มีความสามารถในการควบคุมสภาพแวดล้อม มีการพัฒนาด้านการใช้สายตาเป็นอย่างดี มีความสามารถในการวางแผนในการจับสัตว์ และการทดลองรูปแบบที่เหมาะสมในการใช้อุปกรณ์

สำหรับมนุษย์โบราณชนิด *Homo erectus* (ภาพที่ 7.22) ดำรงชีพเมื่อประมาณ 1.5 ล้านปีมาแล้ว เป็นมนุษย์กลุ่มแรกที่อพยพย้ายถิ่นฐานออกจากทวีปแอฟริกา ไปยังทวีปเอเชียและทวีปยุโรป สูงประมาณ 1.6-1.8 เมตร (6 ฟุต) น้ำหนักตัวประมาณ 48 กิโลกรัม ขนาดสมองประมาณ 800-1,250 ลบ.ซม. สามารถสร้างเครื่องมือล่าสัตว์ใหญ่ได้ สร้างที่อยู่อาศัย แต่ยังคงดำรงชีวิตแบบเร่ร่อน มีเครื่องนุ่งห่ม เริ่มรู้จักใช้ไฟ พบฟอสซิล กะโหลกศีรษะมนุษย์โบราณ *Homo erectus* ในทะเลสาบเทอคานา (Turkana) มีอายุมากกว่า 1.5 ล้านปี ลักษณะค่อนมาทางมนุษย์ปัจจุบัน มนุษย์ที่ถูกค้นพบมีการตั้งชื่อให้ว่า มนุษย์ชวาและมนุษย์ปักกิ่ง โดยผู้ที่ค้นพบคือ ยูจีน ดูบัว (Eugene Dubois) ชาวฮอลันดา

(ก) (ข)

ภาพที่ 7.22 ภาพจำลองมนุษย์สมัยโบราณ (ก) *H. habilis* และ (ข) *H. erectus*
ที่มา: (เจษฎา เด่นดวงบริพันธ์, 2555 : 180)

2.2 มนุษย์ปัจจุบัน *(Homo sapiens)* มีเพียง 1 สปีชีส์ แบ่งออกเป็น มนุษย์ปัจจุบันสมัยแรก *(Homo sapiens neanderthalensis)* และ มนุษย์ปัจจุบันสมัยสุดท้าย *(Homo sapiens sapiens)*

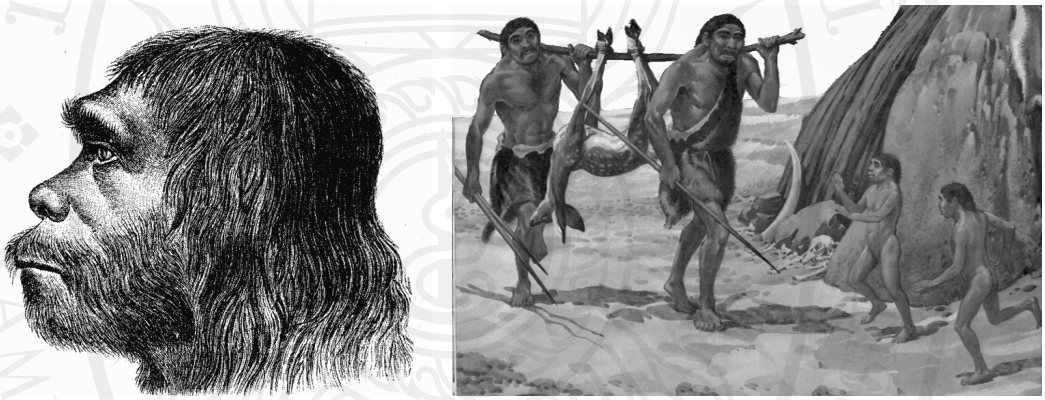
ลักษณะที่สำคัญของมนุษย์ในปัจจุบัน พอสรุปได้ดังต่อนี้

1) ยืนตัวตรง และเคลื่อนที่ด้วยสองขา
2) ช่วงขายาวกว่าแขน
3) หัวแม่มือ หัวแม่เท้าสั้น โดยหัวแม่มือพับงอเข้าหาอุ้งมือได้ อุ้งมือและนิ้วทั้งสี่งอได้
4) กระดูกสันหลังตั้งตรง โค้งเป็นรูปตัวเอส (S)
5) ร่างกายไม่ค่อยมีขน
6) สมองมีขนาดใหญ่เมื่อเปรียบเทียบกับขนาดร่างกาย
7) หน้าสั้นและแบน หน้าผากค่อนข้างตั้งตรง
8) ขากรรไกรสั้น และแนวฟันตามเพดานปากโค้งเกือบเป็นรูปครึ่งวงกลม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

2.2.1 มนุษย์ปัจจุบันสมัยแรก *(Homo sapiens neanderthalensis)* (รูปที่ 7.23) ดำรงชีพเมื่อประมาณ 4 แสนปีมาแล้ว สมองมีขนาดใหญ่กว่ามนุษย์ปัจจุบันเล็กน้อย ขนาดสมองประมาณ 1,400 ลบ.ซม. พบฟอสซิลที่บริเวณหุบเขานีแอนเดอร์ทัล (Neanderthal valley) มนุษย์นีแอนเดอร์ทัล โครงร่างมีลักษณะเตี้ย มีกล้ามเนื้อมากกว่ามนุษย์ปัจจุบัน จมูกมีลักษณะแบน และรูจมูกกว้าง มีหน้าผากลาดแคบ มีสันคิ้วใหญ่หนา คางแคบหดไปทางด้านหลัง เนื่องจากมีการดำรงชีพอยู่ในเขตหนาว ทำให้นักมนุษย์วิทยามีข้อสันนิษฐานว่า การที่มีโครงร่างและลักษณะในแบบนี้อาจมีผลเนื่องจากต้องมีการปรับตัวเพื่อให้สามารถดำรงชีพในเขตหนาวได้ดีขึ้น

2.2.2 มนุษย์ปัจจุบันสมัยสุดท้าย (*Homo sapiens sapiens*) ดำรงชีพเมื่อประมาณ 3 หมื่น ถึง 1 แสนปี มาแล้ว ซากโครงกระดูกของมนุษย์โครมันยอง (ภาพที่ 7.24) พบเป็นครั้งแรกที่แคว้นเวลล์ในประเทศอังกฤษ เมื่อ ค.ศ. 1823 และเมื่อ ค.ศ. 1868 และได้พบซากโครงกระดูกของมนุษย์พวกเดียวกันนี้อีกในประเทศฝรั่งเศส สมองมีขนาดใหญ่กว่ามนุษย์ปัจจุบันเล็กน้อย ประมาณ 1,350 ลบ.ซม. ซึ่งมีขนาดมันสมองใกล้เคียงกับชาวยุโรปในปัจจุบัน พวกโครมันยองมีชีวิตอยู่ในตอนปลายสมัยหินเก่า มนุษย์โครมันยองมีความสามารถในการวาดรูปภาพวาดที่พบในถ้ำ สามารถเย็บเสื้อผ้าใส่เองได้ และมีการนำเนื้อสัตว์มาปรุงอาหาร



ภาพที่ 7.23 ภาพจำลองลักษณะของหน้าตา และการดำรงชีวิตของมนุษย์นีแอนเดอร์ทัล
ที่มา: (เจษฎา เด่นดวงบริพันธ์, 2555 : 180)

ภาพที่ 7.24 ภาพจำลองลักษณะของหน้าตาของมนุษย์โครมันยองที่พิพิธภัณฑ์ธรรมชาติวิทยาแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา และภาพวาดบนผนังถ้ำ ความสามารถของมนุษย์โครมันยอง
ที่มา: (เจษฎา เด่นดวงบริพันธ์, 2555 : 182)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

วิวัฒนาการด้านอารยธรรม

มนุษย์แตกต่างไปจากสิ่งมีชีวิตอื่น โดยมีวิวัฒนาการด้านอารยธรรมและวัฒนธรรมที่อาศัยการเรียนรู้สืบทอดกันมาจากรุ่นสู่รุ่นสาเหตุที่ทำให้มนุษย์มีวิวัฒนาการด้านอารยธรรม เนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงของมนุษย์ 2 ประการ คือ 1) การเดินตัวตรงของมนุษย์ ส่งผลให้กะโหลกศีรษะมีการเปลี่ยนแปลง มีสมองใหญ่ขึ้น มีความคิดมากขึ้นทำให้มนุษย์มีวิวัฒนาการด้านวัฒนธรรมและอารยธรรม 2) พ่อแม่ดูแลลูกเป็นระยะเวลานาน ส่งผลทำให้ลูกมีโอกาสได้เรียนรู้สิ่งต่างๆจากพ่อแม่มากขึ้น ได้แก่ องค์ความรู้, ประเพณี, ความเชื่อ ศิลปะ ฯลฯ

วิวัฒนาการทางอารยธรรมของมนุษย์แบ่งออกเป็น 3 ช่วง ได้แก่

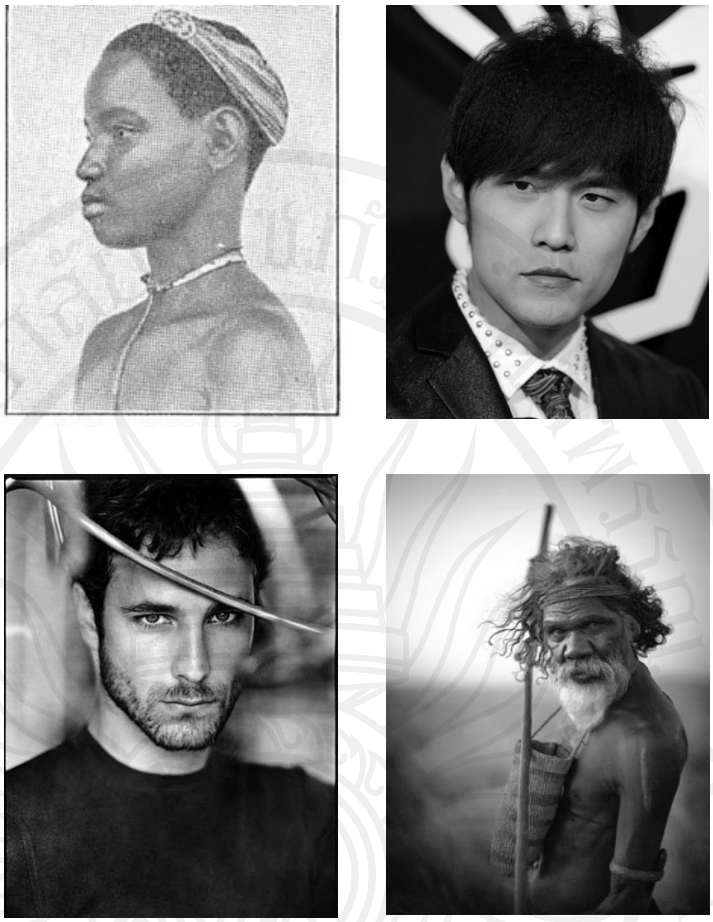
1. ช่วงของการล่าสัตว์ (Scavenging-gathering-Hunting) เป็นช่วงแรกของมนุษย์วานร *Homo habilis, H. erectus,* และมนุษย์นีแอนเดอธัล (Neanderthal)

2. ช่วงเกษตรกรรม (Agriculture) เป็นช่วงที่ 2 โดยใช้แรงงานคน และสัตว์เลี้ยง

3. ช่วงอุตสาหกรรม (The machine age) เป็นช่วงที่ 3 เปลี่ยนจากการใช้แรงงานคน มาใช้เป็นเครื่องจักร เพื่อทุ่นแรง

วิวัฒนาการทางด้านอารยธรรมเป็นสิ่งสำคัญ ที่ส่งผลทำให้มนุษย์สามารถเปลี่ยนแปลงสิ่งต่าง ๆ โดยเฉพาะสภาพแวดล้อมของโลกให้มีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็วเกินกว่าปกติ นอกจากนี้การที่มนุษย์มีวิวัฒนาการทางด้านอารยธรรม ยังทำให้เกิดมีการเปรียบเทียบการเจริญด้านวัฒนธรรมและอารยธรรมระหว่างกัน สังคมมนุษย์ปัจจุบันนั้นมีลักษณะที่แตกต่างทางพันธุกรรม ได้แก่ สีผิว สีผม สีตา และ รูปร่างที่แตกต่างกันไปตามถิ่นที่อยู่อาศัยดั้งเดิม ส่งผลให้มีการแบ่งเผ่าพันธุ์ (Races) อันเกิดจากผลของวิวัฒนาการทางชีวภาพ (Biological evolution) ด้วย การแบ่ง เผ่าพันธุ์มนุษย์ (Races) แบ่งออกเป็น คอเคซอยด์ (Caucasoid) ได้แก่ อเมริกันผิวขาว และชาวยุโรป มองโกลอยด์ (Mongoloid) ได้แก่ คนจีน โดยประชากรไทยก็ถือว่าเป็นมนุษย์เผ่านี้ นิกรอยด์ (Negroid) ได้แก่ พวกแอฟริกัน และอเมริกันผิวสี และ ออสเตรลอยด์ (Australoid) ซึ่งพบได้ในชาวพื้นเมืองในทวีปออสเตรเลีย ได้แก่ ชนเผ่าอะบอริจิน เป็นต้น ดังภาพที่ 7.25

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



ภาพที่ 7.25 เผ่าพันธุ์ของมนุษย์
ที่มา: (Cambell, N.A., 1977 : 437)

ด้วยเหตุที่มนุษย์ปัจจุบันนั้นมีการใช้สติปัญญาในการพัฒนาเทคโนโลยีที่เจริญก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว ทำให้มนุษย์ได้ชื่อว่าเป็นทั้งผู้สร้างสรรค์ และผู้ทำลายได้ในขณะเดียวกัน อย่างไรก็ตามมนุษย์ก็ไม่อาจที่จะหลีกหนีกฎของธรรมชาติได้พ้น มนุษย์ยังมีความอ่อนแอ และจำเป็นที่จะต้องหาทางต่อสู้ดิ้นรนต่อไปในสภาพแวดล้อมที่มีการเปลี่ยนไปมากในปัจจุบัน เพื่อหลีกหนีให้พ้นจากการสูญพันธุ์เหมือนดังเช่นบรรพบุรุษของมนุษย์หลายสายพันธุ์ที่ได้มีการสูญพันธุ์ไปก่อนหน้านี้

สรุป

การศึกษากลไกทางวิวัฒนาการทำให้มนุษย์ทราบที่มาของตนเอง และสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ที่อยู่บนโลก ก่อให้เกิดองค์ความรู้ต่าง ๆ ที่นำมาใช้ในการศึกษาตัวตนของมนุษย์เอง วิวัฒนาการที่เกิดขึ้นบนโลกตั้งอยู่บนแนวคิดที่สำคัญคือ สิ่งมีชีวิตที่สามารถปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมได้ จะสามารถดำรงชนิดและเผ่าพันธุ์ของตนไว้ได้ ในขณะที่สิ่งมีชีวิตที่ไม่สามารถปรับตัวได้ ก็จะต้องตายและสูญพันธุ์ไปในไม่ช้า ซึ่งก็รวมไปถึงบรรพบุรุษของมนุษย์ในยุคสมัยที่ผ่านมาด้วย

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ในการกำเนิดของสิ่งมีชีวิต (Origin of life) นั้น มีหลายทฤษฎีที่ได้มีการอธิบายและให้คำจำกัดความไว้ เช่น ทฤษฎีพระเจ้าสร้างโลก (Special creation) มีการอธิบายไว้ว่าสิ่งมีชีวิตทุกชนิดที่เกิดขึ้นบนโลกนี้ ล้วนเกิดขึ้นมาจากการสร้างโดยวิธีแบบพิเศษ โดยอำนาจเหนือธรรมชาติ ทฤษฎีการเกิดขึ้นด้วยตนเอง (Spontaneous generation) เสนอโดยยาน แบบติสต์ วาน เฮลมอนต์ ซึ่งมีใจความว่าสิ่งมีชีวิตเกิดขึ้นได้ด้วยตนเอง เช่น การที่พบหนูวิ่งออกมาจากโถใส่ข้าวฟ่าง หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่า สปีชีส์สามารถเกิดขึ้นได้ด้วยตนเอง ทฤษฎีการเกิดสิ่งมีชีวิตจากสิ่งมีชีวิต (Biogenesis) เป็นทฤษฎีที่กล่าวว่า สิ่งมีชีวิตนั้นเกิดมาจากสิ่งมีชีวิตที่มีมาก่อนอยู่แล้ว นั่นคือ สิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดนั้นจะต้องมีบรรพบุรุษ โดยปัญหาของทฤษฎีนี้ก็คือ สิ่งมีชีวิตที่เกิดมาก่อนนั้นมาจากไหน และเกิดขึ้นได้อย่างไร ทฤษฎีสิ่งมีชีวิตมาจากนอกโลก (Cosmozoic theory) เป็นทฤษฎีที่กล่าวว่าสิ่งมีชีวิตเกิดมาจากนอกโลก หรือดาวดวงอื่น ทฤษฎีการเกิดสารอินทรีย์ เกิดมาจากแนวคิดของโอปาริน และฮาลเดน ที่กล่าวว่าสิ่งมีชีวิตชนิดแรกเกิดมาจากอินทรียสาร ได้แก่ กรดอะมิโน พิวรีน และพิริมิดีน เบส น้ำตาล โพลีเปปไทด์ (Polypeptide) โพลีนิวคลีอิค (Polynucleic) และโพลีแซคคาไรด์ (Polysaccharide) เกิดการรวมตัวเป็นสายยาวของโพลิเมอร์ (Polymer) โดยการรับพลังงานจากรังสีอัลตราไวโอเลต ความร้อน ไฟฟ้า รวมทั้งจากกัมมันตรังสีต่าง ๆ จากดวงอาทิตย์โดยตรง สำหรับความหมายของวิวัฒนาการนั้น มีคำจำกัดความว่า การเปลี่ยนแปลงที่ถ่ายทอดได้ทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตถูกขับเคลื่อนด้วยสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไปตามระยะเวลาหนึ่ง จนนำไปสู่ความแตกต่างของประชากรสิ่งมีชีวิตนั้น โดยในอดีตที่ผ่านมา ได้มีความพยายามของนักวิวัฒนาการหลายท่านในการอธิบายวิวัฒนาการที่เกิดขึ้นกับสิ่งมีชีวิตหลาย ๆ กลุ่ม อาทิเช่น แนวความคิดของเรื่องคอของยีราฟ ของจีน แบพติส เดอ ลามาร์ก ชาวฝรั่งเศส ทฤษฎีการคัดเลือกตามธรรมชาติของชาร์ลส์ ดาร์วิน ที่ศึกษาความหลากหลายของปากนกฟินซ์ที่เกาะกาลาปากอส เป็นต้น จวบจนกระทั่งความก้าวหน้าของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้นำพาให้เกิดทฤษฎีวิวัฒนาการปัจจุบัน (Synthetic theory) โดยใช้หลักฐานจากซากฟอสซิล องค์ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์แขนงต่าง ๆ เช่น กายวิภาคเปรียบเทียบ พันธุศาสตร์ ชีวภูมิศาสตร์ สรีรวิทยา และชีวโมเลกุล เป็นต้น มาใช้ในการอธิบายการเกิดขึ้นของวิวัฒนาการ และวิวัฒนาการที่นักวิวัฒนาการมีความสนใจมากที่สุด คงหนีไม่พ้นวิวัฒนาการของมนุษย์ ที่มักมีคำถามเกิดขึ้นเสมอว่า มนุษย์นั้นมาจากไหน โดยจากหลักฐานและองค์ความรู้ดังที่กล่าวมา ทำให้ทราบได้ว่ามนุษย์มีการวิวัฒนาการมาจากลิงไร้หาง ซึ่งขุดค้นพบจากแหล่งอารยธรรมที่สำคัญของมนุษย์นั่นก็คือ ทวีปแอฟริกา อย่างไรก็ตามช่วงระยะเวลาที่ผ่านมามนุษย์ได้มีการปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไป จนกระทั่งมีความแตกต่างจากบรรพบุรุษ นั่นก็คือ การปรับตัวทางสรีรวิทยา มีการเดินตัวตรง พื้นที่สมองเพิ่มมากขึ้น และมีวิวัฒนาการทางด้านอารยธรรม ซึ่งเริ่มต้นจากการล่าสัตว์ ทำการเกษตร จนกระทั่งพัฒนามาเป็นอุตสาหกรรมในปัจจุบัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

แบบฝึกหัดบทที่ 7

จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. ทฤษฎีการเกิดของสิ่งมีชีวิต (Spontaneous generation) มีใจความสำคัญว่าอย่างไร
2. ทฤษฎีการคัดเลือกตามธรรมชาติของดาร์วิน ไม่สามารถอธิบายสิ่งใดได้
3. ทฤษฎีของลามาร์กมีใจความสำคัญว่าอย่างไร
4. สัตว์ที่ถูกนำมาอธิบายกฎของการใช้และไม่ใช้ของลามาร์ค คือสัตว์ชนิดใด และอธิบายไว้อย่างไร
5. หลักฐานที่สนับสนุนวิวัฒนาการ มีสิ่งใดบ้าง
6. ปีกผีเสื้อ และปีกแมลง เป็นวิวัฒนาการที่มีลักษณะอย่างไร
7. มนุษย์ชวาและมนุษย์ปักกิ่ง เป็นมนุษย์ในยุคใด
8. มนุษย์โครมันยอง มีลักษณะอย่างไร
9. ซากฟอสซิลของมนุษย์โบราณถูกค้นพบที่บริเวณใด
10. ลักษณะที่สำคัญของมนุษย์ในปัจจุบัน มีลักษณะอย่างไรบ้าง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

เอกสารอ้างอิง

คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (2553). **ชีววิทยา และสัตววิทยา 2**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เจษฎา เด่นดวงบริพันธ์. (2555). **วิวัฒนาการ**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เชาวน์ ชิโนรักษ์ และพรรณี ชิโนรักษ์. (2552). **ชีววิทยา เล่ม 1**. กรุงเทพฯ : โสภณการพิมพ์.

Cambell, N.A. (1977). **Biology.** 4th ed. California : The Benjamin/Cummings Publishing Company, INC.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

แผนการสอนประจำบทที่ 8

การจัดจำแนก ไวรัส ไวรอยด์ และพรีออน

เนื้อหาประจำบท

บทที่ 8 การจัดจำแนก ไวรัส ไวรอยด์ และพรีออน

1. ประวัติของการจัดหมวดหมู่สิ่งมีชีวิต
2. ระบบการจัดจำแนกสิ่งมีชีวิต
3. หลักเกณฑ์การจำแนกสิ่งมีชีวิต
4. วิชาอนุกรมวิธาน (Taxonomy)
5. ลำดับหมวดหมู่ของสิ่งมีชีวิต
6. รูปวิธาน (Key)
7. คุณสมบัติและโครงสร้างของไวรัส
8. โรคที่เกิดจากเชื้อไวรัส
9. คุณสมบัติและโครงสร้างของไวรอยด์ และพรีออน

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

เมื่อศึกษาบทที่ 8 แล้วนักศึกษาสามารถ

1. อธิบายประวัติของการจัดหมวดหมู่สิ่งมีชีวิต
2. อธิบายระบบการจัดจำแนกสิ่งมีชีวิต
3. อธิบายหลักเกณฑ์การจำแนกสิ่งมีชีวิต
4. สามารถจัดเรียงลำดับหมวดหมู่ของสิ่งมีชีวิตได้
5. สามารถอธิบายความหมาย และทำไดโคโตมัสคีย์ได้
6. อธิบายคุณสมบัติ และโครงสร้างของไวรัส ไวรอยด์ และพรีออนได้

กิจกรรมการเรียนการสอนประจำบท

1. ผู้สอนอธิบายทฤษฎี และซักถาม พร้อมยกตัวอย่างประกอบการบรรยาย โดยใช้เครื่องฉายภาพ (Projector)
2. แสดงวีดิทัศน์เรื่อง “การจัดจำแนกสิ่งมีชีวิต”
3. ให้ผู้เรียนทำแบบฝึกหัดบทที่ 8
4. ทดสอบย่อยหลังจบบทเรียน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

สื่อการเรียนการสอน

1. เอกสารประกอบการสอนวิชาชีววิทยา 1
2. ไฟล์เอกสารประกอบการสอนวิชาชีววิทยา 1 (Power point)
3. วีดิทัศน์
4. หนังสืออ่านประกอบค้นคว้าเพิ่มเติม
5. แบบฝึกหัดบทที่ 8

การวัดผลและประเมินผล

1. สังเกตจากการซักถามผู้เรียน
2. สังเกตจากการร่วมกิจกรรม
3. สังเกตจากความสนใจ
4. ประเมินจากการทำคำถามท้ายบท
5. ประเมินจากการสอบระหว่างภาคและปลายภาค

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

บทที่ 8

การจัดจำแนก ไวรัส ไวรอยด์ และพรีออน

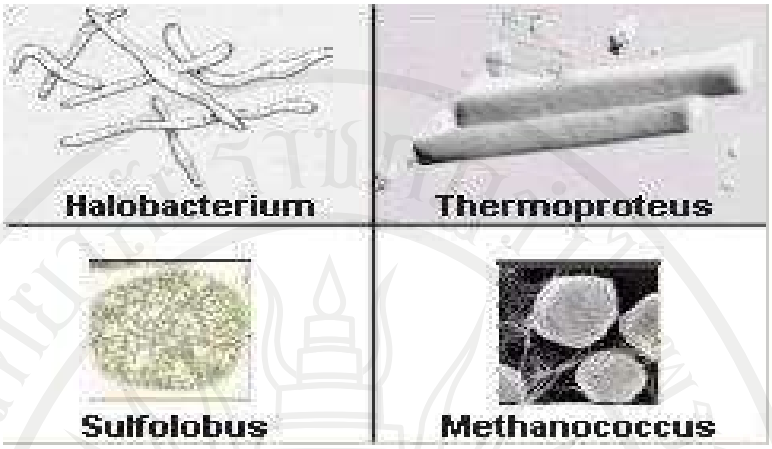
เนื่องมาจากสิ่งมีชีวิตที่อยู่บนโลกนี้มีความหลากหลายสูง (Biodiversity) ทั้งลักษณะโครงสร้าง วิธีการหาอาหาร การสืบพันธุ์ ที่อยู่อาศัย ฯลฯ มนุษย์ผู้ใช้ประโยชน์จากสิ่งมีชีวิตอื่นมาเพื่อการดำรงชีวิต ในด้านต่าง ๆ เช่น อาหาร ยารักษาโรค เครื่องนุ่งห่ม และที่อยู่อาศัย เมื่อพบและทราบถึงคุณสมบัติของสิ่งมีชีวิตใดที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์และโทษ จึงมีการจดจำและถ่ายทอดสู่ลูกหลาน แต่เนื่องจากมีสิ่งมีชีวิตอยู่มากที่เหมือนและแตกต่างกันออกไป จึงเป็นการเกินความสามารถที่จะจดจำได้ทุกชนิด จึงมีการจัดหมวดหมู่ของสิ่งมีชีวิตเกิดขึ้น โดยประโยชน์ของการจัดจำแนกก็เพื่อให้เกิดความสะดวกในการศึกษาสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ และทราบถึงลักษณะโครงสร้างของสิ่งมีชีวิตที่คล้ายคลึงหรือแตกต่างกัน ตลอดจนทราบถึงความสัมพันธ์เชื่อมโยงกันของสิ่งมีชีวิตกลุ่มต่าง ๆ โดยเนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงประวัติความเป็นมาของการจัดจำแนก ระบบการจัดจำแนกสิ่งมีชีวิต หลักเกณฑ์การจำแนกสิ่งมีชีวิต วิชาอนุกรมวิธาน การตั้งชื่อสิ่งมีชีวิต ไดโคโตมัสคีย์ คุณสมบัติของไวรัส ไวรอยด์ และพรีออน ที่ไม่จัดว่าเป็นเซลล์สิ่งมีชีวิต

ประวัติของการจัดหมวดหมู่สิ่งมีชีวิต

อริสโตเติล (Aristotle) นักปรัชญาชาวกรีก ซึ่งรู้จักสิ่งมีชีวิตกว่า 1,000 ชนิด เป็นผู้วางรากฐานการจัดหมวดหมู่สิ่งมีชีวิตเป็นคนแรก มีการจัดแบ่งพืชออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ ไม้ยืนต้น ไม้พุ่ม ไม้ล้มลุก แบ่งสัตว์ออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ สัตว์น้ำจืด และสัตว์บก การค้นคว้า และการพยายามที่จะจำแนกสิ่งมีชีวิตของอริสโตเติล ทำให้ได้ชื่อว่าเป็นบิดาของวิชาชีววิทยา ต่อมาในคริสต์ศตวรรษที่ 16 เซนต์ออกัสติน (St. Augustine) ได้แบ่งสัตว์ออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ สัตว์ที่มีประโยชน์ สัตว์ที่ให้โทษ และสัตว์ที่ไม่มีประโยชน์และไม่มีโทษ เอินส์ เฮคเคล (Earnst Haeckel) (1866) จำแนกสิ่งมีชีวิตออกเป็น 3 อาณาจักร ได้แก่ พืช โปรติสท์ และสัตว์ และในปัจจุบันยังคงนิยมใช้ระบบ 5 อาณาจักร ของอาร์ เอช วิทเทคเคอร์ (R.H. Whittaker) (1969) ซึ่งแบ่งสิ่งมีชีวิตออกเป็น 5 อาณาจักร ได้แก่ อาณาจักรมอเนอรา ฟังไจ โปรติสตาร์ พืช และสัตว์ อย่างไรก็ตามเมื่อความรู้ทางด้านชีวโมเลกุลมีการพัฒนาอย่างมาก ทำให้มีการพิจารณาแบ่งกลุ่มสิ่งมีชีวิตจากลักษณะของเซลล์และข้อมูลทางชีวโมเลกุล รวมถึงรูปแบบการดำรงชีวิตเบื้องต้น โดยสามารถแบ่งสิ่งมีชีวิตได้เป็น 3 โดเมน (Domains) คือ อาร์เคีย (Archaea), แบคทีเรีย (Bacteria หรือ Eubacteria) และยูคารีโอตา (Eukaryota หรือ Eukarya) ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับการจัดกลุ่มของอาร์ เอช วิทเทคเกอร์ (R. H. Whittaker) (1969) แล้วจะพบว่าสมาชิกในอาณาจักรโมเนอราจะประกอบด้วยสมาชิกใน 2 โดเมน คือ อาร์เคีย (Archaea) และยูแบคทีเรีย (Eubacteria) โดยอาร์เคีย (Archaea) ส่วนใหญ่มีขนาดเล็กมากกว่า 1 ไมครอน จึงต้องศึกษาผ่านกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน จากการศึกษาพบว่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

อาร์เคีย (Archaea) มีรูปร่างพื้นฐานเป็นทรงกลม (Cocus) หรือบาซิลลัส (Bacillus) ที่อาจมีหรือไม่มีแส้ (Flagella) ช่วยในการเคลื่อนที่ (ภาพที่ 8.1)



ภาพที่ 8.1 อาร์เคียชนิดต่าง ๆ ในธรรมชาติ
ที่มา: (ปรีชา สุวรรณพินิจ และนงลักษณ์ สุวรรณพินิจ, 2557 : 220)

ระบบการจัดจำแนกสิ่งมีชีวิต

การจัดจำแนกสิ่งมีชีวิตมีการพิจารณาจากลักษณะโดยทั่วไป คือ ลักษณะภายนอกที่สามารถสังเกตเห็นได้ชัดเจน จนไปถึงลักษณะความสัมพันธ์ในเชิงวิวัฒนาการ โดยมีระบบการจัดจำแนกดังนี้

1. การจัดจำแนกโดยพิจารณาจากลักษณะภายนอกโดยทั่ว ๆ ไปเท่าที่สังเกตได้ (Artificial system) พวกที่มีลักษณะคล้ายกันจัดไว้พวกเดียวกัน นิยมใช้ ค.ศ. 17-18

2. การจัดจำแนกโดยอาศัยลักษณะธรรมชาติ ลักษณะภายนอก ลักษณะภายใน พฤติกรรม และนิเวศวิทยา (Natural system) นิยมใช้ใน ค.ศ. 18-19

3. การจัดจำแนกโดยพิจารณาถึงความสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต และการมีบรรพบุรุษร่วมกัน (Phylogenetic system)

4. การจัดจำแนกโดยใช้ระบบผสมระหว่างการจัดจำแนกตามธรรมชาติ (Natural system) กับการจัดจำแนกโดยพิจารณาถึงความสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการ (Phylogenetic system) โดยรวมลักษณะภายนอก ภายใน เอมบริโอ ลักษณะของละอองเรณู พันธุกรรม การสืบพันธุ์ ลักษณะทางชีวเคมี (Modern system)

หลักเกณฑ์การจำแนกสิ่งมีชีวิต

การจำแนกสิ่งมีชีวิตใช้ลักษณะต่าง ๆ ดังนี้

1. ลักษณะโครงสร้างทั้งภายนอกและภายในของสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ เช่น โฮโมโลกัส สตรัคเจอร์ (Homologous structure) เช่น แขนคน ขาสุนัข ปีกนก ครีบปลาวาฬ เป็นต้น และ อะนาโลกัส สตรัคเจอร์ (Analogous structure) เช่น ปีกนกกับปีกผีเสื้อ

2. แบบแผนระยะการเจริญเติบโตตั้งแต่ระยะเอ็มบริโอ ที่มีการเจริญคล้ายคลึงกัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

3. ความสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตนั้น ๆ สิ่งมีชีวิตที่มีบรรพบุรุษเดียวกันย่อมมีความสัมพันธ์กัน หรืออาจเปรียบเทียบจากซากฟอสซิล

4. การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม การสืบพันธุ์ การดำรงชีพ และพฤติกรรมต่าง ๆ

5. ส่วนประกอบทางชีวเคมีของเซลล์หรือสารที่เซลล์สร้างขึ้น และกระบวนการทางสรีรวิทยาที่คล้ายคลึงกันหรือแตกต่างกัน

วิชาอนุกรมวิธาน

มีต้นกำเนิดมาจากภาษากรีก โดยคำว่า Taxis แปลว่า Arrangement หรือการจัด และคำว่า โนมอส (Nomos) แปลว่า กฎเกณฑ์ (Law) รวมแล้วหมายความว่า กฎเกณฑ์ในการจัดจำแนกสิ่งมีชีวิต งานอนุกรมวิธานที่มีชื่อเสียงมาจากนักพฤกษศาสตร์ชาวสวีเดน ชื่อ คาโลรัส ลินเนียส (Calorus Linnaeus) ผลงานถูกนำมาตีพิมพ์ในวารสารที่ชื่อว่า ซิสเทมมา เนเจอรี (Systema Naturae) โดยเฉพาะฉบับแก้ไขเพิ่มเติมครั้งที่ 10 ในปี ค.ศ. 1758 คาโลรัส ลินเนียส (Calorus Linnaeus) เป็นบุคคลแรกที่ตั้งชื่อพืชและสัตว์และ เป็นคนที่วางรากฐานวิธีจัดจำแนกพืชและสัตว์ จึงได้ชื่อว่าเป็นบิดาของวิชาอนุกรมวิธาน

การศึกษาเกี่ยวกับการจัดหมวดหมู่ของสิ่งมีชีวิต ประกอบด้วย

1. การวิเคราะห์ชนิด (Identification) คือ การศึกษาตัวอย่างสิ่งมีชีวิตที่ได้มาว่ามีความเหมือน หรือแตกต่างกับสิ่งมีชีวิตที่รู้จักอย่างไร โดยอาศัยข้อมูลจากหนังสือ คู่มือต่าง ๆ

2. การจัดหมวดหมู่ (classification) การจัดตัวอย่างสิ่งมีชีวิตนั้นให้เข้าหมวดหมู่ที่ถูกต้องและสอดคล้องตามลักษณะที่เกี่ยวข้องสัมพันธ์กันระหว่างหมู่ของสิ่งมีชีวิต และเป็นที่ยอมรับตามหลักอนุกรมวิธานในปัจจุบัน

3. การบัญญัติชื่อ (Nomenclature) การกำหนดชื่อวิทยาศาสตร์ตามกฎเกณฑ์ ซึ่งกำหนดเป็นกฎระเบียบสากล ซึ่งเป็นชื่อที่ใช้กันทั่วโลก

แบคทีเรีย	International Code of Bacterial Nomenclature
พืชใช้	International Code of Botanical Nomenclature
สัตว์	International Code of Zoological Nomenclature
ไวรัส	Code of Viral Nomenclature

ลำดับหมวดหมู่ของสิ่งมีชีวิต

การจัดหมวดหมู่ของสิ่งมีชีวิต เป็นขั้นตอนตามลำดับ จากสูงมาต่ำ หรือต่ำมาสูง

อาณาจักร (Kingdom)

ไฟลัม (Phylum) หรือดิวิชั่น (Division)

ชั้น (Class)

อันดับ (Order)

ครอบครัว หรือวงศ์ (Family)

สกุล (Genus)

ชนิด (Species)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

การศึกษาอนุกรมมีหลายระดับดังนี้

1. แอลฟา แทกโซโนมี (Alpha-taxonomy) ได้แก่ การรวบรวมตัวอย่าง (Specimens) ของสิ่งมีชีวิต นำมาบรรยายลักษณะทางสัณฐานวิทยาของแต่ละชนิด (Species description) การตั้งชื่อชนิดที่ค้นพบ (Nomenclature)/ การตรวจสอบหาชื่อวิทยาศาสตร์ (Identification) จากการเทียบกับตัวอย่าง ไทป์ต้นแบบ (Type specimen)/ การวิเคราะห์จากรูปกุญแจหรือรูปวิธาน

2. เบตา แทกโซโนมี (Beta-taxonomy) เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างชนิด หรือระหว่างประชากรที่มีความสัมพันธ์กันทางบรรพบุรุษ

3. แกมมา แทกโซโนมี (Gamma-taxonomy) เป็นการศึกษาความหลากหลาย และความผันแปรต่าง ๆ ที่พบในสิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกัน (Intraspecific variation) ตลอดจนการเกิดขึ้นของสิ่งมีชีวิตชนิดใหม่ (Speciation) รวมทั้งเวลาทิศทาง หรือพื้นที่ของการเกิดวิวัฒนาการ ซึ่งนำไปสู่การศึกษาความสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการ (Phylogenetic) นั่นเอง

รูปวิธาน

คือ เครื่องมือที่ใช้ในการบ่งบอกพืชที่ต้องการศึกษา นับเป็นเอกสารที่สำคัญและนิยมใช้แพร่หลายในการจัดจำแนกพืช รูปวิธานเป็นการจัดเรียงหรือการวิเคราะห์ที่มนุษย์ทำขึ้นมาในรูปของทางเลือกที่มีความหมายตรงข้ามกัน 2 ทาง (Dichotomous) ลักษณะใดลักษณะหนึ่งจะได้รับเลือกไว้และอีกลักษณะหนึ่งที่เหลือจะถูกมองข้าม รูปวิธานอาจมีขนาดสั้นและมีขอบเขตของลักษณะเพียงลักษณะเดียวหรือไม่กี่ลักษณะ หรืออาจมีขนาดยาวและมีขอบเขตของลักษณะมากมายเป็นอนุกรมกัน คู่เปรียบเทียบแต่ละคู่เรียกว่า คู่ต่าง (Couplet) คำที่อยู่นำหน้าข้อความแสดงลักษณะแต่ละภาคของคู่ต่างเรียกว่า ความนำ (Lead)

ชนิดของรูปวิธาน

รูปแบบของรูปวิธาน รูปวิธานนิยมทำ เป็น 2 รูปแบบ ดังนี้

1. รูปวิธานแบบลาดเฉียง (Indented key; Yoked key) เป็นรูปวิธานแบบที่ให้ความสำคัญของลักษณะแต่ละคู่ไม่เท่ากัน ลักษณะแต่ละคู่ที่เป็นลักษณะรองลงมาจะอยู่เป็นคู่ตามลำดับ นิยมใช้ในวงการพฤกษศาสตร์ ตัวอย่างรูปวิธานแบบลาดเฉียงของพืชตระกูลถั่วที่ประกอบด้วยลักษณะน้อยลักษณะ แสดงไว้ในตัวอย่างที่ 1 และตัวอย่างรูปวิธานแบบลาดเฉียงของพืชตระกูลขนุนที่ประกอบด้วยลักษณะหลายลักษณะ แสดงไว้ในตัวอย่างที่ 2

2. รูปวิธานแบบคู่ขนาน (Bracketed key; Parallel key) เป็นรูปวิธานแบบที่ให้ความนำทั้งสองของลักษณะแต่ละคู่อยู่คู่กันเสมอ ลักษณะแต่ละคู่ที่เป็นลักษณะรองลงมาจะอยู่เรียงกันตามลำดับ นิยมใช้ในวงการสัตวศาสตร์ ตัวอย่างรูปวิธานแบบคู่ขนานของพืชตระกูลถั่ว ที่ประกอบด้วยลักษณะน้อยลักษณะ แสดงไว้ในตัวอย่างที่ 3 และตัวอย่างรูปวิธานแบบคู่ขนานของพืชตระกูลขนุนที่ประกอบด้วยลักษณะหลายลักษณะ แสดงไว้ในตัวอย่างที่ 4

กฎในการสร้างรูปวิธาน วิธีการสร้างรูปวิธานคล้ายคลึงกันทั้งรูปวิธานแบบลาดเฉียงและรูปวิธานแบบคู่ขนาน การสร้างรูปวิธานมีกฎ ดังนี้

1. รูปวิธานประกอบด้วยคู่ต่างที่เป็นทางเลือก 2 ทางเสมอ โดยทางหนึ่งตรงกับความเป็นจริง ส่วนอีกทางหนึ่งตรงข้ามกับความเป็นจริง เช่น ใบเรียงแบบสลับ (Leaves alternate) กับใบเรียงแบบ

ตรงข้าม (Leaves opposite) รังไข่มีช่องเดียว (Ovary one-loculate) กับ รังไข่มีสองช่อง (Ovary two-loculate)

2. คู่ต่างคู่เดียวกันเริ่มด้วยความนำ คำ เดียวกันเสมอ เช่น ความนำ แรกของคู่ต่าง เริ่มด้วย กลีบดอก (Petals) ความนำ หลังของคู่ต่างเดียวกันเริ่มด้วย กลีบดอก (Petals) เช่นเดียวกับเกสรตัวผู้ (Stamens) ต้นพืช (Plants) รังไข่ (Ovary)

3. คู่ต่างควรเป็นประโยคที่มีนัยทางบวกเสมอ เช่น ไม่ควรใช้ ใบแคบ (Leaves narrow) กับใบไม่แคบ (Leaves not narrow) ควรใช้ เกสรตัวผู้แยกกัน (Stamens free) แทน เกสรตัวผู้ไม่เชื่อมติดกัน (Stamens not diadelphous)

4. ค่าการแสดงออก (Expression) ของลักษณะในประโยคแรกควรเป็นข้อความที่มีนัยทางบวกเสมอ เช่น พืชลอยอยู่เหนือน้ำในหนองบึงหรือบ่อ (Plants usually floating on water of swamps or ponds) กับ พืชบกไม่ลอยเหนือน้ำ (Plant terrestrial, not floating)

5. คำแรกหรือคำขึ้นต้นของลักษณะแต่ละคู่ที่อยู่ติดกันไม่ควรเหมือนกัน เพื่อป้องกันความสับสนในการใช้รูปวิธาน เช่น ใบเกิดที่โคนต้น (Leaves basal) กับใบเกิดที่กิ่งก้าน (Leaves cauline) ตามด้วย ดอกสีเหลือง (Flowers yellow) กับ ดอกสีแดงสด (Flowers scarlet) ตามด้วยรังไข่เหนือวงกลีบ (Ovary superior) กับรังไข่ใต้วงกลีบ (Ovary inferior)

ตัวอย่างที่ 1 รูปวิธานแบบลาดเฉียงของพืชตระกูลถั่ว **ที่มา:** (Bhattacharyya, B. and Johri, B.M., 1998 : 57)

ก. ภาษาไทย

1. วงกลีบดอกได้สมมาตรตามรัศมี เกสรตัวผู้มีจำนวนมาก..... ตระกูลไมยราบ
1. วงกลีบดอกได้สมมาตรด้านข้าง เกสรตัวผู้มี 10 อัน
2. เกสรตัวผู้เชื่อมติดกันสองกลุ่ม ทุกอันทำ หน้าที่.....ตระกูลทองหลาง
2. เกสรตัวผู้แยกกัน มักมีเกสรตัวผู้เป็นหมัน .....ตระกูลมะขาม

ข. ภาษาอังกฤษ

1. Corolla actinomorphic; stamens numerous.....Mimosaceae
1. Corolla zygomorphic; stamens ten.
2. Stamens diadelphous, all fertile.....Papilionaceae
2. Stamens free, staminodes often present.....Caesalpiniaceae

ตัวอย่างที่ 2 รูปวิธานแบบลาดเฉียงของพืชตระกูลขนุน **ที่มา:** (Bailey, L.H., 1969 : 68)

ก. ภาษาไทย

1. พืชล้มลุก น้ำยางใส ผลแห้งเมล็ดล่อน
2. ลำ ต้นตั้งตรง ใบรูปนิ้วมือ .....กัญชา
2. ลำ ต้นพันเลื้อย ใบเป็นหยัก .....ฮอพ
1. พืชยืนต้น น้ำยางขาวขุ่น ผลสด
2. ดอกปรากฏเด่นชัด เกิดบนช่อเชิงลด หรือ ช่อกระจุกแน่น
3. ช่อของดอกที่เป็นหมันและสืบพันธุ์ได้แยกกัน และเป็นช่อเชิงลด หางกระรอก ขนาดเล็กและสั้น .....หม่อน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง RAMKHAMHAENG UNIVERSITY

3. ช่อของดอกที่เป็นหมันเป็นช่อเชิงลด หรือ ช่อกระจะ ส่วนช่อของดอกที่สืบพันธุ์ได้เป็นช่อกระจุกแน่น หรือผลรวม

4. พืชมีดอกแยกเพศอยู่ต่างต้น ดอกที่เป็นหมันมีช่อแบบช่อเชิงลด หรือ ช่อกระจะหลวม

5. ใบมีขอบหยักซี่ฟัน มักเป็นหยัก ผลขนาดเล็ก.....สะแล ปอกระสา

5. ใบมีขอบเรียบ ผลยาว 4-5 นิ้ว.....แกแล

4. พืชมีดอกแยกเพศอยู่ร่วมต้น ดอกที่เป็นหมันมีช่อแบบช่อเชิงลด ทรงขอบขนาน แน่น และขนาดใหญ่ หรือทรงกระบอง.....ขนุน จำ ปาดะ

2. ดอกมีฐานดอกล้อมรอบ เกิดที่ซอกกิ่ง.....ไทร มะเดื่อ

ข. ภาษาอังกฤษ

1. Species herbaceous, with watery juice; fruit an achene.

2. Plant an erect herb; leaves digitate.....*Cannabis*

2. Plant a twining vine; leaves lobed.....*Humulus*

1. Species woody, arborescent, with milky juice; fruit not a separate achene.

2. Flowers external, in a dense spike or head.

3. Sterile flowers in spikes or racemes; fertile flowers in dense globular heads, or forming great syncarp.

4. Plants dioecious; sterile flowers in loose spikes or racemes.

5. Leaves toothed, often lobed; fruit small.....*Broussonetia*

5. Leaves entire; fruit 4-5 inches long.....*Maclura*

4. Plants monoecious; sterile flowers in large dense thick oblong or club-shaped spikes.....*Artocarpus*

2. Flowers inside a closed receptacle, often arisen from an axil-like branch.....*Ficus*

<u>ตัวอย่างที่ 3</u> รูปวิธานแบบคู่ขนานของพืชตระกูลถั่ว (**ที่มา:** Bhattacharyya, B. and Johri, B.M., 1998 : 92)

ก. ภาษาไทย

1. วงกลีบดอกได้สมมาตรด้านข้าง เกสรตัวผู้มีจำนวน 10 อัน.....2

1. วงกลีบดอกได้สมมาตรตามรัศมี เกสรตัวผู้มีจำนวนมาก.....ตระกูลไมยราบ

2. เกสรตัวผู้เชื่อมติดกันสองกลุ่ม ทุกอันทำ หน้าที่.....ตระกูลทองหลาง

2. เกสรตัวผู้แยกกัน มักมีเกสรตัวผู้เป็นหมัน.....ตระกูลมะขาม

ข. ภาษาอังกฤษ

1. Corolla zygomorphic; stamens ten. 2

1. Corolla actinomorphic; stamens numerous.....Mimosaceae

2. Stamens diadelphous, all fertile.....Papilionaceae

2. Stamens free, staminodes often present.....Caesalpiniaceae

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ตัวอย่างที่ 4 รูปวิธานแบบคู่ขนานของพืชตระกูลขนุน **ที่มา:** (Bailey, L.H., 1969 : 94)

ก. ภาษาไทย

1. พืชล้มลุก น้ำยางใส ผลแห้งเมล็ดล่อน 2

1. พืชยืนต้น น้ำยางขาวขุ่น ผลสด.....3

2. ลำ ต้นตั้งตรง ใบรูปนิ้วมือ.....กัญชา

2. ลำ ต้นพันเลื้อย ใบเป็นหยัก.....ฮอพ

3. ดอกปรากฏเด่นชัด เกิดบนช่อเชิงลด หรือ ช่อกระจุกแน่น.....4

3. ดอกมีฐานดอกล้อมรอบ เกิดที่ซอกกิ่ง.....ไทรมะเดื่อ

4. ช่อของดอกที่เป็นหมันและสืบพันธุ์ได้แยกกัน และเป็นช่อเชิงลดหางกระรอก ขอบใบหยักซี่ฟันหรือเป็นหยัก ขนาดเล็กและสั้น.....หม่อน

4. ช่อของดอกที่เป็นหมันเป็นช่อเชิงลด หรือ ช่อกระจะ ส่วนช่อของดอกที่สืบพันธุ์ได้เป็นช่อกระจุกแน่น หรือผลรวม.....5

5. พืชมีดอกแยกเพศอยู่ต่างต้น ดอกที่เป็นหมันมีช่อแบบช่อเชิงลด หรือช่อกระจะหลวม.....6

5. พืชมีดอกแยกเพศอยู่ร่วมต้น ดอกที่เป็นหมันมีช่อแบบช่อเชิงลด ทรงขอบขนาน แน่น และขนาดใหญ่ หรือทรงกระบอง.....ขนุน จำ ปาดะ

6. ใบมีขอบหยักซี่ฟัน มักเป็นหยัก ผลขนาดเล็ก.....สะแล ปอกระสา

6. ใบมีขอบเรียบ ผลยาว 4-5 นิ้ว .....แกแล

ข. ภาษาอังกฤษ

1. Species herbaceous, with watery juice; fruit an achene. 2

1. Species woody, arborescent, with milky juice; fruit not a separate achene.....3

2. Plant an erect herb; leaves digitate. .....*Cannabis*

2. Plant a twining vine; leaves lobed. .....*Humulus*

3. Flowers external, in a dense spike or head. 4

3. Flowers inside a closed receptacle, often arisen from an axil-like branch. .....*Ficus*

4. Sterile and fertile flowers in separate similar short small catkin-like spikes. .....*Morus*

4. Sterile flowers in spikes or racemes; fertile flowers in dense globular heads, or forming great syncarp. 5

5. Plants dioecious; sterile flowers in loose spikes or racemes.... 6

5. Plants monoecious; sterile flowers in large dese thick oblong or clubed-shape spikes. .....*Artocarpus*

6. Leaves toothed, often lobed; fruit small. .....*Broussonetia*

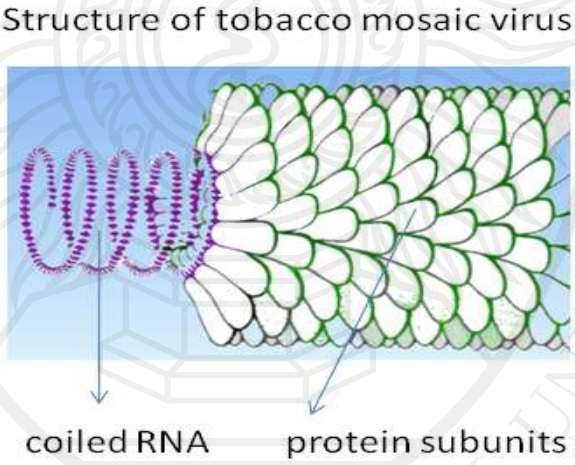
6. Leaves entire; fruit 4-5 inches long. .....*Maclura*

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏราไพพรรณี

สำหรับสิ่งมีชีวิตที่อยู่นอกเหนือ 5 อาณาจักรดังกล่าว นั่นคือ ไม่ถือว่าเป็นเซลล์ ได้แก่ ไวรัส ไวรอยด์ และพรีออน

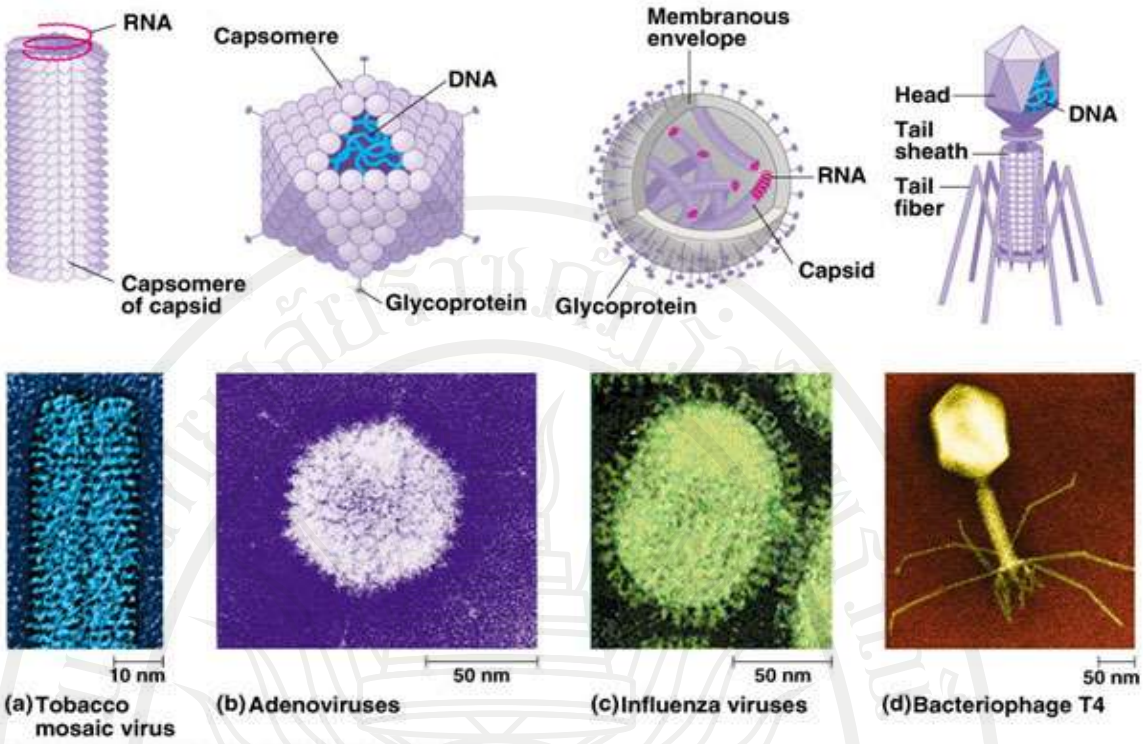
คุณสมบัติและโครงสร้างของไวรัส

ไวรัส หมายถึง จุลินทรีย์ที่สามารถก่อให้เกิดการติดเชื้อได้ (Infectious agents) ทั้งในมนุษย์, สัตว์, พืช และ สิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ที่เป็นสิ่งมีชีวิตมีเซลล์ (Cellular life) ทำให้เกิดโรคที่ส่งผลกระทบกว้างขวาง จึงมีความสำคัญที่จะต้องศึกษาทั้งในทางการแพทย์และทางเศรษฐกิจ ไวรัสเป็นปรสิตอยู่ในร่างของสิ่งมีชีวิตอื่น (Obligate intracellular parasite) ไม่สามารถเติบโตหรือแพร่พันธุ์นอกเซลล์อื่นได้ ไวรัสอาจถือได้ว่าเป็นจุลินทรีย์ที่มีลักษณะของการเป็นสิ่งมีชีวิตเพียงประการเดียวคือสามารถแพร่พันธุ์ หรือการถ่ายทอดสารพันธุกรรมของตนเองจากรุ่นหนึ่งไปยังอีกรุ่นหนึ่ง อย่างไรก็ตามไวรัสไม่ใช่จุลินทรีย์ที่มีขนาดเล็กที่สุด ยังมีจุลินทรีย์ที่มีขนาดเล็กกว่าไวรัสคือ ไวรอยด์ (Viroid) และ พรีออน (Prion) ไวรัสชนิดแรกที่ค้นพบคือ ไวรัสใบยาสูบด่าง (TMV หรือ Tobacco Mosaic Virus) ซึ่งค้นพบโดยมาร์ตินัส ไบเยอรินิค ใน ค.ศ. 1899 ในปัจจุบันมีไวรัสกว่า 5,000 ชนิดที่ได้รับการบันทึกไว้ วิชาที่ศึกษาไวรัสเรียกว่า วิทยาไวรัส (Virology) อันเป็นสาขาหนึ่งของจุลชีววิทยา (Microbiology)



ภาพที่ 8.2 ไวรัสที่ถูกพบชนิดแรก คือ ไวรัสใบยาสูบด่าง
ที่มา: (ปรีชา สุวรรณพินิจ และนงลักษณ์ สุวรรณพินิจ, 2557: 457)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



ภาพที่ 8.3 แสดงตัวอย่างไวรัสชนิดต่าง ๆ
ที่มา: (Cambell, N.A., 1977 : 326)

คุณสมบัติของไวรัส

1. ไวรัสมีกรดนิวคลีอิกเพียงชนิดเดียวเป็นดีเอ็นเอ (DNA) หรืออาร์เอ็นเอ (RNA) (ยกเว้นบางชนิด)

2. ไวรัสมีขนาดเล็กมาก (20-300 นาโนเมตร) จนสามารถหลุดรอดผ่านเครื่องกรองที่ใช้กรองแบคทีเรียได้ การดูรูปร่างของไวรัสต้องใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน จะใช้กล้องจุลทรรศน์ธรรมดาไม่ได้

3. ไวรัสมีการเพิ่มจำนวนเฉพาะในเซลล์ของสิ่งที่มีชีวิตเท่านั้นจึงจัดไวรัสเป็น (Obligate intracellular parasite) และกลไกของไวรัสในการเพิ่มจำนวนที่เรียกว่า เรพพลิเคชั่น (Replication) ก็แตกต่างจากการเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ชนิดอื่นอย่างชัดเจน ทั้งนี้เพราะไวรัสมีโครงสร้างและส่วนประกอบแบบง่าย ๆ ไม่มีเมตาบอลิซึมและออร์กาเนลต่าง ๆ เช่นไรโบโซมหรือไมโตคอนเดรียของตัวเอง จึงจำเป็นต้องอาศัยการทำงานจากเซลล์โฮสต์ทั้งสิ้น

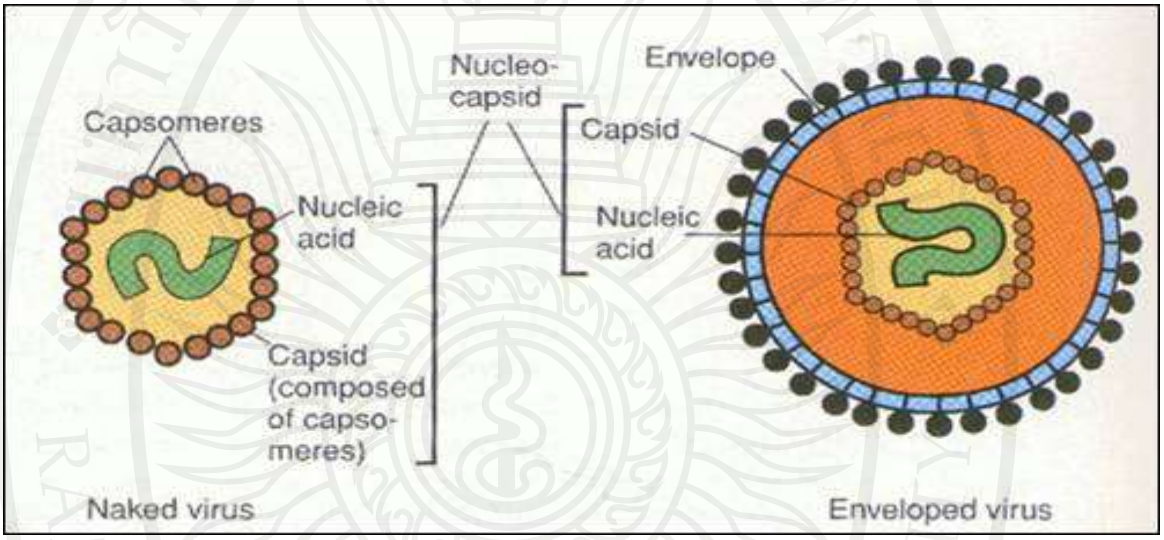
4. ไวรัสไม่ถูกทำลายโดยยาปฏิชีวนะที่ใช้รักษาโรคติดเชื้อแบคทีเรีย แต่มีสารอินเตอร์เฟอรอน (Interferon, IFN) และยาหรือสารเคมีที่ยับยั้งการเพิ่มจำนวนของไวรัสได้

5. การติดเชื้อไวรัสสามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ บนเซลล์โฮสต์ เช่น ทำให้เซลล์ตาย, มีการรวมตัวของเซลล์, หรือทำให้เซลล์เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติ (Transformation) กลายเป็นเซลล์มะเร็งได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

โครงสร้างของไวรัส

ไวรัสจัดเป็นจุลินทรีย์ที่มีโครงสร้างแบบง่าย ๆ ไม่ซับซ้อน ไวรัสที่มีส่วนประกอบครบสมบูรณ์เรียกว่า วิริออน (Virion) ซึ่งจะประกอบด้วยแกนกลาง (Core) ของกรดนิวคลิอิกซึ่งเป็นอาร์เอ็นเอ (RNA) หรือดีเอ็นเอ (DNA) และมีโปรตีนหุ้มล้อมรอบเพื่อป้องกันกรดนิวคลิอิก โปรตีนที่หุ้มนี้เรียกว่า แคพซิด (Capsid) ซึ่งประกอบด้วยหน่วยย่อยเรียกว่า แคพโซเมอร์ (Capsomer) กรดนิวคลิอิกและโปรตีนที่หุ้มนี้เรียกว่า นิวคลีโอแคพซิด (Nucleocapsid) ในไวรัสบางชนิดจะมีชั้นไขมันหุ้มล้อมรอบนิวคลีโอแคพซิด (Nucleocapsid) อีกชั้นหนึ่งเรียกไวรัสพวกนี้ว่า เอนเวลอพ ไวรัส (Enveloped virus) ไวรัสบางชนิดมีเฉพาะนิวคลีโอแคพซิดเท่านั้นเรียกว่า ไวรัสเปลือย (Non-enveloped virus หรือ Naked virus)



ภาพที่ 8.4 แสดงโครงสร้างของไวรัสชนิดเปลือย และที่มีเยื่อหุ้ม
ที่มา: (ปรีชา สุวรรณพินิจ และนงลักษณ์ สุวรรณพินิจ, 2553 : 1220)

คุณสมบัติทางชีววิทยาของไวรัส ได้แก่

1. ไวรัสไม่จัดว่าเป็นเซลล์ เนื่องจากไม่มีเยื่อหุ้มเซลล์ อันเป็นพื้นฐานที่ทุกเซลล์ต้องมี

2. ไวรัสมีกรดนิวคลีอิค ซึ่งการสลับการเรียงตัวของนิวคลีโอไทด์ คือ รหัสพันธุกรรมอยู่ในสภาพของยีน ที่ควบคุมลักษณะทางกรรมพันธุ์

3. ไวรัสเพิ่มจำนวนได้ในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตเท่านั้น อาหารที่ใช้เพาะเลี้ยงแบคทีเรียใช้เพาะเลี้ยงไวรัสไม่ได้ นอกจากจะเพาะเลี้ยงในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต

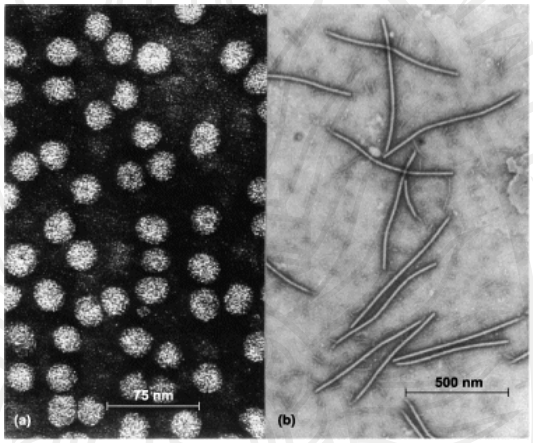
4. รหัสพันธุกรรมของไวรัสเมื่อผันแปร ไวรัสก็ผันแปรด้วย ไวรัสที่ผันแปรแตกต่างไปจากไวรัสปกติอาจตรวจสอบได้โดยเลี้ยงกับเซลล์ต่าง ๆ และเปรียบเทียบไวรัสดูตรวจสอบคุณสมบัติต่าง ๆ เช่น คุณสมบัติทางฟิสิกส์ของไวรัส เช่น ความทนของไวรัสต่อรังสี ความทนของไวรัสต่ออุณหภูมิระดับต่าง ๆ และคุณสมบัติทางเคมีของไวรัส เช่น ความทนของไวรัสต่อสารเคมี

โรคที่เกิดจากเชื้อไวรัส ได้แก่ โรคหวัด โรคหัดเยอรมัน อีสุกอีใส เอดส์ ฝีดาษ คางทูม งูสวัด ชิคุนกุนยา เริม พิษสุนัขบ้า ไข้หวัดนก ไข้หวัดใหญ่ ฝีดาษ มะเร็งปากมดลูก โรคตับอักเสบอี เป็นต้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

ไวรอยด์

เป็นเชื้อสาเหตุโรคพืช (Plant pathogen) ที่มีขนาดเล็กที่สุดเท่าที่มีรายงาน สมัยก่อนถูกจัดจำแนกไว้รวมกับไวรัส (Virus) แต่ปัจจุบันถูกจัดจำแนกมาเป็นกลุ่มของตัวเองเนื่องจากความแตกต่างทางโครงสร้างและระดับอาร์เอ็นเอ เชื้อไวรอยด์มีองค์ประกอบเป็นเส้นอาร์เอ็นเอสายเดี่ยวที่เป็นวงปิด มีขนาดตั้งแต่ 296 - 463 นิวคลีโอไทด์ (Nucleotide) และไม่มีโค้ดโปรตีนห่อหุ้มสารพันธุกรรมเหมือนกับไวรัส และที่สำคัญสายอาร์เอ็นเอของไวรอยด์ไม่สามารถถอดรหัสเป็นโปรตีนได้เหมือนกับสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ โดยปกติแล้ววงอาร์เอ็นเอจะอยู่ในลักษณะที่เป็นโครงสร้างทุติยภูมิคือไม่ได้เป็นวงกลม ๆ เหมือนกับหนังสติ๊กแต่จะเกิดการจับกันระหว่างเบสที่อยู่ตรงข้ามกันด้วยพันธะไฮโดรเจน



ภาพที่ 8.5 ไวรอยด์ที่พบติดเชื้อในพืช
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี, 2557 : 7-4)

พรีออน

คือ โปรตีนขนาดเล็ก ไม่ละลายน้ำ ทนความร้อน ทนการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิทั้งร้อนและเย็น ทนต่อความแห้ง ทนต่อแสงยูวี ทนต่อการย่อยสลายโดยเอนไซม์ทั้งโปรตีเอส (Protease) และนิวคลีเอส (Nuclease) สามารถติดต่อระหว่างสิ่งมีชีวิตและก่อโรคได้ ภาษาอังกฤษ เรียกว่า proteinaceous infectious particle ที่พรีออนโด่งดังเพราะมันสามารถก่อโรคและทำให้ถึงแก่ชีวิตในเวลาอันรวดเร็วได้ โรคที่เกิดจากพรีออน คือ โรคสมองอักเสบแบบติดต่อ (Transmissible spongiform encephalopathies: TSEs) โรคชนิดนี้เป็นโรคที่ทำอันตรายถึงชีวิตได้ พบในทั้งคนและสัตว์ ที่ร้ายแรงคือ สามารถถ่ายทอดได้จากการบริโภคเนื้อสัตว์ที่ติดโรค ตัวอย่างโรคชนิดนี้ โรควัวบ้า (Bovine spongiform encephalopathy หรือ Mad cow disease), โรคสคราปี (Scrapie) ในแกะ, โรคโครนิค เวสติง (Chronic wasting disease) ในกวาง ที่ทวีปอเมริกาเหนือ ซึ่งมีความคล้ายคลึงกับโรคทางสมองอย่าง โรคอัลไซเมอร์ (Alzheimer) ที่ในสมองผู้ป่วยจะพบอะไมลอยด์ (โปรตีนร่างแหที่ไม่ละลายน้ำ)

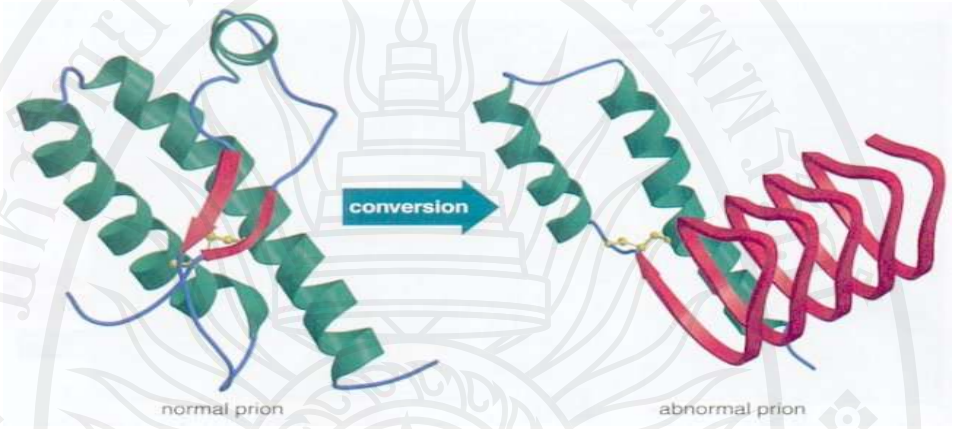
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

โปรตีน พรีออน (PrP) เป็นโปรตีนของร่างกาย เกิดจากการถอดรหัสของยีน พรีออน (Prnp Gene) PrP มี 2 รูปแบบ คือ

1. รูปแบบปกติ (Cellular: PrP^{C}, PrPsen) พบในเซลล์ทั่วไป ละลายน้ำ มีโครงสร้างเป็นอัลฟ่าเฮลิกซ์ และไม่ทนต่อเอนไซม์โปรตีเอส (sensitive) โปรตีนนี้ปกติจะเกาะ (Anchor) กับเยื่อหุ้มเซลล์ของสาร Glycosylphosphatidylinositol (GPI) ที่ปลายซี เทอร์มินัส (C-Terminus)

2. รูปแบบก่อโรค (Scrapie form: PrP^{Sc}, PrPres) ก่อโรค ไม่ละลายน้ำ มีโครงสร้างเป็นเบต้าชีทแบบแอนตีพาราเลล (Anti-parallel) ทนต่อเอนไซม์โปรตีเอส พบได้ในในเซลล์หลายชนิด แต่ที่พบมากคือ ที่ระบบประสาทและสมอง

พรีออนทั้งสองชนิดถูกสร้างเป็นปกติอยู่แล้วในเซลล์ แต่รูปแบบผิดปกติจะมีในปริมาณที่น้อยมาก



ภาพที่ 8.6 แสดงโครงสร้างของพรีออนแบบปกติ และแบบที่ก่อให้เกิดโรค
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี, 2557 : 7-5)

สรุป

การจัดจำแนกเกิดขึ้นเพราะความต้องการของมนุษย์ในการนำสิ่งมีชีวิตชนิดต่างๆ บนโลกมาใช้ประโยชน์ ตลอดจนการหลีกเลี่ยงโทษที่อาจเกิดขึ้นหากมีการนำสิ่งมีชีวิตนั้น ๆ มาใช้ประโยชน์โดยไม่ระวัง นอกจากนี้ยังเพื่อเป็นประโยชน์ในการถ่ายทอดองค์ความรู้ต่าง สู่รุ่นลูกหลานด้วย การจัดจำแนกในระยะแรก ๆ เป็นการจัดจำแนกแบบง่าย ๆ ไม่สลับซับซ้อน ตั้งแต่ยุคสมัยของอริสโตเติล ชาวกรีกผู้ได้ชื่อว่าเป็นบิดของวิชาชีววิทยา โดยสังเกตจากลักษณะสัณฐานภายนอกเพียงอย่างเดียว ต่อมาเมื่อมีการพัฒนาองค์ความรู้ทางด้านชีววิทยา อนุกรมวิธาน และชีวโมเลกุลมากขึ้น จึงได้มีการจัดจำแนกสิ่งมีชีวิตออกตามลักษณะของอวัยวะภายใน เซลล์ ตลอดจนการสืบเชื้อสายตามวิวัฒนาการ จนมาสู่ระดับการแบ่งสิ่งมีชีวิตออกเป็น 5 อาณาจักร อันได้แก่ อาณาจักรมอเนอรา ฟังไจ โพรทิสตา พืช และสัตว์ มีระบบการจัดจำแนกชนิดต่าง ๆ เช่น การจัดจำแนกโดยพิจารณาจากลักษณะภายนอกโดยทั่ว ๆ ไปเท่าที่สังเกตได้ พวกที่มีลักษณะคล้ายกันจัดไว้พวกเดียวกัน (Artificial system) การจำแนกโดยอาศัยลักษณะธรรมชาติ ลักษณะภายนอก ลักษณะภายใน พฤติกรรมและนิเวศวิทยา (Natural system) การจัดจำแนกโดยพิจารณาถึงความสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต และการมีบรรพบุรุษร่วมกัน (Phylogenetic system) และ ระบบผสม (Modern system) ระหว่างการจำแนกโดยอาศัยลักษณะธรรมชาติ ลักษณะภายนอก (Natural system) กับระบบการจัดจำแนกโดยพิจารณาความสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการ (Phylogenetic system) มีการตั้งชื่อสิ่งมีชีวิตตามหลักสากล เช่น การตั้งชื่อสัตว์ จะใช้หลักของ International Code of Zoological Nomenclature (ICZN) เป็นต้น มีการจัดลำดับ

การจัดหมวดหมู่สิ่งมีชีวิตจากสูงมาต่ำ หรือจากต่ำมาสูง เช่น จากอาณาจักร ไปจนกระทั่งถึงชนิด เป็นต้น มีการใช้รูปวิธาน (dichotomous key) เป็นเครื่องมือในการจัดจำแนกสิ่งมีชีวิต โดยพิจารณาลักษณะเป็นคู่ ๆ การจัดจำแนกสิ่งมีชีวิตโดยพิจารณาจากลักษณะของการเป็นเซลล์ ทำให้ทราบว่ามีกลุ่มสิ่งมีชีวิตที่ไม่จัดว่าเป็นเซลล์ ได้แก่ ไวรัส ไวรอยด์ และพรีออน ซึ่งเป็นสิ่งมีชีวิตที่ไม่อาจเพิ่มจำนวนได้ ถ้าไม่มีการเข้าไปอยู่อาศัยภายในตัวเจ้าบ้าน (Host) โดยส่วนใหญ่เป็นสิ่งมีชีวิตที่ก่อให้เกิดโรคกับมนุษย์ เช่น โรคไข้หวัดที่เกิดจากเชื้อไวรัส โรควัวบ้า ที่เกิดจากพรีออน เป็นต้น ส่วนไวรอยด์เป็นสิ่งมีชีวิตที่ก่อให้เกิดโรคในพืช

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

แบบฝึกหัดบทที่ 8

จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. จงอธิบายหลักเกณฑ์ในการจัดจำแนกสิ่งมีชีวิตมา 3 ข้อ
2. บิดาของวิชาอนุกรมวิธาน และวิชาชีววิทยาคือใคร
3. ระบบการจัดจำแนกสิ่งมีชีวิตแบบ Natural system มีลักษณะอย่างไร จงอธิบาย
4. กฎระเบียบสากลที่ใช้ตั้งชื่อสัตว์คือ กฎใด
5. จงเรียงลำดับการจัดหมวดหมู่ของสิ่งมีชีวิตจากสูงลงมาต่ำ
6. อนุกรมวิธานระดับแกมมา แทกโซโนมี (Gamma-taxonomy) มีลักษณะอย่างไร
7. จงวาด และอธิบายโครงสร้างของไวรัสแบบที่มีเยื่อหุ้ม พร้อมทั้งบอกคุณสมบัติของไวรัสมา 3 ข้อ
8. จงยกตัวอย่างโรคที่เกิดจากเชื้อไวรัสมา 5 โรค
9. ไวรัสและไวรอยด์แตกต่างกันอย่างไร
10. จงเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างพรีออนแบบปกติ กับพรีออนที่ก่อให้เกิดโรค

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

เอกสารอ้างอิง

คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี. (2557). **ปฏิบัติการชีววิทยา 1** จันทบุรี : มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

เชาวน์ ชิโนรักษ์ และพรรณี ชิโนรักษ์. (2552). **ชีววิทยา เล่ม 1**. กรุงเทพฯ : โสภณการพิมพ์.

ปรีชา สุวรรณพินิจ และนงลักษณ์ สุวรรณพินิจ. (2553). **ชีววิทยา 2.** พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ปรีชา สุวรรณพินิจ และนงลักษณ์ สุวรรณพินิจ. (2557). **จุลชีววิทยาทั่วไป.** พิมพ์ครั้งที่ 10. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Bhattacharyya, B. and Johri, B.M. (1998). **Flowering Plants - Taxonomy and Phylogeny**. 2nd ed. NewYork : Springer Verlag Company.

Bailey, L.H. (1969). **Manual of Cultivated Plants**. 2nd ed. NewYork : Macmillan Press.

Cambell, N.A. (1977). **Biology.** 4th ed. California : The Benjamin/Cummings Publishing Company, INC.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

แผนการสอนประจำบทที่ 9

อาณาจักรมอเนอรา

เนื้อหาประจำบท

บทที่ 9 อาณาจักรมอเนอรา

1. ลักษณะโดยทั่วไปของสิ่งมีชีวิตในอาณาจักรมอเนอรา
2. การจัดจำแนกไฟลัมชิโซไฟตา
3. การจัดจำแนกไฟลัมไซยาโนไฟตา

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

เมื่อศึกษาบทที่ 9 แล้วนักศึกษาสามารถ

1. อธิบายลักษณะโดยทั่วไปของสิ่งมีชีวิตในอาราจักรมอเนอราได้
2. สามารถจัดจำแนกสิ่งมีชีวิตในอาณาจักรมอเนอราได้
3. สามารถยกตัวอย่างสิ่งมีชีวิตในอาณาจักรมอเนอราได้
4. อธิบายประโยชน์และโทษของแบคทีเรียและสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินได้
5. สามารถยกตัวอย่างโรคที่เกิดจากเชื้อแบคทีเรียได้

กิจกรรมการเรียนการสอนประจำบท

1. ผู้สอนอธิบายทฤษฎี และซักถาม พร้อมยกตัวอย่างประกอบการบรรยาย โดยใช้เครื่องฉายภาพ (Projector)
2. แสดงวีดิทัศน์เรื่อง “บทบาทของจุลินทรีย์ต่อชีวิตของมนุษย์”
3. ให้ผู้เรียนทำแบบฝึกหัดบทที่ 9
4. ทดสอบย่อยหลังจบบทเรียน

สื่อการเรียนการสอน

1. เอกสารประกอบการสอนวิชาชีววิทยา 1
2. ไฟล์เอกสารประกอบการสอนวิชาชีววิทยา 1 (Power point)
3. แบบจำลองรูปร่างของแบคทีเรีย
4. วีดิทัศน์
5. หนังสืออ่านประกอบค้นคว้าเพิ่มเติม
6. แบบฝึกหัดบทที่ 9

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

การวัดผลและประเมินผล

1. สังเกตจากการซักถามผู้เรียน
2. สังเกตจากการร่วมกิจกรรม
3. สังเกตจากความสนใจ
4. ประเมินจากการทำคำถามท้ายบท
5. ประเมินจากการสอบระหว่างภาคและปลายภาค

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

บทที่ 9

อาณาจักรมอเนอรา

สิ่งมีชีวิตในอาณาจักรนี้ จัดว่าเป็นสิ่งมีชีวิตกลุ่มเดียวที่มีเซลล์แบบโปรคาริโอต นั่นคือเซลล์ยังไม่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส และยังจัดว่าเป็นสิ่งมีชีวิตแรกที่มีการทำงานของเซลล์ มีทั้งที่สร้างอาหารเองไม่ได้ และสร้างอาหารเองได้ มีการดำรงชีวิตในหลากหลายระบบนิเวศ สิ่งมีชีวิตในอาณาจักรนี้ ได้แก่ พวกแบคทีเรีย และสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน อย่างไรก็ตามจากสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคใหม่ ๆ ในยุคปัจจุบันทำให้นักศึกษาทราบเพียงแต่โทษของสิ่งมีชีวิตกลุ่มนี้เท่านั้น แต่แท้จริงแล้วบทบาทของสิ่งมีชีวิตในกลุ่มนี้มีมากมาย โดยมนุษย์มีการศึกษาสิ่งมีชีวิตทั้งสองกลุ่ม และมีการนำมาใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็น อาหาร การเกษตร การแพทย์ รวมไปถึงในกระบวนการในเชิงอุตสาหกรรมด้วย โดยในบทนี้จะมีเนื้อหาเกี่ยวกับลักษณะโดยทั่วไปของสิ่งมีชีวิตในอาณาจักรนี้ การจัดจำแนกแบคทีเรีย และสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน แหล่งอาศัย และบทบาทของสิ่งมีชีวิตในอาณาจักรนี้กับมนุษย์

ลักษณะโดยทั่วไป

สิ่งมีชีวิตที่อยู่ในอาณาจักรมอเนอรา มีลักษณะโดยทั่วไป ดังต่อไปนี้

1. เป็นสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวที่มีโครงสร้างเซลล์แบบโปรคาริโอต (Prokaryotic cell) ในขณะที่สิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ทุกอาณาจักรมีโครงสร้างเซลล์แบบยูคาริโอต (Eukaryotic cell)
2. ไม่มีออร์แกเนลล์ชนิดมีเยื่อหุ้มเช่น ร่างแหเอนโดพลาสซึม กอลจิคอมเพลกซ์ ไลโซโซม คลอโรพลาสต์ มีเฉพาะออร์แกเนลล์ที่ไม่มีเยื่อหุ้มคือไรโบโซม
3. สิ่งมีชีวิตในอาณาจักรนี้มีความสำคัญอย่างมากต่อระบบนิเวศ โดยแบคทีเรียทำหน้าที่เป็นผู้ย่อยอินทรียสารก่อให้เกิดการหมุนเวียนสารอนินทรีย์และอินทรีย์สารต่าง ๆ ส่วนสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินทำหน้าที่เป็นผู้ผลิตในระบบนิเวศ มีความสำคัญในแง่เทคโนโลยีชีวภาพ เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในด้านการเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร อุตสาหกรรม การแพทย์ และการศึกษาพันธุศาสตร์ ซึ่งช่วยพัฒนาคุณภาพชีวิตของประชากรให้ดียิ่งขึ้น

สิ่งมีชีวิตในอาณาจักรนี้แบ่งเป็น 2 ไฟลัม คือ ไฟลัมชิโซไฟตา (Phylum Schizophyta) และไฟลัมไซยาโนไฟตา (Phylum Cyanophyta)

การจัดจำแนกไฟลัมชิโซไฟตา

สิ่งมีชีวิตที่จัดอยู่ใน**ไฟลัมชิโซไฟตา (Phylum Schizophyta)** ได้แก่ แบคทีเรีย โดยลักษณะของสิ่งมีชีวิตในไฟลัมชิโซไฟตา คือ

1. มีเซลล์ขนาดเล็ก แบบโปรคาริโอต
2. ลักษณะรูปร่าง มี 3 ลักษณะคือ

2.1 รูปร่างกลม เรียกว่า คอคคัส (Coccus) เช่น สเตรปโตคอคคัส (*Streptococcus),* สแตรปฟิโลคอคคัส (*Straphylococcus*)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

2.2 รูปร่างแบบแท่งยาว เรียกว่า บาซิลลัส (Bacillus) เช่น สกุลบาซิลลัส *(Bacillus),* สกุลอะซีโตแบคเตอร์ *(Azetobacter)*

2.3 รูปร่าง เกลียว เรียกว่า สไปริลลัม (Spirillum) เช่น วิบริโอ คอมมา (*Vibrio comma*) ดังภาพที่ 9.1

3. เซลล์รูปร่างต่าง ๆ มีการเรียงตัวทำให้เกิดลักษณะเฉพาะ เช่น

3.1 แบคทีเรียที่มีรูปร่างทรงกลมมีการเรียงตัวหลายแบบ

1) เซลล์ทรงกลม 2 เซลล์เรียงต่อกันเรียก ดิพโพคอคไค (Diplococci)

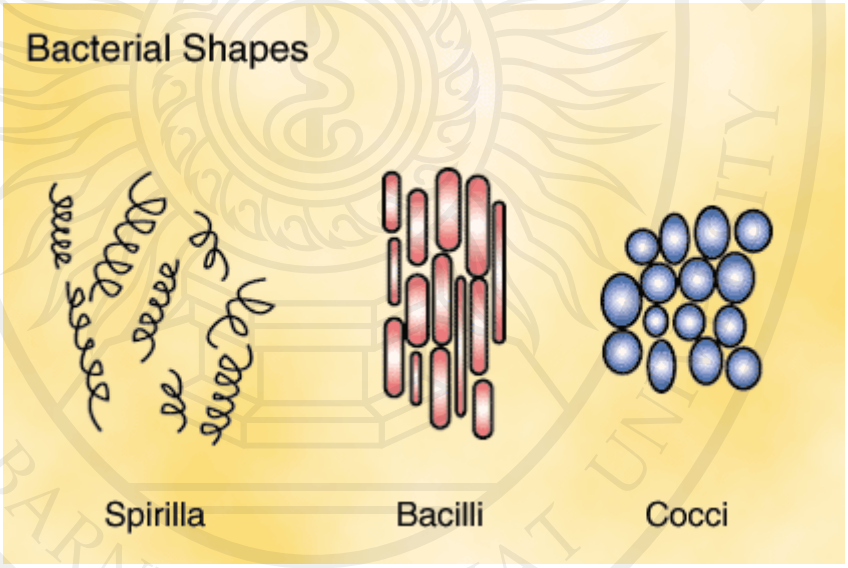
2) เซลล์หลายเซลล์เรียงต่อกันเป็นลูกโซ่เรียก สเตรปโตคอคไค (Streptococci)

3) เซลล์หลายเซลล์เรียงกันเป็นกลุ่มก้อนคล้ายพวงองุ่น เรียก สแตปฟิโลคอคไค (Staphylococci)

4) เซลล์ 8 เซลล์ เรียงเป็นลูกบาศก์เรียก ซาซินา (Sarcina)

3.2 แบคทีเรียที่มีรูปร่างทรงกระบอก ไม่ค่อยมีแบบแผนการเรียงตัวที่เด่นชัดเท่าทรงกลม แต่อาจมีการเรียงตัวของเซลล์เนื่องมาจากระยะการเจริญเติบโตหรือขึ้นกับสภาพของการเพาะเลี้ยงในอาหาร

3.3 แบคทีเรียที่มีรูปร่างแบบเกลียว มักอยู่เป็นเซลล์เดี่ยว ๆ แต่ละชนิดมีความแตกต่างกันทั้งทางด้านความยาว จำนวนเกลียว และความโค้ง



ก ข ค

ภาพที่ 9.1 รูปร่างของแบคทีเรีย (ก) แบบเกลียว (ข) แบบท่อน (ค) แบบกลม
ที่มา: (ปรีชา สุวรรณพินิจ และนงลักษณ์ สุวรรณพินิจ, 2553 : 43)

โครงสร้างของแบคทีเรีย ประกอบไปด้วยองค์ประกอบ ดังนี้

1. แบคทีเรียมีไรโบโซม (Ribosome) ชนิด 70 s และสารพันธุกรรมเป็นดีเอ็นเอ (DNA) สายเดี่ยว (Single circular DNA)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

2. ผนังเซลล์ (Cell wall) ทำหน้าที่คงรูปร่างของเซลล์ ป้องกันเซลล์แตกประกอบด้วยเปปทิโดไกลแคน (Peptidoglycan) ซึ่งประกอบด้วยน้ำตาล 2 ชนิด คือ เอ็น อะซีติล กลูโคซามีน (N-actyl glucosamine, NAG) และ เอ็น อะซีติล มิวรามิก แอซิด (N-acytyl muramic acid, NAM) และ มีกรดอะมิโน (Amino acid) หลายชนิด และลิโปโปรตีน (Lipoprotein)

3. แคปซูล (Capsule) เป็นส่วนที่อยู่นอกผนังเซลล์ สามารถทนต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม และทนต่อการทำลายของเม็ดเลือดขาว พบแคปซูลในแบคทีเรียบางชนิดเท่านั้น แบคทีเรียที่มีแคปซูลมักก่อโรครุนแรง

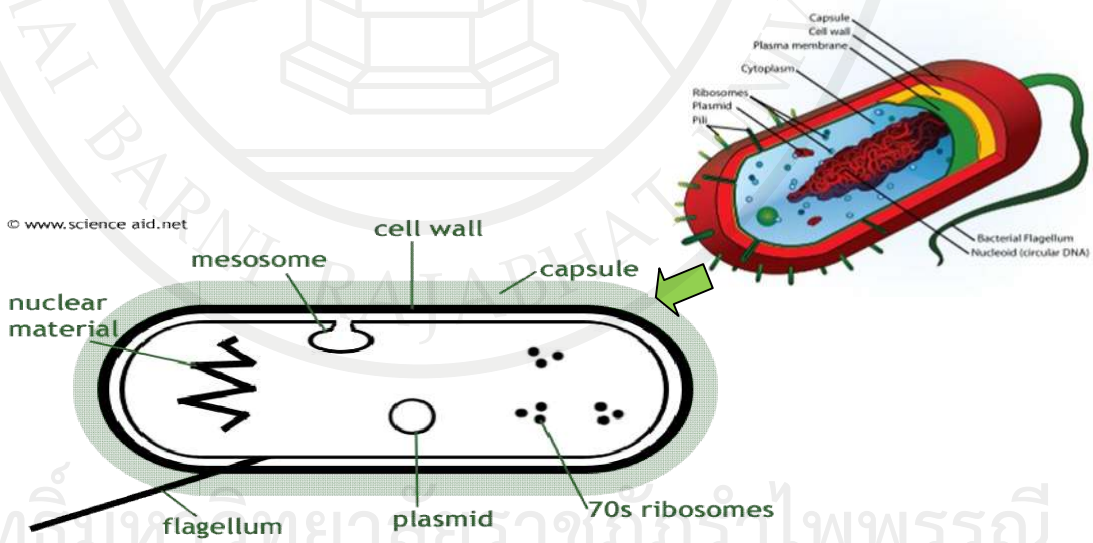
4. พิลไล (Pilil) มีลักษณะเป็นขนคล้ายแฟลกเจลลา แต่มีขนาดเล็ก มีลักษณะเป็นท่อกลวง ไม่มีหน้าที่ในการเคลื่อนที่แต่ช่วยให้เกาะยึดติดกับผิววัสดุ และเซกส์ พิลไล (Sex pilli) ช่วยในการถ่ายทอดดีเอ็นเอ (DNA) ในกระบวนการคอนจูเกชัน (Conjugation)

5. มีโซโซม (Mesosome) เป็นส่วนที่เยื่อหุ้มเซลล์บางส่วนยื่นเว้าเข้าไปในไซโทพลาสซึม จะพบบริเวณที่จะมีการแบ่งเซลล์

6. แฟลกเจลลา (Flagella) เป็นโครงสร้างใช้ในการเคลื่อนที่ แบคทีเรียส่วนใหญ่เป็นพวกที่เคลื่อนที่ได้ แฟลกเจลลาประกอบด้วยเส้นใยเส้นเดี่ยว ๆ ซึ่งต่างจากแฟลกเจลลาของสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ แบคทีเรียอาจมีแฟลกเจลลา 1 เส้นจนถึงหลายร้อยเส้น และอยู่ได้หลายตำแหน่ง ส่วนของแฟลกเจลลา ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ เบซัลบอดี (Basal body), ฮุค (Hook) และฟิลาเมนท์ (Filament)

7. พลาสมิด (Plasmid) เป็นดีเอ็นเอ (DNA) ที่อยู่นอกโครโมโซมของแบคทีเรีย ลักษณะของพลาสมิดเป็นดีเอ็นเอ (DNA) วงแหวน และเป็นเกลียวคู่ สามารถจำลองตัวเองได้และสามารถถ่ายทอดไปยังแบคทีเรียอื่น ๆ ได้ พลาสมิดมีหลายชนิด บางชนิดควบคุมการสืบพันธุ์แบบมีเพศของเซลล์ บางชนิดควบคุมการดื้อต่อยาปฏิชีวนะต่าง ๆ

8. เอนโดสปอร์ (Endospore) เป็นโครงสร้างที่พบในแบคทีเรียบางชนิด เป็นโครงสร้างที่ทำให้แบคทีเรียมีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมได้ เอนโดสปอร์เกิดขึ้นภายในเซลล์ และสร้างได้ 1 สปอร์ต่อ 1 เซลล์ จะไม่จัดว่าเป็นการสืบพันธุ์ แต่จัดว่าเป็นการดำรงชีพ



ภาพที่ 9.2 โครงสร้างของแบคทีเรีย
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี, 2557 : 7-9)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

การสืบพันธ์ของแบคทีเรีย

ส่วนใหญ่แบคทีเรียสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศที่เรียกว่า การแบ่งเซลล์ตามขวาง (Transverse binary fission) บางชนิดมีการแลกเปลี่ยนสารพันธุกรรมได้ 3 รูปแบบคือ

1. คอนจูเกชัน (Conjugation) คือ การถ่ายทอดยีนจากแบคทีเรียเซลล์หนึ่งไปยังอีกเซลล์หนึ่งด้วยการจับคู่สัมผัสกันโดยตรง

2. ทรานส์ฟอเมชัน (Transformation) คือ การถ่ายทอดดีเอ็นเอตัวเปล่า (Naked DNA) หรือดีเอ็นเอ (DNA) อิสระจากแบคทีเรียเซลล์หนึ่งไปยังอีกเซลล์หนึ่ง

3. ทรานส์ดัคชัน (Transduction) คือ การถ่ายทอดยีนจากแบคทีเรียเซลล์หนึ่งไปยังอีกเซลล์หนึ่งโดยอาศัยไวรัส (Bacteriophage)

การจำแนกแบคทีเรีย อาศัยลักษณะดังนี้

1. ลักษณะทางสัณฐานวิทยา ได้แก่ รูปร่าง
2. ตามอาหารที่ได้รับ แบ่งเป็น
    2.1 พวกออโตทรอป (Autotroph) เป็นพวกที่สามารถสร้างอาหารเองได้
    2.2 พวกเฮทเทอโรทรอป (Heterotroph) เป็นพวกที่ไม่สามารถสร้างอาหารเองได้
3. การติดสีของผนังเซลล์ (Gram stain) แบ่งเป็น
    3.1 แกรมบวก (Gram positive) เป็นพวกที่ติดสีย้อมคริสตัลไวโอเลต
    3.2 แกรมลบ (Gram negative) เป็นพวกที่ติดสีย้อมซาฟานิน
4. การหายใจ ความต้องการใช้อากาศหรือ O_2
5. ลักษณะการเลี้ยงเชื้อ : อาหาร สภาพแวดล้อม
6. ลักษณะทางแอนติเจน

การจัดจำแนกหมวดหมู่ของแบคทีเรียในปัจจุบันใช้หนังสือ Bergey's Manual of Systematic Bacteriology ซึ่งเขียนโดยเดวิด เอช เบอร์กี้ (David H. Bergey) ซึ่งเป็นการจัดกลุ่มของจุลินทรีย์โดยการทดสอบต่าง ๆ เช่น การย้อมสีแกรม การจัดเรียงตัวและรูปร่างของเซลล์ ความต้องการออกซิเจน เป็นต้น จัดแบคทีเรียเป็นสิ่งมีชีวิตในอาณาจักรโปรคาริโอต (Prokaryote) ซึ่งแบ่งเป็น 4 ดิวิชัน โดยที่สามดิวิชันเป็นยูแบคทีเรีย และดิวิชันที่สี่เป็นพวกอาร์คีโอแบคทีเรีย ในแต่ละดิวิชันยังแบ่งเป็นคลาส (Class) และแบ่งย่อยเป็นออร์เดอร์ (Order) แฟมิลี (Family) เจเนอรา (Genera) และสปีชีส์ (Species) ตามลำดับ ดิวิชันต่าง ๆ ของอาณาจักรโปรคาริโอต โดยเนื้อหาในบทนี้จะมีการแบ่งแบคทีเรียออกเป็น 5 กลุ่ม ดังนี้ คือ

1. แบคทีเรียกลุ่ม Gram-negative aerobic rods and cocci
2. แบคทีเรียกลุ่ม Gram-negative facultative anaerobic rods
3. แบคทีเรียกลุ่ม Gram-positive cocci
4. แบคทีเรียกลุ่ม Endospore – forming rods
5. แบคทีเรียกลุ่ม Gram-positive asporogenous rod-shaped bacteria

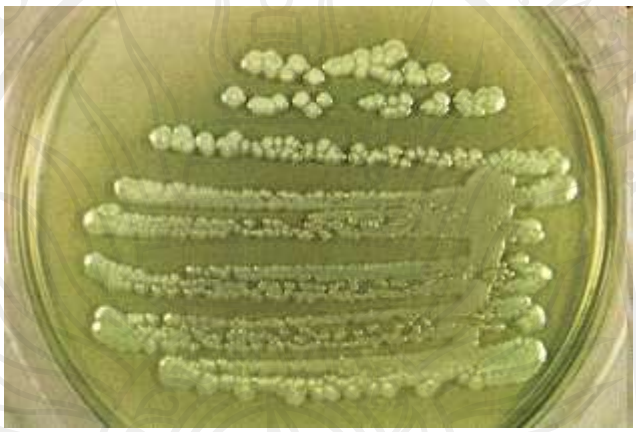
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

1. แบคทีเรียกลุ่ม Gram-negative aerobic rods and cocci

แบคทีเรียในกลุ่มนี้มีรูปร่างเป็นท่อน หรือกลม เคลื่อนที่ได้โดยอาศัยแฟลกเจลลา (Flagella) ซึ่งอยู่ที่ปลายเซลล์ มีเมตาบอลิซึมในการหายใจแต่ไม่มีการหมัก จำเป็นต้องใช้ออกซิเจนในการเจริญเติบโต แบคทีเรียที่สำคัญในกลุ่มนี้ ได้แก่

1.1 สกุลซูโดโมแนส (*Pseudomonas*)

โดยส่วนใหญ่แล้วแบคทีเรียสายพันธุ์นี้สามารถเจริญได้ในที่อุณหภูมิต่ำ (4 องศาเซลเซียส หรือต่ำกว่า) ดังนั้นจึงทำให้เชื้อซูโดโมแนส (*Pseudomonas)* เป็นสาเหตุของการเสื่อมเสียของอาหารที่แช่หรือเก็บในตู้เย็นที่อุณหภูมิต่ำ



ภาพที่ 9.3 แบคทีเรียสกุลซูโดโมแนส
ที่มา: (ปรีชา สุวรรณพินิจ และนงลักษณ์ สุวรรณพินิจ, 2553 : 234)

2. แบคทีเรียกลุ่ม Gram-negative facultative anaerobic rods

เคลื่อนที่ด้วยเพอริทริชัส แฟลกเจลลา (Peritrichous flagella) หรือไม่เคลื่อนที่ กระบวนการเมตาบอลิซึมมีทั้งออกซิเดทีฟ (Oxidative) (สามารถเปลี่ยนสารประกอบคาร์บอนให้ได้คาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และพลังงาน) และการหมัก (Fermentative) เป็นเมตาบอลิซึมซึ่งจะได้กรดและ/หรือแอลกอฮอล์เป็นผลพลอยได้) สามารถสร้างกรดขึ้นจากการหมักน้ำตาลกลูโคส ปฏิกิริยาคะตาเลส โพสิทีฟ (Catalase-positive) และสามารถเปลี่ยนไนเตรต (Nitrate) ให้เป็นไนไตรท์ (Nitrite) โดยอาศัยปฏิกิริยารีดักชัน (Reduction reaction) แบคทีเรียที่สำคัญในกลุ่มนี้ได้แก่

2.1 สกุลเอสเชอริเชีย *(Escherichia*)

เช่น อีโคไล (*E. coli*) โดยมากมักพบในลำไส้ของสัตว์เลือดอุ่นบางสายพันธุ์ ก่อให้เกิดโรค ตามปกติแล้วเชื้ออีโคไล (*E. coli*) ถูกใช้เป็นเชื้อที่บ่งชี้ถึงการปนเปื้อนที่เกี่ยวเนื่องกับระบบขับถ่าย (อุจจาระ) ในอาหาร เครื่องดื่ม

2.2 สกุลซาลโมเนลา (*Salmonella*)

เป็นเชื้อซึ่งก่อให้เกิดโรคภายหลังบริโภคอาหารเข้าไปที่เรียกว่า ฟูด อินเฟคชัน (Food infection) เชื้อชนิดนี้มีหลายสายพันธุ์ โดยส่วนใหญ่จะมีชื่อตามเมืองหรือเขตที่เชื้อเกิดการแพร่ระบาดและถูกแยกขึ้นมาได้ ณ ที่นั่น

2.3 สกุลชิเจลลา (*Shigella*)

ก่อให้เกิดโรคบิด (Dysentery) ซึ่งอาจจะแพร่กระจายผ่านทางอาหารหรือน้ำ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏราไพพรรณี

2.4 สกุลเซอราเตีย *(Serratia)*

สายพันธุ์ของเชื้อเซอราเตีย *(Serratia)* มักมีสีชมพู สีแดง จึงทำให้เกิดสีบนอาหารที่มีเชื้อสายพันธุ์นี้ปนเปื้อน

2.5 สกุลโปรเตียส (*Proteus*)

เป็นเชื้อซึ่งปนเปื้อนในอาหาร เนื่องจากเกิดการปนเปื้อนจากระบบขับถ่าย (Faecal contamination) บางสายพันธุ์มีกิจกรรมของเอนไซม์โปรตีโอไลติค (Proteolytic) และปฏิกิริยายูรีเอส โพสิทีฟ (Urease-positive)

2.6 สกุลเออร์วิเนีย (*Erwinia*)

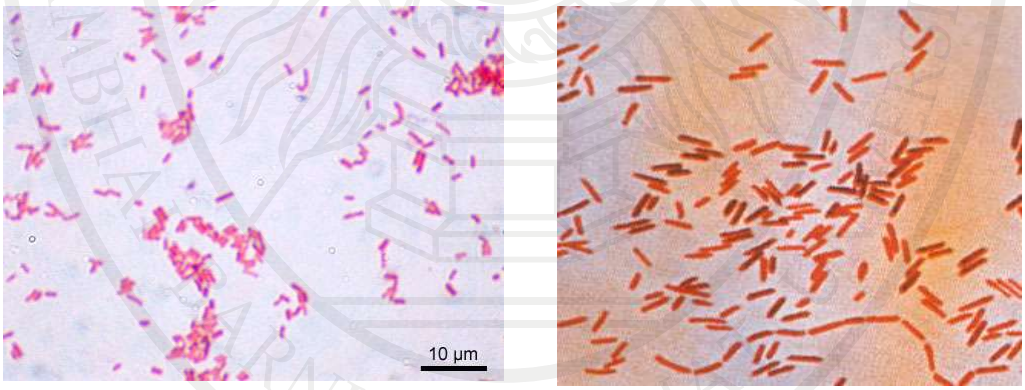
เป็นเชื้อแบคทีเรียที่เกี่ยวข้องกับต้นไม้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสายพันธุ์ที่ สามารถย่อยสลายเพกทินในพืช เพราะมีกิจกรรมของเอนไซม์เพคโทไลติก (Pectolytic) สายพันธุ์ที่พบมากคือ *E. carotovora* ซึ่งก่อให้เกิดการเน่าเสียของผักในระหว่างเก็บรักษาเพื่อส่งขายในตลาด

2.7 สกุลเอนเทอโรแบคเตอร์ *(Enterobacter)*

มีรูปร่างเป็นท่อน เคลื่อนที่ได้ ถูกจัดอยู่ในกลุ่มแบคทีเรียโคลิฟอร์ม (Coliform group) ซึ่งพบมากในส่วนประกอบของพืชมากกว่าในสิ่งขับถ่ายจากร่างกาย เชื้อนี้สามารถใช้ซิเตรต (Citrate) และอะซิเตต (Acetate) เป็นแหล่งคาร์บอน

2.8 สกุลฟลาโวแบคทีเรียม (*Flavobacterium)*

โคโลนีมีสีเหลือง แดง หรือน้ำตาล โดยที่เม็ดสีที่ถูกสร้างขึ้นมาไม่สามารถละลายในอาหารเลี้ยงเชื้อ เมตาบอลิซึมเป็นระบบหายใจ (Oxidative reaction) มากกว่าการหมัก ส่วนใหญ่พบในน้ำ ดิน ผักที่มีเชื้อปนเปื้อน นมและผลิตภัณฑ์นม เนื้อสัตว์ เป็นต้น แบคทีเรียสายพันธุ์นี้จะก่อให้เกิดการเน่าเสียของอาหารดังที่กล่าวมาเป็นส่วนใหญ่



(ก) (ข)

ภาพที่ 9.4 (ก) แบคทีเรียอีโคไล (ข) แบคทีเรียซาลโมเนลลา
ที่มา: (บัญญัติ สุขศรีงาม, 2532 : 8)

3. แบคทีเรียกลุ่ม Gram-positive cocci

เป็นแบคทีเรียที่มีรูปร่างกลม ย้อมติดสีแกรมบวก เมื่อมีการแบ่งเซลล์จะเกิดการแบ่งมากกว่าหนึ่งแนวทำให้มีการเกาะกลุ่ม แบคทีเรียกลุ่มนี้สามารถเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นกรด แต่ไม่ผลิตก๊าซ มีความทนต่อเกลือแกง (Sodium chloride) โดยที่เชื้อทุกสายพันธุ์สามารถเจริญได้ในเกลือแกง 5 เปอร์เซ็นต์และบางสายพันธุ์สามารถทนได้ถึง 10-15 เปอร์เซ็นต์ ปฏิกิริยาคะตาเลส โพสิทีฟ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

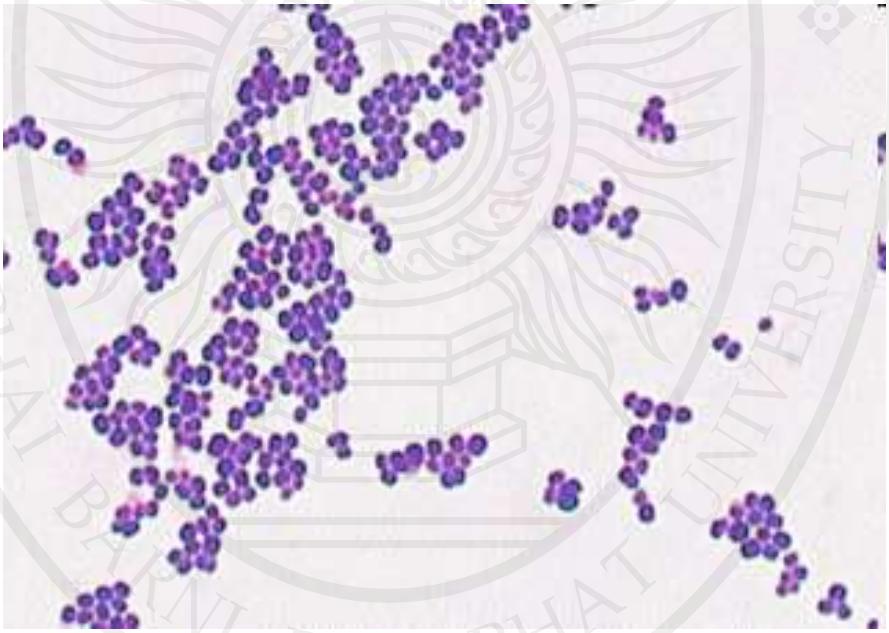
(Catalase-positive) มีทั้งต้องการอากาศจนถึงต้องการอากาศบ้าง ในการเจริญเติบโต แบคทีเรียกลุ่มนี้สามารถแบ่งออกได้เป็นสายพันธุ์ต่าง ๆ ดังนี้

3.1 สกุลไมโครคอคคัส (*Micrococcus*)

เป็นแบคทีเรียที่มีเมตาบอลิซึมแบบใช้ออกซิเจน (อาศัยปฏิกิริยาออกซิเดทีฟในการเปลี่ยนสารประกอบคาร์บอนเป็นน้ำและพลังงาน) มีหลายสายพันธุ์ที่พบอยู่เสมอ เช่น *M. luteus* พบในดิน ฝุ่น น้ำ และบนผิวหนังของคนและสัตว์ ; *M. roseus* มีโคโลนีเหลืองพบในน้ำนม ซากสัตว์ ฝุ่นและดิน ตามปกติจะพบว่าเชื้อแบคทีเรียสกุลนี้เป็นสาเหตุของการเสื่อมเสียของอาหารหลายประเภท เช่น ผลิตภัณฑ์ประเภทเนื้อ ไก่ ปลา หอย รวมทั้งไส้กรอกและหมูแฮม

3.2 สกุลสแตปฟิโลคอคคัส (*Staphylococcus*)

เป็นแบคทีเรียที่มีการรวมตัวของเซลล์ในลักษณะคล้ายพวงองุ่น (ภาพที่ 9.5) ดังนั้นในเมตาบอลิซึมมีทั้งแบบใช้ออกซิเจน (Respiratory) และไม่ใช้ออกซิเจน (Fermentative) เป็นแบคทีเรียที่ต้องการอากาศบ้างในการเจริญเติบโต มีปฏิกิริยาคะตาเลส โพสิทีฟ (Catalase-positive) หมักคาร์โบไฮเดรตได้อีกหลาย เป็นสาเหตุที่ทำให้อาหารเป็นพิษ ซึ่งเรียกว่า Food poisoning ทั้งนี้เพราะแบคทีเรียสายพันธุ์นี้สร้างสารพิษขึ้นในอาหาร เชื้อ *S. aureus* มีโคโลนีสีขาว เหลือง หรือส้ม ทนเกลือ (Salt tolerant) และสร้างปฏิกิริยาโคแอกกูโลส โพสิทีฟ (Coagulase-positive)



ภาพที่ 9.5 แบคทีเรียสกุลสแตรปฟิโลคอคคัส
ที่มา: (บัญญัติ สุขศรีงาม, 2532 : 9)

3.3 สกุลสเตรปโตคอคคัส (*Streptococcus*)

มีอยู่หลายสายพันธุ์ เช่น *S. pyogenes* เป็นเชื้อโรคในคน สามารถสร้างเบตา ฮีโมไลซิส (Beta-hemolysis) บนอาหารเลี้ยงเชื้อบลัด เอการ์ (Blood agar) ; *S. agalactiae* ก่อให้เกิดโรคเต้านมอักเสบในวัว และสร้างแอลฟา ฮีโมไลซิส (Alpha-hemolysis) บนอาหารเลี้ยง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

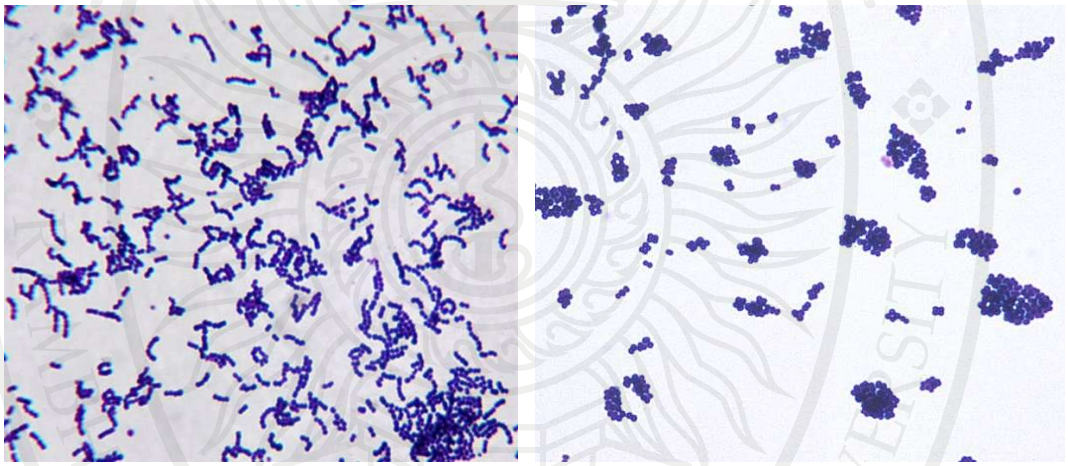
เชื้อบลัด เอการ์ (blood agar); *S. thermophilus* เป็นเชื้อซึ่งจำเป็นต่อการผลิตชีส (Swiss cheese) และโยเกิร์ต; *S. bovis* พบในอุจจาระของคนและระบบทางเดินอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้อง; *S. lactis* และ *S. cremoris* ถูกใช้ในการผลิตเนยนม (butter milk) และเนยแข็ง; *S. faecalis* พบในลำไส้ของคนและสัตว์ เป็นต้น โดยจะเห็นว่าแบคทีเรียสกุลนี้ถูกใช้เป็นตัวบ่งชี้การปนเปื้อนของอาหารจากอุจจาระ หรือที่เรียกว่า ฟีคัล อินดิเคเตอร์ (Faecal indicator)

3.4 สกุลลิวโคนอสตอค (*Leuconostoc*)

สายพันธุ์ *L. mesenteroides* ก่อให้เกิดเมือกในระหว่างกระบวนการผลิตน้ำตาล นอกจากนี้แล้วยังมีความสำคัญในการหมักผักต่าง ๆ เช่น ผักกะหล่ำ แตงกวา เป็นต้น แบคทีเรียสายพันธุ์นี้ยังตรวจพบในผลไม้และผลิตภัณฑ์นมอีกด้วย *L. cremoris* ใช้เป็นหัวเชื้อในการผลิตภัณฑ์นมหมัก

3.5 สกุลเพดิโอคอคคัส (*Pediococcus*)

สายพันธุ์ *P. cerevisiae* ก่อให้เกิดการเสื่อมเสียของเบียร์ เนื่องจากสารไดอะซีติล (Diacetyl) ที่มันสร้างขึ้นมา เชื้อนี้ยังมีความสามารถในการทนต่อสาร ซึ่งมีคุณสมบัติในการฆ่าหรือยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรค (Antiseptics)



(ก) (ข)

ภาพที่ 9.6 (ก) แบคทีเรียสกุลสเตรปโตคอคคัส (ข) แบคทีเรียสกุลลิวโคนอสตอค
ที่มา: (บัญญัติ สุขศรีงาม, 2532 **:** 10)

4. แบคทีเรียกลุ่ม Endospore – forming rods

ลักษณะที่สำคัญสำหรับแบคทีเรียในแฟมิลี่นี้คือ การสร้างสปอร์ รูปร่างของเซลล์เป็นท่อน เคลื่อนที่ได้โดย peritrichous flagella แบคทีเรียในแฟมิลี่มีทั้งพวก aerobes, facultative anaerobes และ anaerobes ทั้งนี้พอจะกล่าวถึงสายพันธุ์ที่สำคัญดังนี้

4.1 สกุลบาซิลลัส (*Bacillus*)

แบคทีเรียแกรมบวก สามารถสร้างสปอร์ได้ อยู่ในกลุ่มแอโรป (Aerobes) และแฟคคัลเททีฟ แอโรป (Facultative anaerobes) แบคทีเรียนี้บางสายพันธุ์ก่อให้เกิดการเสื่อมเสียของอาหาร เช่น *B. cereus* (อาหารกระป๋องพวกถั่ว); *B. cereus* (นมระเหยบรรจุกระป๋อง); และ *B. sterarothermophilus* (อาหารกระป๋องในกลุ่มที่มีความเป็นกรดต่ำ)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี

4.2 สกุลคลอสทริเดียม (*Clostridium*)

แบคทีเรียแกรมบวก สามารถสร้างสปอร์ได้ อยู่ในกลุ่มแอนแอโรป (Anaerobes) เช่น *Clostridium* เป็นสาเหตุของการเสื่อมเสียของอาหารกระป๋องและผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ เชื้อ *C. botulinum* มีความสำคัญมากต่ออุตสาหกรรมอาหารกระป๋อง เนื่องจากมันสามารถสร้างสารพิษขึ้นในอาหาร และก่อให้เกิดอาหารเป็นพิษ (Food poisoning) ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้ความร้อนในช่วงอุณหภูมิ และเวลาที่เหมาะสมที่จะทำลายเชื้อนี้ *C. sporogenes* เป็นสายพันธุ์ที่ไม่สร้างสารพิษ และทนต่อความร้อนได้สูงกว่า *C. botulinum* ดังนั้นจึงถูกนำมาใช้ในการศึกษาเกี่ยวกับกรรมวิธีการฆ่าเชื้อในอาหารกระป๋องโดยใช้ความร้อน

5. แบคทีเรียกลุ่ม Gram-positive Asporogenous rod-shaped bacteria

5.1 สกุลแลคโตบาซิลไล (*Lactobacilli*) จัดอยู่ในพวกแฟคคัลเททีฟ แอนแอโรป (Facultative anaerobes) และแอนแอโรป (Anaerobes) ต้องการสารอาหารพวกสารอินทรีย์ที่มีโครงสร้างซับซ้อน มีเมตาบอลิซึมแบบเฟอร์เมนเททีฟ (Fermentative) โดยสร้างกรดแลกติกออกมาเป็นผลิตผลพลอยได้ แบคทีเรียแลคโตบาซิลไล (Lactobacilli) สามารถแยกออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

1) กลุ่มโฮโมเฟอร์เมนเททีฟ (Homofermentative) ซึ่งสามารถผลิตกรดแลกติกอย่างเดียวจากการหมักน้ำตาลกลูโคส ได้แก่ สายพันธ์ *L. delbrueckii, L. lactis, L. bulgaricus* และ *L. plantarum*

2) กลุ่มเฮทเทอดรเฟอร์เมนเททีฟ (Heterofermentative) ได้แก่ *L. hilgardii L. fructivorans L. desidiosus* และ *L. ruminis* โดยเป็นกลุ่มที่หมักน้ำตาลกลูโคสได้กรดแลกติก กรดอะซีติก และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เชื้อ *Lactobacillus* หลายสายพันธ์ก่อให้เกิดการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิด เช่น นมและผลิตภัณฑ์นม ไส้กรอก เบคอน แฮม และผัก เป็นต้น

แหล่งอาศัยและการดำรงชีพ

แหล่งที่พบแทบทุกแห่งในดินในน้ำ ในอากาศ แหล่งที่เป็นน้ำพุร้อน เขตหิมะ ทะเลลึก ดำรงชีพแบบอิสระ แบบพึ่งพาอาศัยกัน (Mutualism) หรือแบบอิงอาศัย (Symbiosis) บางชนิดจะอยู่แบบเป็นปรสิต (Parasitism) บางชนิดต้องการออกซิเจนในการเจริญเติบโต บางชนิดเจริญในที่ปราศจากออกซิเจน บางชนิดสารอาหารเองได้ (Autotroph) แต่ส่วนใหญ่ไม่ได้ (Heterotroph)

ประโยชน์ของแบคทีเรีย

1. ด้านอุตสาหกรรม เช่นการผลิตอาหารหมัก ใช้ฟอกหนัง
2. ด้านการเกษตร เช่นใช้เป็นปุ๋ย
3. การทดสอบคุณภาพน้ำ
4. ทางด้านการแพทย์ เช่น การผลิตยาปฏิชีวนะ
5. ใช้ในเทคโนโลยีชีวภาพ โดยใช้เทคนิคทางพันธุวิศวกรรมสร้างแบคทีเรียที่มีลักษณะต่าง ๆ
6. ช่วยย่อยสลายซากสิ่งมีชีวิตให้เป็นอาหารของพืช

โทษของแบคทีเรีย

1. ผลิตสารพิษที่เป็นอันตราย
2. ทำให้เกิดโรคต่าง ๆ ใน คน เช่น ไทฟอยด์ อหิวาตกโรค ปอดบวม วัณโรค คอตีบ สัตว์ เช่น แอนแทรกซ์ บาดทะยัก และพืช เช่น โรครากเน่า โรคใบไม้ของสาลี่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

การจัดจำแนกไฟลัมไซยาโนไฟตา

สิ่งมีชีวิตในไฟลัมไซยาโนไฟตา (Phylum Cyanophyta) ได้แก่ สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (Blue-green algae) ปัจจุบันเรียกชื่อใหม่ว่า ไซยาโนแบคทีเรีย (Cyanobacteria)

ลักษณะโดยทั่วไปของสิ่งมีชีวิตในไฟลัมไซยาโนไฟตา คือ

1. ไม่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส เป็นเซลล์พวกโปรคารีโอต ไม่มีแฟลกเจลลา (Flagella) เป็นเซลล์เดี่ยว ๆ หรืออยู่รวมกันเป็นอยู่

2. มีรงควัตถุ ได้แก่ คลอโรฟิลล์ (Chlorophyll), ไฟโคไซยานิน (Phycocyanin) และไฟโคอีรีทริน (Phycoerythrin) กระจายในเซลล์ แต่ไม่ได้รวมเป็นคลอโรพลาสต์ (Chloroplast)

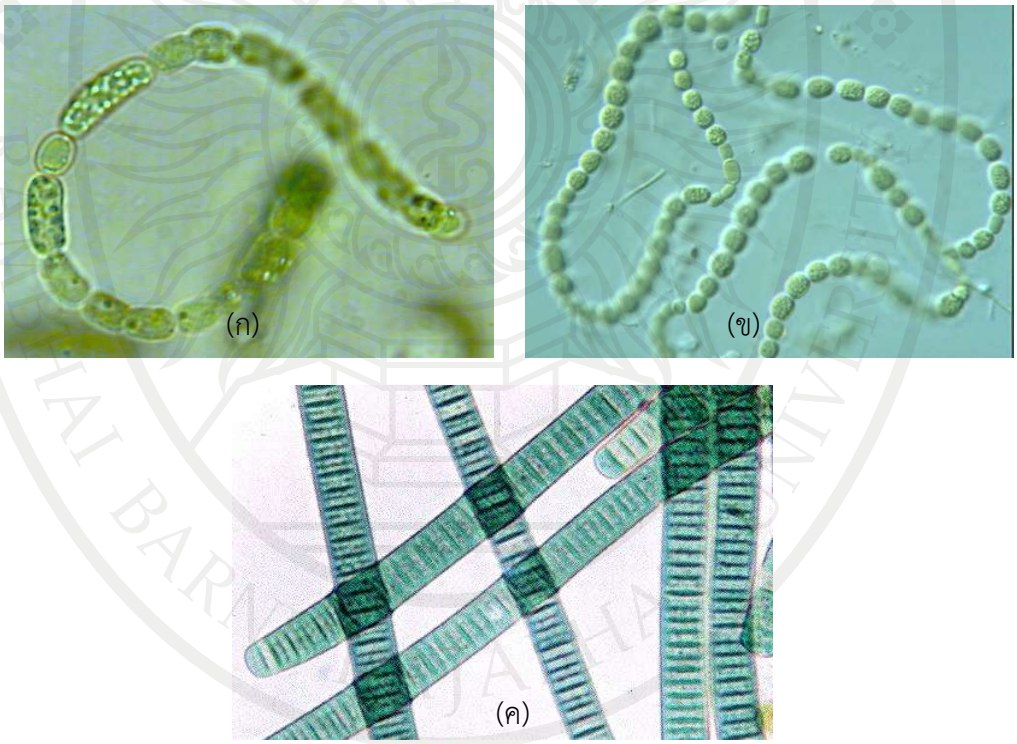
3. ผนังเซลล์เป็นเซลลูโส (Cellulose) และเพคติน (Pectin)

4. อาหารสะสมเป็นคาร์โบไฮเดรต

5. มีขนาดเล็ก อาจอยู่ในลักษณะ

5.1 เซลล์เดี่ยว หรือเซลล์กลุ่ม เช่น โครโอคอคคัส (*Chroococcus),* กลีโอแคปซา *(Gleocapsa)*

5.2 เซลล์ที่จัดเรียงเป็นสาย (Filament) เช่น แอนนาบีนา (*Anabaena),* นอสตอค *(Nostoc)* และ ออสซิลลาทอเรีย *(Oscillatoria)*

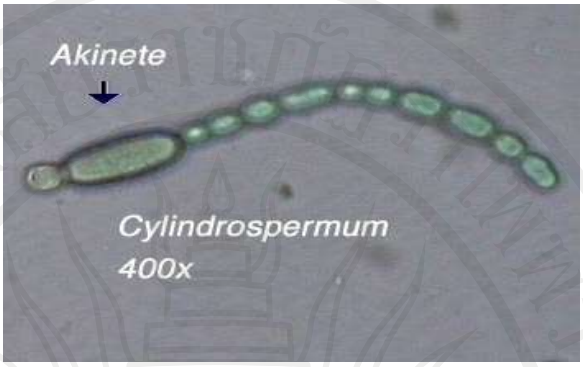


ภาพที่ 9.7 เซลล์ที่จัดเรียงเป็นสาย เช่น (ก) แอนนาบีนา (ข) นอสตอค และ (ค) ออสซิลลาทอเรีย
ที่มา: (ยุวดี พีระพรพิศาล, 2558 : 32, 73, 76)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

การสืบพันธุ์ของไซยาโนแบคทีเรีย ได้แก่

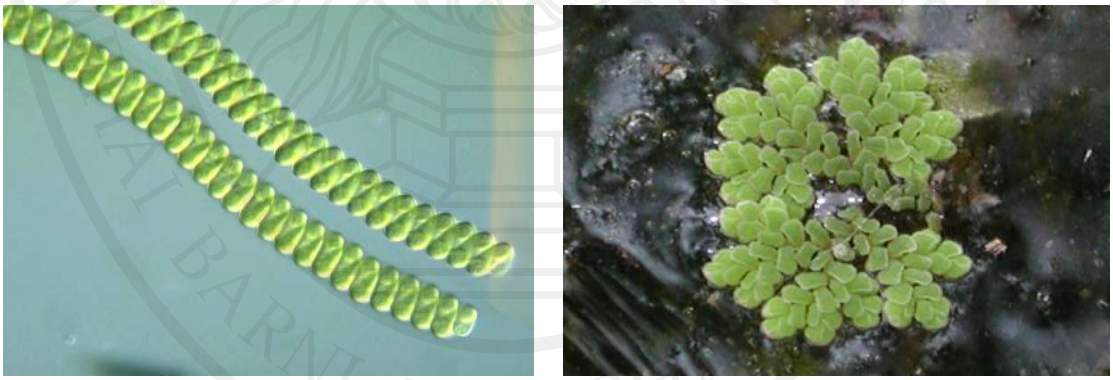
1. การแบ่งตัว (Binary fission)
2. การหักเป็นท่อน (fragmentation) พบในพวกที่เป็นสาย
3. สร้างสปอร์หรือสร้างเซลล์พิเศษ เช่น อะไคนีต (akinete)



ภาพที่ 9.8 สร้างสปอร์หรือสร้างเซลล์พิเศษ เช่น อะไคนีต
ที่มา: (ยุวดี พีรพรพิศาล. 2558 : 32)

ประโยชน์ของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน

สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินทำหน้าที่เป็นผู้ผลิตอาหาร และ O_2 เช่น สไปรูไลนา (*Spirulina)* หรือสาหร่ายเกลียวทอง มีโปรตีนสูง ใช้ทำอาหารเสริมของคนและสัตว์ นอสตอค *(Nostoc),* แอนนาบีนา *(Anabaena),* ออสซิลลาทอเรีย *(Oscillatoria)* มีความสามารถเพิ่มความตรึงไนโตรเจน (N) ทำเป็นปุ๋ยในดิน เช่น แหนแดง (*Azolla*) ซึ่งแอนนาบีนา (*Anabaena)* อยู่ช่องว่างกลางใบ



(ก) (ข)

ภาพที่ 9.9 (ก) สาหร่ายเกลียวทอง และ (ข) แหนแดง
ที่มา: (ยุวดี พีรพรพิศาล, 2558 : 86)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

สรุป

สิ่งมีชีวิตในอาณาจักรมอเนอราเป็นสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวที่มีโครงสร้างเซลล์แบบโปรคาริโอต (Prokaryotic cell) ในขณะที่สิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ทุกอาณาจักรมีโครงสร้างเซลล์แบบยูคารีโอต (Eukaryotic cell) ไม่มีออร์แกเนลล์ชนิดมีเยื่อหุ้มเช่น ร่างแหเอนโดพลาสซึม กอลจิคอมเพลกซ์ ไลโซโซม คลอโรพลาสต์ มีเฉพาะออร์แกเนลล์ที่ไม่มีเยื่อหุ้มคือ ไรโบโซม สิ่งมีชีวิตในอาณาจักรนี้แบ่งเป็น 2 ไฟลัม คือ ไฟลัมชิโซไฟตา (Phylum Schizophyta) และไฟลัมไซยาโนไฟตา (Phylum Cyanophyta)

สิ่งมีชีวิตที่จัดอยู่ในไฟลัมชิโซไฟตา ได้แก่ แบคทีเรีย มีลักษณะรูปร่าง มี 3 ลักษณะคือ รูปร่างกลม รูปร่างแบบแท่งยาว และรูปร่าง เกลียว แบคทีเรียมีไรโบโซมชนิด 70 s และสารพันธุกรรมเป็น ดีเอ็นเอ (DNA) ผนังเซลล์ (Cell wall) ทำหน้าที่คงรูปร่างของเซลล์ ป้องกันเซลล์แตกประกอบด้วยเปปทิโดไกลแคน (Peptidoglycan) ซึ่งประกอบด้วยน้ำตาล 2 ชนิด คือ เอนอะซีติล กลูโคซามีน (N-actyl glucosamine, NAG) และ เอนอะซีติล มิวรามิก แอซิด (N-acytyl muramic acid, NAM) และมีกรดอะมิโนหลายชนิด และลิโปโปรตีน (lipoprotein) แคปซูล (Capsule) เป็นส่วนที่อยู่นอกผนังเซลล์ สามารถทนต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม และทนต่อการทำลายของเม็ดเลือดขาว พบแคปซูลในแบคทีเรียบางชนิดเท่านั้น แบคทีเรียที่มีแคปซูลมักก่อโรครุนแรง แฟลกเจลลาเป็นโครงสร้างใช้ในการเคลื่อนที่ แบคทีเรียอาจมีแฟลกเจลลา 1 เส้นจนถึงหลายร้อยเส้น และอยู่ได้หลายตำแหน่ง ส่วนของพลาสมิดเป็นดีเอ็นเอ ที่อยู่นอกโครโมโซมของแบคทีเรีย ลักษณะของพลาสมิด เป็น ดีเอ็นเอวงแหวน และเป็นเกลียวคู่ สามารถจำลองตัวเองได้และสามารถถ่ายทอดไปยังแบคทีเรียอื่น ๆ ได้ พลาสมิดมีหลายชนิด บางชนิดควบคุมการสืบพันธุ์แบบมีเพศของเซลล์ บางชนิดควบคุมการดื้อต่อยาปฏิชีวนะต่าง ๆ ส่วนใหญ่แบคทีเรียสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศที่เรียกว่า การแบ่งตัวตามขวาง (Transverse Binary Fission) บางชนิดมีการแลกเปลี่ยนสารพันธุกรรมได้ 3 รูปแบบ คือ คอนจูเกชัน (Conjugation), ทรานส์ฟอร์เมชัน (Transformation และทรานส์ดัคชัน (Transduction) การจำแนกแบคทีเรียอาศัยลักษณะต่าง ๆ เช่น ลักษณะทางสัณฐานวิทยา ได้แก่ รูปร่าง ตามอาหารที่ได้รับ การติดสีของผนังเซลล์ (Gram stain) แบ่งเป็น แกรมบวก เป็นพวกที่ติดสีย้อมคริสตัลไวโอเลต และ แกรมลบ เป็นพวกที่ติดสีย้อมซาฟรานิน การหายใจ หรือความต้องการใช้อากาศหรือ O_2 เป็นต้น โดยเนื้อหาในบทนี้จะมีการแบ่งแบคทีเรียออกเป็น 5 กลุ่ม ดังนี้ คือ แบคทีเรียกลุ่ม Gram-negative aerobic rods and cocci แบคทีเรียกลุ่ม Gram-negative facultative anaerobic rods แบคทีเรียกลุ่ม Gram-positive cocci แบคทีเรียกลุ่ม Endospore – forming rods และแบคทีเรียกลุ่ม Gram-positive asporogenous rod-shaped bacteria แหล่งอาศัยและการดำรงชีพ พบแทบทุกแห่งในดินในน้ำ ในอากาศ แหล่งที่เป็นน้ำพุร้อน เขตหิมะ ทะเลลึก ดำรงชีพแบบอิสระ แบบพึ่งพาอาศัยกัน (Mutualism) หรือแบบอิงอาศัย (Symbiosis) บางชนิดจะอยู่แบบเป็นปรสิต (Parasitism) บางชนิดต้องการออกซิเจนในการเจริญเติบโต บางชนิดเจริญในที่ปราศจากออกซิเจน บางชนิดสารอาหารเองได้ (Autotroph) แต่ส่วนใหญ่ไม่ได้ (Heterotroph) สำหรับประโยชน์ของแบคทีเรีย นำมาใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย ได้แก่ ด้านอุตสาหกรรม เช่น การผลิตอาหารหมัก ใช้ฟอกหนัง ด้านการเกษตร เช่นใช้เป็นปุ๋ย การทดสอบคุณภาพน้ำ ทางด้านการแพทย์ เช่น การผลิตยาปฏิชีวนะ ใช้ในเทคโนโลยีชีวภาพ โดยใช้เทคนิคทางพันธุวิศวกรรมสร้างแบคทีเรียที่มีลักษณะต่าง ๆ และช่วยย่อยสลายซากสิ่งมีชีวิตให้เป็นอาหารของพืช ส่วนโทษของแบคทีเรียนั้นพบว่าแบคทีเรียบางชนิดสามารถผลิตสารพิษที่เป็นอันตราย

และที่สำคัญที่เป็นปัญหาทางด้านสาธารณสุข คือ ทำให้เกิดโรคต่าง ๆ ใน คน เช่น ไทฟอยด์ อหิวาตกโรค ปอดบวม วัณโรค คอตีบ สัตว์ เช่น แอนแทรกซ์ บาดทะยัก และพืช เช่น โรครากเน่า โรคใบไม้ของสาลี่

ส่วนไฟลัมไซยาโนไฟตา ได้แก่ สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (Blue-green algae) ปัจจุบันเรียกชื่อใหม่ว่า ไซยาโนแบคทีเรีย (Cyanobacteria) ลักษณะโดยทั่วไปของสิ่งมีชีวิตในไฟลัมไซยาโนไฟตา คือ ไม่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส เป็นเซลล์พวกโปรคารีโอต ไม่มีแฟลกเจลา เป็นเซลล์เดี่ยว ๆ หรืออยู่รวมกันเป็นอยู่ มีคลอโรฟิลล์ (Chlorophyll) ไฟโคไซยานิน (Phycocyanin) และไฟโคอีรีทริน (Phycoerythin) กระจายในเซลล์ แต่ไม่ได้รวมเป็นคลอโรพลาสต์ ผนังเซลล์เป็นเซลลูโลส (Cellulose) และเพคติน (Pectin) อาหารสะสมเป็นคาร์โบไฮเดรต เซลล์มีขนาดเล็ก อาจอยู่ในลักษณะ เซลล์เดี่ยว หรือเซลล์กลุ่ม เช่น โครโอคอคคัส (*Chroococcus),* กลีโอแคปซา *(Gleocapsa)* และเซลล์ที่จัดเรียงเป็นสาย (Filament) เช่น แอนนาบีนา *(Anabaena),* นอสตอค *(Nostoc),* ออสซิลลาทอเรีย *(Oscillatoria)* การสืบพันธุ์ของไซยาโนแบคทีเรีย ได้แก่ การแบ่งตัวแบบแบ่งออกเป็นสองส่วน (Binary fission) การหักเป็นท่อน (Fragmentation) พบในพวกที่เป็นสาย และการสร้างสปอร์หรือสร้างเซลล์พิเศษ เช่น อะไคนีต (Akinete) เป็นต้น

โดยสิ่งมีชีวิตในอาณาจักรนี้มีความสำคัญอย่างมากต่อระบบนิเวศ โดยแบคทีเรียทำหน้าที่เป็นผู้ย่อยอินทรียสารก่อให้เกิดการหมุนเวียนสารอนินทรีย์และอินทรีย์สารต่าง ๆ สามารถสร้างสารพิษและก่อให้เกิดโรคในสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ได้โดยเฉพาะมนุษย์ ส่วนสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินทำหน้าที่เป็นผู้ผลิตในระบบนิเวศ มีความสำคัญในแง่เทคโนโลยีชีวภาพ เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในด้านการเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร อุตสาหกรรม การแพทย์ และการศึกษาพันธุศาสตร์ ซึ่งช่วยพัฒนาคุณภาพชีวิตของประชากรให้ดียิ่งขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

แบบฝึกหัดบทที่ 9

จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. จงอธิบายลักษณะโครงสร้างหรือองค์ประกอบของเซลล์แบคทีเรียมา 3 ข้อ
2. แบคทีเรียชนิดใดบ้างที่บ่งชี้การปนเปื้อนอุจาระในอาหาร
3. แบคทีเรียแตกต่างจากสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินอย่างไร
4. แบคทีเรียชนิดใดที่ก่อให้เกิดการเสื่อมเสียของอาหารกระป๋อง
5. แบคทีเรียมีรูปร่างแบบใดบ้าง และยกตัวอย่างแบคทีเรียที่มีรูปร่างดังกล่าวมารูปร่างละ 1 ชนิด
6. เซลล์แบคทีเรียทรงกลม 8 เซลล์ เรียงเป็นลูกบาศก์เรียกว่าอะไร
7. จงอธิบายลักษณะที่สำคัญของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินมา 3 ข้อ
8. สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินชนิดใดบ้างที่มีคุณสมบัติการตรึงไนโตรเจน มาทำเป็นปุ๋ยในดิน
9. ยกตัวอย่างการสืบพันธุ์ของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินมา 3 วิธี
10. โรคที่เกิดจากการติดเชื้อแบคทีเรีย ได้แก่โรคใดบ้าง ยกตัวอย่างมา 5 โรค

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

เอกสารอ้างอิง

คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา. (2556). **ปฏิบัติการชีววิทยา 1**. จันทบุรี : คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี.

คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (2553). **ชีววิทยา และสัตววิทยา** 3. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

บัญญัติ สุขศรีงาม. (2532). **จุลชีววิทยา**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.

ปรีชา สุวรรณพินิจ และนงลักษณ์ สุวรรณพินิจ. (2553). **ชีววิทยา 2.** พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

_____.. (2557). **จุลชีววิทยาทั่วไป.** พิมพ์ครั้งที่ 10. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ยุวดี พีรพรพิศาล. (2558). **สาหร่ายน้ำจืดในประเทศไทย.** พิมพ์ครั้งที่ 3. เชียงใหม่ : ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

แผนการสอนประจำบทที่ 10

อาณาจักรโพรทิสตา

เนื้อหาประจำบท

บทที่ 10 อาณาจักรโพรทิสตา

1. ลักษณะสำคัญของสิ่งมีชีวิตในอาณาจักรโพรทิสตา
2. การจัดจำแนกโพรทิสตา

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

เมื่อศึกษาบทที่ 10 แล้วนักศึกษาสามารถ

1. อธิบายลักษณะโดยทั่วไปของสิ่งมีชีวิตในอาณาจักรนี้ได้
2. สามารถจัดจำแนกสิ่งมีชีวิตในอาณาจักรนี้ออกเป็นไฟลัมต่าง ๆ ได้
3. อธิบายลักษณะเด่นของสิ่งมีชีวิตในไฟลัมนั้น ๆ ได้
4. ยกตัวอย่างสิ่งมีชีวิตที่อยู่ในไฟลัมนั้นได้
5. บอกแหล่งอาศัยของสิ่งมีชีวิตในอาณาจักรนี้ได้
6. บอกความสำคัญและประโยชน์ของสิ่งมีชีวิตในอาณาจักรนี้ได้

กิจกรรมการเรียนการสอนประจำบท

1. ผู้สอนอธิบายทฤษฎี และซักถาม พร้อมยกตัวอย่างประกอบการบรรยาย โดยใช้เครื่องฉายภาพ (Projector)
2. แสดงวีดิทัศน์เรื่อง “อาณาจักรโพรทิสตา”
3. ให้ผู้เรียนทำแบบฝึกหัดบทที่ 10
4. ทดสอบย่อยหลังจบบทเรียน

สื่อการเรียนการสอน

1. เอกสารประกอบการสอนวิชาชีววิทยา 1
2. ไฟล์เอกสารประกอบการสอนวิชาชีววิทยา 1 (Power point)
3. วีดิทัศน์
4. หนังสืออ่านประกอบค้นคว้าเพิ่มเติม
5. แบบฝึกหัดบทที่ 10

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

การวัดผลและประเมินผล

1. สังเกตจากการซักถามผู้เรียน
2. สังเกตจากการร่วมกิจกรรม
3. สังเกตจากความสนใจ
4. ประเมินจากการทำคำถามท้ายบท
5. ประเมินจากการสอบระหว่างภาคและปลายภาค

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

บทที่ 10

อาณาจักรโพรทิสตา

การจัดแบ่งสิ่งมีชีวิตออกเป็น 2 อาณาจักร คือ อาณาจักรพืชและอาณาจักรสัตว์นั้น เกิดปัญหาที่สำคัญคือสิ่งมีชีวิต บางชนิดมีลักษณะทั้งพืชและสัตว์อยู่ในตัวเอง จึงทำให้นักพฤกษศาสตร์จัดไว้ในอาณาจักรพืช และนักสัตววิทยาก็จัดไว้ในอาณาจักรสัตว์ ซึ่งมันไม่น่าจะเป็นไปได้ที่สิ่งมีชีวิตชนิดเดียวอยู่ทั้งสองอาณาจักร ดังนั้นเอินซ์ เฮคเคล (Ernst Haeckel) นักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมันจึงได้ เสนอชื่อ โพรทิสตา (Protista) ซึ่งหมายถึง สิ่งมีชีวิตพวกแรก ๆ ขึ้นมาใช้ จึงทำให้แยกสิ่งมีชีวิตที่ไม่มีลักษณะของพืชหรือสัตว์อย่างชัดเจน ออกจากอาณาจักรพืชและอาณาจักรสัตว์ แล้วตั้งเป็นอาณาจักรใหม่ ชื่อ อาณาจักรโพรทิสตา โดยในเนื้อหาบทนี้จะประกอบไปด้วยลักษณะที่สำคัญของสิ่งมีชีวิตในอาณาจักรนี้ การจัดจำแนกออกเป็นไฟลัมต่าง ๆ ประโยชน์และโทษของสิ่งมีชีวิตในอาณาจักรนี้

ลักษณะสำคัญของสิ่งมีชีวิตในอาณาจักรโพรทิสตา

สิ่งมีชีวิตที่อยู่ในอาณาจักรโพรทิสตา มีลักษณะโดยทั่วไป ดังต่อไปนี้

1. ร่างกายประกอบด้วยโครงสร้างง่าย ๆ ไม่ซับซ้อน ส่วนมากประกอบด้วยเซลล์เดียว (Unicellular) บางชนิดมีหลายเซลล์รวมกันเป็นกลุ่ม เรียกว่า โคโลนี (Colony) หรือเป็นสายยาว (Filament) แต่ยังไม่ทำหน้าที่ ร่วมกันเป็นเนื้อเยื่อ (Tissue) หรืออวัยวะ (Organ) แต่ละเซลล์สามารถทำหน้าที่ของความเป็นสิ่งมีชีวิตได้ครบถ้วนอย่าง อิสระ

2. ไม่มีระยะตัวอ่อน (Embryo) ซึ่งต่างจากพืชและสัตว์ที่มีระยะตัวอ่อนก่อนที่จะเจริญเติบโตเป็นตัวเต็มวัย

3. การดำรงชีพ มีทั้งชนิดที่เป็นผู้ผลิต (Autotroph) เพราะมีคลอโรฟิลล์ เป็นผู้บริโภค (Consumer) และเป็นผู้ย่อยสลายอินทรียสาร (Decomposer)

4. โครงสร้างของเซลล์เป็นแบบยูคาริโอติก (Eukaryotic) ซึ่งมีเยื่อหุ้มนิวเคลียส ได้แก่ โพรโทซัว เห็ด รา ยีสต์ ราเมือก สาหร่ายต่าง ๆ

5. การเคลื่อนที่ บางชนิดเคลื่อนที่ได้โดยใช้ซีเลีย (Cilia) แฟลกเจลลัม (Flagellum) หรือเท้าเทียม (Pseudopodium) บางชนิดเคลื่อนที่ไม่ได้

6. การสืบพันธุ์ ทั้งแบบไม่อาศัยเพศ (Asexual reproduction) และแบบอาศัยเพศ (Sexual reproduction) แบบอาศัยเพศมีทั้งชนิดคอนจูเกชัน (Conjugation) ซึ่งเกิดจากเซลล์สืบพันธุ์ที่มีรูปร่างและขนาดเหมือนกัน มารวมกัน ดังเช่นที่พบในพารามีเซียม ราดำ เป็นต้น และชนิดที่มีการปฏิสนธิ (Fertilization) ซึ่งเกิดจากเซลล์สืบพันธุ์ ที่มีรูปร่างและขนาดต่างกันมารวมกัน ดังเช่นที่พบในสาหร่ายเป็นส่วนใหญ่ เป็นต้น

การจัดจำแนกโพรทิสตา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

สิ่งมีชีวิตในอาณาจักรนี้แบ่งเป็น 9 ไฟลัม คือ

1. ไฟลัมโพรโทซัว (Phylum Protazoa)

2. ไฟลัมคลอโรไฟตา (Phylum Chlorophyta)
3. ไฟลัมคริสโซไฟตา (Phylum Chrysophyta)
4. ไฟลัมยูกลีโนไฟตา (Phylum Euglenophyta)
5. ไฟลัมฟีโอไฟตา (Phylum Phaeophyta)
6. ไฟลัมไพรโรไฟตา (Phylum Pyrrophyta)
7. ไฟลัมโรโดไฟตา (Phylum Rhodophyta)
8. ไฟลัมยูไมโคตา (Phylum Eumycota)
9. ไฟลัมมิกโซไมโคไฟตา (Phylum Myxomycophyta)

อย่างไรก็ตามในเอกสารประกอบการสอนเล่มนี้ ได้จัดกลุ่มเห็ด รา ยีสต์ และราเมือกไว้ในอาณาจักรฟังไจ จึงไม่ได้อธิบายเนื้อหาไฟลัมดังกล่าวไว้ในบทนี้ จึงเหลือโปรติสท์เพียง 7 ไฟลัมเท่านั้นที่จะอธิบายในบทนี้

ไฟลัมแรกของอาณาจักรโพรทิสตาแต่เดิมนักสัตววิทยาจัดให้เป็นสมาชิกในกลุ่มสัตว์ เนื่องจากมีโครงสร้างที่สามารถใช้เคลื่อนที่ได้ เช่น ซีเลีย และแฟลกเจลลา อย่างไรก็ตามเนื่องจากสมาชิกในไฟลัมนี้ส่วนใหญ่เป็นมีเซลล์เดียว และไม่มีการรวมกลุ่มกันเป็นเนื้อเยื่อ ในปัจจุบันจึงได้ถูกจัดให้อยู่ในอาณาจักรโพรทิสตา

ไฟลัมโปรโตซัว มีลักษณะสำคัญ ได้แก่
1. อยู่กันอย่างโดดเดี่ยว (Solitary) บางกลุ่มมีการรวมกลุ่มเป็นโคโลนี (Colony)
2. บางชนิดมีขนาดเล็กมาก จนตาเปล่าไม่สามารถมองเห็นได้
3. มีสมมาตร (Symmetry) ของร่างกายแบบต่างๆ
   3.1 สมมาตรครึ่งซีก (Bilateral symmetry)
   3.2 สมมาตรทรงกลม (Spherical symmetry)
   3.3 ไม่มีสมมาตร (Asymmetry) เช่น พวกอะมีบา
4. โครงสร้างของเซลล์เป็นแบบยูคาริโอติก (Eukaryotic) ซึ่งมีเยื่อหุ้มนิวเคลียส
5. การเคลื่อนที่ บางชนิดเคลื่อนที่ได้โดยใช้ ซีเลีย (Cilia) แฟลกเจลลัม (Flagellum) หรือเท้าเทียม (Pseudopodium) บางชนิดเคลื่อนที่ไม่ได้
6. ไม่มีเนื้อเยื่อ ไม่มีอวัยวะ มีนิวเคลียสหนึ่งหรือหลายนิวเคลียส
7. มีการดำรงชีพหลายลักษณะ ได้แก่ การดำรงชีวิตโดยอิสระ (Free-living) ภาวะพึ่งพากัน (Mutualism) ภาวะอิงอาศัย (Commensalism) หรือภาวะปรสิต (Parasitism)
8. เคลื่อนที่โดยใช้
   8.1 เท้าเทียม (Psedopodia) เช่น อะมีบา
   8.2 ซิเลีย (Cilia) เช่น พารามีเซียม
   8.3 แฟลกเจลลา (Flagella) เช่น ยูกลีนา
   8.4 ไม่มีอวัยวะในการเคลื่อนที่ เช่น พลาสโมเดียม
9. บางชนิดมีโครงร่างค้ำจุนร่างกาย
10. การกินอาหาร (Nutrition) มีทุกรูปแบบ
    10.1 สร้างอาหารเองได้ (Autotrophic)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

10.2 สร้างอาหารเองไม่ได้ (Heterotrophic)

11. มีการดำรงชีวิตทั้งอาศัยอยู่ในน้ำ ในดิน บนบก ดำรงชีวิตอิสระหรือแบบซิมไบโอซิส

12. การสืบพันธุ์

12.1 ไม่อาศัยเพศ ได้แก่ การแบ่งออกเป็นสองส่วน (Binary fission) หรือการแตกหน่อ (Budding)

12.2 อาศัยเพศ ได้แก่ คอนจูเกชัน (Conjugation) หรือ ซินแกมี (Syngamy) เป็นการรวมตัวกันเป็นไซโกต

13. รูปร่างลักษณะโครงสร้างของเซลล์โปรโตซัวมีลักษณะคล้ายกับเซลล์ของยูคาริโอต คือ ด้านนอกของเซลล์ห่อหุ้มด้วยเยื่อหุ้มเซลล์ ในไซโตพลาซึม แบ่งออกเป็น 2 บริเวณ คือ 1) สารพวกคอลลอยด์ และ 2) ของเหลวมีแกรนูล ภายในไซโตพลาซึมประกอบด้วยออร์แกเนลล์ต่าง ๆ นิวเคลียสมีหนึ่งหรือหลายนิวเคลียส เช่น พารามีเซียม มีนิวเคลียส 2 ชนิด คือ นิวเคลียสขนาดเล็กควบคุมเกี่ยวกับการสืบพันธุ์ (Micronucleus) สำหรับนิวเคลียสขนาดใหญ่ควบคุมเกี่ยวกับกระบวนการเมตาบอลิซึม (Macronucleus)

(ก) (ข)

ภาพที่ 10.1 ตัวอย่างชนิดของโปรโตซัว (ก) พารามีเซียม (ข) อะมีบา
ที่มา: (บพิธ จารุพันธ์ และนันทพร จารุพันธ์, 2549 : 175, 97)

ไฟลัมคลอโรไฟตา ได้แก่ สาหร่ายสีเขียว (Green algae) มีทั้งหมดประมาณ 17,500 สปีชีส์ พบอยู่ในน้ำจืดมากกว่าในน้ำเค็ม พบในดินที่เปียกชื้น แม่น้ำลำคลอง ทะเลสาบ และในทะเล แหล่งที่พบ พบทั่วไปตามน้ำจืด และในทะเล เช่น อะเซตาบูลาเรีย ถ้ามีมากจะเกิดเป็นปรากฏการณ์ที่เรียกว่า วอเตอร์บลูม (Water bloom) สาหร่ายสีเขียวมีลักษณะดังนี้

1. จำนวนเซลล์มีทั้งพวกเซลล์เดี่ยวหรือหลายเซลล์ต่อกันเป็นสายยาว หรือรวมกันเป็นกลุ่ม มีทั้งเคลื่อนที่ได้ และเคลื่อนที่ไม่ได้

1.1 พวกเซลล์เดียวที่เคลื่อนที่ได้ โดยมีแฟลกเจลลัมใช้โบกพัด จำนวน 2-4 เส้น เช่น แคลมมิโดโมแนส (*Chlamydomonas*)

1.2 พวกเซลล์เดียวที่เคลื่อนที่ไม่ได้ โดยไม่มีแฟลกเจลลัม เช่น คลอเรลลา (*Chlorella*) คลอโรคอคคัม (*Chlorococcoum*)

1.3 พวกหลายเซลล์ต่อกันเป็นสายยาว เช่น ยูโลทริกซ์ (*Ulothrix*) อีโดโกเนียม (*Oedogonium*) สไปโรไจรา หรือเทาน้ำ (*Spirogyra*)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

1.4 พวกหลายเซลล์เป็นกลุ่ม (Colonial forms) เช่น วอลวอกซ์ (*Volvox*) เพดิแอสตรัม (*Pediastrum*) ซีนีเดสมัส (*Scenedesmus*)

2. รงควัตถุที่พบจะเป็นเช่นเดียวกับที่พบในพืชชั้นสูง คือ มีคลอโรฟิลล์ เอ, คลอโรฟิลล์ บี, คาโรทีน และแซนโทฟิลล์ รงควัตถุทั้งหมดนี้จะประกอบกันด้วยอัตราส่วนที่เหมือนกับพวกพืชชั้นสูงจึงทำให้มีสีเขียวสด รงควัตถุทั้งหมดนี้จะรวมกันอยู่ในเม็ดสี หรือพลาสติด (Plastid) ที่เรียกว่า คลอโรพลาสต์ โดยอาจจะมี 1 อัน หรือมากกว่า 1 อัน คลอโรพลาสต์ของสาหร่ายสีเขียวมีรูปร่างหลายแบบ เช่น

2.1 รูปร่างเป็นเม็ด ๆ พบใน ไบรออปซิส (Bryopsis)

2.2 รูปร่างเป็นเกลียว พบใน สไปโรไจรา (Spirogyra)

2.3 รูปร่างเป็นคล้ายร่างแห พบใน อีโดโกเนียม (Oedogonium)

2.4 รูปร่างเป็นแผ่น พบใน ยูโลทริกซ์ (Ulothrix)

2.5 รูปร่างเป็นรูปดาว พบใน ซิกนีมา (Zygnema)

2.6 รูปร่างเป็นรูปตัว U พบใน คลอเรลลา (Chlorella)

3. โครงสร้างของผนังเซลล์ ประกอบด้วย เซลลูโลส (Cellulose) บางชนิดมีเพกติน (Pectin) เคลือบอยู่ภายนอกบาง ๆ บางชนิดมีแคลเซียมคาร์บอเนต (Calcium carbonate)

4. อาหารที่เก็บไว้ก็คือ ไพรีนอยด์ (Pyrenoids) อยู่ในเม็ดคลอโรพลาสต์ เข้าใจว่าไพรีนอยด์เป็นโครงสร้างที่มีโปรตีนเป็นแกนกลาง และมีแผ่นแป้งหุ้มล้อมรอบอยู่

5. การสืบพันธุ์ มีทั้ง 2 แบบ คือ

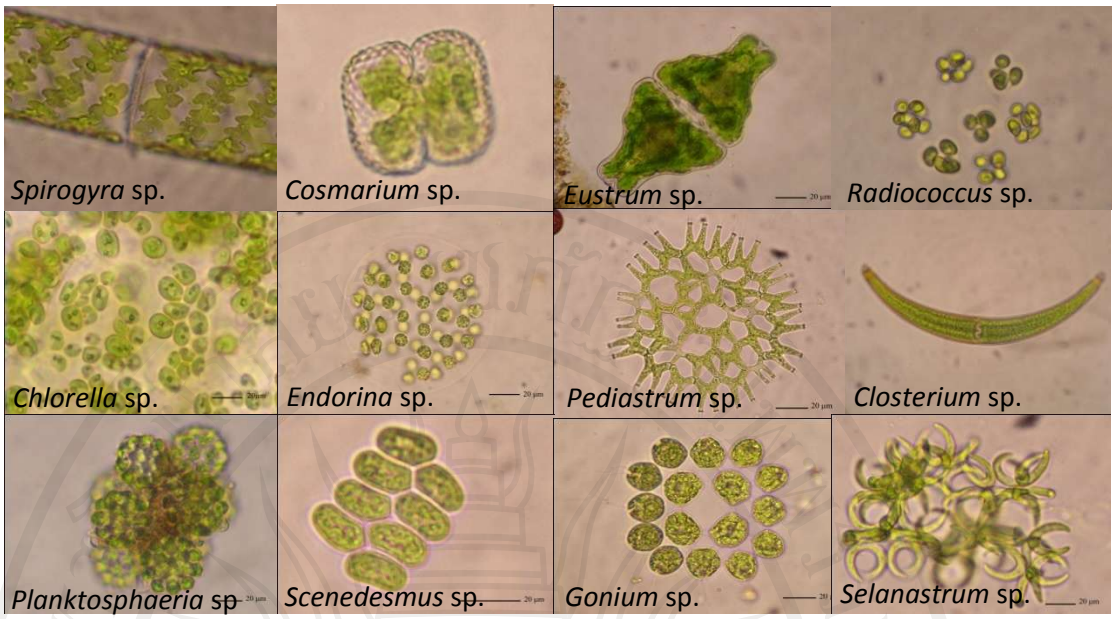
5.1 แบบไม่อาศัยเพศ โดยการแบ่งเป็น 2 ส่วนเท่า ๆ กัน ในพวกเซลล์เดียว หรือการหักสาย (Fragmentation) หรือสร้างสปอร์ (Sporulation)

5.2 แบบอาศัยเพศ โดยคอนจูเกชัน (Conjugation) หรือการปฏิสนธิ (Fertilization)

6. แหล่งที่อยู่ สาหร่ายสีเขียวพบในน้ำจืดเป็นส่วนใหญ่ ในน้ำเค็มก็มีบ้างตามที่ชื้นแฉะทั่วไป เปลือกไม้ ใบไม้ ก้อนหินเปียก ๆ และบนหิมะก็มี บางชนิดอยู่ในภาวะพึ่งพากับรา เกิดเป็นไลเคนส์ บางชนิดก็เป็นปรสิตของพืชชั้นสูง

ความสำคัญ เป็นสารอาหารและวัตถุดิบที่สำคัญในอุตสาหกรรมอาหาร เช่น โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน และวิตามิน สูง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



ภาพที่ 10.2 ตัวอย่างสาหร่ายสีเขียว
ที่มา: (ชุตาภา คุณสุข และคณะ, 2554 : 740)

ภาพที่ 10.3 ปรากฏการณ์วอเตอร์บลูมที่เมืองชิงเต่า ประเทศสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนจีน
ที่มา: (ยุวดี พีรพรพิศาล, 2558 : 56)

ไฟลัมคริสโซไฟตา ได้แก่ พวกสาหร่ายสีน้ำตาลแกมเหลือง หรือสาหร่ายสีทอง มีประมาณ 16,600 สปีชีส์ โดยกลุ่มที่รู้จักกันดี ได้แก่ พวกไดอะตอม เป็นผู้ผลิตที่มีมากที่สุดในทะเล พบได้ทั่วไปทั้งในน้ำจืด น้ำเค็ม สาหร่ายกลุ่มนี้มีลักษณะดังนี้

1. รงควัตถุที่พบในเซลล์มีรงควัตถุสีเขียว คือ คลอโรฟิลล์ เอ และคลอโรฟิลล์ ซี และมีรงควัตถุสีน้ำตาล คือ ฟิวโคแซนทิน (Fucoxanthin) ซึ่งมีมากที่สุดถึง 75% ของรงควัตถุทั้งหมด และลูเทอริน (Luthein) ปริมาณมากกว่าคลอโรฟิลล์ จึงทำให้มีสีน้ำตาลแกมทอง

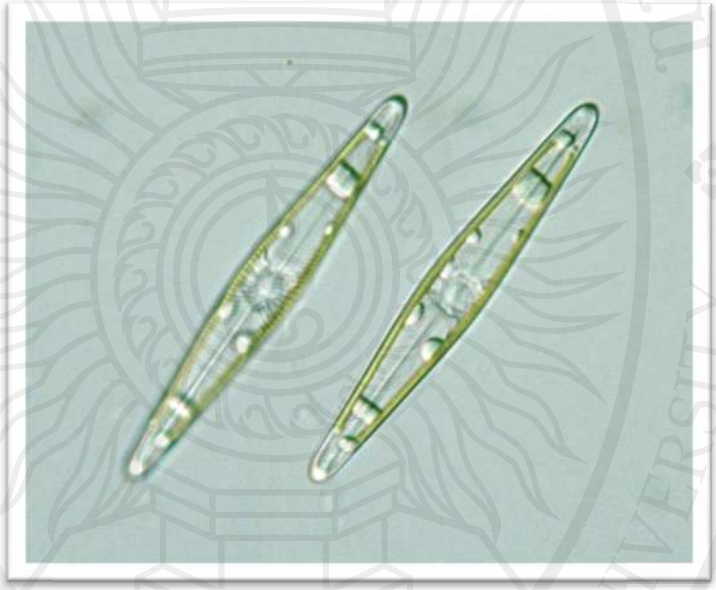
2. มีทั้งพวกเซลล์เดียวและหลายเซลล์อยู่กันเป็นสายหรือรวมเป็นกลุ่ม

3. ผนังเซลล์มีสารพวกซิลิกา (Sillica) สะสมอยู่ประมาณ 95% ทำให้มีลวดลายสวยงามมาก ผนังเซลล์ที่มีซิลิกาเรียก ฟรุสตุล (Frustule) ฟรุสตุลประกอบด้วย ฝา 2 ฝา ครอบกันอยู่สนิทแน่น แต่ละฝาเรียกทีกา (Theca) ฝาบนเรียก อีพิทีกา (Epitheca) มีขนาดใหญ่กว่าครอบอยู่บนฝาล่าง ซึ่งมีขนาดเล็กกว่าเล็กน้อย เรียก โฮโปทีกา (Hypotheca)

4. อาหารสำรองภายในเซลล์คือ หยดน้ำมัน (Oil droplet) และเม็ดเล็ก ๆ ของสารประกอบคาร์โบไฮเดรตชนิดพิเศษ เรียกว่า ลิวโคซิน (Leucosin) หรือ คริโซลามินารีน (Chrysolaminarin)

5. การสืบพันธุ์มีทั้งแบบไม่อาศัยเพศโดยการแบ่งเซลล์ออกเป็น 2 ส่วน ซึ่งเป็นการเพิ่มจำนวนที่พบเสมอ ๆ ส่วนอีกแบบหนึ่งเป็นแบบอาศัยเพศ

ความสำคัญ มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ เช่น ไดอะตอม มีสารพวกซิลิกา เป็นต้น



ภาพที่ 10.4 ตัวอย่างชนิดของไดอะตอมนาวิคูลา เรดิโอซา (*Navicula radiosa*)
ที่มา: (มาลินี ฉัตรมงคลกุล และชิดชัย จันทร์ตั้งสี, 2548 : 92)

ไฟลัมยูกลีโนไฟตา สาหร่ายในดิวิชันนี้เรียกว่า ยูกลีนอยด์ (Euglenoid) ซึ่งจัดเป็นโปรโตซัวในคลาสแฟลกเจลลาตาด้วย แหล่งที่พบ พบได้ทั้งในน้ำจืด และในดินชื้นแฉะ มีลักษณะต่าง ๆ ดังนี้

1. มีคลอโรฟิลล์เป็นชนิด เอ และ บี คาโรทีน แซนโทฟิลล์

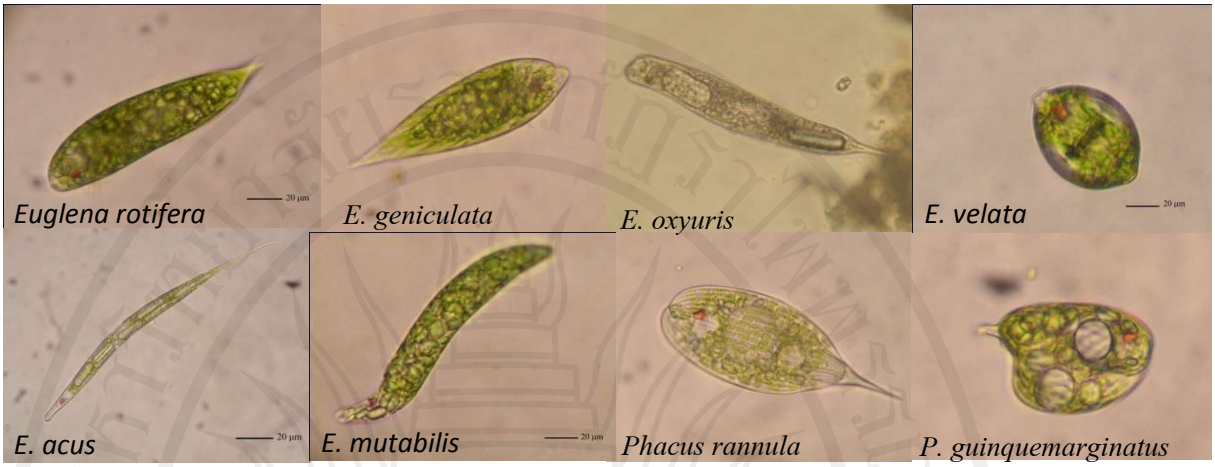
2. อาหารสะสมเป็นแป้ง เรียกว่า พาราไมลัม (Paramylum)

3. ไม่มีผนังเซลล์ มีแต่เยื่อเซลล์เหนียว ๆ เรียกว่า เพลลิเคิล (Pellicle) ทำหน้าที่เป็นขอบเขตของเซลล์

4. เป็นเซลล์เดียวมีแฟลกเจลลา 1-3 เส้นอยู่ทางด้านหน้า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง ราชภัฏรำไพพรรณี

5. ตัวอย่างของสาหร่ายดิวิชันนี้ได้แก่ ยูกลีนา (*Euglena*) และฟาคัส (*Phacus*) ความสำคัญ มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ เช่น ไดอะตอมมีสารพวกซิลิกา ซึ่งสามารถนำไปใช้ได้ใน อุตสาหกรรมเคมี และก่อสร้าง เป็นต้น



ภาพที่ 10.5 ตัวอย่างชนิดของยูกลีนอยด์
ที่มา: (ชุตาภา คุณสุข และคณะ, 2554 : 741)

ไฟลัมฟีโอไฟตา ได้แก่ พวกสาหร่ายสีน้ำตาล (Brown algae) แหล่งที่พบ คือ ในน้ำเค็ม มีลักษณะต่าง ๆ ดังนี้

1. สาหร่ายในไฟลัมฟีโอไฟตา เรียกโดยทั่วไปว่า สาหร่ายสีน้ำตาล (Brown algae) ทั้งนี้เพราะมีรงควัตถุที่ทำให้เกิดสีน้ำตาล คือ ฟิวโคแซนทีน (Fucoxanthin) อยู่มากกว่าคลอโรฟิลล์ เอ และคลอโรฟิลล์ ซี สาหร่ายสีน้ำตาลมีมากในทะเลตามแถบชายฝั่งที่มีอากาศเย็น มีเพียง 35 สกุล ที่พบในน้ำจืด สาหร่ายสีน้ำตาลมักเรียกชื่อทั่วไปว่า ซีวีด (Sea weed) เพราะเป็นวัชพืชทะเล

2. ผนังเซลล์เป็นสารพวกเซลลูโลสและกรดอัลจินิก (Alginic acid) ซึ่งสามารถสกัดสารอัลจิน (Algin) มาใช้ประโยชน์ได้

3. รูปร่างและขนาดแตกต่างกันไป มีตั้งแต่ขนาดเล็กต้องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ จนถึงขนาดใหญ่มองเห็นด้วยตาเปล่า บางชนิดมีรูปร่างเป็นสายยาวแตกกิ่งก้าน เช่น เอคโตคาปัส (*Ectocarpus)* บางชนิดมีรูปร่างเป็นแผ่นแผ่แบนหรือคล้ายใบไม้โบกไหวอยู่ในน้ำ เช่น ลามินาเรีย *(Laminaria*) บางชนิดคล้ายต้นปาล์มขนาดเล็กเรียกว่า ซีปาล์ม (Sea palm) บางชนิดคล้ายต้นไม้เล็ก ๆ เช่น ซาแกสซัม (*Sargassum*) หรือสาหร่ายนุ่น หรือรูปร่างคล้ายพัด เช่น พาไดนา *(Padina)*

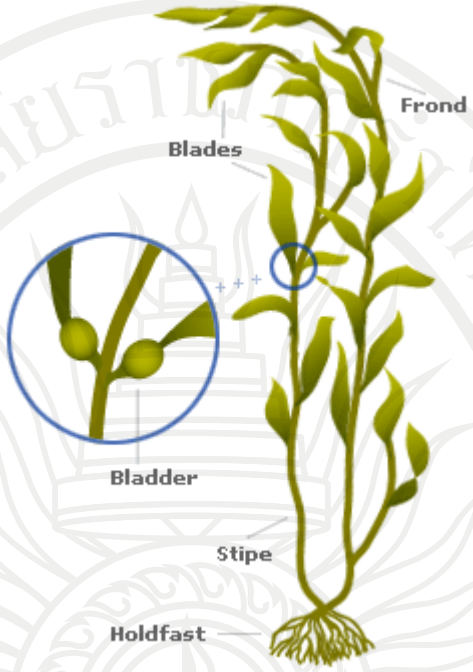
4. สาหร่ายสีน้ำตาลมีหลายเซลล์ พวกที่มีขนาดใหญ่มาก เรียกว่า เคลป์ (Kelp) ซึ่งอาจมีความยาว 60-70 เมตร เช่น แมคโครซีสติส *(Macrocystis)*, เนโรซีสติส *(Nereocystis*) พวกที่มีขนาดใหญ่มักมีลักษณะเหมือนพืชชั้นสูงประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้

4.1 โฮลด์ฟาสต์ (Holdfast) คือ ส่วนที่ทำหน้าที่เป็นราก สำหรับยึดเกาะแต่ไม่ได้ดูดแร่ธาตุเหมือนพืชชั้นสูง โฮลด์ฟาสต์ของพวกนี้สามารถแตกแขนงได้มาก และยึดเกาะได้แข็งแรง

4.2 สไตป์ (Stipe) หรือ คอลลอยด์ (Colloid) คือส่วนที่อยู่ถัดจากรากขึ้นมาทำหน้าที่คล้ายลำต้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

4.3 เบลด (Blade) หรือลามินา (Lamina) หรือฟิลลอยด์ (Phylloid) คือส่วนที่ทำหน้าที่เป็นใบ บางชนิดมีถุงลม (air bladder หรือ Pneumatocyst) อยู่ที่โคนใบเพื่อช่วยพยุงให้ลอยตัวอยู่ได้ในน้ำ จากลักษณะดังกล่าวจึงถือกันว่าสาหร่ายสีน้ำตาลมีวิวัฒนาการสูงสุดในบรรดาสาหร่ายด้วยกัน (ยกเว้นสาหร่ายไฟ)



ภาพที่ 10.6 โครงสร้างของสาหร่ายเคลป์
ที่มา: (ยุวดี พีรพรพิศาล, 2549 : 294)

5. ส่วนประกอบของผนังเซลล์ เซลล์ของสาหร่ายสีน้ำตาลประกอบด้วย

5.1 ผนังเซลล์ มี 2 ชั้น ชั้นในเป็นพวกเซลลูโลส ชั้นนอกเป็นสารเมือก กรดอัลจินิก ซึ่งจะอยู่ที่ผนังเซลล์และช่องว่างระหว่างเซลล์ โดยมีประมาณถึง 24% ของน้ำหนักแห้ง กรดอัลจินิกนี้เมื่อสกัดออกมาจะอยู่ในรูปของเกลืออัลจิเนต สำหรับใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ โดยมีคุณสมบัติเป็นตัวทำให้เกิดอิมัลชัน (Emulsifying agent) และเป็นตัวคงรูป (Stabillzing agent)

5.2 คลอโรพลาสต์ มีเพียง 1 อัน หรือมีจำนวนมากในแต่ละเซลล์ขึ้นอยู่กับชนิด คลอโรพลาสต์ จะมีลักษณะกลมแบน (Platelike) หรือเป็นแฉกรูปดาว ไพรีนอยด์เกิดเดี่ยว ๆ เป็นแบบมีก้านติดอยู่ข้าง ๆ คลอโรพลาสต์ โดยมีผนังคลอโรพลาสต์หุ้มรวมไว้

5.3 นิวเคลียสมีเพียง 1 อัน ในแต่ละเซลล์

5.4 อาหารสะสมมี 3 ชนิด ได้แก่

1) โพลีแซกคาไรด์ที่ละลายน้ำ ได้แก่ ลามินาริน (Laminarin) หรือลามินาแรน (Laminaran) มีปริมาณตั้งแต่ 2-34 % ของน้ำหนักแห้ง

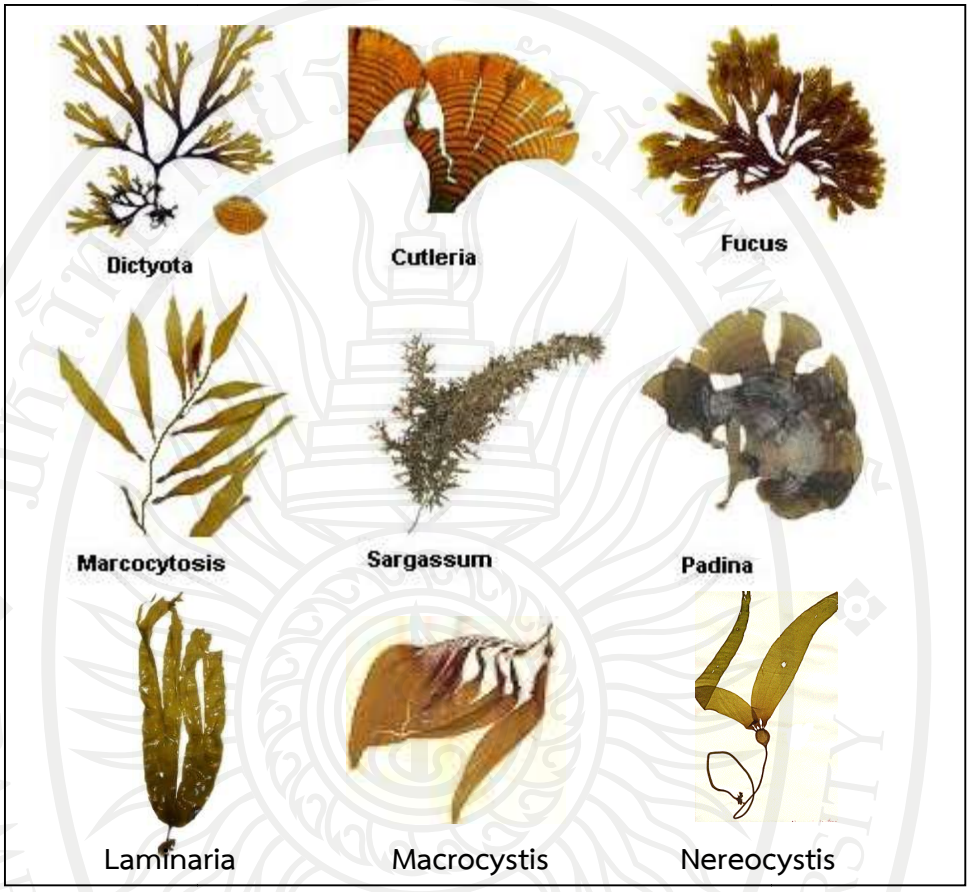
2) แมนนิตอล (Mannitol) พบเฉพาะในสาหร่ายสีน้ำตาลเท่านั้น

3) น้ำตาลจำพวกซูโครส (Sucrose) และกลีเซอรอล (Glycerol)

6. การสืบพันธุ์ สาหร่ายสีน้ำตาลมีการสืบพันธุ์ทั้งแบบอาศัยเพศและไม่อาศัยเพศ โดยมีวงชีวิตแบบสลับ (Alternation of generation) คล้ายกับพืช

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์

ความสำคัญของสาหร่ายสีน้ำตาล ได้แก่ ลามินาเรีย *(Laminara)* ใช้ทำปุ๋ยโปแตสเซียม นอกจากนี้ ลามินาเรีย *(Laminara)* และเคลป์ (*Kelp*) ยังสามารถนำไปสกัดได้สารแอลจิน (Algin) เพื่อนำไปใช้ทำไอศกรีม พลาสติก และสบู่ได้อีกด้วย



ภาพที่ 10.7 ตัวอย่างชนิดของสาหร่ายสีน้ำตาล
ที่มา: (ยุวดี พีรพรพิศาล, 2549 : 290-295)

ไฟลัมไพรโรไฟตา สมาชิกในไฟลัมนี้นิยมเรียกว่า ไดโนแฟลกเจลเลต (Dinoflagellates) เพราะมีแฟลกเจลลา 2 เส้น ยาวไม่เท่ากันเส้นหนึ่งอยู่ในร่องตามขวางของเซลล์ อีกเส้นหนึ่งอยู่ในร่องตามยาวของเซลล์ บางชนิด แฟลกเจลลัมอยู่ด้านหน้าทั้ง 2 เส้น แต่อย่างไรก็ตามสมาชิกที่มีหลายเซลล์อยู่เป็นกลุ่มและเป็นสายไม่เคลื่อนที่ก็มีเหมือนกัน และมีมากกว่า 1,000 ชนิด ที่สีปรากฏค่อนไปทางสีแดงเปลวไฟ ดังนั้นบางท่านจึงเรียกว่า สาหร่ายสีเปลวไฟ (Fire algae) แหล่งที่พบ พบทั้งในน้ำจืดและน้ำทะเล โดยเฉพาะบริเวณที่มีน้ำเสีย มีลักษณะดังนี้

1. รงควัตถุภายในเซลล์มีคลอโรฟิลล์ เอ และคลอโรฟิลล์ ซี แคโรทีน แซนโธฟิลล์ หลายชนิด ที่สำคัญคือ เพอริดินัม (Peridinum) และไดโนแซนธิน (Dinoxanthin)

2. อาหารสะสม คือ แป้ง (Starch) ซึ่งสะสมไว้ในหรือนอกคลอโรพลาสต์ นอกจากนั้นอาจมีหยดน้ำมัน

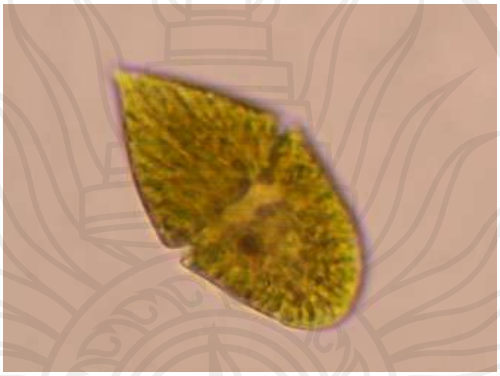
3. บางชนิดไม่มีผนังเซลล์ห่อหุ้ม เซลล์จะเปล่าเปลือย เช่น จิมโนดิเนียม (*Gymnodinium*)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง

4. พบมากในทะเล บางพวกเรืองแสงได้ในที่มืด (Bioluminescence) ที่เราเรียกว่า พรายน้ำ บางชนิดพบในน้ำจืดและน้ำกร่อย

5. การสืบพันธุ์โดยมากเป็นแบบไม่อาศัยเพศโดยการแบ่งเซลล์และมีการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศบ้าง

ความสำคัญ พบว่าในบางพื้นที่ชายฝั่งทะเลที่มีอินทรียสารอุดมสมบูรณ์ เหมาะต่อการเจริญเติบโตของไดโนแฟลกเจลเลต (Dinoflagellate) ทำให้เกิดการบลูมของสาหร่ายทะเลชนิดนี้มาก เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า น้ำพิษสีแดงหรือขี้ปลาวาฬ (Red tide) โดยทำให้เกิดอันตรายกับสิ่งมีชีวิตบริเวณผิวน้ำ ที่ใช้ออกซิเจนในการหายใจ เนื่องจากสาหร่ายที่เกิดการบลูมจะแผ่ปกคลุมพื้นที่ดังกล่าวเต็มพื้นที่ และทำให้เกิดมีการตายของปลาและสัตว์น้ำชนิดอื่น ๆ เป็นจำนวนมาก



ภาพที่ 10.8 ไดโนแฟลกเจลเลตจิมโนดิเนียม (*Gymnodinium* sp.) ที่พบในบริเวณป่าอนุรักษ์พันธุกรรมพืชฯ มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ที่มา: (ชุตาภา คุณสุข และคณะ, 2554 : 742)

ภาพที่ 10.9 ปรากฏการณ์ขี้ปลาวาฬ

ที่มา: (Cambell, N.A., 1977 : 789-790**)**

ไฟลัมโรโดไฟตา ได้แก่ พวกสาหร่ายสีแดง ในปัจจุบันพบแล้วประมาณ 3,900 สปีชีส์ แหล่งที่พบส่วนใหญ่พบในทะเล มีลักษณะดังนี้

1. สาหร่ายในไฟลัมนี้ มีรงควัตถุภายในพลาสติดที่มีปริมาณมากนั้นมีสีแดง คือ คลอโรฟิลล์ ดี และไฟโคอิริธริน (Phycoerythrin) บางครั้งสาหร่ายสีแดงอาจปรากฏเป็นสีน้ำเงินเพราะมีรงควัตถุ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

พวกไฟโคไซยานิน (Phycocyanin) รวมอยู่ในพลาสติดด้วย อย่างไรก็ตามสาหร่ายสีแดงก็มีคลอโรฟิลด์ เอ ซึ่งเป็นรงควัตถุหลักในการสังเคราะห์แสง และที่น่าสนใจอีกอย่างก็คือ สาหร่ายสีแดงมีรงควัตถุแบคทิริโอคลอโรฟิลล์ เอ เหมือนดังที่พบในแบคทีเรียที่สังเคราะห์แสงด้วย

2. ส่วนประกอบของเซลล์

2.1 ผนังเซลล์ ประกอบด้วยผนังเซลล์ชั้นใน เป็นพวกสารเซลลูโลส และผนังเซลล์ชั้นนอกเป็นสารเมือกพวกซัลเฟตเตต แกแลกแตน (Sulfated galactan) ได้แก่ วุ้น (Agar) พอร์ไฟแรน (Porphyran) เฟอร์เซลเลอแรน (Furcelleran) และคาร์ราจีแนน (Carrageenan)

2.2 คลอโรพลาสต์มี 2 แบบ คือบางพวกมีลักษณะเป็นแฉกรูปดาว และมีไพรีนอยด์ตรงกลาง บางพวกมีลักษณะกลมแบน

2.3 อาหารสะสมเป็นแป้ง มีชื่อเฉพาะว่า ฟลอริเดียน สตาซ (Floridean starch) อยู่ในไซโทพลาสซึม นอกจากแป้งแล้วยังสะสมไว้ในรูปของน้ำตาล ฟลอริโดไซด์ (Floridoside) ซึ่งทำหน้าที่เหมือนน้ำตาลซูโครสในสาหร่ายสีเขียวและพืชชั้นสูง

2.4 สาหร่ายสีแดงเป็นสาหร่ายพวกเดียวที่ทุกระยะไม่มีแฟลกเจลลัมในการเคลื่อนที่

2.5 ภายในเซลล์มีทั้งชนิดที่มีนิวเคลียสเดียว และหลายนิวเคลียส

2.6 ส่วนใหญ่อยู่ในทะเลมีบางชนิดเท่านั้นที่อยู่ในน้ำจืด

2.7 ตัวอย่างของสาหร่ายในไฟลัมนี้ ได้แก่

พอร์ไฟรา (*Porphyra*) เมื่อตากแห้งแล้วใช้ใส่แกงจืดที่เรียกกันว่า จีฉ่าย กราซิลาเรีย (*Gracilaria*) นำมาสกัดสารคาร์แรกจิแนน (Carrageenan) ใช้ในการทำวุ้น (Agar) ซึ่งมีความสำคัญในการทำอาหารเลี้ยงจุลินทรีย์ ทำเครื่องสำอาง ทำยาขัดรองเท้า ครีมโกนหนวด เคลือบเส้นใย ใช้ทำแคปซูลยา ทำยา และใช้เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ เห็ดรา และราเมือก

กราซิลาเรีย (*Gracilaria*) นำสารสกัดสารคาร์แรกจิแนน (Carrageenan) ใช้ในการทำวุ้น (Agar) ซึ่งมีความสำคัญในการทำอาหารเลี้ยงจุลินทรีย์ ทำเครื่องสำอาง ทำยาขัดรองเท้า ครีมโกนหนวด เคลือบเส้นใย ใช้ทำแคปซูลยา ทำยา และใช้เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

ความสำคัญของสาหร่ายสีแดง ได้แก่ *Porphyra* (จีฉ่าย) ใส่แกงจืด *Gracilaria* ใช้สกัดทำวุ้นได้

(ก) (ข)

ภาพที่ 10.10 ตัวอย่างสาหร่ายสีแดง (ก) พอร์ไฟรา (ข) กราซิลาเรีย
ที่มา: (ยุวดี พีรพรพิศาล, 2549 : 509, 513)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

สรุป

สิ่งมีชีวิตในอาณาจักรโพรทิสตา มีร่างกายประกอบด้วยโครงสร้างง่าย ๆ ไม่ซับซ้อน ส่วนมากมีเซลล์เดียว (Unicellular) บางชนิดมีหลายเซลล์รวมกันเป็นกลุ่ม เรียกว่า โคโลนี (Colony) หรือเป็นเส้นสายยาว (Filament) แต่ยังไม่ทำหน้าที่ร่วมกันเป็นเนื้อเยื่อ (Tissue) หรืออวัยวะ (Organ) แต่ละเซลล์สามารถทำหน้าที่ของความเป็นสิ่งมีชีวิตได้ครบถ้วนอย่างอิสระ ไม่มีระยะตัวอ่อน (Embryo) ซึ่งต่างจากพืชและสัตว์ที่มีระยะตัวอ่อนก่อนที่จะเจริญเติบโตเป็นตัวเต็มวัย การดำรงชีวิตมีทั้งชนิดที่เป็นผู้ผลิต (Autotroph) เพราะมีคลอโรฟิลล์ เป็นผู้บริโภค (Consumer) และเป็นผู้ย่อยสลายอินทรียสาร (Decomposer) การเคลื่อนที่ บางชนิดเคลื่อนที่ได้โดยใช้ซีเลีย (Cilia) แฟลกเจลลัม (Flagellum) หรือเท้าเทียม (Pseudopodium) บางชนิดเคลื่อนที่ไม่ได้ การสืบพันธุ์มีทั้งแบบไม่อาศัยเพศ (Asexual reproduction) และแบบอาศัยเพศ (Sexual reproduction) แบบอาศัยเพศมีทั้งชนิดคอนจูเกชัน (Conjugation) ซึ่งเกิดจากเซลล์สืบพันธุ์ที่มีรูปร่างและขนาดเหมือนกันมารวมกัน ดังเช่นที่พบในพารามีเซียม เป็นต้น และชนิดที่มีการปฏิสนธิ (Fertilization) ซึ่งเกิดจากเซลล์สืบพันธุ์ ที่มีรูปร่างและขนาดต่างกันมารวมกัน ดังเช่นที่พบในสาหร่ายเป็นส่วนใหญ่ เป็นต้น สามารถจัดจำแนกได้เป็น 9 ไฟลัม อย่างไรก็ตามในไฟลัมที่ 8 และ 9 จัดเป็นสิ่งมีชีวิตที่อยู่อาณาจักรเห็ดรามากกว่า จึงไม่ขออธิบายในบทนี้

สำหรับไฟลัมโปรโตซัว (Phylum Protozoa) มีลักษณะสำคัญ ได้แก่ อยู่กันอย่างโดดเดี่ยว (Solitary) บางกลุ่มมีการรวมกลุ่ม ที่เรียกว่า โคโลนี (Colony) บางชนิดมีขนาดเล็กมาก จนตาเปล่าไม่สามารถมองเห็นได้ มีสมมาตร (Symmetry) ของร่างกายแบบต่าง ๆ ได้แก่ สมมาตรครึ่งซีก (Bilateral symmetry) สมมาตรทรงกลม (Spherical symmetry) และไม่มีสมมาตร (Asymmetry) เช่น พวกอะมีบา เป็นต้น การเคลื่อนที่ บางชนิดเคลื่อนที่ได้โดยใช้ ซีเลีย (Cilia) แฟลกเจลลัม (Flagellum) หรือเท้าเทียม (Pseudopodium) บางชนิดเคลื่อนที่ไม่ได้ไม่มีเนื้อเยื่อ ไม่มีอวัยวะ มีนิวเคลียสหนึ่งหรือหลายนิวเคลียส มีการดำรงชีพหลายลักษณะ ได้แก่ การดำรงชีวิตโดยอิสระ (Free-living) ภาวะพึ่งพากัน (Mutualism) ภาวะอิงอาศัย (Commensalism) หรือภาวะปรสิต (Parasitism) เคลื่อนที่โดยใช้ เท้าเทียม (Pseudopodia) ซิเลีย (Cilia) และแฟลกเจลลา (Flagella) และไม่มีอวัยวะในการเคลื่อนที่ บางชนิดมีโครงร่างค้ำจุนร่างกาย การกินอาหาร (Nutrition) มีทุกรูปแบบ ได้แก่ สร้างอาหารเองได้ (Autotrophic) และสร้างอาหารเองไม่ได้ (Heterotrophic) มีการดำรงชีวิตทั้งอาศัยอยู่ในน้ำ ในดิน บนบก ดำรงชีวิตอิสระหรือแบบซิมไบโอซิส (Symbiosis) การสืบพันธุ์ (Reproduction) แบบไม่อาศัยเพศ ได้แก่ การแบ่งตัวออกเป็นสอง (Binary fission) หรือ การแตกหน่อ (Budding) ส่วนแบบอาศัยเพศ ได้แก่ คอนจูเกชัน (Conjugation) หรือ ซินแกมี (Syngamy) เป็นการรวมตัวกันเป็นไซโกต เช่น อะมีบา พารามีเซียม และพลาสโมเดียม เป็นต้น

ส่วนไฟลัมคลอโรไฟตา (Phylum Chlorophyta) ได้แก่ สาหร่ายสีเขียว ถ้ามีมากจะเกิดเป็นปรากฏการณ์ที่เรียกว่า วอเตอร์บลูม (Water bloom) สาหร่ายสีเขียวมีจำนวนเซลล์มีทั้งพวกเซลล์เดี่ยวหรือหลายเซลล์ต่อกันเป็นสายยาว หรือรวมกันเป็นกลุ่ม มีทั้งเคลื่อนที่ได้ และเคลื่อนที่ไม่ได้ รงควัตถุที่พบจะเป็นเช่นเดียวกับที่พบในพืชชั้นสูง คือ มีคลอโรฟิลล์ เอ, คลอโรฟิลล์ บี, คาโรทีน และแซนโทฟิลล์ รงควัตถุทั้งหมดนี้จะประกอบกันด้วยอัตราส่วนที่เหมือนกับพวกพืชชั้นสูง จึงทำให้มีสีเขียวสด รงควัตถุทั้งหมดนี้จะรวมกันอยู่ในเม็ดสี หรือพลาสติด (Plastid) ที่เรียกว่า คลอโรพลาสต์ โครงสร้างของผนังเซลล์ ประกอบด้วย เซลลูโลส (Cellulose) บางชนิดมีเปกติน (Pectin) เคลือบอยู่ภายนอกบาง ๆ บางชนิดมีแคลเซียมคาร์บอเนต (Calcium carbonate) อาหารที่เก็บไว้ก็คือ

ไพรีนอยด์ (Pyrenoids) อยู่ในเม็ดคลอโรพลาสต์ เข้าใจว่าไพรีนอยด์เป็นโครงสร้างที่มีโปรตีนเป็นแกนกลาง และมีแผ่นแป้งหุ้มล้อมรอบอยู่ การสืบพันธุ์ มีทั้ง 2 แบบ คือ แบบไม่อาศัยเพศ โดยการแบ่งเป็น 2 ส่วนเท่า ๆ กัน ในพวกเซลล์เดียว หรือการหักสาย (Fragmentation) หรือสร้างสปอร์ (Sporulation) แบบอาศัยเพศ โดยคอนจูเกชัน (Conjugation) หรือการปฏิสนธิ (Fertilization) มีแหล่งที่อยู่ สาหร่ายสีเขียวพบในน้ำจืดเป็นส่วนใหญ่ ในน้ำเค็มก็มีบ้างตามที่ชื้นแฉะทั่วไป เปลือกไม้ ใบไม้ ก้อนหินเปียก ๆ และบนหิมะก็มี บางชนิดอยู่ในภาวะพึ่งพากับรา เกิดเป็นไลเคนส์ บางชนิดก็เป็นปรสิตของพืชชั้นสูง สาหร่ายสีเขียวได้แก่ *Spirogyra, Scenedesmus, Pediastrumm Chlorella, Gonium, Endorina* เป็นต้น

ไฟลัมคริสโซไฟตา (Phylum Chrysophyta) ได้แก่ พวกสาหร่ายสีน้ำตาลแกมเหลือง หรือสาหร่ายสีทอง โดยกลุ่มที่รู้จักกันดี ได้แก่ พวกไดอะตอม เป็นผู้ผลิตที่มีมากที่สุดในทะเล พบได้ทั่วไปทั้งในน้ำจืด น้ำเค็ม สาหร่ายกลุ่มนี้มีรงควัตถุที่พบในเซลล์มีรงควัตถุสีเขียว คือ คลอโรฟิลล์ เอ และคลอโรฟิลล์ ซี และมีรงควัตถุสีน้ำตาล คือ ฟิวโคแซนทิน (Fucoxanthin) ซึ่งมีมากที่สุดถึง 75 % ของรงควัตถุทั้งหมด และลูเทอริน (Luthein) ปริมาณมากกว่าคลอโรฟิลล์ จึงทำให้มีสีน้ำตาลแกมทอง มีทั้งพวกเซลล์เดียวและหลายเซลล์อยู่กันเป็นสายหรือรวมเป็นกลุ่ม ผนังเซลล์มีสารพวกซิลิกา (Sillica) สะสมอยู่ประมาณ 95% ทำให้มีลวดลายสวยงามมาก ผนังเซลล์ที่มีซิลิกาเรียก ฟรุสตุล (Frustule) ฟรุสตุลประกอบด้วย ฝา 2 ฝา ครอบกันอยู่สนิทแน่น การสืบพันธุ์มีทั้งแบบไม่อาศัยเพศ โดยการแบ่งเซลล์ออกเป็น 2 ส่วน ซึ่งเป็นการเพิ่มจำนวนที่พบเสมอ ๆ ส่วนอีกแบบหนึ่งเป็นแบบอาศัยเพศ

ไฟลัมยูกลีโนไฟตา (Phylum Euglenophyta) สาหร่ายในดิวิชันนี้เรียกว่า ยูกลีนอยด์ (Euglenoid) จัดเป็นโปรโตซัวในคลาสแฟลกเจลลาตาด้วย แหล่งที่พบพบได้ทั้งในน้ำจืด และในดินที่ชื้นแฉะ มีคลอโรฟิลล์เป็นชนิด เอ และ บี คาโรทีน แซนโทฟิลล์ อาหารสะสมเป็นแป้ง เรียกว่า พาราไมลัม (Paramylum) ไม่มีผนังเซลล์ มีแต่เยื่อเซลล์เหนียวๆ เรียกว่า Pellicle ทำหน้าที่เป็นขอบเขตของเซลล์ เป็นเซลล์เดียวมีแฟลกเจลลา 1-3 เส้นอยู่ทางด้านหน้า ตัวอย่างของสาหร่ายดิวิชันนี้ได้แก่ ยูกลีนา (*Euglena*) และฟาคัส (*Phacus*) มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ เช่น ไดอะตอมมีสารพวกซิลิกา ซึ่งสามารถนำไปใช้ได้ในอุตสาหกรรมเคมี และก่อสร้าง เป็นต้น

ไฟลัมฟีโอไฟตา (Phylum Phaeophyta) ได้แก่ พวกสาหร่ายสีน้ำตาล (Brown algae) แหล่งที่พบ คือ ในน้ำเค็ม สาหร่ายในไฟลัมฟีโอไฟตา เรียกโดยทั่วไปว่า สาหร่ายสีน้ำตาล (Brown algae) ทั้งนี้เพราะมีรงควัตถุที่ทำให้เกิดสีน้ำตาล คือ ฟิวโคแซนทีน (Fucoxanthin) อยู่มากกว่าคลอโรฟิลล์ เอ และคลอโรฟิลล์ ซี สาหร่ายสีน้ำตาลมีมากในทะเลตามแถบชายฝั่งที่มีอากาศเย็น มีเพียง 35 สกุล ผนังเซลล์เป็นสารพวกเซลลูโลสและกรดอัลจินิก (Alginic acid) ซึ่งสามารถสกัดสารอัลจิน (Algin) มาใช้ประโยชน์ได้ มีรูปร่างและขนาดแตกต่างกันไป มีตั้งแต่ขนาดเล็กต้องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ จนถึงขนาดใหญ่มองเห็นด้วยตาเปล่า บางชนิดมีรูปร่างเป็นสายยาวแตกกิ่งก้าน เช่น เอคโตคาปัส (*Ectocarpus*) บางชนิดมีรูปร่างเป็นแผ่นแผ่แบนหรือคล้ายใบไม้โบกไหวอยู่ในน้ำ เช่น ลามินาเรีย *(Laminaria*) บางชนิดคล้ายต้นปาล์มขนาดเล็กเรียกว่า ซีปาล์ม (Sea palm) บางชนิดคล้ายต้นไม้เล็ก ๆ เช่น ซาแกสซัม *(Sargassum)* หรือสาหร่ายนุ่น หรือรูปร่างคล้ายพัด เช่น พาไดนา *(Padina)* สาหร่ายสีน้ำตาลมีหลายเซลล์ พวกที่มีขนาดใหญ่มาก เรียกว่า เคลป์ (Kelp) เช่น แมคโครซิสทิส *(Macrocystis)* และเนโรซีสทิส (*Nereocystis)* การสืบพันธุ์ สาหร่ายสีน้ำตาลมีการสืบพันธุ์ทั้งแบบอาศัยเพศและไม่อาศัยเพศ โดยมีวงชีวิตแบบสลับ (Alternation of generation)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คล้ายกับพืช ความสำคัญของสาหร่ายสีน้ำตาล ได้แก่ ลามินาเรีย *(Laminaria)* ใช้ทำปุ๋ยโปแตสเซียม นอกจากนี้ (*Laminaria*) และเคลป์ (Kelp) ยังสามารถนำไปสกัดได้สารแอลจิน (Algin) เพื่อนำไปใช้ทำไอศกรีม พลาสติก และสบู่ได้อีกด้วย

ไฟลัมไพรโรไฟตา (Phylum Pyrrophyta) สมาชิกในไฟลัมนี้นิยมเรียกว่า ไดโนแฟลกเจลเลต (Dinoflagellates) เพราะมีแฟลกเจลลา 2 เส้น ยาวไม่เท่ากันเส้นหนึ่งอยู่ในร่องตามขวางของเซลล์ อีกเส้นหนึ่งอยู่ในร่องตามยาวของเซลล์ บางชนิด แฟลกเจลลัมอยู่ด้านหน้าทั้ง 2 เส้น มีมากกว่า 1,000 ชนิด ที่สีปรากฏค่อนไปทางสีแดงเปลวไฟ ดังนั้นบางครั้งจึงเรียกว่า สาหร่ายสีเปลวไฟ (Fire algae) แหล่งที่พบ พบทั้งในในน้ำจืดและน้ำทะเล โดยเฉพาะบริเวณที่มีน้ำเสีย มีรงควัตถุภายในเซลล์มีคลอโรฟิลล์ เอ และคลอโรฟิลล์ ซี แคโรทีน แซนโธฟิลล์ หลายชนิด การสืบพันธุ์โดยมากเป็นแบบไม่อาศัยเพศโดยการแบ่งเซลล์ และมีการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศบ้าง ความสำคัญ พบว่าในบางพื้นที่ชายฝั่งทะเลที่มีอินทรียสารอุดมสมบูรณ์ เหมาะต่อการเจริญเติบโตของไดโนแฟลกเจลเลต (Dinoflagellate) ทำให้เกิดการบลูมของสาหร่ายทะเลชนิดนี้มาก เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า น้ำพิษสีแดงหรือขี้ปลาวาฬ (Red tide) โดยทำให้เกิดอันตรายกับสิ่งมีชีวิตบริเวณผิวน้ำ ที่ใช้ออกซิเจนในการหายใจ เนื่องจากสาหร่ายที่เกิดการบลูมจะแผ่ปกคลุมพื้นที่ดังกล่าวเต็มพื้นที่ และทำให้เกิดมีการตายของปลาและสัตว์น้ำชนิดอื่น ๆ เป็นจำนวนมาก

ไฟลัมโรโดไฟตา (Phylum Rhodophyta) ได้แก่ พวกสาหร่ายสีแดง ในปัจจุบันพบแล้วประมาณ 3,900 สปีชีส์ แหล่งที่พบส่วนใหญ่พบในทะเล มีรงควัตถุภายในพลาสติดที่มีปริมาณมากนั้นมีสีแดง คือ คลอโรฟิลล์ ดี และไฟโคอิริธริน (Phycoerythrin) บางครั้งสาหร่ายสีแดงอาจปรากฏเป็นสีน้ำเงินเพราะมีรงควัตถุพวกไฟโคไซยานิน (Phycocyanin) รวมอยู่ในพลาสติดด้วย อย่างไรก็ตามสาหร่ายสีแดงก็มี คลอโรฟิลด์ เอ ซึ่งเป็นรงควัตถุหลักในการสังเคราะห์แสง และที่น่าสนใจอีกอย่างก็คือ สาหร่ายสีแดงมีรงควัตถุแบคทิริโอคลอโรฟิลล์ เอ เหมือนดังที่พบในแบคทีเรียที่สังเคราะห์แสง ผนังเซลล์ ประกอบด้วยผนังเซลล์ชั้นใน เป็นพวกสารเซลลูโลส และผนังเซลล์ชั้นนอกเป็นสารเมือกพวกซัลเฟตเตต แกแลกแตน (Sulfated galactan) ได้แก่ วุ้น (Agar) พอร์ไฟแรน (Porphyran) เฟอร์เซลเลอแรน (Furcelleran) และคาร์ราจีแนน (Carrageenan) อาหารสะสมเป็นแป้ง มีชื่อเฉพาะว่า ฟลอริเดียน สตาซ (Floridean starch) อยู่ในไซโทพลาสซึม นอกจากแป้งแล้วยังสะสมไว้ในรูปของน้ำตาลฟลอริโดไซด์ (Floridoside) สาหร่ายสีแดงเป็นสาหร่ายพวกเดียวที่ทุกระยะไม่มีแฟลกเจลลัมในการเคลื่อนที่ ภายในเซลล์มีทั้งชนิดที่มีนิวเคลียสเดียว และหลายนิวเคลียส ตัวอย่างของสาหร่ายในไฟลัมนี้ ได้แก่ พอร์ไฟรา (*Porphyra*) กราซิลาเรีย (*Gracilaria*) ความสำคัญของสาหร่ายสีแดง ได้แก่ *Porphyra* (จีฉ่าย) ใส่แกงจืด *Gracilaria* ใช้สกัดทำวุ้นได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

แบบฝึกหัดบทที่ 10

จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. จงอธิบายลักษณะของไดโนแฟลกเจลเลต พร้อมยกตัวอย่างไดโนแฟลกเจลเลตมา 3 ชนิด
2. สิ่งมีชีวิตในไฟลัมโปรโตซัว มีโครงสร้างใดที่ใช้ในการเคลื่อนที่ บอกมา 3 ข้อ
3. จงอธิบายลักษณะของสาหร่ายสีน้ำตาล พร้อมทั้งยกตัวอย่างมา 3 ชนิด
4. สาหร่ายชนิดใดมีรงควัตถุแบคทิริโอคลอโรฟิลล์ เอ เหมือนดังที่พบในแบคทีเรียที่สังเคราะห์แสงได้
5. ทำไมสาหร่ายในไฟลัมคริสโซไฟตาจึงมีสีน้ำตาลแกมทอง
6. จงอธิบายลักษณะของยูกลีนอยด์ และยกตัวอย่างยูกลีนอยด์มา 3 ชนิด
7. แหล่งอาศัยของสาหร่ายสีน้ำตาลมักพบในบริเวณใด
8. จงประโยชน์ของสาหร่ายสีน้ำตาล และสาหร่ายสีแดง
9. การบลูมของสาหร่ายชนิดใดทำให้เกิดปรากฏการณ์ วอเตอร์ บลูม (Water bloom)
10. จงอธิบายการเกิดปรากฏการณ์ขี้ปลาวาฬ และยกตัวอย่างสาหร่ายที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์นี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

เอกสารอ้างอิง

ชุตาภา คุณสุข, ประสาน แสงไพบูลย์, เสาวภา สุราวุธ และฤทัยณัฏฐ์ แสงเป่า. (2554). **ความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืช บริเวณพื้นที่ป่า ในมหาวิทยาลัยราชภัฏราไพพรรณี จังหวัดจันทบุรี.** เอกสารงานประชุมวิชาการและนิทรรศการโครงการอพสธ. ครั้งที่ 5 ทรัพยากรไทย : ก้าวสู่โลกกว้างอย่างมั่นใจ. นครราชสีมา : โครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริฯ.

บพิธ จารุพันธุ์ และนันทพร จารุพันธุ์. (2549). **โพรโทซัวในแหล่งน้ำจืด**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

มาลินี ฉัตรมงคลกุล และชิดชัย จันทร์ตั้งสี. (2548). **แพลงก์ตอน**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ยุวดี พีรพรพิศาล. (2549). **สาหร่ายวิทยา**. พิมพ์ครั้งที่ 2. เชียงใหม่ : ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ยุวดี พีรพรพิศาล. (2558). **สาหร่ายน้ำจืดในประเทศไทย.** พิมพ์ครั้งที่ 3. เชียงใหม่ : ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

Cambell, N.A. (1977). **Biology.** 4th ed. California : The Benjamin/Cummings Publishing Company, INC.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

แผนการสอนประจำบทที่ 11

อาณาจักรฟังไจ

เนื้อหาประจำบท

บทที่ 11 อาณาจักรฟังไจ

1. ลักษณะโดยทั่วไปของสิ่งมีชีวิตในอาณาจักรฟังไจ
2. การจัดจำแนกสิ่งมีชีวิตในอาณาจักรฟังไจ

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

เมื่อศึกษาบทที่ 11 แล้วนักศึกษาสามารถ

1. อธิบายลักษณะโดยทั่วไปของสิ่งมีชีวิตในอาณาจักรฟังไจได้
2. สามารถจัดจำแนกสิ่งมีชีวิตในอาณาจักรฟังไจได้
3. สามารถยกตัวอย่างชนิดของฟังไจในแต่ละไฟลัมได้
4. อธิบายแหล่งที่อยู่ของฟังไจได้
5. ยกตัวอย่างบทบาทที่สำคัญของฟังไจต่อมนุษย์และระบบนิเวศได้

กิจกรรมการเรียนการสอนประจำบท

1. ผู้สอนอธิบายทฤษฎี และซักถาม พร้อมยกตัวอย่างประกอบการบรรยาย โดยใช้เครื่องฉายภาพ (Projector)
2. ให้ผู้เรียนทำแบบฝึกหัดบทที่ 11
3. ทดสอบย่อยหลังจบบทเรียน

สื่อการเรียนการสอน

1. เอกสารประกอบการสอนวิชาชีววิทยา 1
2. ไฟล์เอกสารประกอบการสอนวิชาชีววิทยา 1 (Power point)
3. ตัวอย่างราจากอาหาร และพืช
4. หนังสืออ่านประกอบค้นคว้าเพิ่มเติม
5. แบบฝึกหัดบทที่ 11

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

การวัดผลและประเมินผล

1. สังเกตจากการซักถามผู้เรียน
2. สังเกตจากการร่วมกิจกรรม
3. สังเกตจากความสนใจ
4. ประเมินจากการทำคำถามท้ายบท
5. ประเมินจากการสอบระหว่างภาคและปลายภาค

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

บทที่ 11

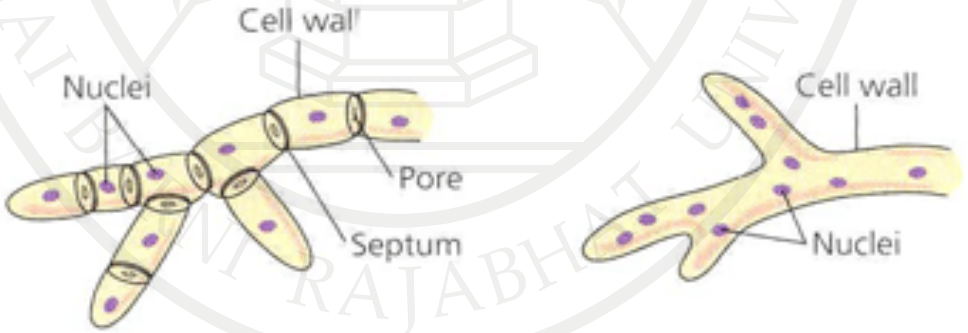
อาณาจักรฟังไจ

สิ่งมีชีวิตพวกฟังไจ ตัวอย่างเช่น ราขนมปัง ยีสต์ ราเขียว ราดำ เห็ดต่าง ๆ มีบทบาทสำคัญในระบบนิเวศ โดยทำหน้าที่เป็นผู้ย่อยสลายอินทรียสาร (Decomposer) ทำให้มีการหมุนเวียนในระบบนิเวศ ในขณะเดียวกันราบางชนิดก็ก่อให้เกิดโรคในสิ่งมีชีวิตอื่น เช่น ราที่เป็นปรสิตในพืช (*Synchytrium endobiotrichum*) ทำให้เกิดโรคปุ่มปมดำ และราในสัตว์ เช่น เชื้อราพวกกลากเกลื้อนที่พบในคน เป็นต้น และในปัจจุบันที่เทคโนโลยีชีวภาพมีการพัฒนาอย่างรวดเร็ว ทำให้มีการนำสิ่งมีชีวิตในกลุ่มเห็ดรามาใช้ประโยชน์อย่างมากมาย ไม่ว่าจะเป็นทางด้านอุตสาหกรรม อาหาร การแพทย์ และการเกษตร โดยเนื้อหาในบทนี้ ได้แก่ ลักษณะทั่วไปและโครงสร้างของฟังไจ การสืบพันธุ์ การจัดหมวดหมู่ฟังไจ แหล่งที่อยู่ของฟังไจ และบทบาทที่สำคัญของฟังไจต่อมนุษย์

ลักษณะทั่วไปและโครงสร้างของฟังไจ

สมาชิกในอาณาจักรฟังไจ ได้แก่ รา ยีสต์ และเห็ด มีลักษณะทั่วไป และโครงสร้าง ดังต่อไปนี้

1. เซลล์เป็นแบบยูคาริโอต (Eucaryotic cell) มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส
2. ไม่มีคลอโรฟิลล์ ดำรงชีวิตเป็นผู้ย่อยสลายสารอินทรีย์ที่เน่าเปื่อย
3. อาจมีเซลล์เดียว เช่น ยีสต์ แต่อาจมีการต่อกันเป็นสาย เรียกว่า ซูโดไมซีเลียม (Pseudomycelium) หรือ ซูโดไฮฟี (Pseudohyphae) แต่ส่วนใหญ่เป็นพวกหลายเซลล์
4. พวกหลายเซลล์ ประกอบด้วยกลุ่มเซลล์ที่มีลักษณะเส้นใย เส้นใยแต่ละเส้นเรียกว่า ไฮฟา (Hypha) ซึ่งมักรวมกันเป็นกระจุกเรียกว่า ขยุ้มรา หรือไมซีเลียม (Mycelium)
5. ลักษณะของเส้นใยแบ่งออกเป็น 2 ชนิด ได้แก่ เส้นใยที่มีผนังกั้น (Septate hypha) และเส้นใยที่ไม่มีผนังกั้น (Nonseptate hypha or coencytic hypha) ดังภาพที่ 11.1



ก ข

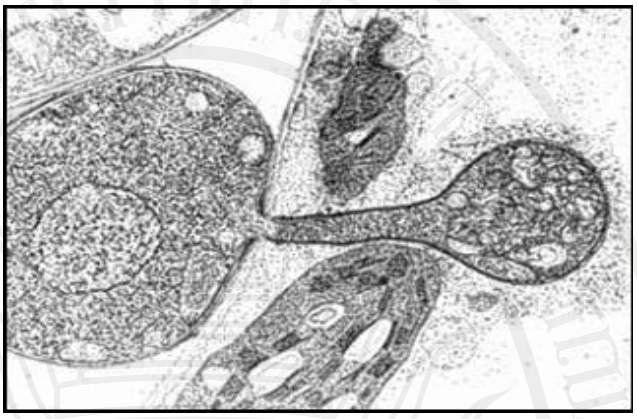
ภาพที่ 11.1 ลักษณะของเส้นใยของรา (ก) เส้นใยมีผนังกั้น (ข) เส้นใยไม่มีผนังกั้น
ที่มา: (ปรีชา สุวรรณพินิจ และนงลักษณ์ สุวรรณพินิจ, 2553 : 325)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏราไพพรรณี

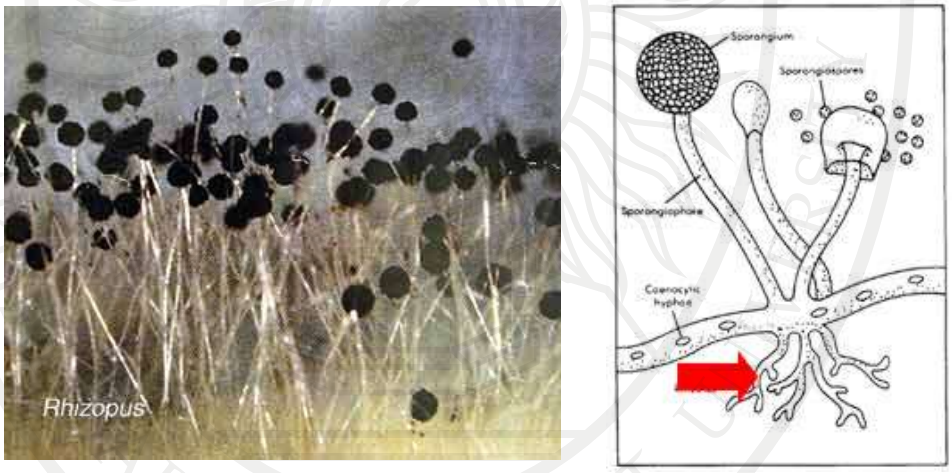
เส้นใยของฟังไจอาจเปลี่ยนแปลงแปลงรูปร่างเพื่อทำหน้าที่พิเศษ ได้แก่

ฮอสโตเรียม (Haustorium) เป็นเส้นใยที่ยื่นเข้าเซลล์โฮสต์ เพื่อดูดอาหารจากโฮสต์ พบในราที่เป็นปรสิต (ภาพที่ 11.2)

ไรซอยด์ (Rhizoid) มีลักษณะคล้ายรากพืชยื่นออกจากไมซีเลียม เพื่อยึดให้ติดกับผิวอาหาร และช่วยดูดซึมอาหารด้วย เช่น ราขนมปัง (ภาพที่ 11.3)



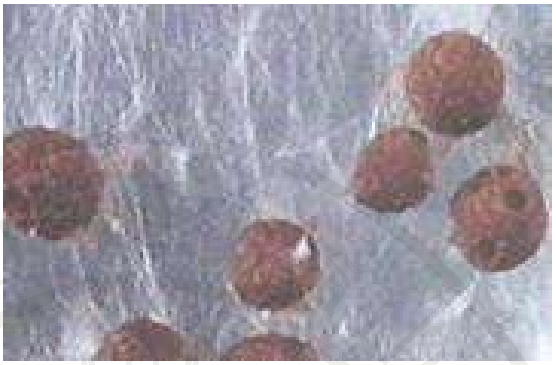
ภาพที่ 11.2 ฮอสโตเรียม
ที่มา: (นุกูล อินทรสังขา, 2553 : 13)



ภาพที่ 11.3 ราขนมปัง *Rhizopus* sp. ที่มีไรซอยด์
ที่มา: (นุกูล อินทรสังขา, 2553 : 13)

เส้นใยของฟังไจบางชนิด เมื่อพบกับสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม เช่น อุณหภูมิหรือความชื้นต่ำหรือสูงเกินไป จะเข้าสู่ระยะพักตัว โดยเส้นใยบริเวณนั้นจะแตกแขนงสั้น ๆ และสานกันจนกลายเป็นกลุ่มก้อนที่มีรูปร่างและลักษณะจำเพาะของแต่ละสปีชีส์ เรียกแต่ละก้อนว่า สเคลอโรเตียม (Sclerotium; พหูพจน์ = Sclerotia)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏราไพพรรณี



ภาพที่ 11.4 สเคลอโรเตียม
ที่มา: (นุกูล อินทรสังขา, 2553 : 12)

6. มีผนังเซลล์คล้ายพืช (มีองค์ประกอบเป็นเซลลูโลสและไคทิน) แต่ไม่มีคลอโรฟิลล์ ดังนั้นสร้างอาหารเองไม่ได้ ดำรงชีวิตแบบปรสิตหรือแบบภาวะมีการย่อยสลาย หรือบางชนิดอยู่ร่วมกับสาหร่ายที่ต้องพึ่งพา (ไลเคนส์)

7. ไม่สามารถสังเคราะห์อาหารเองได้ ต้องดูดซึมเอาอาหารจากสิ่งแวดล้อมรอบ ๆ ตัวมาใช้ โดยวิธีการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุต่าง ๆ (Decompose) ในบริเวณที่เห็ดราเจริญเติบโตอยู่ เช่น เห็ดที่ขึ้นตามขอนไม้ หรือราที่ขึ้นบนขนมปัง เป็นต้น

8. อาหารสะสมมี 2 ชนิด ได้แก่ ไกลโคเจน และลิปิด โดยไกลโคเจนจะพบในเซลล์ทั่วไป และเซลล์ที่ใช้ในการสืบพันธุ์ ส่วนลิปิดจะพบมากในสปอร์ และเป็นอาหารที่นำไปใช้เป็นแหล่งพลังงานในการเจริญเติบโต

9. เห็ดราบางชนิดดำรงชีวิตเป็นแบบภาวะเบียน (Parasitism) คือ เข้าไปเจริญเติบโตหรืออาศัยอยู่ในสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นๆ แล้วดูดซึมเอาอาหารจากสิ่งมีชีวิตชนิดนั้นมาใช้ ซึ่งมักทำให้เกิดโรคต่าง ๆ บางพวกเข้าไปอยู่ร่วมกับสิ่งมีชีวิตอื่นในรูปแบบภาวะพึ่งพา (Mutualism) เช่น ไลเคนส์ เป็นต้น

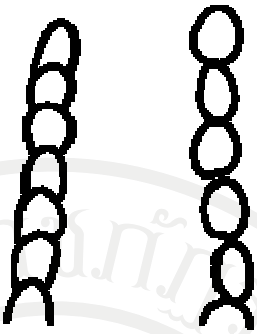
10. การสืบพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตในอาณาจักรฟังไจ แบ่งออกเป็นการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ มีดังนี้

10.1 การหักออกเป็นท่อน (Fragmentation) เกิดจากเส้นใยหักเป็นส่วน ๆ แต่ละส่วนเรียก ออยเดีย (Oidia) สามารถเจริญเป็นเส้นใยใหม่ได้

10.2 การแตกหน่อ (Budding) เป็นการที่เซลล์แบ่งออกเป็นหน่อขนาดเล็กและนิวเคลียสของเซลล์แม่แบ่งออกเป็นสองนิวเคลียส นิวเคลียสอันหนึ่งจะเคลื่อนย้ายไปเป็นนิวเคลียสของหน่อ เมื่อหน่อเจริญเต็มที่จะคอดเว้าขาดจากกัน หน่อที่หลุดออกมาจะเจริญต่อไปได้ เรียกหน่อที่ได้นี้ว่า (Blastospore) พบการสืบพันธุ์แบบนี้ในยีสต์ทั่วไป

10.3 การแบ่งตัวออกเป็น 2 ส่วน (Fission) แต่ละเซลล์จะคอดเว้าตรงกลางและหลุดออกจากกันเป็น 2 เซลล์พบในยีสต์บางชนิดเท่านั้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



ภาพที่ 11.5 การหักออกเป็นท่อน
ที่มา: (นุกูล อินทรสังขา, 2553 : 26)

(ก) (ข)

ภาพที่ 11.6 (ก) การแบ่งออกเป็นสองส่วน (ข) การแตกหน่อของยีสต์ *(Saccharomyces* sp.)
ที่มา: (นุกูล อินทรสังขา, 2553 : 26)

10.4 การสร้างสปอร์แบบไม่อาศัยเพศ เป็นการสืบพันธุ์แบบไม่มีเพศที่พบมากที่สุด สปอร์แต่ละชนิดจะมีชื่อและวิธีสร้างที่แตกต่างกันไป เช่น

โคนิดิโอสปอร์ (Condiospore) หรือ โคนิเดีย (Conidia) เป็นสปอร์ที่ไม่มีสิ่งหุ้ม เกิดที่ปลายเส้นใยที่ทำหน้าที่ชูสปอร์ โคนิดิโอฟอร์ (Conidiophore) ที่ปลายของเส้นใยจะมีเซลล์ที่เรียกว่า สเตอริกมา (Sterigma) ทำหน้าที่สร้างโคนิเดีย (Conidia) เช่น แอสเปอร์จิลลัส *(Aspergillus* sp.) และเพนนิซิเลียม (*Penicillium* sp.)

สปอร์แรงจิโอสปอร์ (Sporangiospore) เป็นสปอร์ที่เกิดจากปลายเส้นใยพองออกเป็นกระเปาะ แล้วต่อมามีผนังกั้นเกิดขึ้นภายใน กระเปาะจะมีผนังหนาและเจริญเป็นอับสปอร์ (Sporangium) นิวเคลียสภายในอับสปอร์จะมีการแบ่งตัวหลาย ๆ ครั้งโดยมีส่วนของโปรโตพลาสซึมและผนังหนามาหุ้มกลายเป็นสปอร์ที่เรียกว่า สปอร์แรงจิโอสปอร์ (Sporangiospore) จำนวนมากมาย

สำหรับการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ พบว่ามีการผสมกันระหว่างเซลล์สืบพันธุ์และมีการรวมตัวของนิวเคลียส ซึ่งรวมแล้วเป็นดิพพลอยด์ (Diploid) (2n) และมีการแบ่งตัวในขั้นตอนสุดท้ายแบบไมโอซิส (Meiosis) เพื่อลดจำนวนโครโมโซมลงเป็นแฮพพลอยด์ (Haploid) (n) ตามเดิม

การสืบพันธุ์แบบมีเพศในฟังไจ แต่ละชนิดจะมีโครงสร้างที่เรียกว่า แกมีแทงเจียม (Gametangium) ทำหน้าที่สร้างเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้และเพศเมียที่เรียกว่า แกมีท (Gamete) เข้าผสมกัน นอกจากนี้ยังพบว่าฟังไจที่มีแกมีแทงเจียม (Gametangium) สร้างเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้และเพศเมียอยู่ใน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

ไมซิเลียมเดียวกันและสามารถผสมพันธุ์กันได้เรียกว่า โมโนอีเชียส (Monoecious) แต่ฟังไจที่มีแกมีแทงเจียม (Gametangium) สร้างเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้และเพศเมียอยู่ต่างไมซีเลียมกัน แต่ละไมซีเลียมเรียกว่า ไดอีเชียส (Dioecious) ในการสืบพันธุ์แบบมีเพศของฟังไจต่าง ๆ นี้ จะมีการสร้างสปอร์เกิดขึ้นเช่นเดียวกัน สปอร์ที่ได้จากการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศมีขนาดเล็กและจำนวนน้อยกว่า เช่น แอสโคสปอร์ (Ascospore), เบสิดิโอสปอร์ (Basidiospore), ไซโกสปอร์ (Zygospore) และโอโอสปอร์ (Oospore)

การจัดจำแนกฟังไจ

ในปัจจุบันนักราวิทยา ได้มีการจัดจำแนกชนิดของราได้ประมาณ 10,000 ชนิดแล้ว และมีการคาดกันว่ายังมีราอีกกว่าล้านชนิดที่ยังไม่ได้มีการค้นพบและจัดจำแนก โดยในปัจจุบันมีการจัดหมวดหมู่ราตามความสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการ โดยอาศัยความแตกต่างของอาร์ ดีเอ็นเอ (rDNA) ซึ่งได้จัดราไว้ใน 3 อาณาจักร ได้แก่ อาณาจักรฟังไจ อาณาจักรสแตรมมิโนพิลา และอาณาจักรโพรทิสตา ตามระบบการจัดหมวดหมู่เชื้อราของ Webster and Weber (2007)

อาณาจักรยูไมโคตา (Kingdom Eumycota): เชื้อราที่แท้จริง ผนังเซลล์ส่วนใหญ่ประกอบไปด้วยไคติน แบ่งออกเป็น 5 ไฟลัม ได้แก่

1. ไฟลัมไคทริดิโอไมโคตา (Phylum Chytridiomycota)
2. ไฟลัมไซโกไมโคตา (Phylum Zygomycota)
3. ไฟลัมแอสโคไมโคตาร์ (Phylum Ascomycota)
4. ไฟลัมเบสิดิโอไมโคตา (Phylum Basidiomycota)
5. ไฟลัมดิวเทอโรไมโคตา (Phylum Deuteromycota) (imperfect fungi)

อาณาจักรสแตรมมินิพิลา (Kingdom Straminipila) : ราน้ำ ผนังเซลล์ส่วนใหญ่ประกอบด้วยเซลลูโลส

1. ไฟลัมโอโอไมโคตา (Phylum Oomycota)
2. ไฟลัมไฮโปไคทริดดิโอไมโคตา (Phylum Hypochytridiomycota)
3. ไฟลัมลาบรินทูโลไมโคตา (Phylum Labrynthulomycota)

อาราจักรโพรทิสตา (Kingdom Protista) : ราเมือก ส่วนใหญ่ไม่มีผนังเซลล์

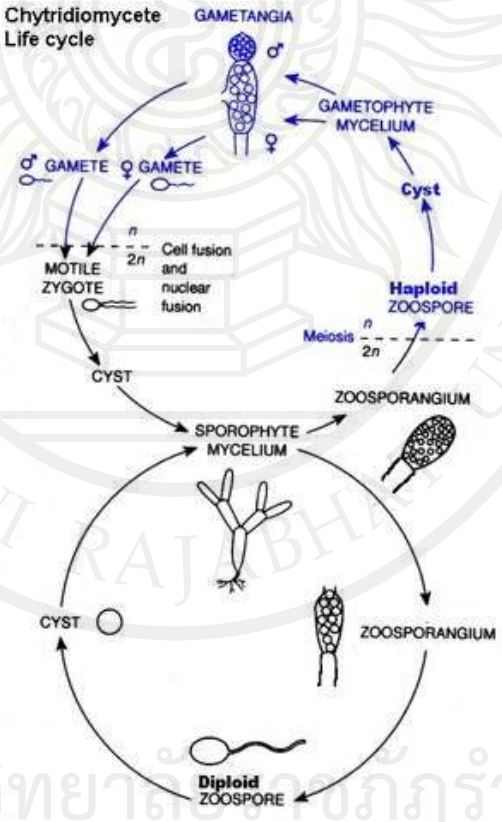
1. ไฟลัมอะคราสิโอไมโคตา (Phylum Acrasiomycota)
2. ไฟลัมดิคไทโอสเตลิโอไมโคตา (Phylum Dictyosteliomycota)
3. ไฟลัมมิกโซไมโคตา (Phylum Myxomycota)
4. ไฟลัมพลาสโมดิโอฟอโรไมโคตา (Phylum Plasmodiophoromycota)

อย่างไรก็ตามระบบการจัดหมวดหมู่ฟังไจยังมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา การจะใช้ระบบกลางนั้นอาจจะต้องมีการมาพูดคุยกัน เพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างนักเห็ดราวิทยาให้กว้างขวาง สำหรับเนื้อหาในเอกสารนี้จะกล่าวถึงราที่อยู่ในอาณาจักรฟังไจเท่านั้น ซึ่งจัดเป็นราแท้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

1. ไฟลัมไคทริดิโอมัยคอตา

เชื้อราในไฟลัมนี้ประกอบด้วยสมาชิกมากกว่า 900 ชนิด โดยพบทัลลัสเป็นเซลล์เดี่ยวมีรูปร่างคล้ายหม้อน้ำทรงกลม จึงมีชื่อเรียกทั่วไปว่า ไคทริด (Chytrid) ซึ่งมาจากภาษากรีก คำว่า ไคทริไดออน (Chytridion) ส่วนใหญ่มักพบในแหล่งน้ำ ทำให้ถูกเรียกรวมกันว่า ราน้ำ (Water mold) มีลักษณะที่สำคัญ คือ เส้นใยไม่มีผนังกั้น เป็นราแท้ที่มีวิวัฒนาการต่ำสุดในอาณาจักรฟังไจ ผนังเซลล์ประกอบด้วยไคติน การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศจะสร้างเส้นใยที่เรียกว่า (Gametophyte mycelium) โดยจะสร้างอับสปอร์ที่เรียกว่า แกมีแทงเจีย (Gametangia) ซึ่งมีอับสปอร์เพศผู้และเพศเมียอยู่ในทัลลัสเดียวกัน เมื่ออับสปอร์เจริญเต็มที่จะแตกออก สปอร์เพศผู้และเพศเมียจะปฏิสนธิกันได้เป็น โมไทล์ ไซโกท (Motile zygote) จากนั้นจะหยุดเคลื่อนที่ และเกาะกับพื้นผิว เจริญงอกเป็นสปอร์โรไฮฟีไมซีเลียม (Sporo hyphe mycelium) ซึ่งเป็นระยะที่มีการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ โดยสร้างสปอร์ที่เคลื่อนที่ได้มีแฟลกเจลลา 1 เส้น เรียกว่า ซูโอสปอร์ (Zoospore) โดยสร้างภายในอับสปอร์ที่เรียกว่า ซูโอสปอแรงเจียม (Zoosporangium) ได้แก่ ออลโลไมซีส *(Allomyces* sp.) ซึ่งมักยึดเกาะกับเซลล์สิ่งมีชีวิตอื่น หรือวัตถุในน้ำ, ไคทริดิโอไมซิส *(Chytridiomyces* sp.) ทำหน้าที่เป็นปรสิตหรือผู้ย่อยสลายกับสาหร่ายหรือราน้ำบางชนิด ราน้ำบางชนิดมี เป็นปรสิตในพืชเศรษฐกิจ เช่น ราน้ำสกุลออลพิเดียม *(Olpidium brassicae)* เป็นพาหะสำคัญของเชื้อไวรัสที่ทำให้เกิดโรคเส้นใบบวมโตกับผักกาดแก้ว (Lettuce) บางชนิดนำมาใช้กำจัดลูกน้ำยุงได้ เช่น ราน้ำซีโลโมไมซีส *(Coelomomyces* sp.) และมีบทบาทสำคัญในระบบนิเวศแหล่งน้ำ คือ ช่วยย่อยสลายเศษซากอินทรียวัตถุในน้ำให้กลับคืนสู่วัฏจักรของแต่ละสารอีกด้วย เป็นราที่เจริญได้ดีในสภาพมีออกซิเจนทั้งในดิน โคลน และในน้ำ

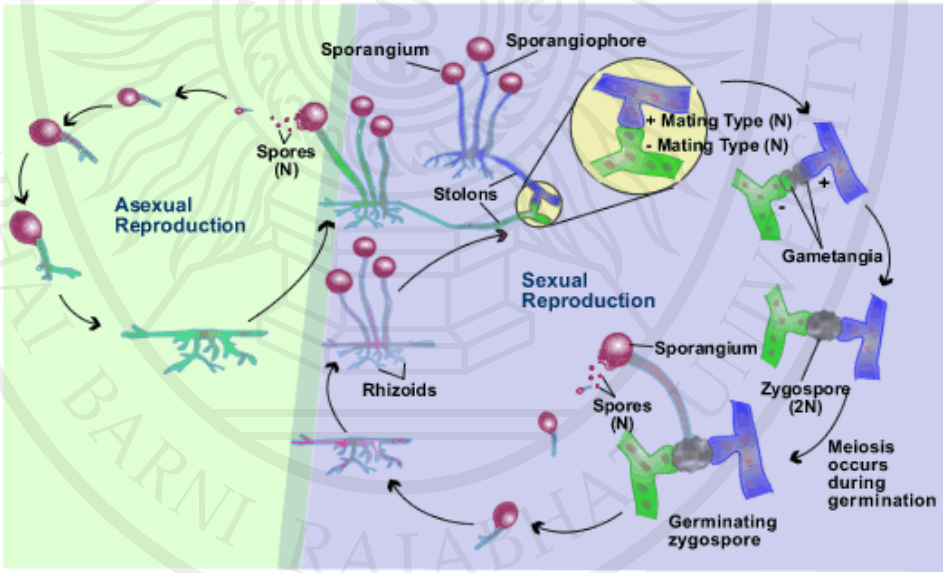


ภาพที่ 11.7 วัฏจักรของเชื้อราในไฟลัมไคทิดิโอมัยคอตา
ที่มา: (นุกูล อินทรสังขา, 2553 : 79)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

2. ไฟลัมไซโกมัยคอตา

มีชื่อเรียกกันโดยทั่วไปว่า ราขนมปัง (Bread mold) หรือ ซึ่งมักพบตามขนมปัง หรืออาหารที่มีส่วนผสมเป็นแป้ง เป็นเชื้อรากลุ่มแรกที่มีวิวัฒนาการปรับตัวขึ้นมาอาศัยอยู่บนบก มีลักษณะเด่น คือ มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว โดยการสร้างเส้นใยที่ไม่มีผนังกั้น แต่เส้นใยของเชื้อรากลุ่มนี้จะสร้างผนังกั้นในขณะที่สร้างสปอร์แบบอาศัยเพศเท่านั้น สำหรับการสร้างสปอร์แบบไม่อาศัยเพศที่เคลื่อนที่ไม่ได้ จะสร้างในอับสปอร์หรือถุงห่อหุ้ม เรียกว่า สปอร์แรงจิโอสปอร์ (Sporangiospore) มีการสร้างไซโกสปอร์ (Zygospore) ที่เกิดจากการผสมรวมกันของอวัยวะสืบพันธุ์ ทำให้มีหน่วยสืบพันธุ์หรือสปอร์แบบอาศัยเพศที่มีรูปร่างได้หลายแบบ และนำมาใช้เป็นเกณฑ์ในการจัดจำแนกชนิดได้ ผนังเซลล์ของเส้นใยประกอบไปด้วยสารพวกไคโตแซน ไคติน และกลูแคน บางครั้งเส้นใยอาจมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างเป็นเซลล์เดี่ยว หรือในทางตรงข้ามเซลล์เดี่ยวอาจเปลี่ยนเป็นเส้นใยได้ เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า (Dimorphic) ซึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัยสภาพแวดล้อม การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศของไซโกไมโคตา (Zygomycota) จะเกิดขึ้นจากไมซีเลียม (Mycelium) ที่มีลักษณะของเมตติงไทป์ (Mating type) ที่แตกต่างกัน ต่างงอกหลอดมาชนกัน แล้วเกิดการรวมเซลล์ขึ้น บริเวณปลายส่วนที่ยื่นมาติดกัน แล้วเซลล์ที่รวมกันนี้จะค่อยๆ สร้างผนังที่ทนต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมได้ เรียกว่า ซูโอสปอร์แรงเจียม (Zoosporangium) เมื่อเกิดการรวมนิวเคลียสแล้ว จึงเกิดการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส (Meiosis) อีก และเมื่อสิ่งแวดล้อมเหมาะสมจะมีการสร้างสปอร์ แล้วปล่อยแฮพพลอยด์ สปอร์ (Haploid spore) จำนวนมากออกมาสู่อาหารใหม่ (Substrate) สปอร์ลักษณะนี้เรียกว่า สปอร์พักตัว (Zygospore) (ภาพที่ 11.8)

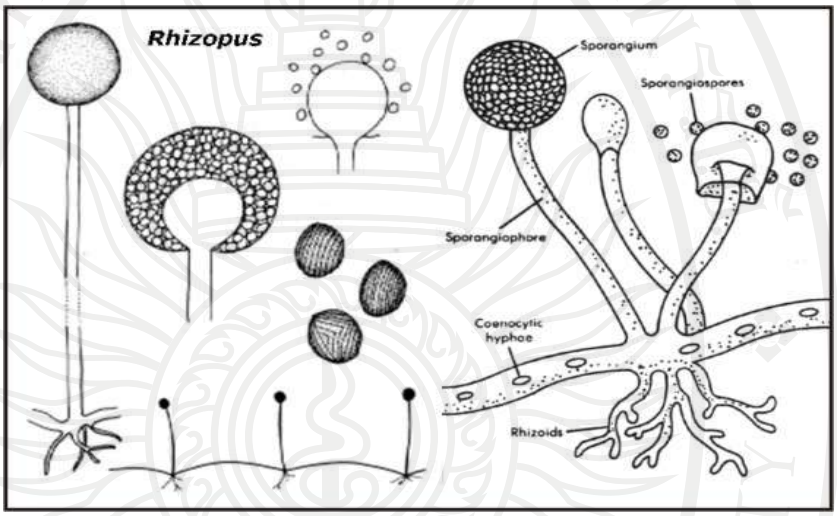


ภาพที่ 11.8 วัฏจักรชีวิตของเชื้อราในไฟลัมไซโกไมโคตา
ที่มา: (นุกูล อินทรสังขา, 2553 : 88)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

โดยทั่วไปพบเชื้อรากลุ่มนี้ในดิน และมูลสัตว์ บางชนิดเป็นผู้ย่อยสลาย บางชนิดเป็นปรสิตหรือผู้ล่าเหยื่อของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง แมลง พืช และเชื้อราชนิดอื่น และบางชนิดอาศัยอยู่ร่วมกับสิ่งมีชีวิตอื่น โดยดำรงชีวิตแบบพึ่งพาอาศัยร่วมกันกับพืช คือ ราไมคอร์ไรซาที่อาศัยอยู่กับกล้วยไม้

บทบาทที่สำคัญอย่างยิ่งของเชื้อราในกลุ่มนี้ ได้แก่ การนำมาใช้ในการผลิตอาหารของชาวเอเชีย เช่น เทมเป้ (Tempeh) ซึ่งเป็นอาหารพื้นเมืองของชาวอินโดนีเซีย ทำจากถั่วเหลืองหมัก และเชื้อรา ไรโซปัส โอลิโกสปอร์รัส *(Rhizopus oligosporus)* และการใช้เชื้อรามิวเกอร์ อินดิคัส *(Mucor indicus)* เป็นหัวเชื้อจุลินทรีย์ (Inoculum) ในการย่อยแป้งก่อนเข้าสู่กระบวนการหมักเป็นแอลกอฮอล์ เป็นต้น เชื้อราที่รู้จักกันอย่างแพร่หลาย คือ ราดำ (*Rhizopus stolonifer*) ซึ่งมักพบบนขนมปัง และผลไม้เน่าเสีย ราชนิดนี้จะงอกเส้นใย แผ่คลอบคลุมอาหาร และงอกเส้นใยเจริญลงไปในอาหาร เมื่อเจริญเต็มที่จะสร้างอับสปอร์รูปกลม สีดำ เรียกว่า สปอแรงเจียม (Sporangium) บนก้านชูอับสปอร์ที่เรียกว่า สปอร์แรงจิโอสปอร์ (Sporangiospore) จำนวนมากมาย ดังภาพที่ 11.9 เมื่อปลิวไปตกในที่เหมาะสม ก็จะเจริญเป็นเส้นใยใหม่ได้ ซึ่งเป็นการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ



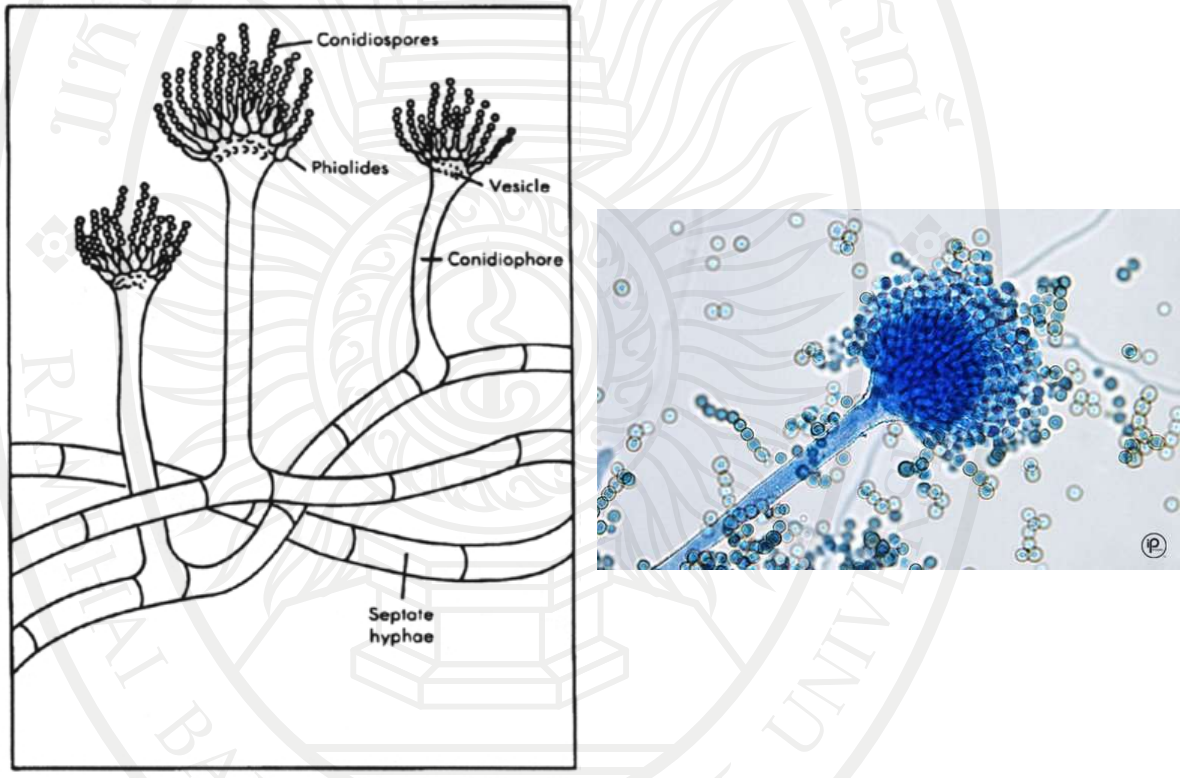
ภาพที่ 11.9 โครงสร้างของเชื้อราไรโซปัส (*Rhizopus* sp.) (การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ)
ที่มา: (ปรีชา สุวรรณพินิจ และนงลักษณ์ สุวรรณพินิจ, 2553 : 344)

3. ไฟลัมแอสโคมัยคอตา

มีชื่อเรียกกันโดยทั่วไปว่า แอสโคไมซีส (Ascomycetes) หรือแซค ฟังไจ (Sac fungi) หรือ ราถุง ตามลักษณะการสร้างสปอร์แบบแอสโคสปอร์ (Ascospore) ซึ่งสร้างอยู่ในโครงสร้างลักษณะเป็นถุงห่อหุ้ม เรียกว่า แอสคัส (Ascus) เส้นใยมีผนังกั้น สิ่งที่ต่างจากไซโกสปอร์ (Zygospore) คือ ระยะการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ จะเกิดขึ้นในฟรุตติง บอดี (Fruiting bodies) ขนาดใหญ่ ที่เรียกว่า แอสโคคาร์พ (Ascocarp) ซึ่งแอสคัส (Ascus) ก็จะเกิดขึ้นในแอสโคคาร์พ (Ascocarp) นี้ โดยทั่วไปมักจะมี 8 แอสโคสปอร์ต่อแอสคัส เชื้อราในไฟลัมนี้จัดเป็นกลุ่มที่ใหญ่ที่สุดในอาณาจักรเห็ดรา มีสมาชิกประมาณ 32,000 ชนิด เชื้อราในไฟลัมนี้สามารถสร้างสปอร์แบบไม่อาศัยเพศได้มากมาย โดยเกิดขึ้นที่ปลายของไฮฟี (Hyphae) ที่เรียกว่า ก้านซูโคนิเดีย (Conidiophores) สปอร์จะถูกสร้างขึ้นเป็นสายโดยไม่อยู่ในอับสปอร์ เรียกสปอร์แบบนี้ว่า โคนิเดีย (ภาพที่ 11.10) ราในกลุ่มนี้จะมี 2 สภาพ คือ สภาพที่สร้างถุง (Ascus) ซึ่งเป็นระยะที่มีการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ เรียกว่า ระยะสมบูรณ์ (Perfect stage) และสภาพที่มีการสร้างโคนิเดีย ซึ่งเป็นระยะที่มีการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ เรียกว่า ระยะไม่สมบูรณ์ (Imperfect stage) (ภาพที่ 11.11) มีรูปแบบการดำรงชีวิตที่หลากหลาย บางชนิดเป็นผู้ย่อยสลาย บางชนิดเป็นปรสิตกับพืช หรือสัตว์ รวมทั้งมนุษย์ และบางชนิด

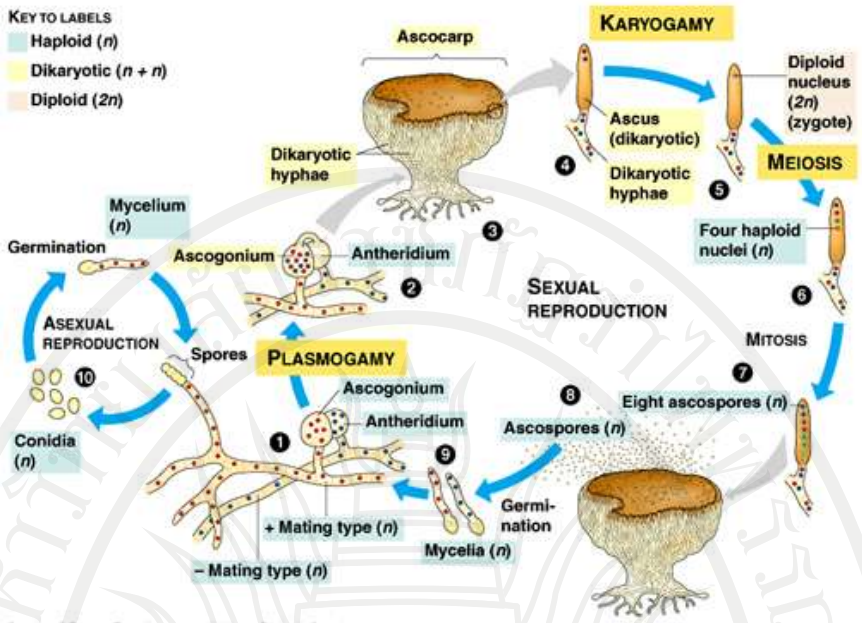
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

อาศัยอยู่ร่วมกับสิ่งมีชีวิตอื่นแบบพึ่งพาอาศัย เช่น ไลเคนส์ ซึ่งส่วนมากเป็นเชื้อราที่อาศัยอยู่ร่วมกับสาหร่ายสีเขียว หรือสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน บางชนิดเป็นราไมคอร์ไรซาที่อาศัยอยู่ร่วมกับรากพืช เช่น *(Tuber* sp.) สำหรับบทบาทที่สำคัญต่อมนุษย์นั้น ราบางชนิดนำมาผลิตอาหาร หรือสารเคมีในระดับอุตสาหกรรม เช่น การผลิต เหล้า เบียร์ หรือขนมปังจากเชื้อยีสต์ *(Saccharomyces* sp.) ซึ่งมีลักษณะเป็นเซลล์แบบเดี่ยว ๆ สืบพันธุ์โดยการแตกหน่อ (Budding) ยาปฏิชีวนะจากเชื้อราเพนนิซีเลียม นอตาตัม (*Penicillium notatum)* แต่ก็มีเชื้อราบางชนิดที่เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดโรค เช่น โรคมะเร็งตับ จากเชื้อราแอสเปอร์จิลลัส ฟลาวัส *(Aspergillus flavus)* เป็นต้น สำหรับแหล่งที่อยู่อาศัยของเชื้อรากลุ่มนี้พบได้หลายระบบนิเวศ ได้แก่ ในดิน ตามต้นไม้ แหล่งน้ำจืด และน้ำทะเล ดังนั้นราในกลุ่มนี้ ได้แก่ ยีสต์แซคคาโรไมซิส *(Saccharomyces* sp.) ราสีเหลือง แอสเปอร์จิลลัส ฟลาวัส *(Aspergillus flavus)* ผลิตสารอัลฟาทอกซิน (Aflatoxin) ซึ่งเป็นสารที่ก่อให้เกิดมะเร็งตับ ราสีดำแอสเปอร์จิลลัส ไนเกอร์ (*Aspergillus niger*) ใช้ในการผลิตกรดซิตริกและซีอิ๊ว



ภาพที่ 11.10 โคนิเดียสปอร์ที่พบในราชนิดแอสเปอร์จิลลัส (*Aspergillus* sp.)
ที่มา: (ปรีชา สุวรรณพินิจ และนงลักษณ์ สุวรรณพินิจ, 2553 : 357)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



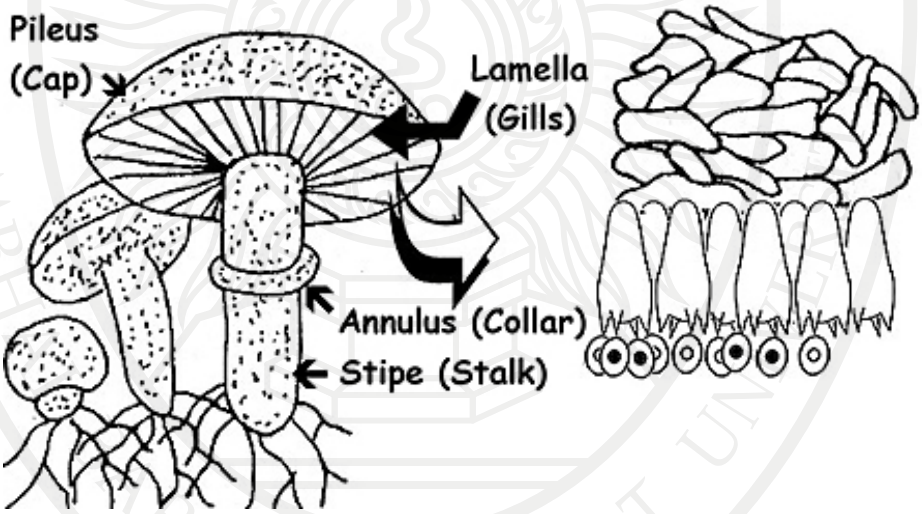
ภาพที่ 11.11 วัฏจักรชีวิตของเชื้อราในไฟลัมแอสโคมัยคอตา
ที่มา: (ปรีชา สุวรรณพินิจ และนงลักษณ์ สุวรรณพินิจ, 2553 : 347)

4. ไฟลัมเบซิดิโอมัยคอตา

เชื้อราที่พบในไฟลัมนี้ส่วนมากมีขนาดใหญ่ มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า มีชื่อเรียกทั่วไปว่า คลับ ฟังไจ (Club fungi) หรือรากระบอง เนื่องจากลักษณะของเบสิเดียม (Basidium) ซึ่งเป็นที่ผลิตสปอร์ของรากลุ่มนี้ มีลักษณะคล้ายกระบอง ลักษณะที่สำคัญของเชื้อราในกลุ่มนี้ คือ สร้างสปอร์แบบอาศัยเพศที่เรียกว่า แบซิดิโอสปอร์ (Basidiospore) บนเบซิเดียม (ภาพที่ 11.12) โดยปลายสุดจะมีก้านชูขนาดเล็กยื่นออกไป เรียกว่า สเตอริกมา (Sterigma) ซึ่งโดยทั่วไปจะรองรับเบซิดิโอสปอร์จำนวน 4 สปอร์ การสร้างเบซิเดียมส่วนใหญ่มักเกิดที่ส่วนปลายของเส้นใยที่มีนิวเคลียสเป็นไดคาริออน ยกเว้น ในราเขม่าดำบางชนิด ลักษณะของเบซิเดียมใช้เป็นเกณฑ์สำคัญในการแบ่งกลุ่มย่อย โดยสามารถแบ่งเบซิเดียมออกเป็น 2 แบบ คือ แบบที่ 1 โฮโลเบสิเดียม (Holobasidium) เป็นเบซิเดียมที่ไม่มีผนังกั้น และแบบที่ 2 คือ เฮทเทอโรเบสิเดียม (Heterobasidium) เป็นเบซิเดียมที่มีผนังกั้น ซึ่งอาจกั้นตามขวางหรือตามยาว ส่วนการสร้างสปอร์แบบไม่อาศัยเพศ เช่น โคนิเดีย (Conidia) จะพบได้น้อยกว่าสมาชิกของไฟลัมแอสโคไมโคตา (Ascomycota) ได้แก่ เห็ดต่าง ๆ และยีสต์บางชนิด รวมทั้งรา สนิม และราเขม่าดำ ปัจจุบันมีการค้นพบแล้วกว่า 30,000 ชนิด เชื้อรากลุ่มนี้มีทั้งประโยชน์และโทษ เห็ดหลายชนิดถูกนำมาบริโภคเป็นอาหาร เช่น เห็ดนางฟ้า เห็ดหอม เป็นต้น แต่เห็ดบางชนิดก็มีพิษรุนแรงอาจถึงตายได้ เมื่อบริโภคเข้าไป เช่น เห็ดพิษ *(Amanita muscaria)* ผลิตสารพิษพวกมัสคารีน และอะโทรพีน ซึ่งจะไปรบกวนการทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติ เป็นต้น บางชนิดย่อยสลายไม่ได้ ก่อให้เกิดการผุพังอย่างรวดเร็ว ดอกเห็ดเกิดจากเมื่อสิ่งแวดล้อมมีความเหมาะสม จะมีการสร้างฟรุตติง บอดี (Fruiting bodies) ที่เรียกว่า เบสิดิโอคาร์พ (Basidiocarp) (ภาพที่ 11.13) ซึ่งเป็นที่อยู่ของเบสิเดียม (Basidium) จำนวนมาก หมวกของดอกเห็ดจะเป็นส่วนที่ป้องกันและยึดส่วนที่เป็นครีบทางด้านล่างที่เป็นที่อยู่ของเบสิเดียม (Basidium) จำนวนมาก เห็ด 1 ดอก สามารถที่จะปล่อยสปอร์ออกมาได้ถึงพันล้านสปอร์ ซึ่งจะร่วงลงทางด้านใต้

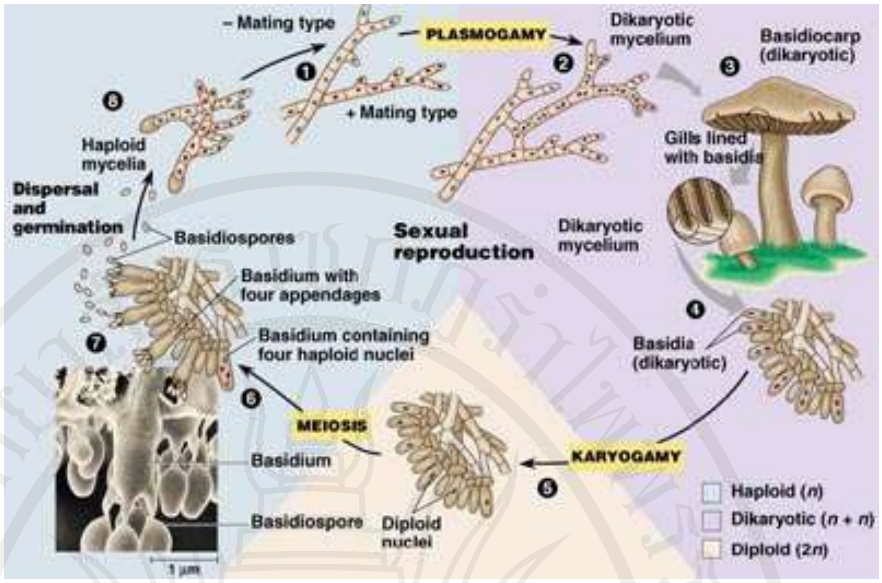
ดอกเห็ด และถูกลมพัดพาไป (ภาพที่ 11.14) บางชนิดจัดเป็นไมคอร์ไรซา (Micorrhiza) และบางชนิดจัดเป็นปรสิต (Parasite)

ภาพที่ 11.12 เบสิดิโอสปอร์บนเบซิเดียม
ที่มา: (ปรีชา สุวรรณพินิจ และนงลักษณ์ สุวรรณพินิจ, 2553 : 348)



ภาพที่ 11.13 โครงสร้างของดอกเห็ด หรือเบซิดิโอคาร์พ
ที่มา: (ปรีชา สุวรรณพินิจ และนงลักษณ์ สุวรรณพินิจ, 2553 : 349)

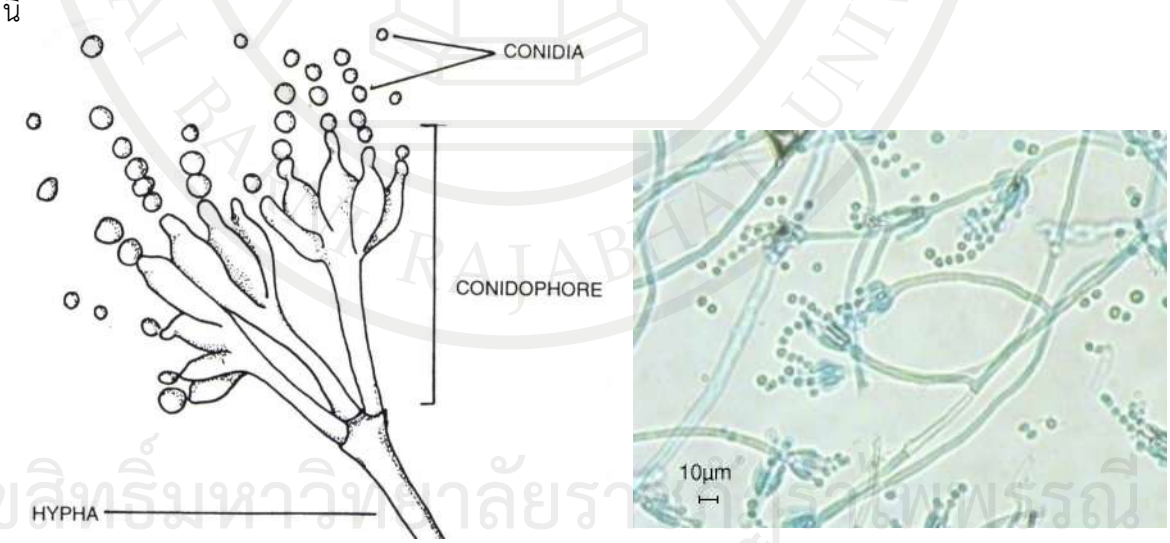
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



ภาพที่ 11.14 วัฏจักรชีวิตของเชื้อราในไฟลัมเบซิดิโอมัยคอตา
ที่มา: (นุกูล อินทรสังขา, 2553 : 158)

5. ไฟลัมดิวเทอโรมัยคอตา

มีชื่อเรียกโดยทั่วไปว่า อิมเพอร์เฟคไท ฟังไจ (Imperfecti fungi) หรือฟังไจที่ไม่สมบูรณ์ เนื่องจากเป็นกลุ่มของฟังไจที่ยังไม่พบระยะที่มีการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ และไม่สามารถจัดอยู่ในไฟลัมใดได้ เช่น ราสีเขียว เพนนิซิเลียม นอตาตัม *(Penicillium notatum)* ใช้ผลิตยาปฏิชีวนะพวกเพนนิซิลิน (ภาพที่ 11.15) ลักษณะทั่วไป คล้ายกับเชื้อราชั้นสูงทั่วไป คือ เส้นใยมีผนังกั้น บางชนิดเป็นเซลล์เดี่ยว เช่น ยีสต์ที่มีการแตกหน่อหรือแบ่งเป็นสองเซลล์เท่ากันอย่างเดียว เมื่อมีการสร้างสปอร์จะเป็นแบบที่เกิดบนก้านชู ไม่มีผนังห่อหุ้มกลุ่มสปอร์ เรียกสปอร์แบบนี้ว่า โคนิเดียม (Conidium) ประเภทและรูปแบบของการเกิดโคนิเดียมมีความสำคัญในการจัดจำแนกเชื้อราในไฟลัมนี้



ภาพที่ 11.15 โครงสร้างของเชื้อราเพนนิซิเลียม *(Penicillium* sp.)
ที่มา: (ปรีชา สุวรรณพินิจ และนงลักษณ์ สุวรรณพินิจ, 2553 : 357)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

แหล่งที่อยู่ของฟังไจ

เชื้อราสามารถแบ่งออกเป็นกลุ่มย่อยได้ตามแหล่งที่อยู่อาศัยที่มักพบเชื้อราเหล่านั้นเสมอ โดยในแหล่งที่อยู่ดังกล่าวอาจมีอาหารหรือสภาพแวดล้อมที่เฉพาะเจาะจง ซึ่งเป็นปัจจัยควบคุมไม่ให้มีเชื้อรา หรือสิ่งมีชีวิตประเภทอื่นเจริญแข่งขันได้ เช่น

1. ราน้ำ ได้แก่ เชื้อราที่อาศัยอยู่ในน้ำ ส่วนใหญ่เป็นเชื้อราที่สร้างซูโอสปอร์ในไฟลัมไคทริดิโอไมโคตา (Chytridiomycota) และในอาณาจักรสแตรมมินิพิลา (Straminipila) ซึ่งอาจดำรงชีวิตอยู่ในน้ำตลอดวงจรชีวิต หรือเฉพาะช่วงสืบพันธุ์ก็ได้ นอกจากนี้เชื้อราในไฟลัมแอสโคไมโคตา (Ascomycota) และดิวเทโรไมโคตา (Deuteromycota) บางชนิดสามารถปรับตัวอยู่ในน้ำได้

2. ราในดิน ได้แก่ เชื้อราในดิน โดยเฉพาะในดินที่มีสารอินทรีย์สูง มีการระบายอากาศดี และมีสภาพเป็นกรดเล็กน้อย รากลุ่มนี้จะช่วยทำให้เกิดการเน่าเปื่อยผุพังของอินทรียวัตถุ โดยเฉพาะสารเคมีที่มีโมเลกุลใหญ่และซับซ้อน เช่น เซลลูโลส ลิกนิน และไคทิน เป็นต้น

3. รากินมูลสัตว์ ได้แก่ เชื้อราที่เจริญในในมูลสัตว์ทั้งที่กินพืชและสัตว์เป็นอาหาร ซึ่งจะมีเชื้อราต่างชนิดกันไป

4. ราแมลง ได้แก่ เชื้อราที่อาศัยบนแมลง อาจเป็นปรสิตหรืออยู่แบบพึ่งพาอาศัยกัน เช่น ราแมลงวัน *(Entomopthora)* เป็นปรสิตภายในแมลงวันบ้าน เชื้อราคอร์ไดเซพ *(Cordycep)* เป็นปรสิตในแมลงหลายชนิด เช่น มด ตัวอ่อนของผีเสื้อ โดยเชื้อรากลุ่มนี้จะเข้าไปอาศัยอยู่ในตัวแมลงและทำให้ตายได้ โดยการสร้างเส้นใย และโครงสร้างสืบพันธุ์ออกมาภายนอก

5. ราผู้ล่าเหยื่อ ได้แก่ เชื้อราที่ดำรงชีวิตเป็นผู้ล่าเหยื่อจับกินอะมีบา โรติเฟอร์ หนอนตัวกลมในดินหรือในน้ำ

6. ราชอบร้อน เป็นเชื้อราที่ชอบเจริญในสถานที่หลังไฟไหม้ โดยเฉพาะในทุ่งหญ้า เช่น ราไพโรนีมา *(Pyronema* sp.) หรือในดินที่มีการอบเพื่อฆ่าเชื้อก่อนนำมาเพาะปลูก เช่น *(Neurospora* sp.) เป็นต้น

7. ราที่ชอบเคอราติน ได้แก่ เชื้อราที่ชอบเจริญอยู่ตามเส้นผม เล็บ ซึ่งมีส่วนประกอบของโปรตีนที่ชื่อ เคอราติน

8. ราที่อาศัยตามรากพืช ได้แก่ เชื้อราที่อาศัยอยู่ตามรากพืช เช่น ราไมคอลไรซา เป็นต้น

9. ราที่อยู่ภายในร่างกายมนุษย์ เชื้อราที่ชอบอยู่ในร่างกายคน เช่น ยีสต์แคนดิดาสอัลบิแคน (*Candidas albicans*) ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ประจำถิ่นในร่างกายคน เป็นต้น

10. ราที่ชอบอยู่กับสัตว์ ได้แก่ เชื้อราที่ที่ชอบอยู่ตามสัตว์ชนิดต่าง ๆ ได้แก่ เชื้อราที่ไม่ชอบออกซิเจนและอาศัยอยู่ในกระเพาะสัตว์เคี้ยวเอื้อง เช่น นีโอคัลลิมาสทริกซ์ พาทริซิลเลียม (*Neocallimastrix patricilium)* เป็นต้น

บทบาทที่สำคัญของฟังไจต่อมนุษย์

ฟังไจมีบทบาทต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ในหลายด้าน ทั้งในด้านที่เป็นประโยชน์และในส่วนที่ก่อให้เกิดโรค ดังมีรายละเอียดดังนี้

1. บทบาทด้านอุตสาหกรรมและอาหาร

ยีสต์ทำขนมปัง ส่วนใหญ่เป็นยีสต์ในสกุลแซคคาโรไมซิส ซีรีเวียร์ซี *(Saccharomyces cereviasiae)* เกิดจากการหมักยีสต์และกากน้ำตาล น้ำแช่ข้าวโพด รวมไปถึงพวกธาตุอาหารต่าง ๆ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

เช่น แมกนีเซียม สังกะสี เป็นต้น ยีสต์ขนมปังมีบทบาทในขั้นตอนการทำขนมปัง หรือขนมอบอื่น ๆ โดยเป็นตัวการที่ทำให้แป้งเกิดการเพิ่มปริมาตร หรือพองตัว จากการที่เกิดกาซคาร์บอนไดออกไซด์ในระหว่างการหมักแป้งกับยีสต์

เห็ดกินได้ มนุษย์นำเห็ดจากตามธรรมชาติมาบริโภคเป็นเวลานานแล้ว โดยเกิดจากการสังเกตและบริโภคเป็นจำนวนน้อย ๆ ก่อน หลังจากนั้นจึงมีการนำมาบริโภคอย่างกว้างขวาง โดยเห็ดที่กินได้และมีการเก็บมาจากแหล่งต่าง ๆ ตามธรรมชาติ ได้แก่ เห็ดโคน เห็ดจั่น เห็ดเสม็ด เป็นต้น และเมื่อมีความต้องการบริโภคเห็ดเพิ่มมากขึ้น จึงได้มีการนำความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเข้ามาใช้ในการเพาะเห็ด โดยเห็ดที่มีการเพาะปลูกเป็นการค้าได้แก่ เห็ดนางฟ้า เห็ดฟาง เห็ดหอม เป็นต้น

ก ข ค

ภาพที่ 11.16 (ก) เห็ดนางฟ้า (ข) เห็ดฟาง (ค) เห็ดหอม
ที่มา: (นุกูล อินทรสังขา, 2553 : 168-169)

อาหารหมักดองจากเชื้อรา อาหารหลายชนิดได้มาจากกระบวนการหมักของเชื้อราหลายชนิด โดยเฉพาะในแถบทวีปเอเชีย เช่น เครื่องปรุงรสอาหารจากจีนและญี่ปุ่น ที่รู้จักกันแพร่หลาย ได้แก่ ซีอิ๊ว เต้าเจี้ยว และมิโซ ที่ใช้เชื้อราแอสเปอร์จิลลัส ออไรซี (*Aspergillus oryzae)* ในการหมักโปรตีนจากถั่วเหลือง ทำให้ได้เครื่องปรุงรสอาหารที่มีรสชาติ และมีคุณค่าทางโภชนาการอีกด้วย เทมเป้ เป็นอาหารพื้นเมืองของประเทศอินโดนีเซีย ซึ่งใช้ถั่วเหลืองทำการหมักกับเชื้อราไรโซปัส *(Rhizopus* sp.) มีรสชาติคล้ายเนื้อสัตว์ และมีคุณค่าทางอาหารสูง เนื่องจากมีกรดอะมิโนที่จำเป็นครบทุกชนิด สำหรับอาหารประเภทเครื่องดื่มที่ได้จากเชื้อรา ได้แก่ ไวน์ เบียร์ และสุราหมัก ซึ่งใช้ยีสต์แซคคาโรไมซิส ซีรีเวียร์ซี *(Saccharomyces cerevisiae)* เป็นตัวผลิต สำหรับเหล้าบางชนิดใช้แป้งเป็นวัตถุดิบตั้งต้น ใช้ราแอสเปอร์จิลลัส ออไรซี *(Aspergillus oryzae)* ช่วยย่อยให้เป็นน้ำตาล จากนั้นจึงใช้เชื้อยีสต์มาทำการหมักเปลี่ยนน้ำตาลให้กลายเป็นแอลกอฮอล์ เช่น สาเก (เหล้าญี่ปุ่น) สาโท (เหล้าไทย) เป็นต้น

แอลกอฮอล์ ส่วนใหญ่เป็นผลมาจากการหมักสารอาหารที่มีน้ำตาลสูง เช่น อ้อย หรือสารที่มีแป้งมาก เช่น มันสำปะหลัง ซึ่งจะมีการเปลี่ยนแป้งให้เป็นน้ำตาลก่อน โดยใช้เชื้อรามิวเกอร์ อินดิคัส *(Mucor indicus)* ขั้นตอนนี้เรียกว่า แซคคาริฟิเคชัน (Saccharification) หลังจากนั้นใช้เชื้อยีสต์หมักน้ำตาลให้กลายเป็นแอลกอฮอล์ภายในถังหมักที่มีการควบคุมปัจจัยต่าง ๆ ให้เหมาะสมกับยีสต์ โดยทั่วไปจะมีการหมักแอลกอฮอล์ 2 แบบ แบบแรกเรียกว่า การหมักแบบกะ ซึ่งนิยมใช้ในการหมักเครื่องดื่ม เช่น ไวน์และสุราหมัก ส่วนการหมักแบบต่อเนื่องนิยมใช้กับแอลกอฮอล์ที่เป็นเชื้อเพลิง

ชีวภาพ ในกรณีที่ใช้เป็นเชื้อเพลิง จะเรียกว่า แก๊สโซฮอล์ ส่วนแอลกอฮอล์ที่ใช้เป็นเอทานอลที่ความบริสุทธิ์ 99.5% การผลิตแก๊ซโซฮอล์มีการใช้เอทานอลผสมกับน้ำมันเบนซินในสัดส่วน 10-20% จึงเรียกว่าน้ำมัน E10-E20 ส่วนอัตราส่วนผสมเอทานอลผสมกับน้ำมันเบนซิน 85% เรียกว่าน้ำมัน E85

ยาปฏิชีวนะและสารเคมีอื่น ๆ ยาปฏิชีวนะที่ได้จากเชื้อราที่เป็นที่รู้จักกันดีคือ ยาเพนนิซิลินจากเชื้อราเพนนิซีเลียม คริโซจีนัม *(Pennicilium chrysogenum)* ซึ่งค้นพบโดยอเล็กซานเดอร์เฟลมมิ่ง ในปี 1982 กลุ่มสเตียรอยด์ ได้จากเชื้อรเพนนิซิเลียมา *(Pennicilim* sp.) และไรโซปัส (*Rhizopus* sp.) ยารักษาโรคหืด ได้มาจากเชื้อยีสต์หลายชนิด รวมไปถึงพวกสารเคมีต่าง ๆ ที่สำคัญ ได้แก่ กรดซิตริก ที่ใช้ทำน้ำหมึก สารปรุงแต่งรส กรดกลูโคนิก ใช้ผสมในยาสีฟัน ได้มาจากเชื้อรา แอสเปอร์จิลลัส ไนเกอร์ *(Aspergillus niger)* กรดอิทาโคลิค ใช้ในอุตสาหกรรมพลาสติก ได้มาจากแอสเปอร์จิลลัส เทอเรียส *(Aspegillus terreus)* เป็นต้น

2. ด้านสาเหตุของโรค

โรคภูมิแพ้เนื่องจากเชื้อรา เชื้อราหลายชนิดทำให้เกิดอาการภูมิแพ้ เช่น หอบหืด หรือลมพิษ รวมไปถึงการเกิดในระบบทางเดินอาหาร เช่นการคันที่ปาก ในลำคอ ปวดท้อง อาเจียน และมีอุจจาระร่วง เช่น แอสเปอร์จิลลัส *(Aspergillus)*, เพนนิซีเลียม *(Pennicillim)* และเคอร์วูลาเรีย *(Curvularia)* เชื้อราที่เป็นที่รู้จักกันดี ได้แก่ กลากเกลื้อน ตามผิวหนัง เล็บและผม เชื้อราสาเหตุได้แก่ ไมโครสปอรัม *(Microsporum* sp.), ทริโคไฟตัน (*Trichophyton* sp.) และอีพิเดอร์โมไฟตัน *(Epidermophyton* sp.)

โรคที่เกิดจากสารพิษของเชื้อรา แบ่งเชื้อราที่สร้างสารพิษออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ เห็ดพิษ (Toxic mushroom) เช่น เห็ดอะแมนนิตาฟัลโลเดส (*Amanita phalloides)* และไมโคท็อกซิน (Mycotoxin) ซึ่งเป็นสารพิษที่สร้างขึ้นโดยเชื้อราบางชนิดแล้วปลดปล่อยออกสู่ภายนอก และมีส่วนตกค้างอยู่ในเห็ดราด้วย เช่น สารอะฟลาทอกซิน จากเชื้อราแอสเปอร์จิลลัส ฟลาวัส *(Aspergillus flavus*) เป็นต้น

3. ด้านเป็นผู้ย่อยสลาย

บทบาทในฐานะผู้ย่อยสลายของเห็ดรา ทำให้ซากอินทรียวัตถุทั้งหลายเน่าเปื่อยผุพังกลับไปเป็นดิน และกลายเป็นอาหารของพืชต่อไป เชื้อราบางชนิดถูกนำมาใช้เป็นตัวเร่งในการย่อยขยะให้เร็วขึ้นกว่าปล่อยให้ย่อยสลายตามธรรมชาติ บางชนิดถูกนำมาใช้ในการเปลี่ยนรูปของธาตุอาหารพืช เช่น เปลี่ยนจากสารอินทรีย์ไปเป็นสารอนินทรีย์ เรียกว่า มิเนอรอลไลเซชัน (Mineralization) และในปัจจุบันมีการคัดแยกเชื้อราที่มีประโยชน์ในการปลูกพืชนำมาผลิตเป็นปุ๋ยชีวภาพ เช่น สกุลแอสเปอร์จิลลัส *(Aspergillus)* และเพนนิซีเลียม *(Penicillium*) เป็นต้น

สรุป

สิ่งมีเซลล์ชีวิตในอาณาจักรฟังมีเซลล์แบบยูคาริโอต คือ มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส ไม่มีคลอโรฟิลล์ ดำรงชีวิตเป็นผู้ย่อยสลายสารอินทรีย์ที่เน่าเปื่อย อาจมีเซลล์เดียว เช่น ยีสต์ แต่อาจมีการต่อกันเป็นสาย เรียกว่า ซูโดไมซีเลียม (Pseudomycelium) หรือ ซูโดไฮฟี (Pseudohyphae) แต่ส่วนใหญ่เป็นพวกหลายเซลล์ คือ ประกอบด้วยกลุ่มเซลล์ที่มีลักษณะเส้นใย เส้นใยแต่ละเส้นเรียกว่า ไฮฟา

(Hypha) ซึ่งมักรวมกันเป็นกระจุกเรียกว่า ขยุ้มรา หรือไมซีเลียม (Mycelium) ลักษณะของเส้นใยแบ่งออกเป็น 2 ชนิด เส้นใยมีผนังกั้น (Septate hypha) และเส้นใยที่ไม่มีผนังกั้น (Nonseptate hypha or coencytic hypha) มีผนังเซลล์คล้ายพืช (มีองค์ประกอบเป็นเซลลูโลสและไคทิน) แต่ไม่มีคลอโรฟิลล์ ดังนั้นสร้างอาหารเองไม่ได้ ดำรงชีวิตแบบปรสิตหรือแบบภาวะมีการย่อยสลายหรือบางชนิดอยู่ร่วมกับสาหร่ายที่ต้องพึ่งพา (ไลเคนส์) ไม่สามารถสังเคราะห์อาหารเองได้ ต้องดูดซึมเอาอาหารจากสิ่งแวดล้อมรอบ ๆ ตัวมาใช้ โดยวิธีการย่อยสลายอินทรียวัตถุต่าง ๆ (Decompose) ในบริเวณที่เห็ดราเจริญเติบโตอยู่ อาหารสะสมมี 2 ชนิด ได้แก่ ไกลโคเจน และลิปิด โดยไกลโคเจนจะพบในเซลล์ทั่วไป และเซลล์ที่ใช้ในการสืบพันธุ์ ส่วนลิพิดจะพบมากในสปอร์ และเป็นอาหารที่นำไปใช้เป็นแหล่งพลังงานในการเจริญเติบโต เห็ดราบางชนิดดำรงชีวิตเป็นแบบภาวะเบียน (Parasitism) คือ เข้าไปเจริญเติบโตหรืออาศัยอยู่ในสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น ๆ แล้วดูดซึมเอาอาหารจากสิ่งมีชีวิตชนิดนั้นมาใช้ ซึ่งมักทำให้เกิดโรคต่างๆ บางพวกเข้าไปอยู่ร่วมกับสิ่งมีชีวิตอื่นในรูปแบบภาวะพึ่งพา (Mutualism) เช่น ไลเคนส์ การสืบพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตในอาณาจักรฟังไจ มีทั้งการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ ได้แก่ การหักออกเป็นท่อน (Fragmentation) เกิดจากเส้นใยหักเป็นส่วน ๆ แต่ละส่วนเรียกว่า ออยเดีย (Oidia) สามารถเจริญเป็นเส้นใยใหม่ได้ การแตกหน่อ (Budding) เป็นการที่เซลล์แบ่งออกเป็นหน่อขนาดเล็กและนิวเคลียสของเซลล์แม่แบ่งออกเป็นสองนิวเคลียส นิวเคลียสอันหนึ่งจะเคลื่อนย้ายไปเป็นนิวเคลียสของหน่อ เมื่อหน่อเจริญเต็มที่จะคอดเว้าขาดจากกัน หน่อที่หลุดออกมาจะเจริญต่อไปได้ เรียกหน่อที่ได้นี้ว่า บลาสโตพอร์ (Blastospore) พบการสืบพันธุ์แบบนี้ในยีสต์ทั่วไป การแบ่งตัวออกเป็น 2 ส่วน (Fission) แต่ละเซลล์จะคอดเว้าตรงกลางและหลุดออกจากกันเป็น 2 เซลล์พบในยีสต์บางชนิดเท่านั้น และการสร้างสปอร์แบบไม่อาศัยเพศ เป็นการสืบพันธุ์แบบไม่มีเพศที่พบมากที่สุด สปอร์แต่ละชนิดจะมีชื่อและวิธีสร้างที่แตกต่างกัน สำหรับการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศมีการผสมกันระหว่างเซลล์สืบพันธุ์และมีการรวมตัวของนิวเคลียส ซึ่งรวมแล้วเป็นดิพพลอยด์ (Diploid) (2n) และมีการแบ่งตัวในขั้นตอนสุดท้ายแบบไมโอซิส (Meiosis) เพื่อลดจำนวนโครโมโซมลงเป็นแฮพพลอยด์ (Haploid) (n) ตามเดิม

ในปัจจุบันนักวิทยา ได้มีการจัดจำแนกชนิดของรา ตามความสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการ โดยอาศัยความแตกต่างของอาร์ดีเอ็นเอ (rDNA) ซึ่งได้จัดราไว้ใน 3 อาณาจักร ได้แก่ อาณาจักรฟังไจ อาณาจักรสแตรมมิโนพิลา และอาณาจักรโปรติสตาร์ ตามระบบการจัดหมวดหมู่เชื้อราจาก Webster and Weber (2007) ผนังเซลล์ส่วนใหญ่ประกอบไปด้วยไคติน แบ่งออกเป็น 5 ไฟลัม ได้แก่

1. ไฟลัมไคทริดิโอไมโคตา (Phylum Chytridiomycota)
2. ไฟลัมไซโกไมโคตา (Phylum Zygomycota)
3. ไฟลัมแอสโคไมโคตาร์ (Phylum Ascomycota)
4. ไฟลัมเบสิดิโอไมโคตา (Phylum Basidiomycota)
5. ไฟลัมดิวเทอโรไมโคตา (Phylum Deuteromycota) (Imperfect fungi)

สำหรับแหล่งที่อยู่ของฟังไจ เชื้อราสามารถแบ่งออกเป็นกลุ่มย่อยได้ตามแหล่งที่อยู่อาศัยที่มักพบเชื้อราเหล่านั้นเสมอ โดยในแหล่งที่อยู่ดังกล่าวอาจมีอาหารหรือสภาพแวดล้อมที่เฉพาะเจาะจง เช่น ราน้ำ ได้แก่ เชื้อราที่อาศัยอยู่ในน้ำ ส่วนใหญ่เป็นเชื้อราที่สร้างซูโอสปอร์ในไฟลัมไคทริดิโอไมโคตา (Chytridiomycota) และในอาณาจักรสแตรมมินิพิลา (Straminipila) ซึ่งอาจดำรงชีวิตอยู่ในน้ำตลอดวงจรชีวิต หรือเฉพาะช่วงสืบพันธุ์ก็ได้ นอกจากนี้เชื้อราในไฟลัมแอสโคไมโคตา (Ascomycota) และดิวเทอโรไมโคตา (Deuteromycota) บางชนิดสามารถปรับตัว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

อยู่ในน้ำได้ ราในดิน ได้แก่ เชื้อราในดิน โดยเฉพาะในดินที่มีสารอินทรีย์สูง มีการระบายอากาศดี และมีสภาพเป็นกรดเล็กน้อย รากลุ่มนี้จะช่วยทำให้เกิดการเน่าเปื่อยผุพังของอินทรียวัตถุ โดยเฉพาะสารเคมีที่มีโมเลกุลใหญ่และซับซ้อน เช่น เซลลูโลส ลิกนิน และไคทิน เป็นต้น

บทบาทที่สำคัญของฟังไจต่อมนุษย์ เช่น บทบาทด้านอุตสาหกรรมและอาหาร ได้แก่ ยีสต์ทำขนมปัง ส่วนใหญ่เป็นยีสต์ในสกุลแซคคาโรไมซีส ซีรีเวียร์ซี (*Saccharomyces cereviasiae*) เกิดจากการหมักยีสต์และกากน้ำตาล น้ำแช่ข้าวโพด รวมไปถึงพวกธาตุอาหารต่าง ๆ เช่น แมกนีเซียม สังกะสี เป็นต้น ยีสต์ขนมปังมีบทบาทในขั้นตอนการทำขนมปัง หรือขนมอบอื่น ๆ โดยเป็นตัวการที่ทำให้แป้งเกิดการเพิ่มปริมาตร หรือพองตัว จากการที่เกิดกาซคาร์บอนไดออกไซด์ในระหว่างการหมักแป้งกับยีสต์ นอกจากนี้มนุษย์ยังมีการนำเห็ดจากตามธรรมชาติมาบริโภคเป็นเวลานานแล้ว โดยเกิดจากการสังเกตและบริโภคเป็นจำนวนน้อย ๆ ก่อน หลังจากนั้นจึงมีการนำมาบริโภคอย่างกว้างขวาง โดยเห็ดที่กินได้และมีการเก็บมาจากแหล่งต่าง ๆ ตามธรรมชาติ ได้แก่ เห็ดโคน เห็ดจั่น เห็ดเสม็ด เป็นต้น และเมื่อมีความต้องการบริโภคเห็ดเพิ่มมากขึ้น จึงได้มีการนำความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเข้ามาใช้ในการเพาะเห็ด โดยเห็ดที่มีการเพาะปลูกเป็นการค้าได้แก่ เห็ดนางฟ้า เห็ดฟาง เห็ดหอม เป็นต้น แอลกอฮอล์ส่วนใหญ่เป็นผลมาจากการหมักสารอาหารที่มีน้ำตาลสูง เช่น อ้อย หรือสารที่มีแป้งมาก เช่น มันสำปะหลัง ซึ่งจะมีการเปลี่ยนแป้งให้เป็นน้ำตาลก่อน โดยใช้เชื้อราไมวเกอร์ อินดีคัส *(Mucor indicus)* ขั้นตอนนี้เรียกว่า แซคคาริฟิเคชัน (Saccharification) หลังจากนั้นใช้เชื้อยีสต์หมักน้ำตาลให้กลายเป็นแอลกอฮอล์ภายในถังหมักที่มีการควบคุมปัจจัยต่าง ๆ ให้เหมาะสมกับยีสต์ ยาปฏิชีวนะและสารเคมีอื่น ๆ โดยยาปฏิชีวนะที่ได้จากเชื้อราที่เป็นที่รู้จักกันดีคือ ยาเพนนิซิลิน จากเชื้อราเพนนิซีเลียม คริโซจีนัม (*Pennicilium chrysogenum*) กลุ่มสเตียรอยด์ ได้จากเชื้อราเพนนิซีเลียม *(Pennicilim* sp.) และไรโซปัส *(Rhizopus* sp.) ยารักษาโรคหืด ได้มาจากเชื้อยีสต์หลายชนิด รวมไปถึงพวกสารเคมีต่าง ๆ ที่สำคัญได้แก่ กรดซิตริก ที่ใช้ทำน้ำหมึก เป็นต้น เชื้อราหลายชนิดทำให้เกิดอาการภูมิแพ้ เช่น หอบหืด หรือลมพิษ รวมไปถึงการเกิดในระบบทางเดินอาหาร เช่น การคันที่ปาก ในลำคอ ปวดท้อง อาเจียน และมีอุจจาระร่วง เช่น แอสเปอร์จิลลัส *(Aspergillus)*, เพนนิซีเลียม *(Pennicillim)* และเคอร์วูลาเรีย (*Curvularia)* เชื้อราที่เป็นที่รู้จักกันดี ได้แก่ กลากเกลื้อน ตามผิวหนัง เล็บและผม เชื้อราสาเหตุได้แก่ ไมโครสปอร์รัม *(Microsporum* sp.), ไทรโคไฟตัน *(Trichophyton* sp.) และอีพิเดอโมไฟตัน *(Epidermophyton* sp.) นอกจากนี้บทบาทในฐานะผู้ย่อยสลายของเห็ดรา ทำให้ซากอินทรียวัตถุทั้งหลายเน่าเปื่อยผุพังกลับไปเป็นดิน และกลายเป็นอาหารของพืชต่อไป เชื้อราบางชนิดถูกนำมาใช้เป็นตัวเร่งในการย่อยขยะให้เร็วขึ้นกว่าปล่อยให้ย่อยสลายตามธรรมชาติ บางชนิดถูกนำมาใช้ในการเปลี่ยนรูปของธาตุอาหารพืช เช่น เปลี่ยนจากสารอินทรีย์ไปเป็นสารอนินทรีย์ และในปัจจุบันมีการคัดแยกเชื้อราที่มีประโยชน์ในการปลูกพืชนำมาผลิตเป็นปุ๋ยชีวภาพ เช่น แอสเปอร์จิลลัส *(Aspergillus)* และเพนนิซีเลียม *(Penicillium*) เป็นต้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

แบบฝึกหัดบทที่ 11

จงตอบคำถามดังต่อไปนี้

1. ลักษณะใดบ้างที่จัดว่าเป็นลักษณะของสิ่งมีชีวิตในอาณาจักรฟังไจ บอกมา 3 ลักษณะ
2. เชื้อในไฟลัมใด และสกุลใด ที่ถูกนำมาใช้เป็นยาปฏิชีวนะ
3. จงบอกวิธีและอธิบายการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยของฟังไจมา 3 วิธี
4. จงอธิบายลักษณะโดยทั่วไปของไฟลัมไฟลัมไคทริดิโอไมโคตา
5. จงอธิบายลักษณะโดยทั่วไปของไฟลัมไฟลัมไซโกไมโคตา
6. จงอธิบายลักษณะโดยทั่วไปของไฟลัมไฟลัมแอสโคไมโคตา
7. จงอธิบายลักษณะโดยทั่วไปของไฟลัมไฟลัมแบซิดิโอมัยคอตา
8. จงอธิบายลักษณะโดยทั่วไปของไฟลัมไฟลัมดิวเทอโรไมโคตา
9. มนุษย์นำเชื้อรามาใช้ประโยชน์ในเรื่องใดบ้าง บอกมา 3 ข้อ
10. เชื้อราที่ก่อให้เกิดโรค หรือเป็นโทษกับมนุษย์ ได้แก่ เชื้อราในกลุ่มใดบ้าง ยกตัวอย่างมา 2 ชนิด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

เอกสารอ้างอิง

คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา. (2556). **ปฏิบัติการชีววิทยา 1 (4031104)** จันทบุรี : คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (2553). **ชีววิทยา และสัตววิทยา 3.** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เชาวน์ ชิโนรักษ์ และพรรณี ชิโนรักษ์. (2552)**. ชีววิทยา เล่ม 1**. กรุงเทพฯ : โสภณการพิมพ์.

ปรีชา สุวรรณพินิจ และนงลักษณ์ สุวรรณพินิจ. (2557). **จุลชีววิทยาทั่วไป.** พิมพ์ครั้งที่ 10. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นุกูล อินทรสังขา. (2553). **วิทยาเชื้อรา.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

แผนการสอนประจำบทที่ 12

อาณาจักรพืช

เนื้อหาประจำบท

บทที่ 12 อาณาจักรพืช

1. หลักการศึกษาวิชาอนุกรมวิธานพืช
2. วัตถุประสงค์ของงานอนุกรมวิธานพืช
3. ความสำคัญของการจัดจำแนกพืช
4. การจัดลำดับทางอนุกรมวิธานของพืช
5. หลักเกณฑ์ในการตั้งชื่อพืช
6. ตัวอย่างพืชต้นแบบ (Type specimen)
7. ลักษณะของพืชโดยทั่วไป
8. การจัดจำแนกพืช

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

เมื่อศึกษาบทที่ 12 แล้วนักศึกษาสามารถ

1. อธิบายความสำคัญของการจัดจำแนกพืช
2. อธิบายลักษณะโดยทั่วไปของสิ่งมีชีวิตในอาณาจักรพืชได้
3. สามารถจัดลำดับทางอนุกรมวิธานของพืชได้
4. สามารถจัดจำแนกสิ่งมีชีวิตในอาณาจักรพืชได้
5. สามารถอธิบายลักษณะเด่นของพืชในดิวิชันนั้นได้
6. สามารถยกตัวอย่างชนิดของพืชในแต่ละดิวิชันได้

กิจกรรมการเรียนการสอนประจำบท

1. ผู้สอนอธิบายทฤษฎี และซักถาม พร้อมยกตัวอย่างประกอบการบรรยาย โดยใช้เครื่องฉายภาพ (Projector)
2. ให้ผู้เรียนทำแบบฝึกหัดบทที่ 12
3. ทดสอบย่อยหลังจบบทเรียน

สื่อการเรียนการสอน

1. เอกสารประกอบการสอนวิชาชีววิทยา 1
2. ไฟล์เอกสารประกอบการสอนวิชาชีววิทยา 1 (Power point)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

3. ตัวอย่างพืชในดิวิชันต่าง ๆ
4. หนังสืออ่านประกอบค้นคว้าเพิ่มเติม
5. แบบฝึกหัดบทที่ 12

การวัดผลและประเมินผล

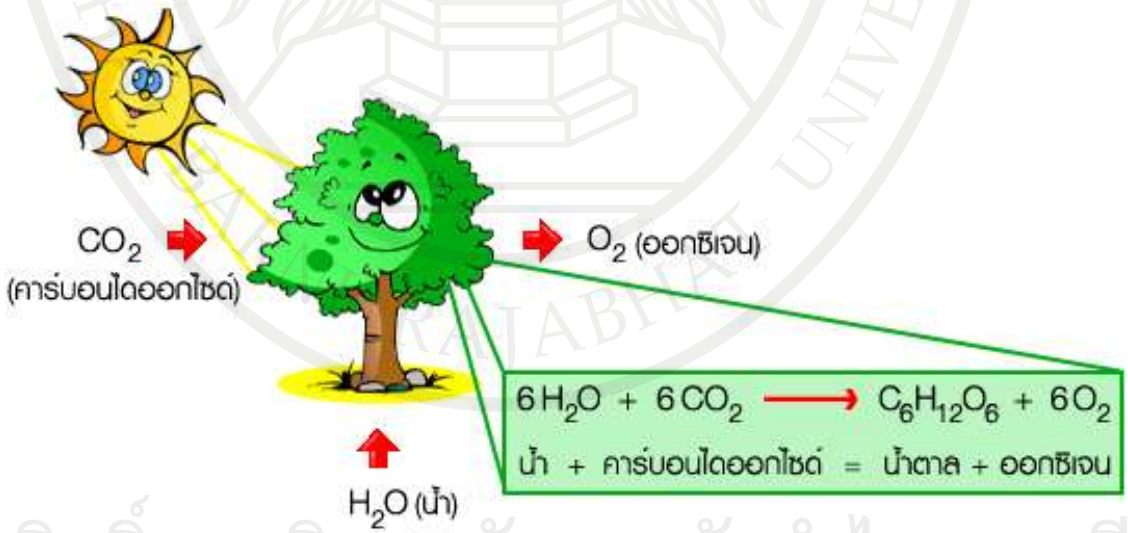
1. สังเกตจากการซักถามผู้เรียน
2. สังเกตจากการร่วมกิจกรรม
3. สังเกตจากความสนใจ
4. ประเมินจากการทำคำถามท้ายบท
5. ประเมินจากการสอบระหว่างภาคและปลายภาค

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

บทที่ 12

อาณาจักรพืช

พืชจัดเป็นกลุ่มสิ่งมีชีวิตที่พบการแพร่กระจายในทุกระบบนิเวศของโลก มีหน้าที่และบทบาทที่สำคัญในการสร้างอาหาร โดยการเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศกับน้ำ ในช่วงแสงที่ความยาวคลื่น 350-700 นาโนเมตร รวมไปถึงสารสีคลอโรฟิลล์ที่บรรจุในออร์กาเนลที่ชื่อว่าคลอโรพลาสต์ ดังภาพที่ 12.1 กล่าวโดยสรุปก็คือ พืชทำหน้าที่เป็นผู้ผลิตในห่วงโซ่อาหาร (Producer) ให้กับสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ที่ไม่สามารถสร้างอาหารเองได้มากินต่อเป็นทอด ๆ สังคมของพืชเมื่อพืชหลายชนิดมาอยู่ร่วมกันอย่างหลากหลาย ก็จะทำให้เกิดระบบนิเวศป่าไม้ประเภทต่าง ๆ ที่ทำให้มีความเฉพาะตัวของระบบนิเวศป่าไม้นั้น เช่น ระบบนิเวศป่าสน ที่จะประกอบไปด้วยพืชชนิดเด่น นั่นคือ สนสองใบและสนสามใบ เป็นต้น มนุษย์รู้จักการนำพืชมาใช้ประโยชน์ในแง่มุมต่าง ๆ ไม่ว่าเป็นอาหาร เครื่องนุ่งห่ม ยารักษาโรค และที่อยู่อาศัย ตลอดจนความสามารถในการสังเกตโทษต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจากการที่พืชชนิดนั้น ดังนั้นถ้าหากไม่ได้มีการศึกษาชนิดของพืชกลุ่มต่าง ๆ แล้ว เราจะไม่สามารถที่จะเลือกใช้ประโยชน์จากพืชนั้น ๆ ได้ รวมไปถึงการหลีกเลี่ยงพืชที่มีพิษชนิดต่าง ๆ ด้วย เนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงพืชในดิวิชั่นต่าง ๆ ที่มีการแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ก็คือ พืชที่ไม่มีท่อลำเลียง ซึ่งเป็นพืชในลำดับต่ำ และกลุ่มพืชมีท่อลำเลียง ซึ่งเป็นพืชในลำดับสูง มีการพัฒนาของท่อลำเลียงน้ำ และท่อลำเลียงอาหารแล้ว ตลอดจนลักษณะที่สำคัญของการมีโครงสร้างเฉพาะของแต่ละกลุ่ม ที่นักพฤกษศาสตร์สามารถนำมาใช้ในการจัดจำแนก เช่น การมีลำต้นเหนือดิน การมีลำต้นใต้ดิน ลักษณะของสปอร์ การมีเมล็ด การมีใบเลี้ยงคู่ ใบเลี้ยงเดี่ยว การมีดอก ไม่มีดอก เป็นต้น



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ภาพที่ 12.1 กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช
ที่มา: (Cambell, N.A., 1977 : 700)

โดยรายวิชาที่ศึกษาเกี่ยวกับการจัดจำแนกพืช เรียกว่า วิชาอนุกรมวิธานพืช (Plant taxonomy) หลักการศึกษาวิชาอนุกรมวิธานพืช ประกอบด้วยหลักใหญ่ 3 ประการ

1. การจำแนกพืชออกเป็นหมวดหมู่ (Plant Classification)

2. การตรวจสอบลักษณะของพรรณไม้ (Plant Identification)

3. การตั้งชื่อวิทยาศาสตร์ของพืช (Plant Nomenclature) ตั้งชื่อตามกฎเกณฑ์สากลของการตั้งชื่อพืช (International Code of Botanical Nomenclature, ICBN)

หลักการศึกษาอนุกรมวิธานพืช

แบ่งออกเป็น 2 แบบใหญ่ ๆ คือ

1. คลาสสิคอล แทกโซโนมี (Classical taxonomy) เป็นการศึกษารูปร่างลักษณะของพรรณไม้ในธรรมชาติ หรือตัวอย่างพรรณไม้แห้ง (Collecting) และระบุชื่อการศึกษาทางด้านอนุกรมวิธานของพืชประเทศไทยยังจัดอยู่ในแบบนี้เป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างเร่งด่วนที่จะให้นักอนุกรมวิธานพืชศึกษาถึงความหลากหลายของพืชที่มีอยู่ในโลก รวมทั้งค้นหาพืชชนิดใหม่ของโลกและพืชที่หายากและใกล้จะสูญพันธุ์และสร้างรูปวิธาน (Key) ในการระบุพืชด้วย ซึ่งจะสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับงานวิจัยของนักวิทยาศาสตร์สาขาต่าง ๆ

2. เอ็กซ์เพอริเมนทอล แทกโซโนมี (Experimental taxonomy) เป็นการศึกษาทางด้านไบโอซิสเทมาติก (Biosytematics) ศึกษาลักษณะทางชีววิทยาของพืช โดยอาศัยความรู้จากหลาย ๆ ด้าน เช่น สัณฐานวิทยา กายวิภาคศาสตร์ สรีรวิทยา และพันธุศาสตร์ เป็นต้น และไฟโลซิสทีมาติก (Phylosystematic) ศึกษาความสัมพันธ์ทางพันธุกรรม และวิวัฒนาการ อาจเรียกการศึกษาในรูปแบบนี้ว่า แอดวานซ์ แทกโซโนมี (Advanced taxonomy) ก็ได้

วัตถุประสงค์ของงานอนุกรมวิธานพืช

การศึกษาอนุกรมวิธานของพืชนับตั้งแต่อดีตจนกระทั่งถึงปัจจุบัน มีวัตถุประสงค์ ดังนี้

1. ศึกษาลักษณะต่าง ๆ ของพืช การกระจายพันธุ์ การระบุและการตั้งชื่อพืช ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาจะเป็นพื้นฐานของงานด้านพฤกษชาติ

2. เพื่อรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้จากการศึกษาให้เป็นประโยชน์ต่อนักวิทยาศาสตร์สาขาอื่น ๆ ที่ทำการศึกษาและวิจัยเกี่ยวกับพืช

3. นำความรู้ที่ได้จากการศึกษามาศึกษาถึงความสัมพันธ์ของพืช และเสนอความคิดในเรื่องของการจำแนกตามวิวัฒนาการชาติพันธุ์ที่ถูกต้อง

4. เพื่อปลูกฝังความรักในธรรมชาติและเกิดความรู้สึกในการอนุรักษ์ธรรมชาติเป็นสำคัญ

ความสำคัญของการจัดจำแนกพืช

นักอนุกรมวิธานพืชได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในการศึกษาถึงความหลากหลายของพืช (Plant diversity) ในด้านปัจจัย 4 ได้แก่ อาหาร ที่อยู่อาศัย เครื่องนุ่งห่ม และยารักษาโรค ส่วนใหญ่ก็ได้จากพืชทั้งนั้น ปัจจุบันพืชซึ่งเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่สำคัญอย่างหนึ่งของมนุษย์กำลังขาดแคลน หรือกำลังจะสูญหายไป เนื่องมาจากมีการบุกรุกทำลายป่าทำให้เกิดการเสื่อมเสียสมดุลธรรมชาติที่ไม่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

เอื้ออำนวยต่อการเจริญเติบโตของพืช ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างเร่งด่วนที่จะให้นักอนุกรมวิธานพืชศึกษาถึงความหลากหลายของพืชที่มีอยู่ในโลก รวมทั้งค้นหาพืชชนิดใหม่ของโลกและพืชที่หายากและใกล้จะสูญพันธุ์และสร้างรูปวิธาน (Key) ในการระบุพืชด้วย ซึ่งจะสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับงานวิจัยของนักวิทยาศาสตร์สาขาต่าง ๆ

1. ด้านการเกษตร เพื่อการศึกษาต้นหาพรรณไม้ชนิดใหม่ ๆ มาเพาะปลูกมีการปรับปรุงพันธุ์พืชให้ดีขึ้นและพัฒนาสร้างสายพันธุ์ใหม่ที่ทนต่อโรคและแมลง

2. ด้านป่าไม้ มีการปรับปรุงสถานที่พักผ่อน เช่น สวนพฤกษศาสตร์ สวนรุกขชาติ โดยมีการติดป้ายชื่อพรรณไม้ชนิดต่าง ๆ เพื่อให้ประชาชนได้เข้ามาศึกษาและทราบถึงความสำคัญและช่วยกันรักษาและอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้

3. ด้านการแพทย์ มีการศึกษาค้นคว้าพืชสมุนไพร เพื่อนำมารักษาโรค ซึ่งจำเป็นต้องทราบถึงชนิดและชื่อวิทยาศาสตร์ของพืช

4. ด้านอุตสาหกรรม มีการค้นคิดหาพืชใหม่ ๆ เพื่อนำมาใช้ในทางอุตสาหกรรม

การจัดลำดับทางอนุกรมวิธานของพืช

ลำดับทางอนุกรมวิธานของสิ่งมีชีวิตในอาณาจักรพืช มีดังนี้

อาณาจักร (Kingdom)
หมวด (Division)
ชั้น (Class)
อันดับ (Order)
วงศ์ (Family)
สกุล (Genus)
ชนิด (species)

Kingdom (อาณาจักร)
(หมวด) (Division) subdivision
ชั้น (Class) subclass
อันดับ (Order) suborder
วงศ์ (Family) subfamily
สกุล (Genus) subgenus
ชนิด (species) subspecies

ระบบในการจัดจำแนกพืช แบ่งออกเป็น 3 ระบบ ได้แก่

1. ระบบการจัดจำแนกแบบง่าย (Artificial system)
พิจารณาจากลักษณะภายนอก ว่าเป็นพืชชนิดใด

2. ระบบจำแนกที่ใช้หลายลักษณะ (Natural system)
ดูลักษณะของพืชให้มากที่สุดเพื่อนำมาใช้ในการจัดหมวดหมู่

3. ระบบการจำแนกตามวิวัฒนาการชาติพันธุ์ (Phylogenetic system) จำแนกสิ่งมีชีวิตตามลักษณะตามลักษณะต่าง ๆ และวิวัฒนาการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง มหาวิทยาลัยรามคำแหง

การระบุชนิดของพืช ในปัจจุบันอ้างอิงจากแหล่งที่มา ดังนี้

1. ความจำ หรือการถามจากผู้รู้ หรือผู้เชี่ยวชาญ
2. การเปรียบเทียบตัวอย่างพืชที่มีอยู่ในพิพิธภัณฑ์พืช หรือรูปถ่าย
3. วิธีที่ดีที่สุด คือ การใช้รูปวิธาน (Key) สิ่งพิมพ์ทางอนุกรมวิธาน (Taxonomic publication)

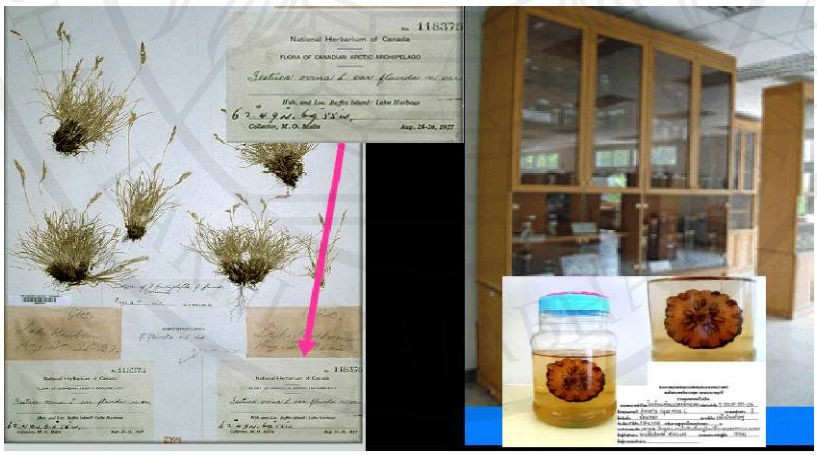
โดยโครงสร้างหลักของพืชที่ใช้ในการจัดจำแนก ได้แก่ ดอก (Flower) ลำต้น (Stem) ใบ (Leaf) และราก (Root)

การตั้งชื่อพืช

การกำหนด หรือการตั้งชื่อให้พืชชนิดนั้นว่าอะไร โดยชื่อที่ตั้งต้องเป็นชื่อวิทยาศาสตร์ตามหลักเกณฑ์ของ (International Botanical Nomenclature) (IBN) ซึ่งเป็นที่ยอมรับของนานาชาติ สาเหตุที่ต้องมีการตั้งชื่อพืช เพราะในแต่ละท้องถิ่น มีชื่อเรียกไม่เหมือนกัน เราเรียกชื่อท้องถิ่น หรือชื่อสามัญว่า (Common name) เป็นชื่อที่ใช้ในท้องถิ่น หรือเฉพาะในประเทศนั้น ๆ เช่น คนภาคกลางเรียก สับปะรด ภาคเหนือเรียก บ่าขนัด ภาคอีสาน เรียก หมากนัด และภาคใต้เรียก ยานัด

หลักเกณฑ์สำคัญที่กำหนดให้เป็นพื้นฐานของระบบการตั้งชื่อพืช

1. เป็นอิสระ ไม่เกี่ยวข้องกับการตั้งชื่อสัตว์
2. การตั้งชื่อในแต่ละหน่วยของอนุกรมวิธานต้องมีตัวอย่างพืชเป็นต้นแบบ
3. ชื่อของพรรณไม้ให้ยึดถือตามการตีพิมพ์ในหนังสือหรือวารสารต่าง ๆ ก่อนหลัง เป็นสำคัญ
4. แต่ละหน่วยของอนุกรมวิธานต้องมีชื่อที่ถูกต้องตามหลักเกณฑ์เพียงชื่อเดียว
5. ชื่อวิทยาศาสตร์ต้องเป็นภาษาละติน หรือเป็นภาษาที่ดัดแปลงมาจากภาษาละติน
6. กฎการตั้งชื่อมีผลบังคับย้อนหลัง นอกจากกฎนั้นระบุว่าให้ใช้ตั้งแต่ปีใด



ภาพที่ 12.2 ตัวอย่างพืชที่เป็นต้นแบบ (Type specimen)
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553 : 19)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง

ตัวอย่างพืชต้นแบบ

ลักษณะของตัวอย่างพืชที่นำมาใช้ในการอ้างอิงตามหลักอนุกรมวิธาน และมีการเก็บรักษาในพิพิธภัณฑ์นั้น มีดังต่อไปนี้

1. ตัวอย่างต้นแบบแรก (Holotype) ตัวอย่างพืชที่ผู้ตั้งชื่อกำหนดขึ้นเพื่อศึกษา และได้ตีพิมพ์ชื่อเป็นครั้งแรก

2. ตัวอย่างคู่ตัวอย่างต้นแบบ (Isotype) ตัวอย่างพืชที่เก็บจากต้นเดียวกันกับตัวอย่างแรก มีการบันทึกข้อมูลต่างๆ เหมือนตัวอย่างแรก

3. ตัวอย่างเลือกเป็นตัวอย่างต้นแบบ (Lectotype) ตัวอย่างพืชที่นำมาแทนตัวอย่างแรกที่สูญหาย หรือถูกทำลายไป ถ้าพบตัวอย่างแรกก็จะยกเลิก

4. ตัวอย่างต้นแบบที่ยังไม่ได้เลือก (Syntype) ตัวอย่างพืชหนึ่งหรือหลายชิ้นของพืชต่างต้นที่ผู้ศึกษานำมาบรรยายลักษณะ แต่ไม่ได้กำหนดให้ชิ้นใดเป็นตัวอย่างต้นแบบ ถ้ายังไม่มีการเลือกตัวอย่างต้นแบบ ให้นำตัวอย่างต้นแบบที่ยังไม่ได้เลือก (Syntype) เป็นตัวอย่างเลือกเป็นตัวอย่างต้นแบบ (Lectotype)

5. ตัวอย่างเพิ่มเติม (Paratype) ตัวอย่างพืชที่มีในเอกสารที่ไม่ใช่ตัวอย่างต้นแบบ (Holotype) ตัวอย่างคู่ตัวอย่างต้นแบบ (Isotype) ตัวอย่างเลือกเป็นตัวอย่างต้นแบบ (Lectotype) ถ้ายังไม่มีตัวอย่างต้นแบบแรก (Holotype) หรือไม่มีตัวอย่างเลือกเป็นตัวอย่างต้นแบบ (Lectotype) ให้เลือกตัวอย่างใหม่แทนตัวอย่างต้นแบบ (Neotype)

การเก็บรักษาตัวอย่างพืช มี 2 วิธี ได้แก่

1. การดองตัวอย่างพืช ด้วยสารเคมีต่าง ๆ เช่น แอลกอฮอล์ และฟอร์มาลิน เป็นต้น
2. การทำแห้ง (Herbarium)

อาณาจักรพืช

สิ่งมีชีวิตที่จัดอยู่ในอาณาจักรนี้ ได้แก่ พืชสีเขียวทั้งหมดซึ่งมีประมาณ 240,000 สปีชีส์ กระจายอยู่ทั่วไปทั้งบนบก ในน้ำจืดและน้ำเค็ม ประกอบไปด้วยเซลล์ที่มีการจัดเรียงตัวเป็นเนื้อเยื่อ มีวงจรชีวิตแบบสลับ (Alternation of generation)

ลักษณะของพืชโดยทั่วไป

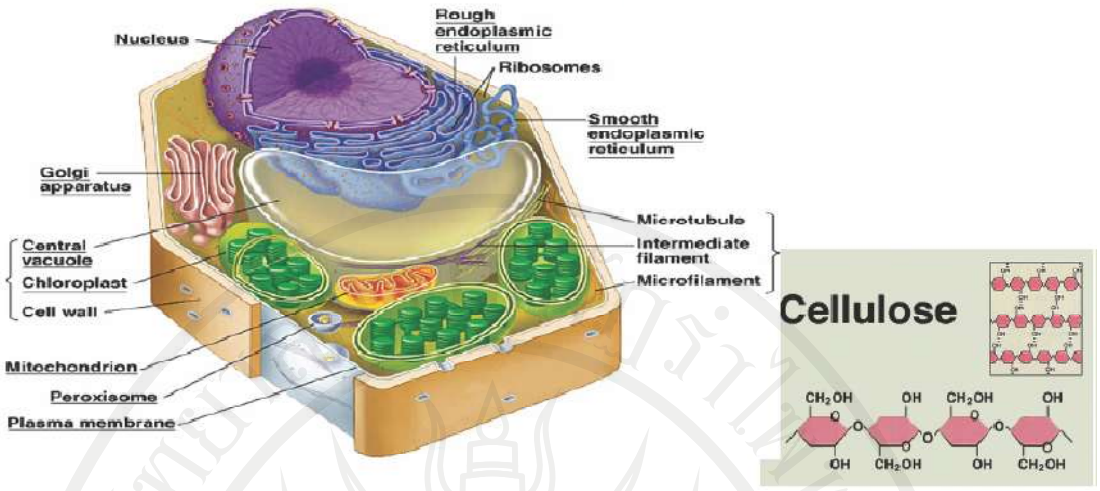
สิ่งมีชีวิตในอาณาจักรพืช มีลักษณะโดยทั่วไป ดังต่อไปนี้

1. ผนังเซลล์ส่วนใหญ่เป็นเซลลูโลส (Cellulose)

2. เป็นสิ่งมีชีวิตที่สามารถสร้างอาหารได้เอง (Autotroph organisms) มีกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง เนื่องจากมีคลอโรพลาสต์ที่มีรงควัตถุ

3. ต้องผ่านระยะที่เป็นเอมบริโอ (Embryo)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



ภาพที่ 12.3 โครงสร้างของเซลล์พืช
ที่มา: (Cambell, N.A., 1977 : 676)

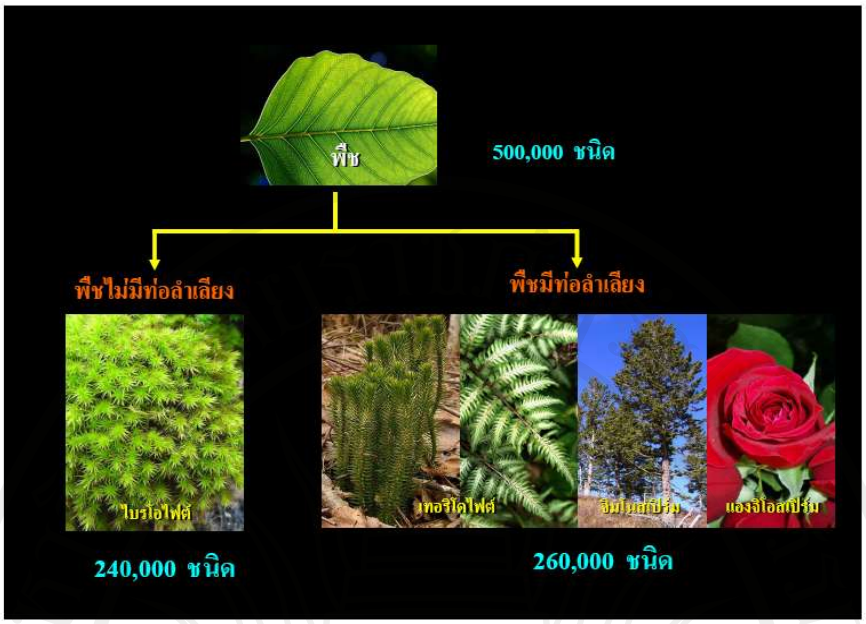
การจัดจำแนกพืช

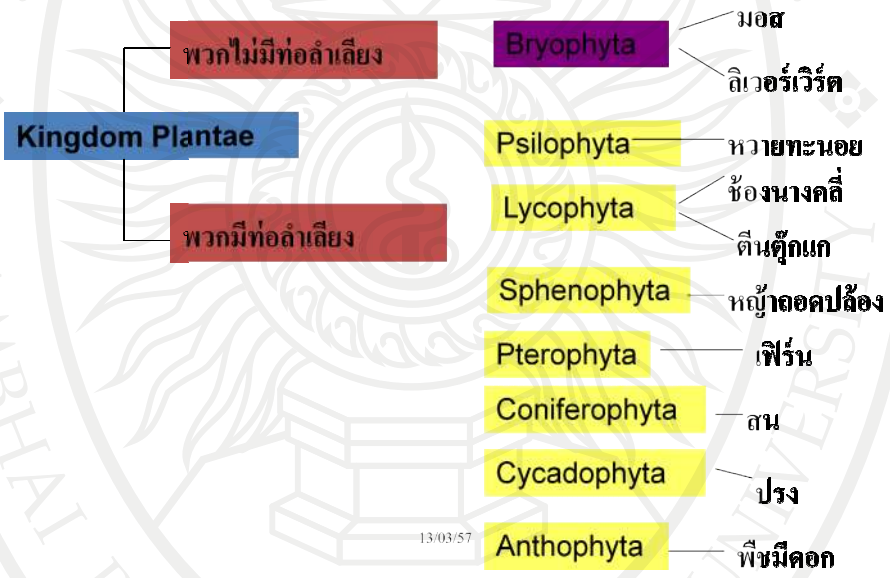
สิ่งมีชีวิตในอาณาจักรนี้แบ่งเป็น 9 ดิวิชัน ได้แก่

1. ดิวิชันไบรโอไฟตา (Division Bryophyta)
2. ดิวิชันไซโลไฟตา (Division Psilophyta)
3. ดิวิชันไลโคไฟตา(Division Lycophyta)
4. ดิวิชันสฟีโนไฟตา (Division Sphenophyta)
5. ดิวิชันเทอโรไฟตา (Division Pterophyta)
6. ดิวิชันโคนิเฟอโรไฟตา (Division Coniferophyta)
7. ดิวิชันไซแคโดไฟตา (Division Cycadophyta)
8. ดิวิชันกิงโกไฟตา (Division Ginkophyta)
9. ดิวิชันแอนโทไฟตา (Division Anthophyta)

โดยแบ่งพืชออกเป็น 2 กลุ่ม คือ พืชที่ไม่มีท่อลำเลียง (ดิวิชัน 1) และพืชที่มีท่อลำเลียง (ดิวิชัน 2-8) โดยในแต่ละดิวิชัน จะมีพืชที่เป็นสมาชิกในดิวิชันนั้น ที่สำคัญ อาทิเช่น ในดิวิชันไบรโอไฟตา พืชที่อยู่ในดิวิชันนี้ ได้แก่ มอส ลิเวอเวิร์ต ฮอนเวิร์ต เป็นต้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



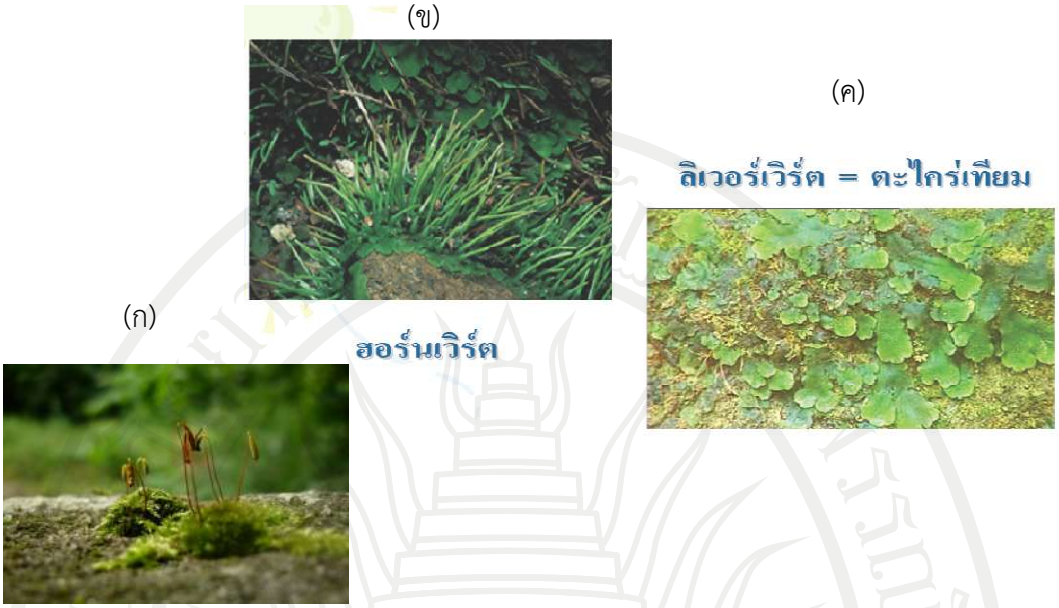


ภาพที่ 12.4 การจัดจำแนกพืช และพืชที่เป็นตัวแทนในแต่ละดิวิชัน
ที่มา: (ปรีชา สุวรรณพินิจ และนงลักษณ์ สุวรรณพินิจ, 2553 : 1144)

ดิวิชันไบรโอไฟตา

พืชดิวิชันนี้มีประมาณ 20,000 สปีชีส์ เป็นพืชที่ไม่มีท่อลำเลียงน้ำและอาหาร (Vascular bundle) มีขนาดเล็กไม่มีราก ลำต้น และใบที่แท้จริง ดำรงชีวิตอยู่ยืนนานถึงระยะที่เป็นแกมีโทไฟต์ชอบขึ้นในที่แฉะ เช่น มอส (Moss) ลิเวอร์เวิร์ต (Liverwort) เป็นต้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



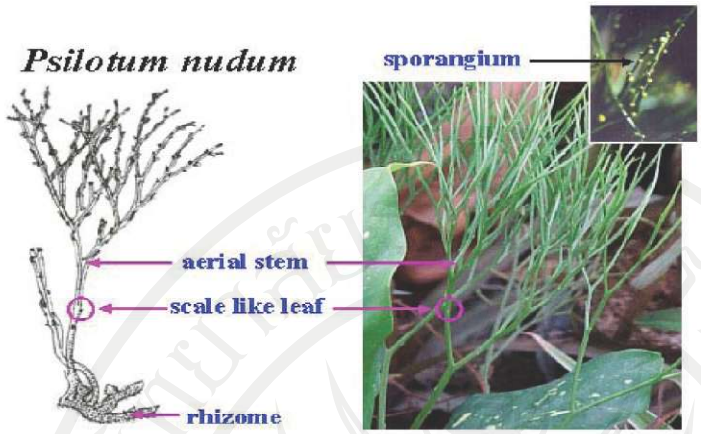
ภาพที่ 12.5 (ก) มอส (ข) ฮอนเวิร์ต และ (ค) ลิเวอร์เวิร์ต
ที่มา: (Cambell, N.A., 1977 : 554-555)

ดิวิชันไซโลไฟตา

พืชในวิดิชันนี้เป็นพืชที่มีเนื้อเยื่อลำเลียง ลำต้นมีขนาดเล็ก เป็นเหลี่ยม ลำต้นส่วนใหญ่อยู่ในดินเรียกว่า ลำต้นใต้ดิน (Rhizome) มีสีน้ำตาล ส่วนอยู่เหนือดินมีสีเขียวแตกกิ่ง ไม่มีใบ แต่มีเกล็ดเล็ก ๆ ติดอยู่ที่ผิว ตัวอย่างเช่น หวายทะนอย หรือไซโลตัม (Psilotum)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ภาพที่ 12.6 หวายทะนอย
ที่มา: (Cambell, N.A., 1977 : 557)



ภาพที่ 12.7 แสดงโครงสร้างของลำต้นอากาศ (Aerial stem) ใบ อับสปอร์ และลำต้นที่อยู่ใต้ดิน (Rhizome)
ที่มา: (ปรีชา สุวรรณพินิจ และนงลักษณ์ สุวรรณพินิจ, 2553 : 1144)

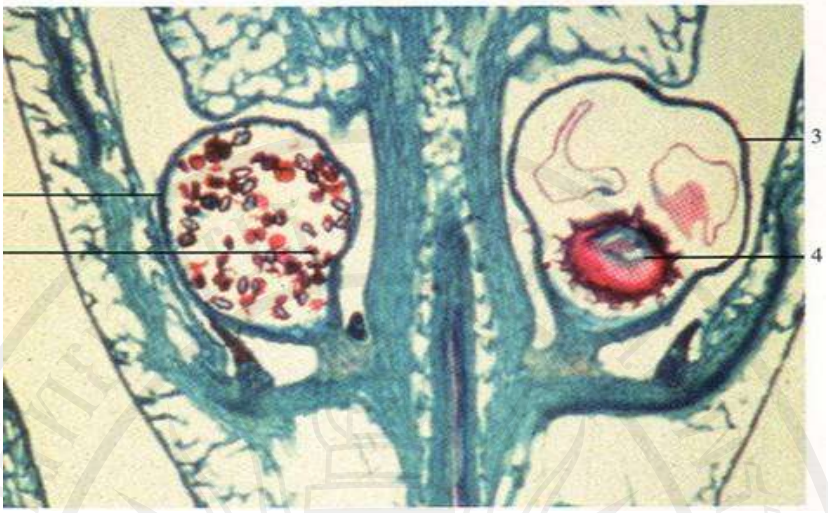
ดิวิชันไลโคไฟตา

พืชในดิวิชันนี้บางชนิดเจริญเป็นอิสระ บางชนิดเจริญบนต้นไม้ชนิดอื่น เรียกว่า อีพิไฟต์ (Epiphyte) มีรากจำนวนมากต้นแต่มีอายุสั้น ลำต้นสร้างใบที่แท้จริงแล้วเป็นใบชนิดไมโคฟีลล์ (Microphyll) ซึ่งมีขนาดเล็กและไม่มีเส้นใบ หรืออาจมีเส้นใบ แต่ไม่แตกแขนง เมื่อสปอโรไฟต์เจริญเต็มที่จะสร้างสปอร์ภายในอับสปอร์บนใบคล้ายไมโครฟีลล์ เรียกว่า สปอโรฟีลล์ (Sprophyll) ซึ่งจะเรียงตัวกันแน่นเห็นเป็นแท่ง เรียกว่า สตรอบิลัส (Strobilus) อยู่ตรงบริเวณปลายสุดของกิ่ง ภายในจะประกอบไปด้วยสปอร์ขนาดเล็ก เรียกว่า ไมโครสปอร์ (Microspore) และสปอร์ขนาดใหญ่ เรียกว่า เมกะสปอร์ ลักษณะของสปอร์ที่ไม่เท่ากันของต้นตีนตุ๊กแก เรียกว่า เฮทเทอโรสปอร์ (Heterospore) ส่วนสปอร์ของช้องนางคลี่จะมีลักษณะเท่ากัน เรียกว่า โฮโมสปอร์ (Homospore) ซึ่งได้แก่ ต้นตีนตุ๊กแก (Selaginella) สามร้อยยอดหรือหางกระรอก

(ก) (ข)

ภาพที่ 12.8 (ก) ต้นตีนตุ๊กแก (ข) แสดงสตรอบิลัส
ที่มา: (ปรีชา สุวรรณพินิจ และนงลักษณ์ สุวรรณพินิจ, 2553 : 1154)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



ภาพที่ 12.9 ลักษณะสปอร์ของต้นตีนตุ๊กแก
ที่มา: (ปรีชา สุวรรณพินิจ และนงลักษณ์ สุวรรณพินิจ, 2553 : 1155)

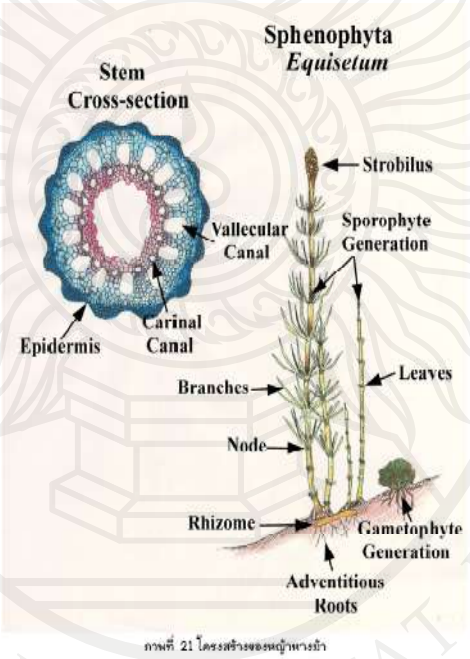
ภาพที่ 12.10 ลักษณะสปอร์ของช้องนางคลี่ หรือไลโคโพเดียม
ที่มา: (ปรีชา สุวรรณพินิจ และนงลักษณ์ สุวรรณพินิจ, 2553 **:** 1152)

ดิวิชันสฟีโนไฟตา

ดิวิชันนี้สปอร์โรไฟต์มีลำต้นที่มีข้อและปล้องเห็นได้ชัดเจน เมื่อเจริญเต็มที่ภายในกลวง ประกอบด้วยลำต้นที่อยู่เหนือพื้นดินมีสีเขียว ทำหน้าที่สังเคราะห์ด้วยแสงแทนใบ เพราะใบชนิดไมโครฟีลล์ มีขนาดเล็กมากลักษณะเป็นเกล็ด จำนวนหลายใบเจริญรอบ ๆ ข้อลำต้นที่อยู่ใต้ดินมีสีน้ำตาลมีรากจำนวนมากเจริญจากข้อ มีสตรอบิลัสที่บริเวณปลายกิ่ง เช่น หญ้าถอดปล้อง หรือหญ้าเงือก หรือหญ้าหูหนอก (Equisetum) หญ้าหางม้า (Horsetail)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ภาพที่ 12.11 หญ้าถอดปล้อง
ที่มา: (ปรีชา สุวรรณพินิจ และนงลักษณ์ สุวรรณพินิจ, 2553 : 1156)



ภาพที่ 12.12 โครงสร้างของหญ้าหางม้า
ที่มา: (ปรีชา สุวรรณพินิจ และนงลักษณ์ สุวรรณพินิจ, 2553 : 1157)

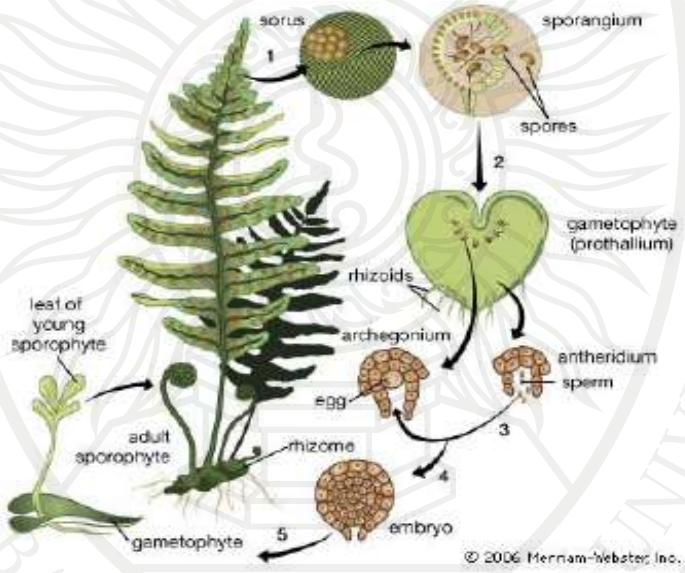
ดิวิชันเทอโรไฟตา

พืชในดิวิชันนี้ เป็นกลุ่มพืชที่มีจำนวนชนิดหรือสปีชีส์มากกว่าดิวิชันอื่น ๆ ทั้งหมดที่ผ่านมา ตัวอย่างพืชในดิวิชันนี้ เช่น เฟิร์น มีราก ลำต้น และใบ เห็นได้ชัดเจน และมีความสับซ้อนมากขึ้นกว่าพืชกลุ่มที่ผ่านมาเฟิร์นมีขนาดแตกต่างกันตั้งแต่ขนาดเล็กถึงขนาดใหญ่ ส่วนใหญ่ชอบขึ้นในที่ชุ่มชื้น

และมีร่มเงา เช่น เฟิร์นก้างปลา เฟิร์นเกล็ดหอย บางชนิดเป็นพืชลอยน้ำ เช่น แหนแดง จอกหูหนู บางชนิดอยู่ในร่มหรือที่ชื้นแฉะ เช่น ผักแว่น ผักกูด บางชนิดเกาะอยู่ตามต้นไม้หรือกิ่งไม้ เช่น ชายผ้าสีดา เฟิร์นเขากวาง

(ก) (ข) (ค)

ภาพที่ 12.13 (ก) ผักแว่น (ข) แหนแดง และ (ค) เฟิร์น
ที่มา: (ปรีชา สุวรรณพินิจ และนงลักษณ์ สุวรรณพินิจ, 2553 **:** 1159)



ภาพที่ 12.14 วงจรชีวิตของเฟิร์น
ที่มา: (Cambell, N.A., 1977 : 559)

ดิวิชันโคนิเฟอโรไฟตา

พืชในดิวิชันนี้เป็นไม้ยืนต้นที่มีขนาดสูงใหญ่ แตกกิ่งก้านมาก ใบเป็นใบเดี่ยวแต่มักมีขนาดเล็ก คล้ายรูปเข็ม มีเมล็ดสำหรับสืบพันธุ์ ใบเป็นใบเดี่ยว แต่มักมีขนาดเล็ก คล้ายรูปเข็ม มีเมล็ดสำหรับสืบพันธุ์ เมล็ดไม่มีผนังรังไข่ห่อหุ้มเมล็ดติดอยู่กับส่วนที่มีลักษณะเป็นแผ่นแข็ง สีน้ำตาลที่เรียกช้อนกันแน่น เป็นอวัยวะที่เรียกว่า สตรอบิลัส พืชพวกนี้ชอบขึ้นตามที่มีอากาศเย็น เช่นในเขตหนาว ถ้าเป็นเขตร้อนจะอยู่ตามภูเขาสูงระดับ 800 เมตรขึ้นไปเพราะ มีอากาศเย็น เช่น ดอยอินทนนท์ ภูกระดึง ดอยขุนตาล ตัวอย่างพืช เช่น สนสองใบ (*Pinus merkusii*) สนสามใบ (*Pinus khasya*)

ภาพที่ 12.15 สนสองใบ
ที่มา: (Cambell, N.A., 1977 : 563)

ดิวิชันไซแคโดไฟตา

พืชในดิวิชันนี้มีลำต้นใหญ่ ลำต้นส่วนใหญ่ใต้ดิน มีลักษณะเป็นหัวเก็บอาหารจำพวกแป้ง อีกส่วนหนึ่งอยู่เหนือดิน สร้างใบเป็นกระจุกอยู่ที่ยอดของลำต้น ซึ่งไม่ค่อยแตกแขนง ใบเป็นใบประกอบขนาดใหญ่ ใบย่อยมีจำนวนมาก ขนาดเล็กและแข็ง พืชในกลุ่มนี้ คือ ปรง (Cycads) ปรงมีประโยชน์ คือ นำมาใช้ในการประดับ ตกแต่งสถานที่ บางท้องถิ่นใช้ลำต้นเป็นแหล่งอาหารแป้ง เช่น ในแอฟริกา

ภาพที่ 12.16 ปรง
ที่มา: (ปรีชา สุวรรณพินิจ และนงลักษณ์ สุวรรณพินิจ, 2553 **:** 1167)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ดิวิชันกิงโกไฟตา

พืชในอาณาจักรนี้ปัจจุบันมีเพียงชนิดเดียว คือ แป๊ะก๊วย (Ginkgobilloba) เป็นไม้ยืนต้นเหมือนสน เจริญได้ดีในเขตหนาวเช่น จีน ญี่ปุ่น แป๊ะก๊วยเป็นพืชแยกเพศ คือ ต้นตัวผู้สร้างสตรอบิลัส

ตัวผู้ (Male strobilus) เป็นช่อ ประกอบด้วยสตรอบิลัสหลายอัน ต้นตัวเมียจะสร้างเมล็ดที่ไม่มีรังไข่ห่อหุ้ม เป็นช่อ ช่อละ 2 เมล็ด เมื่อยังอ่อนจะมีสีเขียว เมื่อแก่จะมีสีเหลือง เมล็ดแพร่พันธุ์โดยเอมบริโอที่จะงอกเป็นต้นกล้าและเจริญเติบโตต่อไป

ภาพที่ 12.17 ต้นแป๊ะก๊วย
ที่มา: (Cambell, N.A., 1977 : 561)

ดิวิชันแอนโทไฟตา

พืชในดิวิชันนี้เป็นพืชที่สร้างอวัยวะสืบพันธุ์เรียกว่า ดอก เป็นกลุ่มพืชที่มีวิวัฒนาการมากที่สุดในบรรดาพืชที่มีเนื้อเยื่อลำเลียงทั้งหมด ดอกที่เป็นอวัยวะสืบพันธุ์ สร้างเมล็ดมีรังไข่ห่อหุ้ม บางชนิดมีดอกขนาดใหญ่เห็นได้ชัดเจน เช่น กุหลาบ ชบา บางชนิดดอกอาจมีขนาดเล็ก เช่น จอก แหน สนทะเล บางชนิดไม่ค่อยเห็นดอก เช่น ตะไคร้ สาหร่าย หางกระรอกพลูด่าง พืชมีดอกเหล่านี้ บางชนิดอยู่ในน้ำ เช่น บัว ผักตบ บางชนิดเกาะต้นไม้อื่น เช่น กล้วยไม้บางชนิดเลื้อยพันกับต้นไม้อื่น เช่น เถาวัลย์ เป็นต้น บางชนิดเป็นปรสิต เช่น กาฝาก ฝอยทอง แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม โดยใช้โครงสร้างสำคัญของเอ็มบริโอ ราก ลำต้น ใบ และดอกเป็นเกณฑ์

1. พืชใบเลี้ยงเดี่ยว (Monocotyledon) ได้แก่ ข้าว ข้าวโพด
2. พืชใบเลี้ยงคู่ (Dicotyldon) ได้แก่ พืชมีดอกกลุ่มต่าง ๆ

ความแตกต่างของพืชใบเลี้ยงคู่ และใบเลี้ยงเดี่ยว ดังตารางที่ 12.1

ตารางที่ 12.1 ความแตกต่างของพืชใบเลี้ยงคู่ และใบเลี้ยงเดี่ยว

สิ่งที่เปรียบเทียบ	Magnoliopsida (Dicotyledons)	Liliopsida (Monocotyledons)
เอมบริโอ	เอมบริโอมีใบเลี้ยง 2 ใบ ส่วนใหญ่เจริญเหนือดิน เมล็ดอาจมีหรือไม่มีเอนโดสเปิร์ม	เอมบริโอมีใบเลี้ยง 1 ใบ ส่วนใหญ่เจริญใต้ดิน เมล็ดมี เอนโดสเปิร์ม
รูปแบบการเจริญเติบโต	เป็นพืชล้มลุกหรือพืชมีเนื้อไม้	ส่วนใหญ่เป็นพืชล้มลุก
ใบ	เส้นใบแบบร่างแห	เส้นใบแบบขนาน
ดอก	กลีบดอก 4 หรือ 5 กลีบ หรือทวีคูณของ 4 หรือ 5	กลีบดอก 3 กลีบ หรือทวีคูณของ 3
ระบบท่อลำเลียง	ส่วนใหญ่มีแคมเบียม จึงมีการเจริญขั้นที่ 2 การเรียงตัวของท่อลำเลียงเป็นระเบียบ	ส่วนใหญ่ไม่มีแคมเบียม จึงไม่มีการเจริญขั้นที่ 2 การเรียงตัวของท่อลำเลียงกระจัดกระจายไม่เป็นระเบียบ
ระบบราก	รากเป็นระบบรากแก้ว	รากเป็นระบบรากฝอย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏราไพพรรณี

สรุป

ความหลากหลายของพืชที่มีอยู่มากมายหลายชนิด ทำให้เกิดการเรียนรู้ที่จะมีการจัดจำแนกพืชออกเป็นหมวดหมู่ต่าง ๆ การตั้งชื่อ เพื่อสะดวกต่อการสื่อสารระหว่างกัน รวมไปถึงการที่จะเลือกพืชชนิดนั้นนำมาใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ได้ถูกต้องตามวัตถุประสงค์ต่าง ๆ ของมนุษย์ ไม่ว่าจะเป็นอาหาร เครื่องนุ่งห่ม ที่อยู่อาศัย และยารักษาโรค ดังนั้นการจัดจำแนกพืชจึงมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง หลักการศึกษาวิชาอนุกรมวิธานพืช ประกอบด้วยหลักใหญ่ 3 ประการ ได้แก่ การจำแนกพืชออกเป็นหมวดหมู่ (Plant Classification) การตรวจสอบลักษณะของพรรณไม้ (Plant Identification) และการตั้งชื่อวิทยาศาสตร์ของพืช (Plant Nomenclature) ซึ่งตั้งชื่อตามกฎเกณฑ์สากลของการตั้งชื่อพืช (International Code of Botanical Nomenclature, ICBN) สิ่งมีชีวิตที่จัดอยู่ในอาณาจักรนี้ ได้แก่ พืชสีเขียวทั้งหมดซึ่งมีประมาณ 240,000 สปีชีส์ กระจายอยู่ทั่วไปทั้งบนบก ในน้ำจืดและน้ำเค็ม ประกอบไปด้วยเซลล์ที่มีการจัดเรียงตัวเป็นเนื้อเยื่อ มีวงจรชีวิตแบบสลับ (Alternation of generation) ลักษณะของพืชจะมีผนังเซลล์ส่วนใหญ่เป็นเซลลูโลส เป็นสิ่งมีชีวิตที่สามารถสร้างอาหารได้เอง (Autotroph organisms) มีกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง เนื่องจากมีคลอโรพลาสต์ที่มีรงควัตถุ และต้องผ่านระยะที่เป็นเอมบริโอ สิ่งมีชีวิตในอาณาจักรนี้แบ่งเป็น 9 ดิวิชัน ได้แก่

1. ดิวิชันไบรโอไฟตา (Division Bryophyta) ได้แก่ มอส ลิเวอเวิร์ต ฮอนเวิร์ต
2. ดิวิชันไซโลไฟตา (Division Psilophyta) ได้แก่ พวกไซโลตัม หรือหวายทะนอย
3. ดิวิชันไลโคไฟตา(Division Lycophyta) ได้แก่ ตีนตุ๊กแก ช้องนางคลี่ สร้อยนางสิงห์
4. ดิวิชันสฟีโนไฟตา (Division Sphenophyta) ได้แก่ หญ้าถอดปล้อง
5. ดิวิชันเทอโรไฟตา (Division Pterophyta) เช่น พวกเฟิร์น ผักแว่น ผักกูด
6. ดิวิชันโคนิเฟอโรไฟตา (Division Coniferophyta) ได้แก่ สนสองใบ สนสามใบ
7. ดิวิชันไซแคโดไฟตา (Division Cycadophyta) ได้แก่ ปรง
8. ดิวิชันกิงโกไฟตา (Division Ginkophyta) ได้แก่ แปะก๊วย
9. ดิวิชันแอนโทไฟตา (Division Anthophyta) ได้แก่ พืชมีดอก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

แบบฝึกหัดบทที่ 12

จงตอบคำถามดังต่อไปนี้

1. จงอธิบายความสำคัญของการจัดจำแนกพืชมา 3 ข้อ
2. โฮโมสปอร์ (Homospore) คือสปอร์ที่มีลักษณะใด พบได้ในพืชดิวิชันใด
3. จงอธิบายลักษณะของพืชในดิวิชันกิงโกไฟตา
4. พืชกลุ่มใดเป็นพืชไม่มีท่อลำเลียง และจงอธิบายโครงสร้างที่เป็นลักษณะเด่นของพืชกลุ่มนี้
5. จงอธิบายลักษณะของพืชในดิวิชันเทอโรไฟตา
6. หลักการศึกษาอนุกรมวิธานของพืชมีกี่ข้อ ได้แก่อะไรบ้าง
7. จงบอกความหมายของวิชาอนุกรมวิธานของพืช
8. ลำต้นที่อยู่ในดินของพืชในดิวิชันไซโลไฟตา เรียกว่า
9. โฮโลไทป์ (Holotype) และไอโซไทป์ (Isotype) มีลักษณะอย่างไร
10. พืชใบเลี้ยงคู่และพืชใบเลี้ยงเดี่ยวมีความแตกต่างกันอย่างไร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

เอกสารอ้างอิง

คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (2553). **ชีววิทยา และสัตววิทยา 3.** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ปรีชา สุวรรณพินิจ และนงลักษณ์ สุวรรณพินิจ. (2553). **ชีววิทยา 2**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Cambell, N.A., Jane, B.R., Lisa, A.U., Michael L. Ca in, Peter, V.M., Steven, A.W. and Robert, B.J. (2008)**. Biology**. 8th ed.. California : The Benjamin/ Cummings Publishing Company, INC.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

แผนการสอนประจำบทที่ 13

อาณาจักรสัตว์

เนื้อหาประจำบท

บทที่ 13 อาณาจักรสัตว์

1. ลักษณะเฉพาะของสัตว์
2. การจัดจำแนกสัตว์

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

เมื่อศึกษาบทที่ 13 แล้วนักศึกษาสามารถ

1. อธิบายลักษณะของสิ่งมีชีวิตที่อยู่ในอาณาจักรนี้ได้
2. อธิบายการจัดจำแนกของสัตว์ได้
3. อธิบายลักษณะเฉพาะของสัตว์ในแต่ละไฟลัมได้
4. ยกตัวอย่างสัตว์ที่เป็นสมาชิกในแต่ละไฟลัมได้

กิจกรรมการเรียนการสอนประจำบท

1. ผู้สอนอธิบายทฤษฎี และซักถาม พร้อมยกตัวอย่างประกอบการบรรยาย โดยใช้เครื่องฉายภาพ (Projector)
2. แสดงวีดิทัศน์เรื่อง การจัดจำแนกสัตว์
3. ให้ผู้เรียนทำแบบฝึกหัดบทที่ 13
4. ทดสอบย่อยหลังจบบทเรียน

สื่อการเรียนการสอน

1. เอกสารประกอบการสอนวิชาชีววิทยา 1
2. ไฟล์เอกสารประกอบการสอนวิชาชีววิทยา 1 (Power point)
3. ตัวอย่างสัตว์ดองและสตัฟฟ์
4. วีดิทัศน์
5. หนังสืออ่านประกอบค้นคว้าเพิ่มเติม
6. แบบฝึกหัดบทที่ 13

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

การวัดผลและประเมินผล

1. สังเกตจากการซักถามผู้เรียน
2. สังเกตจากการร่วมกิจกรรม
3. สังเกตจากความสนใจ
4. ประเมินจากการทำคำถามท้ายบท
5. ประเมินจากการสอบระหว่างภาคและปลายภาค

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

บทที่ 13

อาณาจักรสัตว์

สัตว์ (Animal) เป็นกลุ่มสิ่งมีชีวิตที่มีบทบาทมากที่สุดบนโลกในขณะนี้ เนื่องจากเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีการพัฒนาของระบบประสาท คือ มีสมองที่ชาญฉลาดมากกว่าสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ในปัจจุบัน โดยผ่านการวิวัฒนาการมาเป็นลำดับ ตั้งแต่สัตว์ที่มีเพียงเซลล์เดียว ซึ่งเมื่อก่อนจัดว่าเป็นสมาชิกในอาณาจักรนี้ จนกระทั่งถึงสัตว์ที่มีกระดูกสันหลัง ที่มีการพัฒนาของรยางค์ ประสาทรับสัมผัสต่าง ๆ ได้แก่ การมองเห็น การดมกลิ่น การได้ยิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งมนุษย์ที่ได้ชื่อว่าเป็นผู้ครอบครองโลกในปัจจุบัน ที่ได้มีการใช้สมองอันชาญฉลาดในการพัฒนาวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีต่าง ๆ ความหลากหลายของสัตว์นั้นมีจำนวนมากมาย พบได้ตั้งแต่ตัวที่มีขนาดเล็กมาก จนกระทั่งตาเปล่ามองเห็นได้ยาก เช่น พวกเห็บ ไร พวกแมลงขนาดเล็ก ไปจนถึงพวกที่มีขนาดใหญ่มาก เช่น ยีราฟ ช้างป่า วาฬสีน้ำเงิน เป็นต้น โดยสามารถพบได้ในสภาพทางนิเวศวิทยาต่าง ๆ ที่มีความหลากหลาย เช่น ในป่า แม่น้ำ ทะเล ภูเขา ปัจจุบันยังไม่มีผู้ใดทราบเป็นที่แน่ชัดว่า มีสัตว์ทั้งหมดกี่ชนิดบนโลก ซึ่งก็ได้มีการคาดคะเนชนิดของสัตว์ไว้เป็นสิบล้านชนิด โดยจำนวนของสัตว์ที่ได้มีการให้ชื่อวิทยาศาสตร์ไว้แล้ว คือ สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง จำนวน 989,761 ชนิด สัตว์มีกระดูกสันหลัง จำนวน 43,853 ชนิด (Wilson, 1988) จากตารางที่ 13.1 จะเห็นได้ว่า สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง เป็นกลุ่มของสัตว์ที่มีจำนวนมากที่สุดในโลก มีประมาณ 96% ของสัตว์โลกทั้งหมด ส่วนใหญ่เป็นพวกสัตว์ขาปล้อง (อาร์โทรพอด) ซึ่งมีถึง 85% โดยเป็นพวกแมลง ซึ่งจัดว่าเป็นสัตว์ที่มีจำนวนสมาชิกมากที่สุดในโลกในขณะนี้ ถึง 74%

ตารางที่ 13.1 สัดส่วนของสัตว์ที่อยู่บนโลก

กลุ่มสัตว์	จำนวน %
แมลง	74
พวก กุ้ง ปู กั้งตั๊กแตน ไรน้ำ แมงมุม แมงป่อง ตะขาบ กิ้งกือ แมงดาทะเลและสัตว์ขาปล้องชนิดอื่น ๆ	11
สัตว์ ประเภทอื่น ๆ เช่น ปะการัง หนอนตัวแบน หนอนตัวกลม หอย และ เอไคโนเดิร์ม	11
ปลา สัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ สัตว์เลื้อยคลาน สัตว์ปีก สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม	4

ลักษณะเฉพาะของสัตว์

ลักษณะสำคัญของสมาชิกที่อยู่ในอาณาจักรสัตว์ มีดังนี้

1. มีเซลล์เป็นแบบเซลล์ที่แท้จริง คือ เซลล์แบบยูคาริโอต (Eukaryotic cell)
2. เซลล์ของสัตว์จะไม่มีผนังเซลล์ (Cell wall) เป็นองค์ประกอบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

3. ไม่พบรงควัตถุที่ใช้ในปฏิกิริยาการสังเคราะห์ด้วยแสง ทำให้สัตว์ไม่สามารถที่จะสร้างอาหารเองได้ จึงต้องมีการกินสิ่งมีชีวิตอื่นเป็นอาหาร

4. มีพัฒนาการของเนื้อเยื่อไปเป็นอวัยวะที่ทำหน้าที่เฉพาะ เช่น อวัยวะสำหรับย่อยอาหาร อวัยวะสำหรับขับถ่าย อวัยวะสำหรับการเคลื่อนไหว เป็นต้น

5. มีการเจริญเติบโตจากระยะวัยอ่อน ไปเป็นตัวเต็มวัย

6. ส่วนใหญ่มีการเคลื่อนที่ หรือการเคลื่อนไหว

การจัดจำแนกสัตว์

การศึกษาการจัดจำแนกชนิดของสัตว์ที่ผ่านมาหลายร้อยปี ออกเป็นกลุ่มต่าง ๆ หรือแบ่งให้เป็นหมวดหมู่ต่าง ๆ นั้น ส่วนใหญ่ใช้ลักษณะภายนอกเป็นหลัก และนำมาใช้การสร้างรูปวิธานโดยแบ่งออกเป็นที่ละลักษณะ สัตว์ที่มีชื่ออยู่แล้ว จะถูกนำไปตรวจสอบหาชื่อวิทยาศาสตร์ (Identification) เทียบกับตัวอย่างที่มีอยู่แล้ว (Type specimen) ในพิพิธภัณฑ์ หรือสถาบันการศึกษา ส่วนสัตว์ที่ยังไม่มีการให้ชื่อวิทยาศาสตร์ ก็จะต้องมีการตั้งชื่อวิทยาศาสตร์ให้ โดยใช้หลักการการตั้งชื่อสัตว์ที่เป็นสากล และมีความเป็นเอกภาพ นั่นคือ (International Code of Zoological Nomenclature) (ICZN) ต่อมาได้มีการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการโดยดูจากความสัมพันธ์ของสารชีวโมเลกุลของสัตว์ที่มีลักษณะใกล้เคียงกันมาประกอบการจัดจำแนก โดยคาดหมายเพื่อให้การจัดจำแนกมีความสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการมากที่สุด ศาสตร์ทางชีววิทยาที่ศึกษาเกี่ยวกับการจัดหมวดหมู่ การจัดจำแนก การให้ชื่อวิทยาศาสตร์ เรียกว่า วิชาอนุกรมวิธาน (Taxonomy) ซึ่งจุดเริ่มต้นของงานอนุกรมวิธานมาจากนักพฤกษศาสตร์ชาวสวีเดน ชื่อ คาโลรัส ลินเนียส (Calorus Linnaeus) จึงได้ชื่อว่าเป็นบิดาของวิชาอนุกรมวิธาน โดยกระบวนการพื้นฐานของงานอนุกรมวิธานมี 3 ลักษณะ ได้แก่ การจัดหมวดหมู่ของสิ่งมีชีวิต เป็นขั้นตอนตามลำดับ จากสูงมาต่ำ หรือต่ำมาสูง (Classification) การตรวจหาชื่อวิทยาศาสตร์ (Identification) และการกำหนดชื่อวิทยาศาสตร์ (Nomenclature) โดย 200-300 ปีที่ผ่านมา มีการใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยาในการจัดจำแนกเป็นหลัก ต่อมาได้มีการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการโดยดูจากความสัมพันธ์ของสารชีวโมเลกุลมาประกอบการจัดจำแนก โดยคาดหมายเพื่อให้การจัดจำแนกมีความสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการมากที่สุด โดยการจำแนกด้วยลักษณะทางสัณฐานวิทยาในปัจจุบัน คือ การแบ่งเป็นลำดับจากอาณาจักรจนถึงไฟลัม โดยที่แต่ละลำดับ มีการใช้ลักษณะสัณฐานจำเพาะในการกำหนด ดังนี้

ระดับอาณาจักร (Kingdom) คือ อาณาจักรสัตว์

ระดับอาณาจักรย่อย (Sub-kingdom) จำแนกออกเป็น 2 อาณาจักรย่อย คือ

1. อาณาจักรย่อยพาราซัว
2. อาณาจักรย่อยยูเมทาซัว

ระดับแขนง (Branch) จำแนกออกเป็น 2 แขนง โดยใช้ลักษณะสมรูป หรือสมมาตร (Symmetry) คือ

1. แขนงเรดิเอตา (Radiata)
2. แขนงไบแลทเทอเรีย (Bilateria)

ระดับเกรด (Grade) จำแนกออกเป็น 3 เกรด โดยใช้ลักษณะของโพรงลำตัว (Coelom) ซึ่งเกิดขึ้นในระยะเอมบริโอ เป็นกลุ่มเนื้อเยื่อที่เรียกว่า (Mesoderm) มีพัฒนาการเกิดเป็นโพรงลำตัว ได้แก่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

1. เกรดไม่มีโพรงลำตัว (Aceolomata)
2. เกรดที่มีโพรงลำตัวเทียม (Pseudocoelomata)
3. เกรดที่มีโพรงลำตัวแท้ (Eucoelomata)

ระดับซีรีส์ (Series) จำแนกเป็น 2 ซีรีส์ โดยใช้ลักษณะพัฒนาการของช่องบลาสโตพอร์ (Blastopore) ได้แก่

1. ซีรีส์ โปรโตสโตมา (Series protostoma) - พวกปากเกิดก่อนก้น
2. ซีรีส์ ดิวเทอโรสโตมา (Series deuterostoma) พวกก้นเกิดก่อนปาก

อาณาจักรย่อยพาราซัว

สัตว์ที่มีโครงร่างอย่างง่ายๆ ไม่มีการพัฒนากลุ่มเซลล์ไปเป็นเนื้อเยื่อ ไม่มีการกำหนดรูปร่างที่แน่นอน และไม่มีระบบประสาท มีอยู่ 1 ไฟลัม ได้แก่

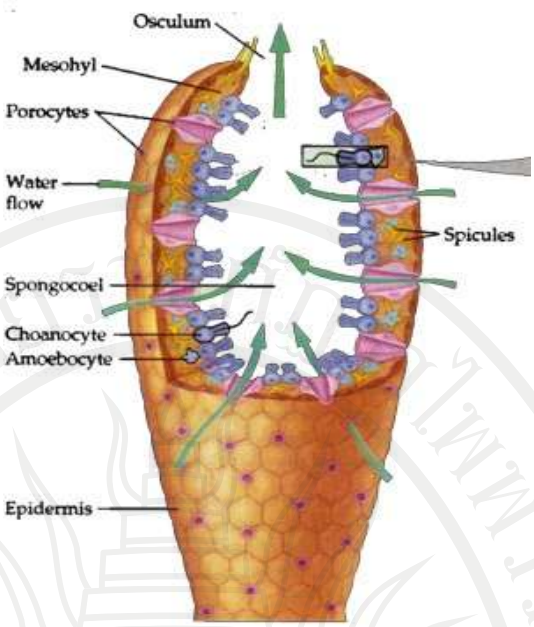
ไฟลัมพอริเฟอรา

สัตว์ที่เป็นตัวแทนในไฟลัมนี้ ได้แก่ ฟองน้ำ (Sponge) จัดเป็น กลุ่มสัตว์ที่มีโครงร่างแบบง่าย ๆ ยังไม่เป็นเนื้อเยื่อที่แท้จริง พบการแพร่กระจายได้ทั้งในทะเล และน้ำจืด มีความหลากหลายรูปแบบของสมรูป และลักษณะโครงสร้างร่างกาย ตั้งแต่แข็งเหมือนหิน จนถึงอ่อนนุ่ม ขึ้นอยู่กับโครงร่างแข็งภายใน มีบทบาททางเศรษฐกิจ เช่น ฟองน้ำถูตัว ในแง่ความสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม ฟองน้ำกว่า 5,000 ชนิดเป็นฟองน้ำทะเล โดยมีเพียง 150 ชนิดเท่านั้น ที่อยู่ในน้ำจืด ฟองน้ำทะเลพบได้ในทะเลทุกแห่ง และทุกระดับความลึก รูปร่างของฟองน้ำมักจะเหมือนกับสิ่งที่เกาะอยู่ และสัมพันธ์กับลักษณะกระแสน้ำที่ไหลผ่าน ฟองน้ำชนิดเดียวกันจึงมีรูปร่างที่แตกต่างกันตามสภาพแวดล้อมที่ดำรงชีวิตอยู่

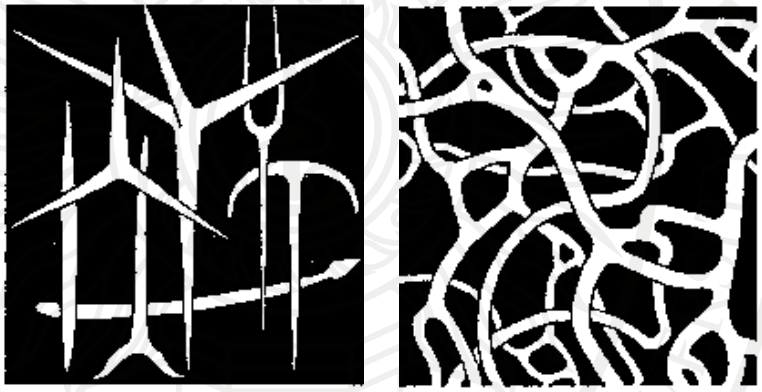
ลักษณะโครงสร้างทั่วไปของฟองน้ำ

ภายในตัวของฟองน้ำจะมีช่องว่างภายในท่อมากมาย ซึ่งเป็นที่มาของชื่อไฟลัม นั่นคือการมีช่อง หรือรูพรุนทั่วร่างกาย (Pore) มีช่องทางน้ำสำหรับเข้า-ออก ช่องทางน้ำเข้าเรียกว่า ออสเตียม (Ostium) ช่องทางออกของน้ำ เรียกว่า ออสคูลัม (Osculum) มีกลุ่มเซลล์ที่ใช้ในการจับอาหารที่เรียกว่า (Choannocyte) ซึ่งมีลักษณะเป็นก้อนกลม มีเส้นแฟลกเจลลายาว โดยหลังจากที่มีการนำอาหารเข้าไป จะมีเซลล์ทำหน้าที่ในการย่อยอาหารภายในเซลล์ ชื่อ อะมีโบไซต์ (Amoebocyte) ดังภาพที่ 13.1 ภายในร่างกายถูกค้ำจุนโดยโครงร่างแข็งภายใน ที่เป็นสารพวกหินปูนหรือซิลิกา เรียกว่า สปิคุล ส่วนที่มีโครงร่างอ่อนนุ่มเป็นสารโปรตีน เรียกว่า สปอนจิน ลักษณะของสปิคุลสามารถนำมาใช้ในการจัดจำแนกฟองน้ำได้ ดังภาพที่ 13.2 ก และ 13.2 ข โดยเซลล์สเคอโรไซต์ (Sclerocytes) จะทำหน้าที่สร้างสปิคุล (ขวาก) ส่วนเซลล์สปองโกไซต์ (Spongocytes) จะทำหน้าที่สร้างสปันจิน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



ภาพที่ 13.1 ลักษณะโครงสร้างทั่วไปของฟองน้ำ
ที่มา: (Cambell, N.A., 1977 : 595)

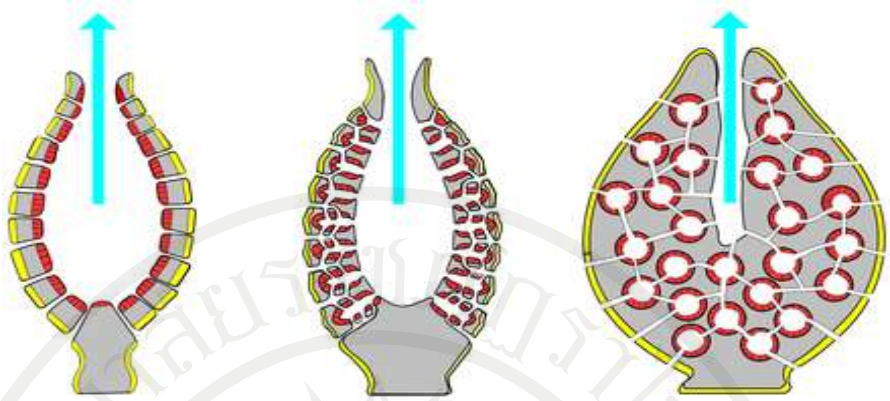


ภาพที่ 13.2 ลักษณะโครงร่างของฟองน้ำ (ก) สปิคุล (ข) สปันจิน
ที่มา: (Ruppert, E.E., Fox, R.S. and Barnes, R.D., 2004 : 84)

ลักษณะโครงร่างของฟองน้ำ

พิจารณาจากลักษณะของแอ่ง (Choanocyte) ลักษณะของทางน้ำเข้า-ออก แบ่งออกเป็น 3 แบบ ได้แก่ แอสโคนอยด์ (Asconoid), ซินคอยด์ (Syncoid) และลิวโคนอยด์ (Leuconoid)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



ภาพที่ 13.3 ลักษณะของทางน้ำเข้า-ออก 3 ชนิดของฟองน้ำ
ที่มา: (บพิธ จารุพันธุ์ และนันทพร จารุพันธุ์, 2555 : 57-59)

แอสโคนอยด์ (Asconoid) ทางเดินน้ำแบบที่ง่ายที่สุด มีเพียง 2 สกุล คือ ลิวโคโซลีเนีย (*Leucosolenia)* และ คลาทรินา *(Clathrina)* ซึ่งเป็นฟองน้ำขนาดเล็กที่มักอยู่รวมกันเป็นโคโลนี ทิศทางการหมุนเวียนของน้ำเป็นดังนี้

น้ำ ⟶ ostia ⟶ spongocoel ⟶ osculum

ซินโคนอยด์ (Synconoid) พัฒนามาจากแอสโคนอยด์ (Asconoid) แบ่งย่อยเป็น 2 แบบ คือ แบบธรรมดา (Simple) และแบบซับซ้อน (Complex synconoid) การหมุนเวียนของน้ำเป็นดังนี้

น้ำ ⟶ incurrent canal ⟶ prosopyle ⟶ radial canal ⟶ apopyle spongocoel ⟶ osculum

ลิวโคนอยด์ (Leuconoid) เป็นลักษณะการหมุนเวียนของน้ำที่พัฒนาดีที่สุด มีการหมุนเวียนน้ำดังนี้

น้ำ ⟶ dermal pore ⟶ incurrent canal ⟶ Prosopyle ⟶ flagellated chamber ⟶ apopyle ⟶ excurrent canal ⟶ osculum

การกินอาหาร

การนำอาหารเข้า และกินอาหารโดยการเกิดถุงอาหารภายในเซลล์ โดยการทำหน้าที่ของเซลล์โคแอนโนไซต์ (Choanocyte) ปริมาณของอาหารที่กินสัมพันธ์กับปริมาณของน้ำที่ผ่านเข้ามาสัมผัสกับเซลล์ ดังนั้นฟองน้ำที่มีการหมุนเวียนของน้ำที่พัฒนาดีที่สุด คือ ลิวโคนอยด์ (Leuconoid) จะต้องพยายามรักษาน้ำไว้ภายในร่างกายให้ได้นานที่สุด นั่นคือ ต้องมีระบบท่อน้ำที่ซับซ้อนที่เมื่อน้ำเข้าสู่ร่างกายแล้ว จะไม่ไหลออกไปในทันที แต่จะต้องทิ้งระยะเวลาให้ เซลล์โคแอนโนไซต์ ได้ดักจับและกินอาหารเสียก่อน การพัฒนาเป็นไซดคลนอยด์ (Cyclonoid) และลิวโคนอยด์ (Leuconoid) เป็นการพัฒนาเพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวที่จะสัมผัสกับน้ำ ฟองน้ำที่มีโคแอนโนไซต์ (Choanocyte) ขนาดใหญ่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

เช่น ไซฟา *(Scypha),* แกรนเทีย *(Grantia)* จะมีการย่อยอาหารในโคแอนโนไซต์ (Choanocyte) แต่ฟองน้ำส่วนใหญ่เซลล์ที่กินอาหารจะไม่ย่อยอาหาร แต่จะส่งผ่านให้อะมีโบไซต์ (Amoebocyte) ทำการย่อย (Amoebocyte) จะเคลื่อนที่ไป และนำอาหารไปยังเซลล์ต่าง ๆ เช่น เซลล์ที่ทำหน้าที่สะสมอาหาร เป็นต้น

การหายใจและการขับถ่าย

ฟองน้ำไม่มีอวัยวะในการหายใจและขับถ่าย แต่ได้รับออกซิเจนและกำจัดของเสีย โดยวิธีการแพร่ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ของแต่ละเซลล์

การสืบพันธุ์

แบบไม่อาศัยเพศ (Asexual) โดยการตัดขาดส่วนร่างกาย (Fragmentation) การงอกใหม่ (Regeneration) และการแตกหน่อ (Budding) สำหรับการงอกใหม่ (Regeneration) มีความสามารถในการงอกใหม่ เพื่อรักษาบาดแผล หรือส่วนที่ขาดหายไป การเกิดฟองน้ำแบบนี้เป็นการเกิดเอมบริโอจากเซลล์ร่างกาย ซึ่งให้ประโยชน์ในการเพาะเลี้ยงฟองน้ำถูตัว แบบอาศัยเพศ (Sexual) แบบที่มีสองเพศในตัวเดียวกัน (Monoecious) และแบบที่มีเพศแยก (Dioecious)

การจัดจำแนกฟองน้ำ

1. คลาสแคลคาเรีย (Class Calcarea) มี สปิคุล (Spicule) เป็นสารแคลเซียมคาร์บอเนต (Calcium carbonate) หรือสารหินปูน ไม่พบสปิคุล พบรูปร่างทั้ง 3 แบบ

2. คลาสเดโมสปองเจีย (Class Demospongiae) ฟองน้ำกลุ่มใหญ่ที่สุด โครงร่างแข็งเป็นซิลิกา และแบบเส้นใยโปรตีน (Spongin fiber) หรือทั้งสองอย่างรวมกัน รูปร่างเป็นแบบลิวโคนอยด์ (Leuconoid) อย่างเดียว ได้แก่ พวกฟองน้ำน้ำจืด และถูตัว

3. คลาสสเคลอโรสปองเจีย (Class Sclerospongiae) มีโครงร่างแข็งเป็นแบบหินปูน หรือเป็นลักษณะตาข่าย พบรูปร่างแบบลิวโคนอยด์ (Leuconoid) เท่านั้น

4. คลาสเฮกแซคทิเนลลิดา (Class Hexactinellida) ฟองน้ำน้ำลึก สปิคุลเป็นแบบ 6 แฉก และแบบยาว สกุลที่รู้จักกันดี คือ ยูเพลคเทลลา (*Euplectella*) มีชื่อเรียกทั่วไปว่า กระเช้าดอกไม้ของวีนัส (Venus's flower basket)

(ก) (ข) (ค)

ภาพที่ 13.4 ตัวอย่างฟองน้ำ (ก) ฟองน้ำถูตัว (ข) ฟองน้ำครก และ (ค) ฟองน้ำแก้ว
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553 : 49)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

อาณาจักรย่อยยูเมทาซัว

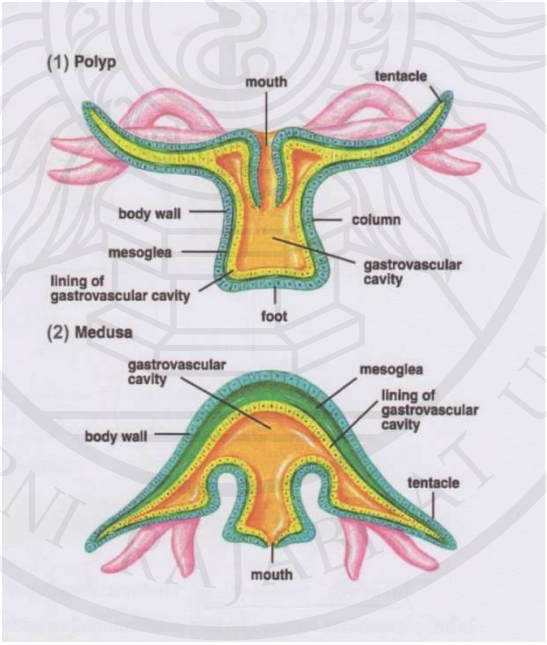
สัตว์ที่ร่างกายมีการพัฒนาของกลุ่มเซลล์ไปเป็นเนื้อเยื่อ และอวัยวะที่ทำหน้าที่ต่าง ๆ ชัดเจน แบ่งออกเป็น 2 แขนง ได้แก่ แขนงเรดิเอตา (Radiata) พวกที่มีสมรูปรัศมี และแขนงไบแลทเทอเรีย (Bilateria) พวกที่มีสมรูปครึ่งซีก

แขนงเรดิเอตา ประกอบด้วยสัตว์ที่มีสมรูปรัศมี (Radial symmetry) ร่างกายสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน หรือเสมือนว่าแบ่งเป็นสองส่วนเท่า ๆ กัน โดยผ่านแนวรัศมีได้หลายระนาบ ได้แก่ พวกแมงกะพรุน (Jellyfish) ซึ่งอยู่ในไฟลัมที่เรียกว่า ไฟลัมไนดาเรีย

ไฟลัมไนดาเรีย

เรียกอีกชื่อหนึ่งว่า ซีเลนเตอราตา (Coelenterata) ซึ่งแปลว่า สัตว์ที่มีทางเดินอาหารเป็นโพรง สัตว์ที่เป็นตัวแทนของไฟลัมนี้เป็นไฮดรา และแมงกะพรุน ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพวกที่อาศัยอยู่ในทะเล ลักษณะเป็นผู้ล่า (Predator) มีเทนตาเคิล แต่ยังไม่มีระบบอวัยวะชัดเจน สำหรับสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังที่มีความสวยงาม แต่มีอันตรายมาก เช่น แมงกะพรุนไฟ แมงกะพรุนถัง แมงกะพรุนรบโปรตุเกส (Portuguese man of war) สกุล (*Physalia)* มีเข็มพิษ เรียกว่า นีมาโทซิสท์ (Nematocyst) ซึ่งสร้างมาจากเซลล์ไนโดไซต์ (Cnidocyte) นอกจากนี้ในไฟลัมนี้ยังประกอบไปด้วยทรัพยากรที่มีคุณค่าอย่างยิ่งต่อท้องทะเลไทย นั่นก็คือ ปะการัง รวมไปถึงพวกดอกไม้ทะเล และกัลปังหาด้วย

ลักษณะรูปร่างที่เป็นพื้นฐานของสัตว์ในไฟลัมนี้มีอยู่ 2 แบบ คือ (1) แบบโพลิป (Polyp) หรือ ไฮดรอยด์ (Hydroid) และ (2) แบบเมดูซา (Medusa) (Jellyfish) ดังภาพที่ 13.5

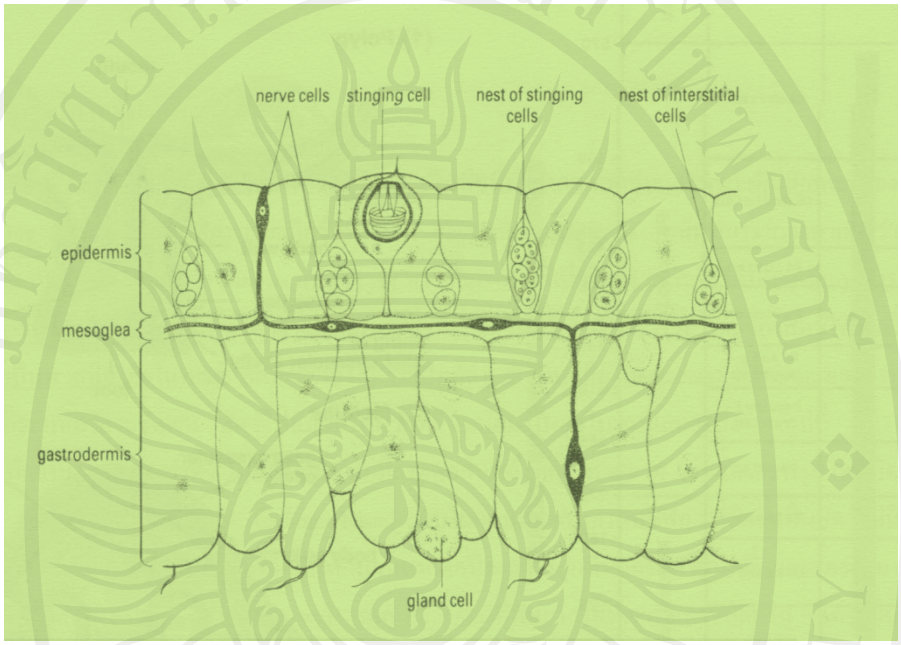


ภาพที่ 13.5 ลักษณะรูปร่างที่เป็นพื้นฐานของสัตว์ในไฟลัมไนดาเรีย
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553 : 51)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ทั้งลักษณะโพลิป และเมดูซา ประกอบไปด้วยเนื้อเยื่อ 3 ชั้น ได้แก่

1. เอพิเดอมิส (Epidermis) ชั้นผิวนอกทำหน้าที่ปกป้องอวัยวะภายใน
2. มีโซเกลีย (Mesoglea) ชั้นกลาง มีหลากหลายรูปแบบ ตั้งแต่เป็นชั้นบางๆ ถึงหนา หรือเป็นสายวุ้น ชั้นนี้บางชนิดจะมีเซลล์ (Amoebocytes) แทรกอยู่
3. แกสโทรเดอมิส หรือ เอนโดเดิร์ม (Gastrodermis/Endoderm) ชั้นในสุด ทำหน้าที่ย่อยอาหารและดูดซึมสารอาหาร ดังภาพที่ 13.6



ภาพที่ 13.6 เนื้อเยื่อ 3 ชั้นของไนดาเรีย
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553 : 52)

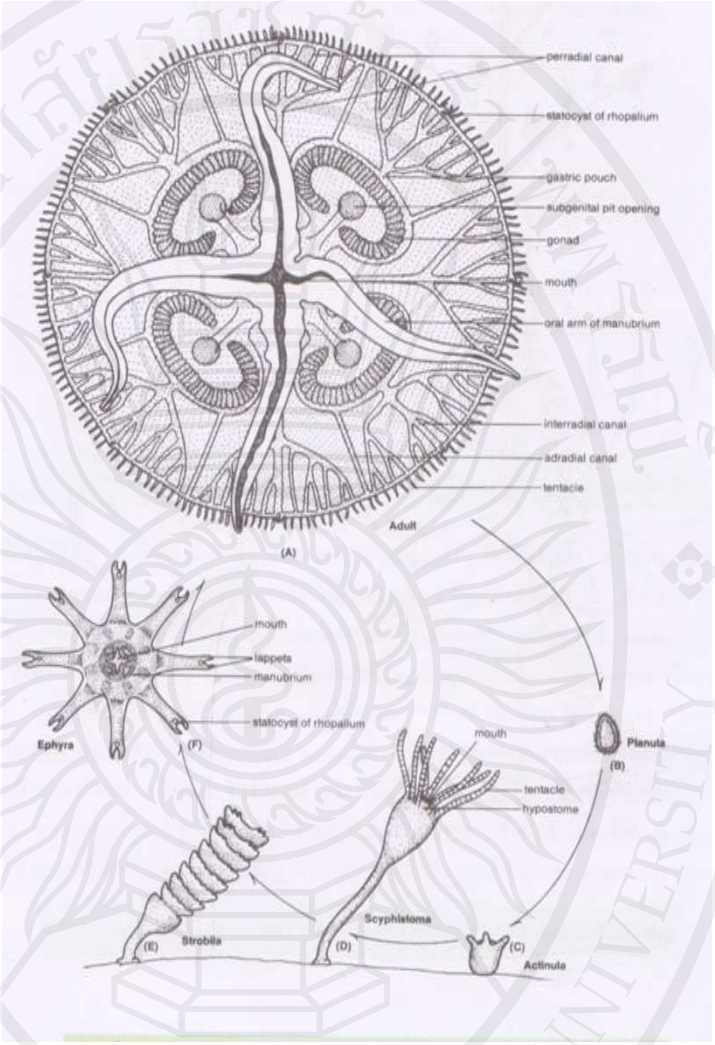
โพลีมอฟิซึม (Polymorphism) เป็นลักษณะที่พบเป็นปกติในสัตว์ไฟลัมนี้ โดยเฉพาะเมื่ออยู่เป็นแบบโคโลนี บริเวณลำตัวของสัตว์กลุ่มนี้จะพบส่วนที่เหมือนกับเป็นอวัยวะ หรือเป็นตัวสัตว์เล็ก ๆ ที่เรียกว่า ซูออยด์ (Zooids) หลายลักษณะ ทำหน้าที่ต่าง ๆ กัน เช่น เกี่ยวกับการบริโภค ลำเลียงอาหาร สืบพันธุ์ ป้องกันตัว

การสืบพันธุ์

สัตว์พวกไนดาเรียมีทั้งพวกที่มีสองเพศอยู่ในตัวเดียว (Monoecious) และพวกที่มีเพศแยกเป็นเพศผู้เพศเมีย (Dioecious) การสืบพันธุ์มีทั้งแบบไม่อาศัยเพศ และอาศัยเพศ การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ ในลักษณะของการแตกหน่อ หรือแบ่งตัว เกิดขึ้นกับลักษณะรูปร่างแบบโพลิป ส่วนการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศจะเกิดในรูปร่างแบบเมดูซา ยกเว้น ไฮดรา พวกที่มีการสืบพันธุ์ทั้งแบบอาศัยเพศของรูปร่างแบบเมดูซา และไม่อาศัยเพศของรูปร่างแบบโพลิป ลักษณะเช่นนี้เรียกว่า การสืบพันธุ์แบบสลับ (Alternation of generation) หรือ เมตาเจเนซิส (Metagenesis)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ หลังจากเกิดการปฏิสนธิภายนอกร่างกาย เอมบริโอจะพัฒนาเป็นตัวอ่อนมีซิเลียรอบตัว ว่ายน้ำเป็นอิสระเรียกระยะนี้ว่า พลานูลา (Planula) ประกอบไปด้วยเนื้อเยื่อ 3 ชั้นแล้ว หลังจากว่ายน้ำระยะเวลาสั้น ๆ โดยไม่กินอาหารอะไร แล้วลงเกาะกับวัสดุที่เหมาะสม พัฒนารูปร่างเป็นตัวเต็มวัยต่อไป ทั้งแบบอยู่เดี่ยว ๆ และแบบโคโลนี ดังภาพที่ 13.7



ภาพที่ 13.7 การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศของไนดาเรีย เช่น แมงกะพรุน
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553 : 54)

การจัดจำแนกไนดาเรีย

สัตว์ไฟลัมนี้ถูกจำแนกออกเป็น 4 ชั้นคือ

1. คลาสไฮโดรซัว (Class Hydrozoa) เป็นพวกที่มีรูปร่างเป็นทั้งแบบโพลิปและเมดูซา เมดูซามีลักษณะวีลัม ชั้นมีโซเกลีย (Mesoglea) ไม่มีลักษณะเซลล์ เซลล์สืบพันธุ์อยู่ที่ผิวชั้นนอก พบทั้งในน้ำจืดและในทะเล ได้แก่ พวกไฮดราและแมงกะพรุนน้ำจืด พรมทะเล แมงกะพรุนรบโปรตุเกส (ภาพที่ 13.8, 13.9 และ 13.10)

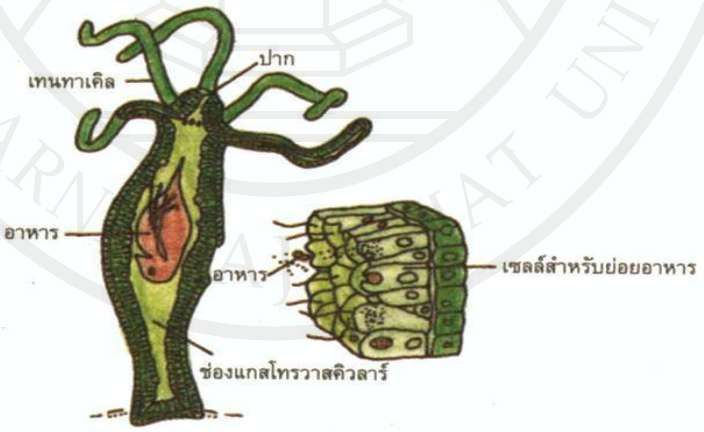
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

(ก) (ข)

ภาพที่ 13.8 (ก) ไฮดราน้ำจืด (ข) แมงกระพรุนน้ำจืด
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553 : 55)

(ก) (ข)

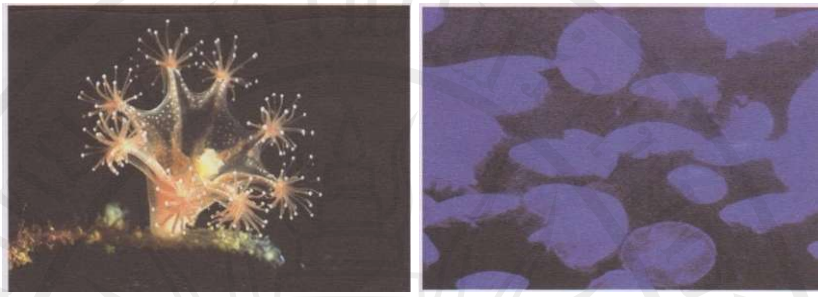
ภาพที่ 13.9 (ก) แมงกะพรุน วีเทลลา *(Vetella)* (ข) แมงกะพรุนสกุลพอพิตาร์ (*Porpita*)
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553 : 55)



ภาพที่ 13.10 โครงสร้างร่างกายของไฮดรา
ที่มา: (บพิธ จารุพันธุ์ และนันทพร จารุพันธุ์, 2555 : 76)

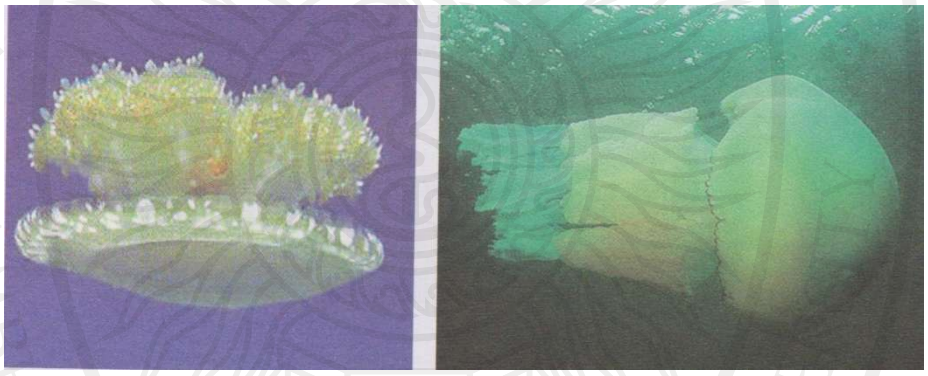
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

2. คลาสไซโฟซัว (Class Scyphozoa) เป็นพวกที่มีรูปร่างแบบเมดูซาเป็นลักษณะเด่น ไม่มีลักษณะของวีลัม ชั้นมีโซเกลีย (Mesoglea) มีลักษณะเป็นเซลล์ เซลล์สืบพันธุ์เป็นเซลล์ชั้นใน เป็นสัตว์ทะเลทั้งหมด ประกอบด้วยแมงกะพรุนน้ำเค็มสกุลต่าง ๆ เช่น ลิวเซอร์นาเรีย (*Lucernaria),* ออเรเลีย *(Aurelia),* คัสซิโอเปียร์ *(Cassiopeia),* และไรโซสโตมา *(Rhizostoma)* ดังภาพที่ 13.11 และ 13.12



(ก) (ข)

ภาพที่ 13.11 (ก) แมงกะพรุนสกุลลิวเซอร์นาเรีย และ (ข) แมงกะพรุนสกุลออเรเลีย
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553 : 57)

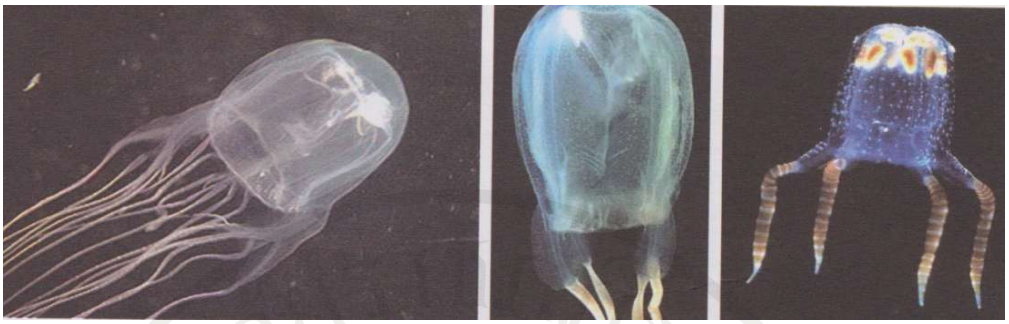


(ก) (ข)

ภาพที่ 13.12 (ก) แมงกะพรุนสกุลคัสซิโอเปียร์ และ (ข) แมงกะพรุนไรโซสโตมา
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553 : 58)

3. คลาสคิวโบเมดูซี (Class Cubomedusae) หรือ คิวโบซัว (Cubozoa) คนไทยมักเรียก แมงกะพรุนถัง ตามลักษณะรูปร่างแบบคิวบอดอล (Cuboidal shape) ขอบร่มไม่มีลักษณะจีบ (Unscalloped margins) มี 4 โรพาเลีย (Rhopalia) และมีวีลัม ได้แก่ ไคโรเนกซ์ *(Chironex),* คาริบเดียร์ *(Carybdea)* ดังภาพที่ 13.13

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



(ก) (ข)

ภาพที่ 13.13 (ก) แมงกะพรุนสกุลไคโรเนกซ์ และ (ข) แมงกะพรุนสกุลคาริบเดียร์
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553 : 58)

ปรากฏการณ์แมงกะพรุนรวมฝูง

ปรากฏการณ์นี้จะขึ้นอยู่กับกระแสลมและกระแสคลื่น ถ้าวันไหนลมและคลื่นสงบ แมงกะพรุนก็จะอยู่รวมกันเป็นกลุ่มให้เห็นจำนวนมาก และอยู่ใกล้ฝั่ง แต่หากวันไหนคลื่นลมแรง ไม่สงบก็จะอยู่แบบกระจายตัว แมงกะพรุนหมวกโปรตุเกส จัดเป็นแมงกะพรุนชนิดที่มีพิษร้ายแรงที่สุดในโลก เทียบเท่าแมงกะพรุนกล่องหรือแมงกะพรุนอิรุคันจิ (Malo kingi) เป็นสัตว์ชนิดหนึ่งที่มีพิษร้ายแรงที่สุดในโลกด้วย ซึ่งพิษนั้นจะทำลายระบบประสาท ผิวหนัง หัวใจ เมื่อถูกต่อยจะมีอาการปวดแสบปวดร้อนอย่างมาก ส่วนใหญ่ผู้ที่โดนพิษจะช็อก และหัวใจล้มเหลวก่อนที่จะกลับเข้าถึงฝั่ง

ภาพที่ 13.14 แมงกะพรุนที่มีการแพร่กระจายอย่างหนาแน่นในช่วงปลายฝนต้นหนาว ที่จังหวัดตราด
ที่มา: (มหัศจรรย์เมืองไทย ฝูงแมงกะพรุน, 2555)

4. คลาสแอนโทซัว (Class Anthozoa) เป็นไนดาเรียที่ไม่มีลักษณะรูปร่างแบบเมดูซา เนื้อเยื่อชั้นกลาง (Mesoglea) มีลักษณะเป็นเซลล์ เซลล์สืบพันธุ์อยู่ในเนื้อเยื่อชั้นใน ช่องว่างในร่างกาย (Gastrovascular cavity) แบ่งเป็นห้อง ๆ โดยแผ่นเนื้อเยื่อ ที่เรียกว่า มีเซนเทอรี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง

(Mesenteries) เป็นพวกที่อาศัยอยู่ในทะเลทั้งหมด มีการดำรงชีพทั้งแบบเดี่ยว และแบบโคโลนี แบ่งเป็น 2 ชั้นย่อย

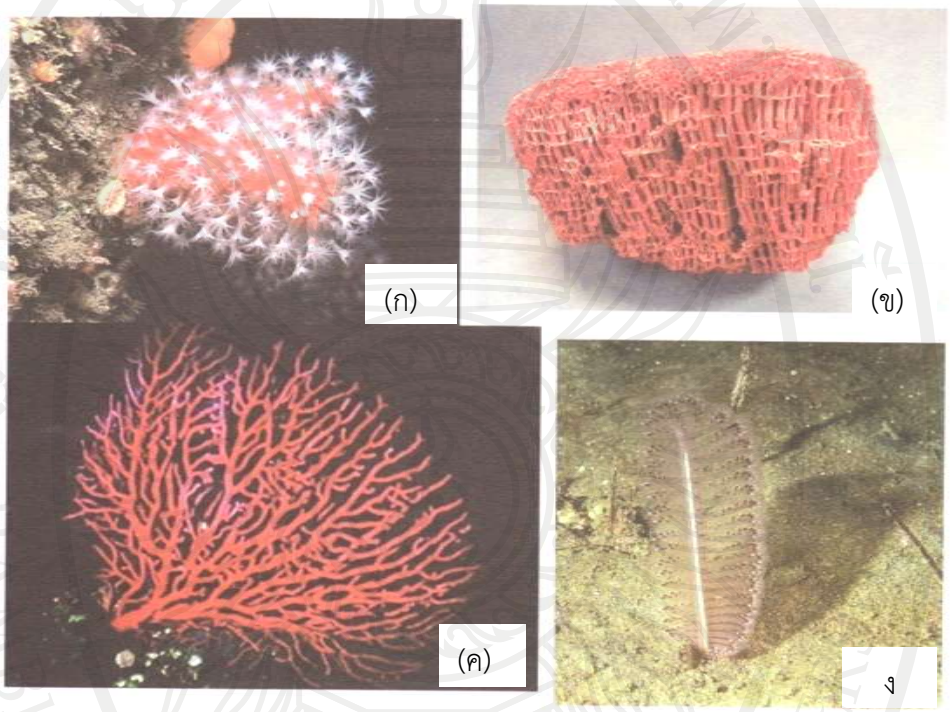
ซับคลาสซูแซนทาเรีย (Subclass Zoxantharia) (Hexacorallia) เป็นโพลิปที่มีมีเซนเทอรี (Mesenteries) อยู่ 8 คู่ เทนเทเคิลไม่เป็นกิ่งก้าน สาขา มีช่องคอหอยที่ประกอบไปด้วยซิเลียที่เรียกว่า ไซโฟโนกลิป (Siphonoglyph) เป็นส่วนสำคัญในการคัดเลือกอาหาร มีทั้งชนิดที่ดำรงชีพแบบเดี่ยว และชนิดที่เป็นโคโลนี ได้แก่ ดอกไม้ทะเล (Sea anemones) เป็นโพลิปที่ดำรงชีพแบบเดี่ยว แต่ไม่มีโครงร่างแข็ง ได้แก่ เมทริเดียม *(Metridium),* คัลลิแอคติส *(Calliactis),* เซอริแอนทัส *(Cerianthus)* และเซอริแอนทีออพซิส *(Ceriantheopsis)* ดอกไม้ทะเลเป็นที่อยู่ของปลาและปูหลายชนิด ที่รู้จักกันดี คือ กลุ่มปลาการ์ตูน ดังภาพที่ 13.15 และ 13.16 สมาชิกที่เหลือที่สำคัญคือ ปะการัง เป็นโพลิปที่มีทั้งดำรงชีพแบบเดี่ยว และแบบโคโลนี มีโครงร่างแข็งของหินปูน ไม่มีลักษณะไซโฟโนกลิป (Siphonoglyph) ได้แก่ ปะการังก้อน (Porites) และปะการังเขากวาง (Staghorn coral)

ภาพที่ 13.15 การอยู่ร่วมกันของปลาการ์ตูนกับดอกไม้ทะเล
ที่มา: (Cambell, N.A. et al., 2015 : 748)

ภาพที่ 13.16 การอยู่ร่วมกันของปูใบ้กับดอกไม้ทะเล
ที่มา: (Cambell, N.A. et al., 2015 : 1231)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ซับคลาส อัลไซโยนาเรีย (Subclass Alcyonaria) (Octocorallia) เป็นโพลิป มีเทนเทเคิลที่มีลักษณะเป็นขน 8 เส้น มีเซนเทอรี (mesenteries) ไม่มีลักษณะเป็นคู่ ส่วนใหญ่ดำรงชีพแบบโคโลนี ได้แก่ ปะการังอ่อน *(Alcyonium)* ปะการังไปป์ *(Tubipora)* (Organ pipe coral), กัลปังหา *(Gorgonia)* (sea pansy), ปากกาทะเลสไตลาทูลา (*Stylatula)* (Sea pen) ดังภาพที่ 13.17 เขาหินปูนที่ปรากฏอยู่ทั่วไปบนโลกนี้นั้น เกิดจากการทับทมของซากสัตว์ทะเลเมื่อหลายร้อยล้านปีมาแล้ว ส่วนใหญ่จะเป็นโครงร่างแข็งของปะการัง การสูญพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตครั้งใหญ่ ๆ 5 ครั้งนั้น สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังที่อยู่ในทะเลโดยเฉพาะปะการัง เป็นกลุ่มที่มีสัดส่วนในการสูญพันธุ์มากที่สุด



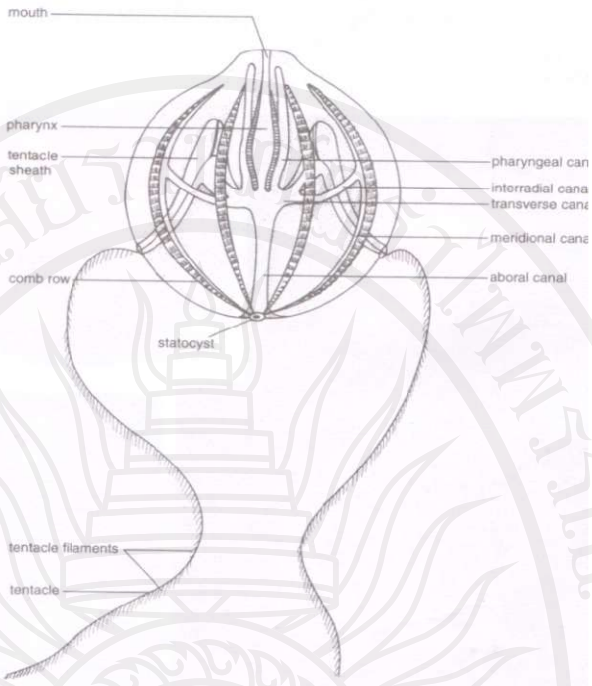
ภาพที่ 13.17 (ก) ปะการังอ่อน (ข) ปะการังไปป์ (ค) กัลปังหาสกุลกอร์โกเนีย และ (ง) ปากกาทะเล สกุลสไตลาทูลา

ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553 : 61)

ไฟลัมทีโนฟอรา

รากศัพท์ของชื่อไฟลัม มาจากภาษากรีก คือ Ctenos แปลว่าหวี (Comb) กับคำว่า Phora แปลว่า มี หรือประกอบ ภาษาอังกฤษเรียกว่า โคม เจลลี่ (Comb jellies)" ภาษาไทยแปลตรง ๆ ว่า "หวีวุ้น" เป็นสัตว์ที่มีลักษณะแผงซิเลียตามขวางมีรูปร่างคล้ายหวี เรียงต่อกันมาเป็นแนวตั้งเป็น 8 แถว เรียกว่า โคม โรว์ (Comb rows) เป็นลักษณะที่ใช้ในการเคลื่อนที่ มีสมรูปรัศมีแบบไบเรเดียล (Biradial) คือ มีเทนเทเคิล และทางเดินอาหารเป็นแบบสมรูปครึ่งซีก และแผงหวีเป็นสมรูปรัศมี พบอยู่ประมาณ 100 สปีชีส์ และพบเฉพาะในทะเลเท่านั้น ในทุกบริเวณไม่ว่าจะเป็นทะเลลึก และชายฝั่ง ในประเทศไทยปัจจุบันมักพบเห็นบ่อย ๆ ในบ่อเลี้ยงกุ้ง เนื่องจากมีการสูบน้ำ

เข้ามาในบ่อ เนื่องจากบ่อไม่กว้างมากจะเห็นได้ง่ายกว่าในทะเล บางชนิดสามารถเรืองแสงได้ และเห็นได้ง่ายในเวลากลางคืน จัดเป็นพวกสัตว์กินเนื้อ (Carnivorous species)



ภาพที่ 13.18 หวีวุ้นสกุลเพลอโรบราเชีย *(Pleurobrachia)*
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553 : 62)

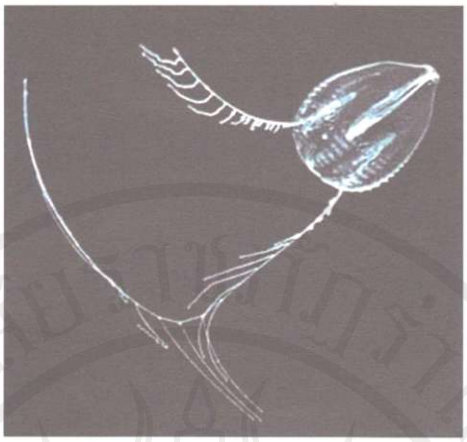
ความแตกต่างระหว่างทีโนฟอรา และไนดาเรีย ทั้งทีโนฟอราและไนดาเรียจัดอยู่ในแขนงเรดิเอตา เนื่องจากมีลักษณะของสมรูปรัศมีที่คล้ายกัน คือ ผนังลำตัว และช่องว่างภายในร่างกาย แต่ที่แตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด คือ หวีวุ้นไม่มีการดำรงชีพแบบโคโลนี ไม่มีลักษณะโพลิมอฟิซึม ไม่มีเข็มพิษ (Nematocyst) แต่มีลักษณะของเทนเทเคิลที่เรียกว่า คอลโลไซต์ (Collocytes) (ภาษากรีก คือ คอลลอยด์ (Colloid) แปลว่า กาว (Glue) ที่สามารถขับสารเหนียว ๆ คล้ายกาวออกมาเพื่อกวาดจับสัตว์เล็ก ๆ หรือแพลงก์ตอน เช่น ไรน้ำโคพีพอด (Copepods) หวีวุ้นจัดเป็นสัตว์ที่มีสองเพศอยู่ในตัวเดียว (Monoecious) มีการปฏิสนธิภายนอกร่างกาย ในน้ำทะเล ได้ตัวอ่อนที่มีชื่อว่า ไซดิพพิด (Cydippid larva)

การจัดจำแนกทีโนฟอรา

สัตว์พวกหวีวุ้นถูกจำแนกออกเป็น 2 ชั้น โดยยึดลักษณะของการมี หรือไม่มีเทนเทเคิล เป็นลักษณะสำคัญในการจัดจำแนก ได้แก่

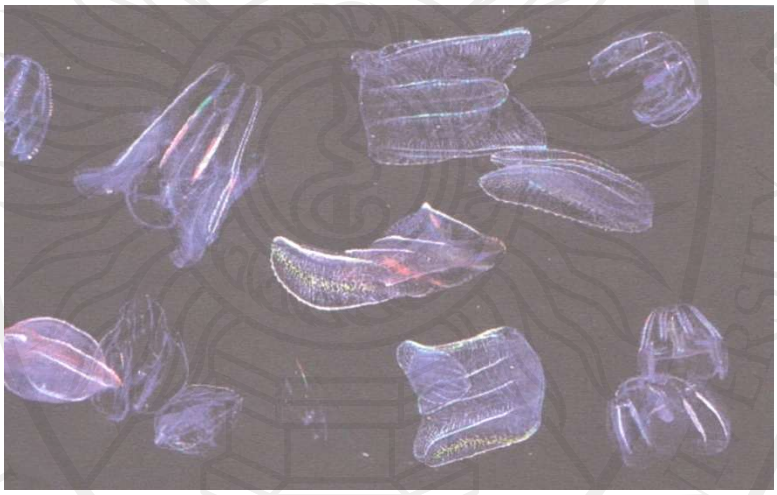
1. คลาสเทนตะคูลาตา (Class Tentaculata) เป็นพวกที่มีเทนเทเคิล เช่น ทีโนพลานา *(Ctenoplana)* ดังภาพที่ 13.19

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏราไพพรรณี



ภาพที่ 13.19 หวีวุ้นสกุลทีโนพลานา
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553 : 63)

2. คลาสนูดา(Class Nuda) พวกที่ไม่มีเทนเทเคิล มีรูปร่างเป็นทรงกรวย แบนปากและคอหอยมีขนาดใหญ่ ได้แก่ สกุลเบอโร (*Beroe*) ดังภาพที่ 13.20



ภาพที่ 13.20 หวีวุ้นสกุลเบอโร
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553 : 64)

แขนงไบแลทเทอเรีย (Branch Bilateria)

ประกอบไปด้วยสัตว์ที่มีสมรูปครึ่งซีก (Bilateral symmetry) ที่ร่างกายสามารถแบ่งออกเป็นสองส่วน หรือเสมือนแบ่งเป็นสองส่วนเท่า ๆ กัน ได้เพียงระนาบเดียวเท่านั้น สัตว์ในแขนงนี้ระยะเอมบริโอมีพัฒนาการของเนื้อเยื่อ 3 ชั้น คือ

1. เอนโดเดิร์ม (Endoderm) เป็นชั้นเนื้อเยื่อชั้นในสุดที่ส่วนใหญ่เปลี่ยนไปเป็นส่วนทางเดินอาหาร (Gut)

2. มีโซเดอร์ม (Mesoderm) เป็นเนื้อเยื่อชั้นกลางที่เปลี่ยนไปเป็นกล้ามเนื้อ โครงร่างแข็ง อวัยวะภายในอื่น ๆ และโพรงลำตัว (Coelom) ที่เป็นที่ยึดเกี่ยวของอวัยวะภายใน

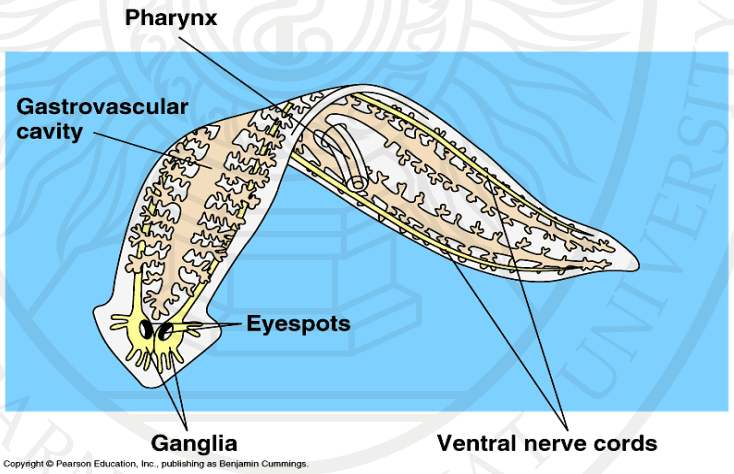
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

3. เอคโทเดิร์ม (Ectoderm) เป็นชั้นนอกสุดที่ปกคลุมร่างกาย (Epidermis) และบางส่วนพัฒนาเป็นเนื้อเยื่อของระบบประสาท (Nervous system) ก่อนที่จะเคลื่อนเข้าไปอยู่ภายใน

ร่างกายสัตว์ที่มีสมรูปครึ่งซีกถูกแบ่งออกเป็น 3 เกรด โดยใช้ลักษณะของโพรงลำตัวเป็นตัวจำแนก ได้แก่ เกรด อะซีโลมาตา (Grade Acoelomata) เป็นสัตว์พวกที่ไม่มีโพรงลำตัว (Accoelom) ได้แก่

ไฟลัมแพลทิเฮลมินทีส

ชื่อไฟลัมมาจากรากศัพท์ภาษากรีกว่า แพลทที (platy) แปลว่า แบน และคำว่า เฮลมินท์ (Helminth) แปลว่า หนอน พวกหนอนตัวแบน (Flatworms) พบสมาชิกอยู่ประมาณ 15,000 สปีชีส์ เป็นสัตว์ที่มีโครงสร้างร่างกายอย่างง่าย ๆ ลำตัวแบนบนลงล่าง (Dorsoventrally flatten) ด้านหน้า (Anterior) มีส่วนหัวที่พัฒนาขึ้นมา มีทั้งพวกที่ดำรงชีพแบบอิสระ (Free living) และพวกที่ดำรงชีพแบบปรสิต (Parasite) ทั้งปรสิตภายนอก และภายใน มีขนาดตั้งแต่ดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ไปจนถึง 30 เมตร ไม่มีโพรงลำตัว อวัยวะภายในถูกอัดอยู่ในกลุ่มเนื้อเยื่อที่เรียกว่า (Parenchyma) ซึ่งเป็นเนื้อเยื่อที่มีกำเนิดมาจากชั้นเมโซเดิร์ม ทำหน้าที่ผลิตสารคัดหลั่ง เป็นแหล่งสะสมสารอาหาร ใช้ในภาวการณ์แบ่งตัว (Regeneration) ร่างกายที่มีหลาย ๆ ชิ้นส่วน คล้ายกับเป็นปล้องเหมือนในไส้เดือนดิน ไม่ถือว่าเป็นลักษณะข้อปล้องที่แท้จริง ปกติแล้วระบบทางเดินอาหารมักไม่สมบูรณ์ ไม่พบทวารหนัก (Anus) เช่น พลานาเรีย (Planaria) (ภาพที่ 13.21) และพยาธิใบไม้ (Flukes) ส่วนในพวกพยาธิตัวตืด (Tape worm) จะไม่พบระบบทางเดินอาหารที่ชัดเจน

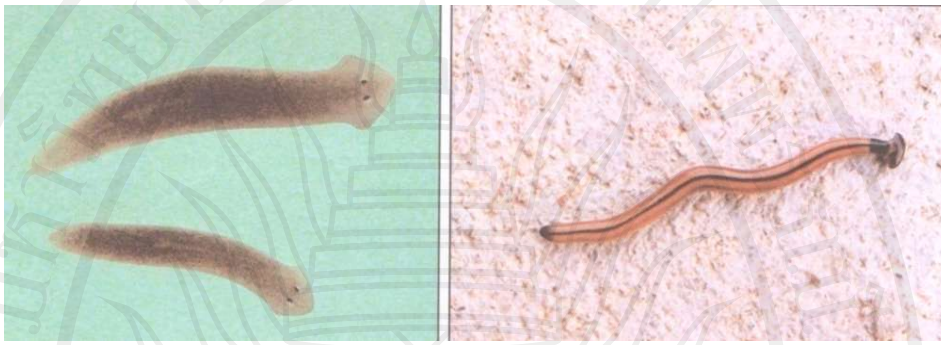


ภาพที่ 13.21 โครงสร้างของพลานาเรีย
ที่มา: (บพิธ จารุพันธุ์ และนันทพร จารุพันธุ์, 2555 : 93)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ไฟลัมนี้แบ่งออกเป็น 4 ชั้น (Class) ได้แก่

1. คลาสเทอเบลลาเรีย (Class Turbellaria) เป็นพวกที่ส่วนใหญ่ดำรงชีพแบบอิสระ มีขนาดเล็ก ผิวลำตัวมีซิเลียและต่อมมากมายที่เรียกว่า แรพไดท์ (Rhabdites) เป็นที่ขับสารคัดหลั่ง พวกเมือก ได้แก่ ดูจีเซีย *(Dugesia)* พลานาเรียที่พบในบ่อน้ำจืดทั่วไป เดลโลรา *(Bdelloura)* พบที่เหงือกของแมงดาทะเล สตีโนสโตมัม (Stenostomum) มีขนาดเล็กในน้ำจืด ต้องส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ พลานาเรียบก สกุล ไบพาเลียม *(Bipalium)* ที่มักพบตามสวน หรือขอบป่า และโพลีแคด (Polyclad) หนอนตัวแบนที่พบในทะเล

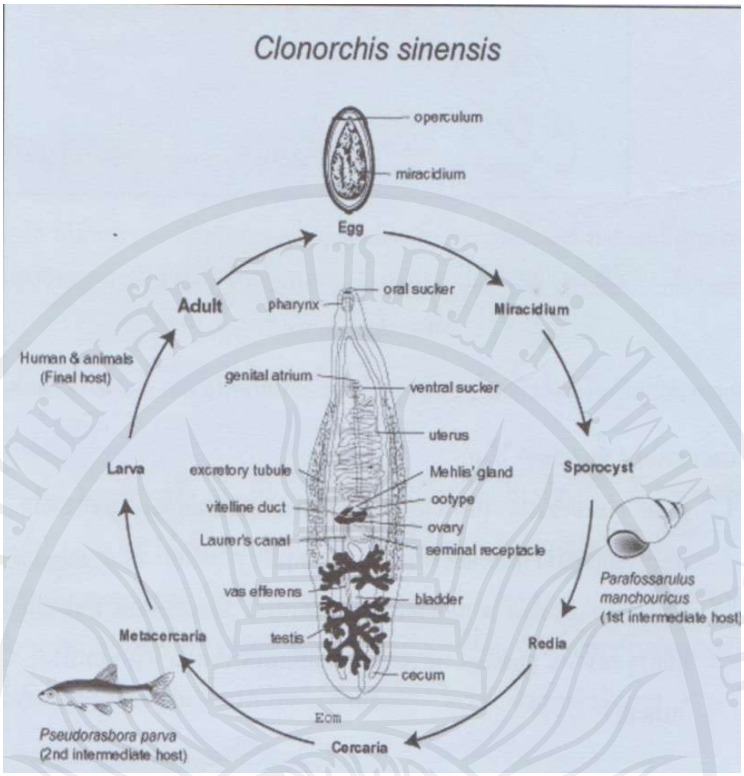


(ก) (ข)

ภาพที่ 13.22 (ก) พลานาเรียน้ำจืดสกุลดูจิเซีย และ (ข) พลานาเรียบกสกุลไบพาเลียม
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553 : 66)

2. คลาสทรีมาโตดา (Class Trematoda) เป็นพวกดำรงชีพแบบปรสิต มีรูปร่างคล้ายใบไม้ มีโครงสร้างเด่นที่ใช้ยึดเกาะโฮสท์ อยู่ที่ด้านล่างของลำตัว (Ventral attachment structures) มีทั้งดำรงชีพแบบปรสิตภายนอก และภายใน ได้แก่ พยาธิใบไม้ (Flukes) มีวงชีวิตการเป็นปรสิตในเจ้าบ้าน (Host) 2 ชนิด ทั้งที่เป็นสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังและสัตว์มีกระดูกสันหลัง ได้แก่ พยาธิใบไม้ในหอยกาบน้ำจืด (*Aspidogaster conchicola)* พยาธิใบไม้ในตับคน (*Clonorchis sinensis)* ที่มีหอยและปลาเป็นโฮสท์กึ่งกลาง (ภาพที่ 13.23) พยาธิใบไม้เลือดในคน *(Schistosoma mansoni*) และพยาธิใบไม้ในตับแกะ *(Fasciola hepatica*)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



ภาพที่ 13.23 พยาธิใบไม้ในตับคนที่มีหอยและปลาเป็นโฮสท์กึ่งกลาง
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553 : 66)

3. คลาสโมโนจีนี (Class Monogenea) เป็นพวกปรสิตภายนอกที่มีขนาดเล็ก ในพวกสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง พบมากในปลา โดยเฉพาะในฟาร์มเลี้ยงปลา มีอวัยวะพิเศษในการเกาะโฮสท์ที่เรียกว่า โอพิสแทพเตอร์ (Opisthaptor) ที่ส่วนท้ายของร่างกาย ได้แก่ สกุลแดคไทโรไกรัส (*Dactyrogyrus)* เป็นปรสิตที่สำคัญในฟาร์มเลี้ยงปลา ไกโรแดคไทรัส *(Gyrodactyrus)* พบที่เหงือกปลาเทราท์ ปลาทอง และโพลีสโตมา (*Polystoma*) พบที่ท่อปัสสาวะของคางคก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ภาพที่ 13.24 โพลิสโตมา
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553 : 68)

4. คลาส เซสโตดา (Class Cestoda) ลำตัวแบนยาว เป็นปรสิตภายในเท่านั้น ไม่มีทางเดินอาหาร ส่วนต้นของร่างกายมีโครงสร้างที่ใช้ยึดเกาะโฮสท์ หรือหัวที่มีชื่อว่า สโคเลกซ์ (Scolex) ได้แก่ พวกพยาธิตัวตืด (Tapeworms) ชนิดต่าง ๆ เช่น ตืดหมู ตืดสุนัข ตืดวัว เป็นต้น

ภาพที่ 13.25 (ก) พยาธิตัวตืดหมู (*Taenia solium*) และ (ข) ส่วนหัว (Scolex)
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553 : 68)

เกรด ซูโดซีโลมาตา (Grade Pseudocoelomata) เป็นสัตว์พวกที่มีโพรงลำตัวเทียม (Pseudocoelom)

ไฟลัมนีมาโทดา

พวกหนอนตัวกลม (Roundworms) มีสมาชิกจำนวนมากประมาณ 15,000 สปีชีส์ รูปร่างคล้าย ๆ กันมาก ดำรงชีพแบบอิสระ พบทั้งในดินและในน้ำ โดยเฉพาะน้ำทะเล ดำรงชีพแบบปรสิตทั้งในพืชและสัตว์ ปรสิตที่รู้จักกันดี เช่น พยาธิเส้นด้าย หรือเรียกว่า พยาธิเข็มหมุด (Pinworms) ในสุนัข แมวและคน และที่ยิ่งเป็นอันตรายต่อมนุษย์มาก เช่น พยาธิโรคเท้าช้าง (Elephantiasis) บางชนิดทำให้เกิดความเสียหายต่อพืช เช่น ดูดน้ำเลี้ยง หรือนำเชื้อโรคอื่นไปสู่พืชได้ สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหนึ่งตัวอาจเป็นที่อยู่ของหนอนตัวกลมนีมาโทดมากกว่าหนึ่งชนิด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ภาพที่ 13.26 ลักษณะทั่วไปของหนอนตัวกลม
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553 : 69)

หนอนตัวกลมจะมีโครงสร้างพื้นฐานของร่างกายที่เหมือนกัน เป็นลักษณะทรงกระบอก แหลมหัวแหลมท้าย มีขนาดความยาวตั้งแต่ 1 มิลลิเมตรไปจนถึงหลายเมตร มีผิวหนังหนาเรียกว่า คิวติเคิล (Cuticle) ซึ่งเป็นลักษณะจำเพาะของไฟลัมนี้ ประกอบไปด้วยเนื้อเยื่อ 3 ชั้น คือ คอติคอล (Cortical), เมตริกซ์ (Matrix) และไฟบรัส (Fibrous) มีทางเดินอาหารตรง ๆ เริ่มจากปาก หลอดคอ หลอดอาหาร ลำไส้ ลำไส้ตรง และทวารหนัก หลอดคอ หลอดอาหาร และลำไส้ตรง พวกที่เป็นปรสิต ในพืชจะมีลักษณะของเข็มยาวที่เรียกว่า สไตเลท (Stylet) ใช้ในการเจาะดูดน้ำเลี้ยงจากต้นไม้ ตัวเมียวางไข่ หรืออาจฟักในร่างกาย ได้ตัวอ่อนที่เจริญเติบโตผ่านขั้นตอนของการลอกคิวติเคิล (Cuticle) ออก คล้ายสัตว์ขาข้อแต่ต่างกันที่สัตว์ขาข้อลอกคราบเพื่อเจริญเติบโตเป็นตัวเต็มวัย แต่หนอนตัวกลมลอกคิวติเคิล (Cuticle) เพื่อเปลี่ยนระยะตัวอ่อน มักพบชื่อระยะวัยอ่อนหลายชื่อ ดังนี้ แรพดิติคฟอร์ม (Rhabditicform), ฟิลาริฟอร์ม (Filarifrom), ไมโครฟิลาเรีย (Microfilaria) หนอนตัวกลมที่เป็นปรสิตมีทั้งแบบที่มีโฮสท์เพียงหนึ่งชนิดเรียกว่า โมโนซีนัส (Monoxenous) หรือมากกว่า 1 ชนิด เรียกว่า เฮทเทอโรซีนัส (Heteroxenous)

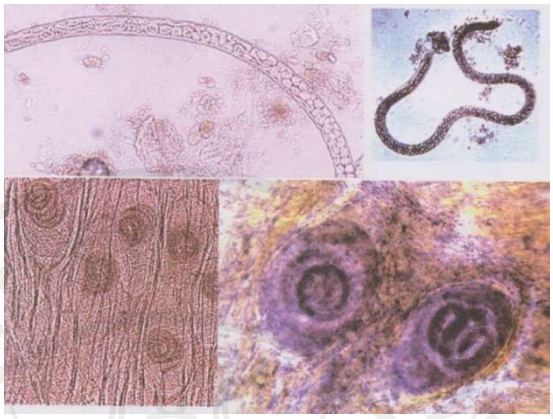
การจัดจำแนก

หนอนตัวกลมนีมาโทดาถูกจำแนกออกเป็น 2 ชั้น (Class) ได้แก่

1. คลาสอะเฟสมิดา

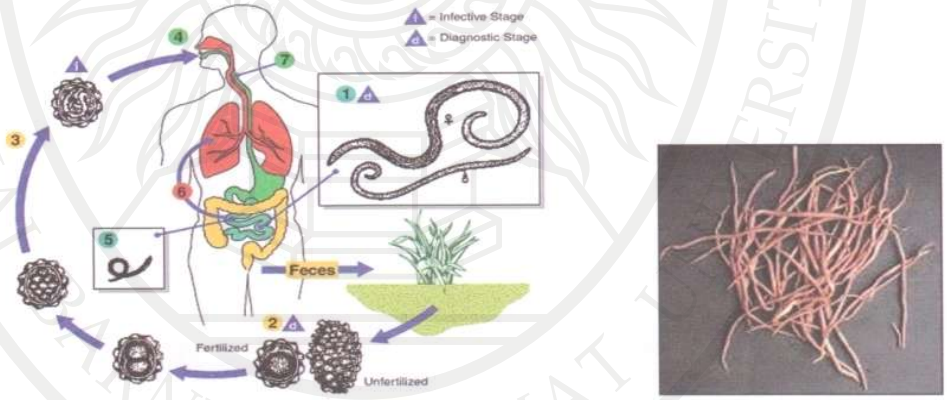
เป็นหนอนตัวกลมที่มีทั้งพวกที่ดำรงชีพแบบอิสระที่เป็นกลุ่มเด่นและมีจำนวนหนึ่งที่เป็นปรสิต ไม่มีอวัยวะรับความรู้สึกที่ส่วนหัวที่เรียกว่า เฟสมิด (Phasmids) ส่วนหางของตัวผู้ไม่มีส่วนขยายด้านข้าง ได้แก่ พยาธิในกล้ามเนื้อ (*Trichinella spiralis)* (Trichina worm), พยาธิแส้ม้า *(Trichiuris trichiura*) (Whipworm), หนอนในโคลน หรือน้ำจืดที่ดำรงชีพแบบอิสระ (Metoncholaimus) (Free living in mud)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏราไพพรรณี



ภาพที่ 13.27 พยาธิในกล้ามเนื้อ
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553 : 70)

2. ชั้นเฟสมิดา เป็นพวกที่กลุ่มเด่นดำรงชีพแบบปรสิต มีเฟสมิด (Phasmids) ส่วนหางของตัวผู้มีส่วนขยายด้านข้าง ได้แก่ พยาธิไส้เดือนในท้องคน (*Ascaris lumbricoides*) พยาธิหัวใจสุนัข (*Dirofilaria immitis)* (Dog heartworm) พยาธิเส้นด้ายหรือพยาธิเข็มหมุด *(Enterobius vermicularis*) (Pinworm) พยาธิปากขอ (*Necator americanus*) (American hookworm) หนอนในไส้เดือนดิน *(Rhabditis maupasi*) (Earthworm parasite) พยาธิโรคเท้าช้าง *(Wuchereria Bancrofti)* (Filarial worm) หนอนน้ำส้ม *(Turbatrix aceti)*

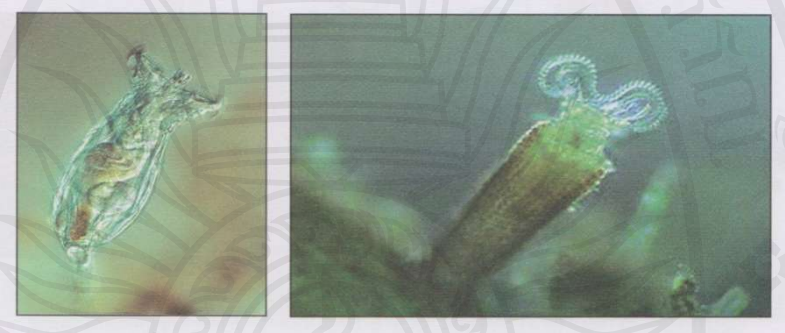


ภาพที่ 13.28 วงจรชีวิตของพยาธิไส้เดือน
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553 : 71)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ไฟลัมโรติเฟอรา

เป็นสัตว์ที่มีชื่อภาษาไทยว่า หนอนจักร ภาษาอังกฤษเรียกว่า ‘Wheel animals” เนื่องจากมีแผงซิเลียโบกพัดเหมือนการหมุนของล้อรถอยู่ด้านบนรอบ ๆ ส่วนหัว เป็นสัตว์ขนาดเล็กในระดับแพลงตอน ที่เป็นอาหารให้กับสัตว์อื่น ๆ ในสายใยอาหาร ปัจจุบันพบแล้วประมาณ 2,000 สปีชีส์ มีสมรูปครึ่งซีก โพรงลำตัวเทียม ประกอบด้วยลักษณะสำคัญอยู่ 2 ลักษณะคือ (1) แผงซิเลียบนส่วนหัวเรียกว่า โคโรนา (Corona) ใช้ในการเคลื่อนที่และจับอาหาร (2) คอหอยที่มีลักษณะเป็นกล้ามเนื้อเรียกว่า แมสแตกซ์ (Mastax) ประกอบด้วยฟันกรามมี 7 ชิ้นเรียกว่า โทรฟี (Trophy) บางชนิดไม่มีแผงซิเลีย แต่มีลักษณะของเดือยเส้นเดียวหรือหลายเส้น ใช้จับเหยื่อเช่นกัน โรติเฟอร์มีขนาดเล็กตั้งแต่ 100 – 1,500 ไมโครเมตร รูปร่างทรงกระบอก มักพบในแหล่งน้ำจืด มีบางชนิดพบในน้ำทะเล มักอยู่เดี่ยว ๆ บางพวกดำรงชีพแบบโคโลนี ดำรงชีพโดยการว่ายน้ำ คืบคลาน และเกาะอยู่ตามส่วนของต้นไม้น้ำ



ภาพที่ 13.29 แสดงลักษณะของโรติเฟอร์
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553 : 72)

เกรดซีโลมาตา (Grade Coelomata) สัตว์ที่มีโพรงลำตัว เป็นสัตว์ที่มีโพรงลำตัวแท้ แบ่งออกเป็น 2 ซีรีส์ ได้แก่

1. โปรโตสโตมา (Protostoma) (First mouths) ในการพัฒนาของเอมบริโอนั้น ส่วนของบลาสโทพอร์จะกลายเป็นส่วนของปาก

2. ดิวเทอโรสโตมา (Deuterostoma) (Second mouths) ส่วนของบลาสโทพอร์จะกลายเป็นทวารหนัก แล้วต่อมาจึงค่อยเกิดปากขึ้น

ซีรีส์โปรโตสโตมา ได้แก่

ไฟลัมมอลลัสกา

ชื่อไฟลัมมาจากภาษาละตินคำว่า มอลลัสคัม (Molluscum) ซึ่งแปลว่า อ่อนนุ่ม มอลลัส (Mollusks) เป็นกลุ่มสัตว์ที่มีขนาดตั้งแต่ 0.5 มิลลิเมตร ไปจนถึง 15 เมตร ประกอบไปด้วยลักษณะสำคัญสองอย่างที่ทำให้มอลลัสต่างไปจากสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังกลุ่มอื่น ๆ คือ

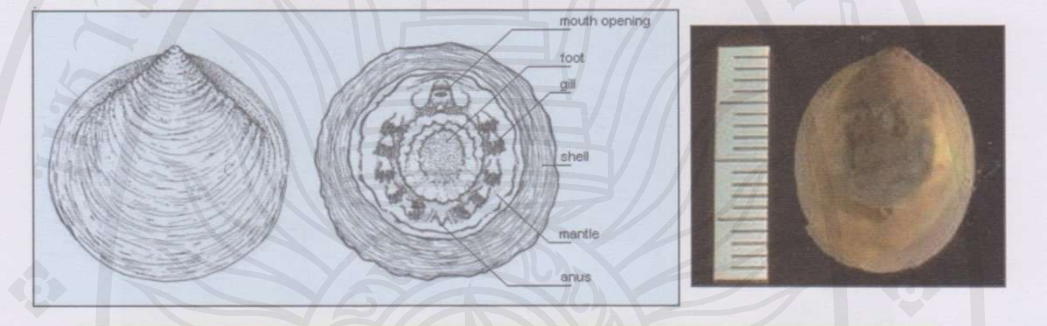
1. อวัยวะภายในถูกห่อหุ้มด้วยเนื้อเยื่อชั้นที่เรียกว่า วิสเซอรอล แมส (Visceral mass) และแมนเทิล (Mantle) ซึ่งปกติทำหน้าที่สร้างสารหินปูนที่เรียกว่า เปลือก (External calcareous shell)

2. มีลักษณะของกล้ามเนื้อเท้า (Foot) ในมอลลัสแต่ละชั้น กล้ามเนื้อส่วนเท้ามีการปรับปรุงให้เหมาะสมกับการใช้งาน ซึ่งส่วนใหญ่ คือ การเคลื่อนที่ และช่วยในการจับอาหาร ส่วนมากมีระบบ

ขูดกินหรือกัดกินอาหารโดยใช้โครงสร้างที่เป็นสารไคติน อยู่ในช่องปากที่เรียกว่า แรดูลา (Radula) ยกเว้นในหอยสองฝา (Bivalves)

ส่วนมากมีระบบหมุนเวียนแบบเปิด (Open circulatory system) มีส่วนหัว มีระบบประสาท ในมอลลัสพวกแรก ๆ จะพบปมประสาทที่เป็นหลักคือ ปมด้านบนที่อวัยวะภายใน (Visceral nerve cord) ปมด้านล่างที่ส่วนเท้า (Pedal nerve cord) มีระบบขับถ่าย หายใจ และสืบพันธุ์ มอลลัสมีหลักฐานการกำเนิดมาในยุคแคมเบรียน (Cambrian Period) พบซากดึกดำบรรพ์ (Fossils) ถึง 45,000 สปีชีส์ ดำรงชีพอยู่ในหลากหลายระบบนิเวศ จำแนกได้เป็น 7 ชั้น (Class)

1. คลาสโมโนพลาโคฟลอรา (Class Monoplacophora) เป็นกลุ่มโบราณที่มีขนาดเล็ก ขนาดร่างกายเล็กกว่า 3 เซนติเมตร เป็นพวกที่อยู่ในทะเล อยู่เป็นลักษณะเดี่ยว ๆ รูปร่าง เหมือนหอยหมวกจีน พบเป็นซากดึกดำบรรพ์จำนวนมาก ได้แก่ สกุลหอยฝาละมีโบราณ (*Neopilina)*



ภาพที่ 13.30 แสดงลักษณะของหอยฝาละมีโบราณ
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553 : 73)

2. คลาสโพลีพลาโคฟอรา (Class Polyplacophora) เป็นพวกเกาะอยู่กับหินตามแนวหาดบริเวณน้ำขึ้นน้ำลงชายฝั่งทะเล เปลือกอยู่ด้านบนมีแปดชิ้น ได้แก่ ลิ่นทะเล (Chitons) สกุลคาทารินา *(Katharina)* และสกุลไครโตไคตัน (*Crytochiton)*

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ภาพที่ 13.31 ลิ่นทะเล
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553 : 73)

3. คลาสอะพลาโคฟอรา(Class Aplacophora**)** ขนาดเล็ก ประมาณ 1-5 เซนติเมตร ลักษณะรูปร่างคล้ายหนอน แต่มีสปิคุลซึ่งเป็นสารหินปูนอยู่ที่แมนเทิล เป็นพวกไม่มีเปลือก คลานอยู่บนพื้น หรืออยู่บนสัตว์พวกไนดาเรีย ในทะเลลึกหลายแห่งมักเรียกกันว่า โซลีโนแกสเตอร์ (Solenogasters) พบว่ามีหลายชนิดที่ด้านท้องของร่างกายมีแอ่งตามยาว ทอดไปตลอดลำตัว เมื่อไม่นานมานี้มีการตั้งชั้นใหม่คือ คลาสคอโดโฟเวียตา(Class Caudofoveata) มาจากรากศัพท์ภาละตินว่า คอตา (Cauta) แปลว่า หาง และโฟเวีย (Fovea) แปลว่า จุดหรือแอ่ง ได้ถูกแยกมาจากคลาสอะพลาโคฟอรา (Class Aplacophora) ด้วยลักษณะของแอ่งที่ส่วนหาง

ภาพที่ 13.32 ลักษณะของหอยอะพลาโคฟอรา
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553 : 74)

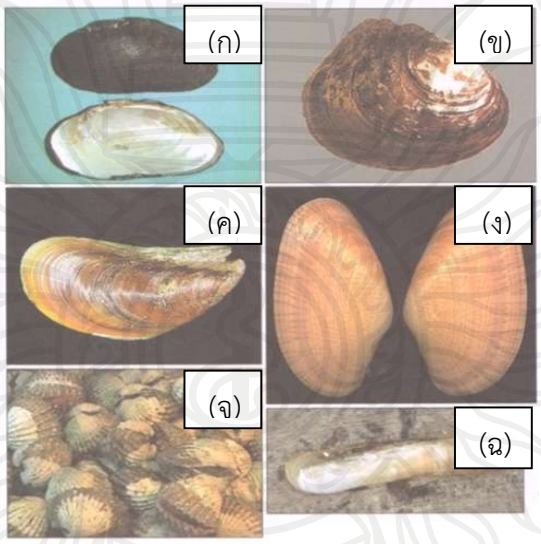
4. คลาสแกสโทรโพดา (Class Gastropoda) ได้แก่ หอยฝาเดียวทั้งหลาย (Snails) หอยทากไม่มีเปลือก (Slugs) โดยทั่วไปจะเป็นพวกมีเปลือกที่วนเป็นเกลียว ร่างกายสามารถหดตัวเข้าไปในเปลือกได้ บางพวกไม่มีเปลือกเป็นเกลียว แต่เป็นเหมือนหลังคาคลุมลำตัว เช่น หอยหมวกเจ๊ก (Limpets) มีฟันที่เรียกว่า แรดูลา (Radula) ใช้ขูดหรือตัดอาหารเข้าปาก ได้แก่ หอยทากยักษ์แอฟริกันที่ระบาดกินพืชผัก ผลผลิตของเกษตรกร (*Achatina fulica)* หอยเดื่อ *(Hemipecta distinct)* หอยทากจิ๋วปากแตร *(Hypselostoma khaowongensis)* หอยขม (*Filopaludina sumatrensis)* หอยเชอรี่ระบาดกินต้นกล้าข้าว *(Pomacea canaliculata)* หอยหวานหรือหอยตุ๊กแก *(Babylonia spirata)* หอยเต้าปูน (*Conus bengalensis)* หอยเป๋าฮื้อหรือหอยโข่งทะเลหรือหอยร้อยรู *(Haliotis asinine)* และหอยสังข์แตร (*Charonia tritonis)*

(ก) (ข)

ภาพที่ 13.33 (ก) หอยทากยักษ์แอฟริกัน (ข) หอยเชอรี่ระบาดกินต้นกล้าข้าว
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553 : 75)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

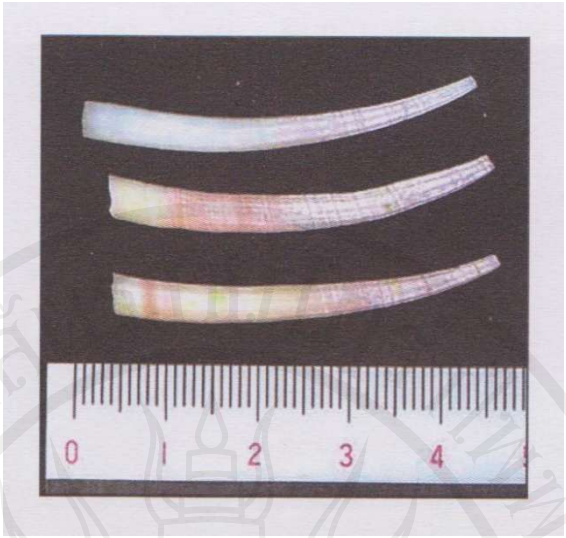
5. คลาสไบวาลเวีย (Class Bivalvia) ได้แก่ หอยสองฝาทั้งหลาย เช่น หอยกาบ (Clams) หอยนางรม (Oysters) หอยแมลงภู่ (Mussels) ฝาทั้งสองจะปิดคลุมร่างกายไว้ ฝาทั้งสองจะเชื่อมกันโดยบานพับ (Hinged valves) มักจะฝังตัวตามโคลนหรือทราย กินอาหารโดยการกรองสารที่แขวนลอยอยู่ในน้ำหรือแพลงตอนต่าง ๆ เหงือกเป็นอวัยวะสำคัญในการรวบรวมอาหารและแลกเปลี่ยนแก๊ส ได้แก่ หอยกาบ *(Pilsbryochoncha exilis)* หอยมุกจานน้ำจืดยุโรป (*Margaritifera margaritifera*) หอยมุกจานน้ำจืดของไทย *(Chamberlainia hainesiana)* หอยแมลงภู่ (*Perna viridis*) หอยลาย *(Paphia undulate*) หอยแครง (*Anadara granosa)* หอยหลอด *(Solen regularis*) หอยมือเสือ *(Tridacna gigas)* หอยเสียบ (*Donax faba)* หอยมุกจานทะเล (*Pinctada margaritifera)* หอยมุกกัลปังหา (*Pteria penguin)*



ภาพที่ 13.34 หอยสองฝาชนิดต่าง ๆ (ก) หอยกาบ (ข) หอยมุกจานน้ำจืดของไทย (ค) หอยแมลงภู่ (ง) หอยลาย (จ) หอยแครง และ (ฉ) หอยหลอด
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553 : 76)

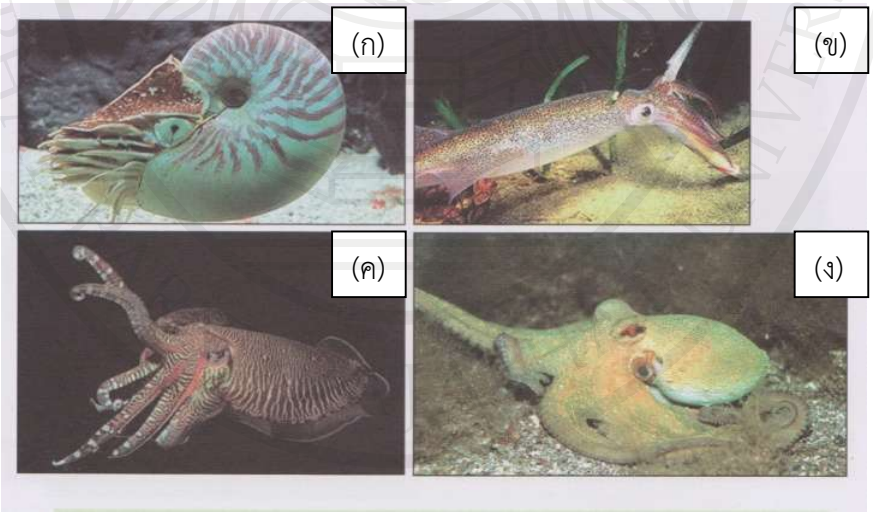
6. คลาสสแคฟโฟโพดา (Class Scaphopoda) เป็นกลุ่มเล็ก ๆ มีจำนวนประมาณ 350 สปีชีส์ เรียกว่า หอยงาช้าง (Elephant’s tusk or tooth shells) เป็นพวกฝังตัวอยู่ในโคลนหรือทราย ขนาดเปลือกยาวประมาณ 2-6 เซนติเมตร เป็นลักษณะ หลอดที่เปิดออกทั้งสองข้าง ส่วนท้ายดัดแปลงเป็นเทนเทเคิลที่ใช้จับเหยื่อ ได้แก่ สกุลเดนทาเลียม (*Dentalium)*

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



ภาพที่ 13.35 หอยงาช้าง
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553 : 78)

7. คลาสเซฟาโลโพดา (Class Cephalopada) พวกที่มีลำตัวยาว ว่ายน้ำอิสระ อาศัยในทะเลทั้งหมด ระบบประสาทมีการพัฒนาสูง ส่วนเท้าพัฒนาไปเป็นเทนเทเคิลได้แก่ ปลาหมึกกล้วย (Squid) ปลาหมึกสายหรือปลาหมึกยักษ์ (*Octopus*) และหอยงวงช้าง (*Nautilus*) หอยงวงช้างเป็นพวกเดียวที่มีเปลือกอยู่ข้างนอก ที่เหลือเปลือกลดรูปไปเป็นกระดองอยู่ภายในร่างกาย หรือไม่มีเลยในปลาหมึกยักษ์ ได้แก่ หอยงวงช้าง (*Nautilus)* หมึกกล้วย (*Logigo formosana*) หมึกหอม (*Sepiotheuthis lessoniana*) หมึกกระดอง *(Sepia pharaonis)* หมึกสาย *(Octopus dollfusi)*

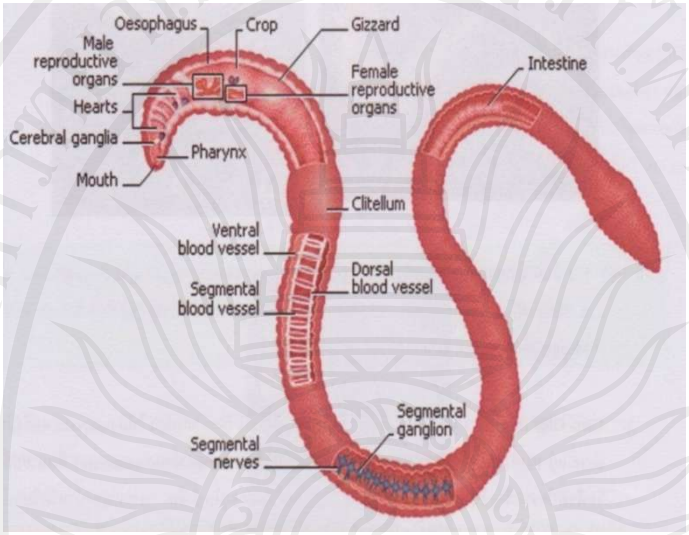


ภาพที่ 13.36 (ก) หอยงวงช้าง (ข) หมึกกล้วย (ค) หมึกกระดอง และ (ง) หมึกสาย
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553 : 78)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี

ไฟลัมแอนนิลิดา

ชื่อไฟลัมมาจากรากศัพท์ภาษาละตินว่า แอนนูลัส (Annulus) แปลว่า วงแหวน เป็นไฟลัมที่มีสมาชิกที่มีความหลากหลายเช่นกัน พบแล้วมากกว่า 12,000 สปีชีส์ ทั้งในทะเล น้ำจืดและบนบก เรียกสัตว์ในไฟลัมนี้โดยทั่วไปว่า หนอนปล้อง (Segmented worms) ร่างกายแบ่งเป็นห้อง ๆ ในน้ำจืดยังพบลักษณะของปล้องของร่างกายเป็นเหมือนวงแหวนรอบตัวตลอดแนว เรียกลักษณะนี้ว่า แอนนูไล (Annuli) มีระบบหมุนเวียนแบบปิด (Close circulatory system) เลือดมีรงควัตถุที่ใช้แลกเปลี่ยนแก๊ส (Respiratory pigment)

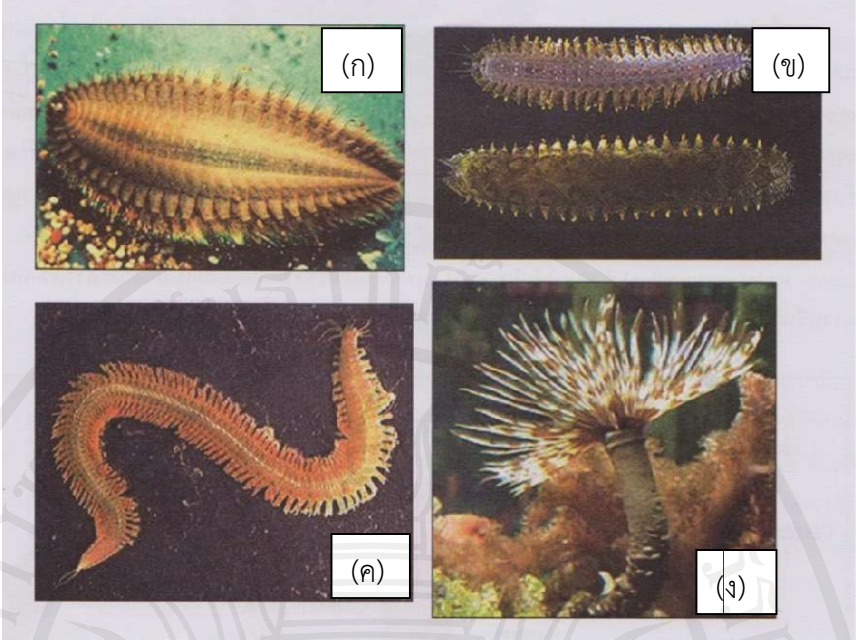


ภาพที่ 13.37 ลักษณะทั่วไปของไส้เดือนดิน
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553 : 79)

ในกลุ่มพวกไส้เดือนทะเล มีอวัยวะด้านข้างลำตัวใช้ในการว่ายน้ำเคลื่อนที่ เรียกอวัยวะนี้ว่า พาราโปเดีย (Parapodia) พบว่ามีการพัฒนาค่อนข้างสูงของลักษณะประสาทและกล้ามเนื้อ (High degree of neuromuscular organization) จำแนกได้เป็น 3 ชั้น (Class) เดิมเคยจัดไส้เดือนดินกับปลิงน้ำจืดไว้ด้วยกัน เนื่องจากมีโครงสร้างของ (Clitellum) และโครงสร้างอื่น ๆ ที่เหมือนกัน ต่อมาก็จัดเป็น 3 ชั้นที่รู้จักกันดี คือ

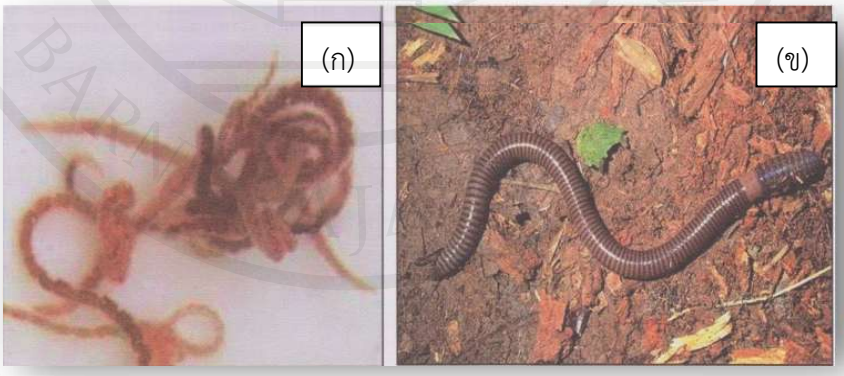
1. คลาสโพลีคีตา (Class Polychaeta) ความหมายของชื่อชั้นนี้คือ มีขนมากมาย (Many bristles) เกือบทั้งหมดอาศัยอยู่ในทะเล มีเพียงไม่กี่สปีชีส์ที่พบในน้ำจืด น้ำกร่อย เช่น ตัวสงกรานต์ หรือที่ชาวบ้านพบออกมาจากท่อประปาเรียกว่า ตัวร้อยขา มีลักษณะเด่นคือมีรยางค์ยื่นจากลำตัวคล้ายใบพาย ตลอดสองข้างลำตัวภาษาอังกฤษเรียกว่า พาราโปเดีย (Parapodia) จะมีขนอยู่ด้วย มีเทนเทเคิลจำนวนมากอยู่ที่ส่วนหัว เป็นสัตว์แยกเพศ เวลาผสมพันธุ์จะปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ออกมานอกตัว ผสมพันธุ์ภายนอก เจริญผ่านระยะตัวอ่อน (Larval stages) แล้วจึงเป็นตัวเต็มวัย ดำรงชีวิตต่อไป ตัวอย่างสัตว์ได้แก่ บุ้งทะเล (Sea mouse) *(Aphrodita)* หนอนเกล็ด (Scale worm) (*Lepidonotus)* แม่เพรียง (San or clam worm) *(Nereis*, *Neanthes)* หนอนฉัตร (Fan worm) *(Sabella)*

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



ภาพที่ 13.38 (ก) บุ้งทะเล (ข) หนอนเกล็ด (ค) แม่เพรียง และ (ง) หนอนฉัตร
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553 : 80)

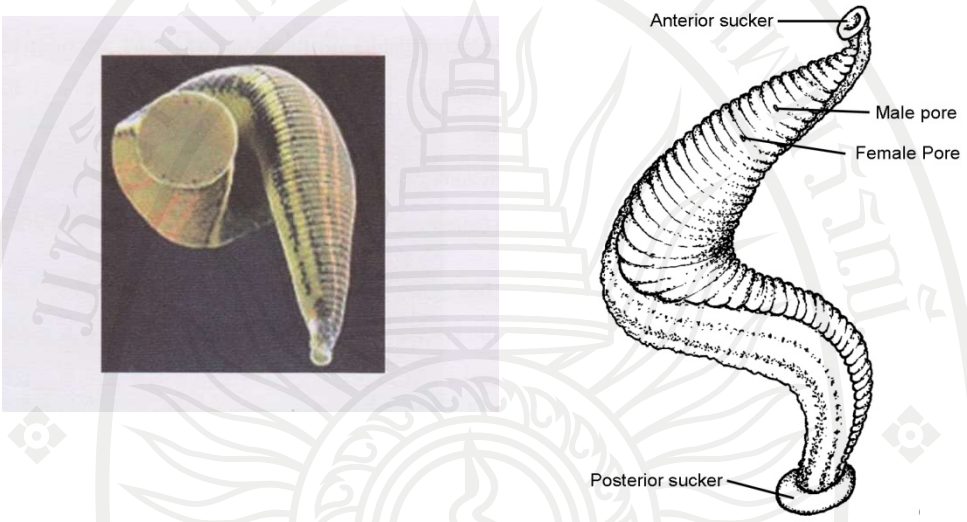
2. คลาสโอลิโกคีตา (Class Oligochaeta**)** ความหมายของชื่อชั้นนี้คือ มีขนเล็กน้อย (Few bristles) ไม่มีพาราโปเดีย (Parapodia) แต่ยังมีขน (Setae) อยู่ พบทั้งในน้ำจืดและบนบก ส่วนต้นของลำตัวพบลักษณะปลอก (Clitellum) ที่หลายปล้องในตัวที่มีการเจริญเต็มที่ของอวัยวะสืบพันธุ์ บางวงศ์อาศัยอยู่ในน้ำจืด ตามหนองน้ำหรือริมแม่น้ำ เป็นสัตว์กะเทย มีส่วนของอวัยวะเพศผู้และเพศเมียอยู่ในตัวเดียว แต่เวลาผสมพันธุ์จะจับคู่กับตัวอื่นแลกเปลี่ยนแคปซูล เซลล์สืบพันธุ์เพศผู้หรือสเปิร์ม (Spermatophore) ไข่ที่ได้รับการปฏิสนธิจะเจริญพัฒนาเอมบริโออยู่ในโคคูน (Cocoon) แล้วถูกปล่อยลงสู่ดินเพื่อฟักออกมาเป็นตัวต่อไปได้แก่ หนอนแดง (Aquatic tubificids) (*Tubifex*) ไส้เดือนดิน (Earthworms) สกุลเฟอเรติมา ลัมบริคัส *(Pheretima lumbricus)*



ภาพที่ 13.39 (ก) หนอนแดง (ข) ไส้เดือนดิน
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553 : 81)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

3. คลาสไฮรูดิเนีย (Class Hirudinea) ได้แก่ พวกปลิงทั้งหลาย (Leeches) ทั้งปลิงน้ำจืดและปลิงบก (ทากดูดเลือด) การสืบพันธุ์ของปลิงเหมือนกับไส้เดือนดิน มีลักษณะปุ่มดูด (Sucker) ทางด้านหน้า (Anterior) และด้านท้าย (Posterior) ของลำตัว ซึ่งเป็นลักษณะเด่นของชั้นนี้ ส่วนใหญ่ดำรงชีพแบบปรสิตภายนอก ด้วยการดูดเลือดหรือของเหลวจากร่างกายสัตว์อื่น บางชนิดเป็นผู้ล่าสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ได้แก่ ไฮรูโด เมดิซินอลิส *(Hirudo medicinalis)* และ กลอสสิโฟเนีย คอมพลานาตา (*Glossiphonia complanata)*



ภาพที่ 13.40 ปลิงน้ำจืด
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553 : 81)

ไฟลัมอาร์โทรโพดา

ชื่อไฟลัมมีรากศัพท์มาจากภาษากรีกคือ (Arthro) แปลว่า ข้อ ปล้อง และ (Pod) แปลว่า รยางค์ หรือเท้า เป็นไฟลัมขนาดมหึมาในเชิงของความหลากหลายของสปีชีส์ กำเนิดมาตั้งแต่ยุคแคมเบรียน ความยาวลำตัวมีตั้งแต่ขนาดเล็กที่ต้องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ จนถึงขนาดใหญ่หลายเมตร พบแล้วมากกว่า 1 ล้านสปีชีส์ และทำนายว่าน่าจะมากถึง 10 ล้านสปีชีส์ โดยเฉพาะแมลงนั้นเป็นกลุ่มใหญ่ที่สุด ที่มนุษย์รู้จักกันดีที่สุด คือ แมลง และสัตว์ทะเลที่มีรยางค์ คือ กุ้ง กั้ง ปู พบตั้งแต่ในมหาสมุทร แม้แต่ในบริเวณที่มีความลึกมาก ๆ ยอดเขา หรือบริเวณอากาศที่มีความสูงเป็นพันเมตรจากระดับน้ำทะเล เป็นไฟลัมที่มีบทบาทสำคัญหลายอย่างต่อมนุษย์ ไม่ว่าจะเป็นทางการแพทย์ สัตวแพทย์ ระบบนิเวศ และทางเศรษฐกิจ นอกจากนี้ยังมีโรคหลายชนิดที่เกิดกับมนุษย์โดยที่สัตว์ไฟลัมนี้เป็นพาหะของโรค เช่น ยุงรำคาญ *(Aedes aegypti)* เป็นตัวพาไวรัสที่ทำให้เกิดไข้เหลือง (Yellow fever) และยุงก้นปล่อง (*Anopheles* sp.) เป็นตัวพาโปรโตซัวพลาสโมเดียม *(Plasmodium* sp.) ทำให้เกิดโรคมาลาเรีย สัตว์ไฟลัมนี้มี 4 ลักษณะจำเพาะที่สำคัญ คือ

1. โครงร่างแข็งภายนอกที่มักเรียกว่า กระดอง (Exoskeleton หรือ cuticle) เป็นสารพวกไคตินและสเคลอโรโปรตีน (Chitin และ scleroprotein) ปกคลุมทั่วร่างกาย และจะแข็งแกร่งขึ้นเมื่อมีการสะสมเกลือแคลเซียมในเวลาต่อมา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

2. พวกกลุ่มโบราณแต่ละปล้องจะมีขาออกมา 1 คู่ ต่อมาจำนวนปล้องมีการหดหายไป หรือมารวมตัวกันทำให้มีขาน้อยลงไปด้วย

3. รูปร่างของสัตว์ไฟลัมนี้แบ่งออกได้เป็น 2-3 รูปแบบ (Tagmata)

4. ลักษณะซิเลียเกือบไม่พบในสัตว์ไฟลัมนี้ มีโพรงลำตัวคล้ายพวกหนอนปล้อง (Annelids) แต่มีพัฒนาการที่แตกต่างออกไปเป็นช่องว่างลำตัวสำหรับบรรจุของเหลว (Haemocoel) หัวใจจะสูบฉีดเลือดเข้าไปในช่องนี้ ซึ่งจะทำให้มีการนำสารอาหารและออกซิเจนกระจายไปเลี้ยงส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย เลือดกลับคืนสู่หัวใจผ่านช่องต่าง ๆ เรียกกระบวนการนี้ว่า ระบบการไหลเวียนแบบเปิด (Open circulatory system)

สัตว์ไฟลัมนี้เป็นสัตว์ที่ประสบความสำเร็จมากในการดำรงชีพบนโลก เพราะความหลากหลายที่มีจำนวนมหาศาลทำให้แบ่งได้เป็นหลายชั้น (Class) แมลงนั้นถือว่าเป็นสมาชิกที่ประสบความสำเร็จสูงสุด ถือว่าเป็นสัตว์บก แม้ว่าบางพวกยังต้องผ่านระยะการอยู่ในน้ำก่อนเป็นตัวเต็มวัย เช่น ยุง แมลงปอ ตัวชีปะขาว แมลงนั้นมีบทบาทที่สำคัญต่อมนุษย์เป็นอย่างมาก ไม่ว่าจะเป็นการช่วยผสมเกสรแก่พืช เป็นศัตรูพืช และทำลายอาหารสะสมของมนุษย์ และยังเป็นตัวนำเชื้อโรคต่าง ๆ อีกด้วย

การจัดจำแนก

สามารถจัดจำแนกออกได้เป็น 4 ไฟลัมย่อย ได้แก่

1. ซับไฟลัม ไตรโลไบตา เป็นกลุ่มที่สูญพันธุ์ไปแล้ว ร่างกายแบ่งเป็น 3 พูตามยาว และแบ่งเป็น 3 ส่วน (Tagmata) ได้แก่ ส่วนหัว (Head) ส่วนอก (Thorax) และส่วนท้อง (Abdomen) ได้แก่ ไตรโลไบต์ (Trilobites)

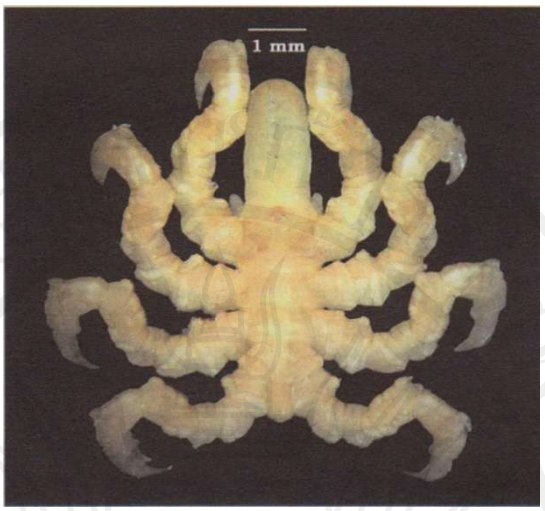
2. ซับไฟลัม เคลิเซอราตา เป็นกลุ่มที่มีร่างกายเป็นสองส่วน หรือรวมกันเป็นส่วนเดียว ไม่มีหนวด (Antennae) รยางค์คู่แรกเรียกว่า เคลิเซอรี (Chelicerae) แบ่งเป็น 3 ชั้นได้แก่

1. คลาสเมอโรสโตมาตา (Class Merostomata) อยู่ในทะเล ส่วนใหญ่สูญพันธุ์ไปแล้ว มีโครงสร้างที่ใช้ในการหายใจที่ เรียกว่า บุ๊กกิล (Book gills) และมีส่วนหางที่เรียกว่า เทลสัน (Telson) ได้แก่ แมงดาทะเลหางเหลี่ยม (Horseshoe crab) *(Trachypleus gigas)* แมงดาทะเลหางกลม *(Carcinoscorpius rotundicauda)* แมงดาทะเลยักษ์ (King crab) *(Limulus polyphemus)*

ภาพที่ 13.41 แมงดาทะเล
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553 : 83)

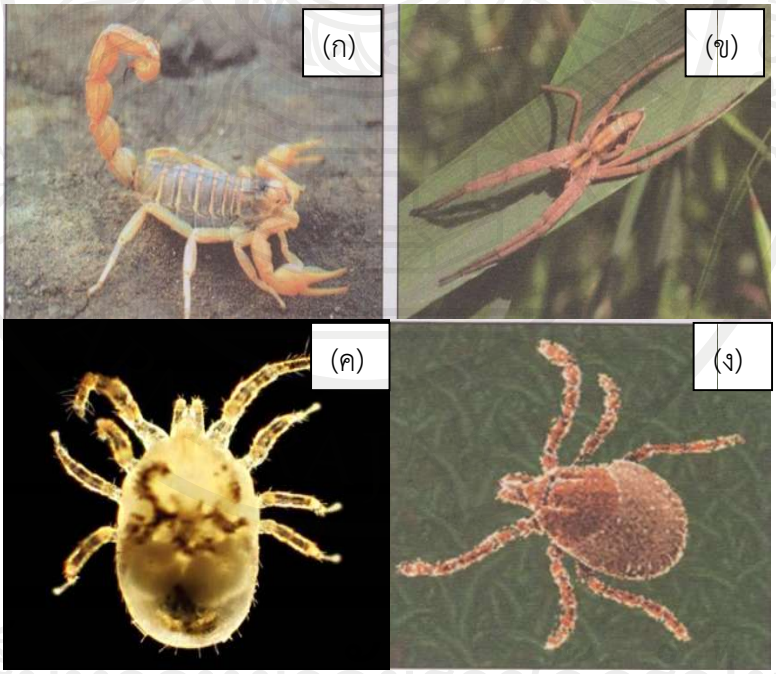
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

2. คลาสพิกโนโกนิดา (Class Pycnogonida) ลักษณะคล้ายแมงมุม ขายาว 4-6 คู่ อยู่ในทะเล ได้แก่ สกุลพิกโนโกนัม *(Pycnogonum* sp.)



ภาพที่ 13.42 พิกโนโกนัม
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553 : 83)

3. คลาสอะแรชนิดา (Class Arachnida) สัตว์ในไฟลัมย่อยนี้ส่วนใหญ่คือสัตว์ในชั้นนี้ เป็นพวกที่อาศัยอยู่บนบก ได้แก่ แมงป่อง (Scorpions), แมงมุม (Spiders), ไรและเห็บ (Mites and ticks)



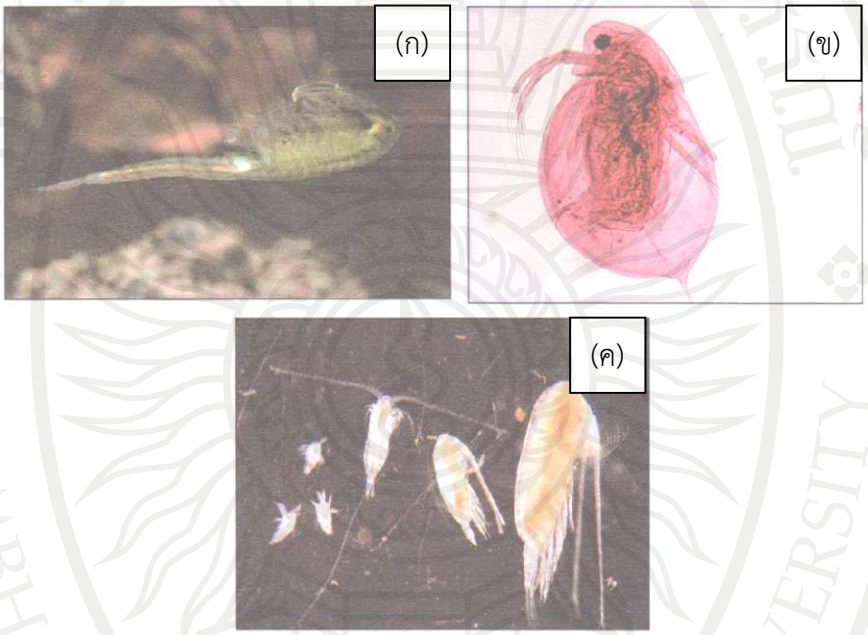
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏราไพพรรณี

ภาพที่ 13.43 (ก) แมงป่อง (ข) แมงมุม (ค) ไร และ (ง) เห็บ
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553 : 84)

ซับไฟลัมครัสเตเชีย

เป็นพวกสัตว์น้ำเป็นส่วนใหญ่ มีหนวด 2 คู่ (Antennae) รยางค์มีลักษณะแผ่ออกเป็น 2 แผ่น (Biramous) มีการจัดจำแนกออกไปเป็นหลายชั้น เนื่องจากเป็นกลุ่มสัตว์ที่มีสมาชิกมากและหลากหลาย แต่มีการสรุปออกเป็น

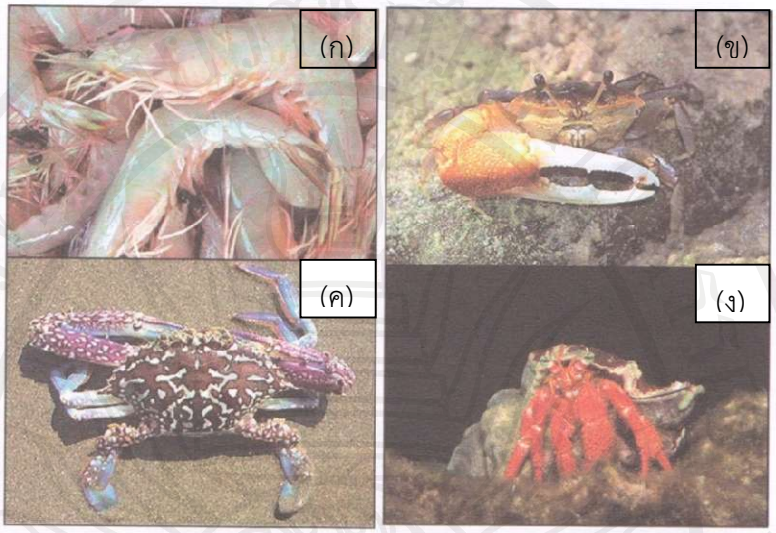
คลาสเอนโทโมสตราแคน (Class Entomostracans) ได้แก่ ออเดอร์บรานชิโอโพดา (Order Branchiopoda) พวกไรทะเล (Atremia) (Brine shrimp) ไรน้ำนางฟ้า (*Branchinecta)* (Fairy shrimp) ไรแดง *(Daphnia*) ออเดอร์ออสตราโคดา (Order Ostracoda เช่น *Cypris* ออเดอร์โคพีโพดา (Order Copepoda) เช่น ไรน้ำโคพิพอด (*Calanus)* (ภาพที่ 13.44) ออเดอร์เซอร์ริพีเดีย (Order Cirripedia) เช่น เพรียงหิน (Balanus) (Rock barnacle) เพรียงก้าน หรือเพรียงคอห่าน *(Octolasmis)* (Stalk barnacle)



ภาพที่ 13.44 (ก) ไรน้ำนางฟ้า (ข) ไรแดง และ (ค) ไรน้ำโคพีพอด
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553 : 85)

คลาสมาลาโคสตราคา (Class Malacostraca) รากศัพท์ภาษากรีก มาลัค (Malac) แปลว่า อ่อนนุ่ม ได้แก่ ออเดอร์ ไอโซโพดา (Order Isopoda) ได้แก่ แมงสาบทะเล (*Oniscus)* (Pill bugs) ตัวกะปิ (*Limnoria*) (Wood lice) ออเดอร์ แอมฟิโพดา (Order Amphipoda) ได้แก่ ตัวกระโดด *(Gammarus)* (Freshwater scuds) ออเดอร์ ยูฟอร์เซียซี (Order Euphausiacea) ได้แก่ ยูฟอร์เซีย *(Euphausia)* หรือ เคย (Krill) ออเดอร์ เดคาโพดา (Order Decapoda) ได้แก่ กุ้งแชบ๊วย (*Penaeus) (Merguiensis*) (Peneid shrimp) ปูก้ามดาบ *(Uca forcipata*) ปูม้า (*Portunus pelagicus*) ปูเสฉวน *(Dardanus megitos*) (Red hermit crab) กั้งตั๊กแตน *(Oratosquilla nepa*) (Mantis shrimp) และออเดอร์ เดคาโพดา (Order Decapoda) จัดเป็นออเดอร์ (Order) ที่ใหญ่ที่สุดของครัสเตเชียน ส่วนใหญ่อาศัยอยู่ในทะเล ยกเว้นพวกกุ้งปูบางชนิดที่อาศัยอยู่ในน้ำจืด เดคาพอดที่มีขนาดเล็กที่สุด เป็นพวกปูบราชียูแรน (Brachyuran) จีนัสดิสโซแดคไทลัส *(Dissodactylus)* ซึ่งอาศัย

อยู่ร่วมกันแบบพึ่งพาอาศัย (Commensal) กับพวกอีแปะทะเล เดคาพอดที่มีขนาดใหญ่ที่สุด คือ ปูแมงมุมญี่ปุ่น *(Macrocheira kaempferi)* ซึ่งเป็นปูที่มีขายาวที่สุด ในบรรดาอาร์โทพอดที่มีชีวิตอยู่ วงศ์ลิโททิดี (Family Lithothidae) มีชื่อสามัญว่า คิงแครบ (King crab) เป็นครัสเตเชียนที่มีขนาดใหญ่ พบมากในทะเลแปซิฟิกเหนือ



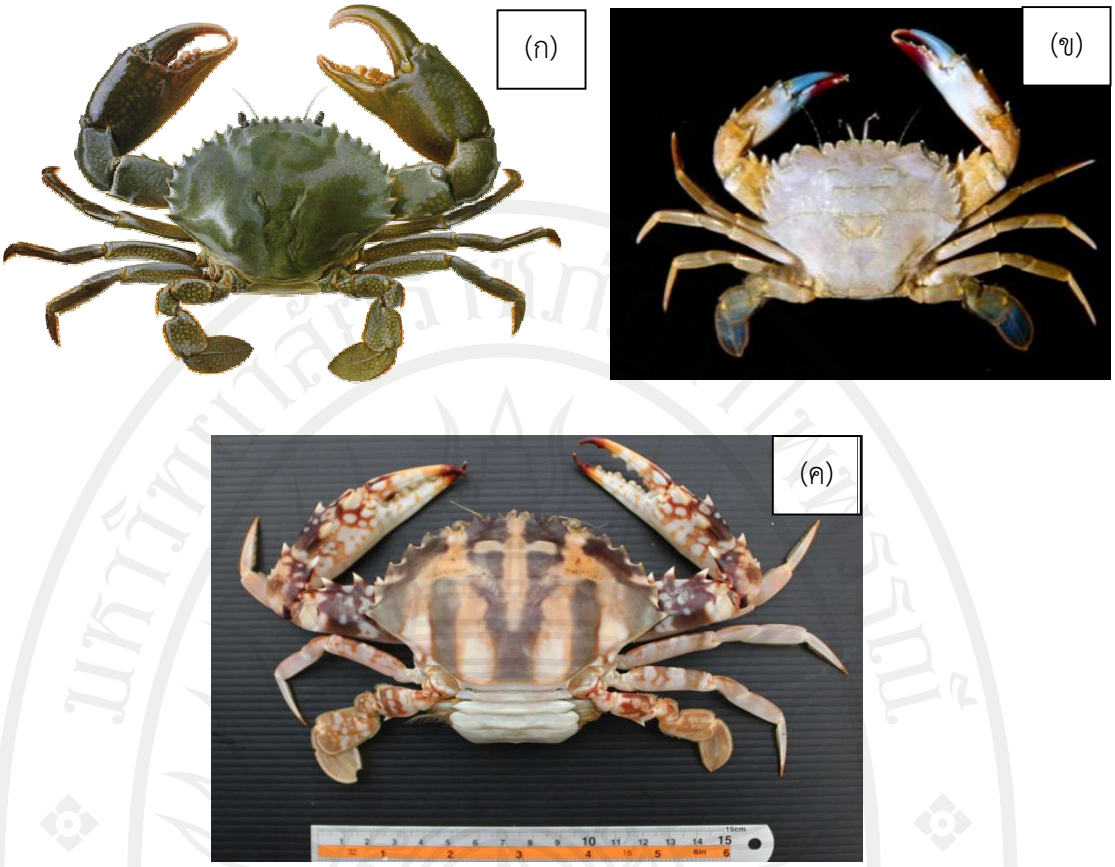
ภาพที่ 13.45 (ก) กุ้งแชบ๊วย (ข) ปูก้ามดาบ (ค) ปูม้า และ (ง) ปูเสฉวน
ที่มา: คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553 : 86

ปู (Crab) แบ่งออกเป็นปูที่ไม่แท้จริง (Anomuran) กับปูแท้จริง (Brachyuran) ปูที่ไม่แท้จริง ได้แก่ พวกปูเสฉวน อยู่ในวงศ์ ไดโอเจนิดี (Diogenidae) และพากูริดี (Paguridae)

พวกปูแท้จริง

จัดเป็นเดคาพอดที่ประสบความสำเร็จในการดำรงชีวิตมากที่สุด ดังจะเห็นได้จากจำนวนสปีชีส์ที่มีมากถึง 4,500 สปีชีส์ จาก 50 แฟมิลี แฟมีลีที่เป็นที่รู้จักกันดี คือ วงศ์พอทูนิดี (Family Portunidae) คาราเปสเป็นรูปไข่ หรือรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า มีความกว้างมากกว่าความยาว ด้านข้างของคาราเปสเป็นหนาม หรือฟันข้างกระดอง 5, 6 หรือ 9 คู่ ขาเดินคู่สุดท้ายเป็นใบพาย ใช้ในการว่ายน้ำ ส่วนใหญ่เป็นปูเศรษฐกิจ ได้แก่ ปูทะเล (*Scylla serrata*) ปูหิน (*Thalamita crenata*) ปูลาย (*Charybdis feriatus*)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



ภาพที่ 13.46 (ก) ปูดำ (ข) ปูหินก้ามฟ้า และ (ค) ปูลาย
ที่มา: (ชัยดำรง สิงหเจริญวัฒน์ และสรารัตน์ สมยา, 2554 : 41-42)

ซับไฟลัมยูนิราเมีย เป็นพวกที่มีหนวดคู่เดียว ประกอบด้วย 3 ชั้น คือ พวกแมลง (Insects)

a. คลาสอินเซคตา (Class Insecta) ร่างกายแบ่งเป็น 3 ส่วน คือหัว อก และท้อง มีหนวด 1 คู่ มีพวกที่ไม่มีปีก 1 ถึง 2 คู่ ปีกติดอยู่บนส่วนอก จำแนกเป็น 2 ชั้นย่อย (Subclass) คือ

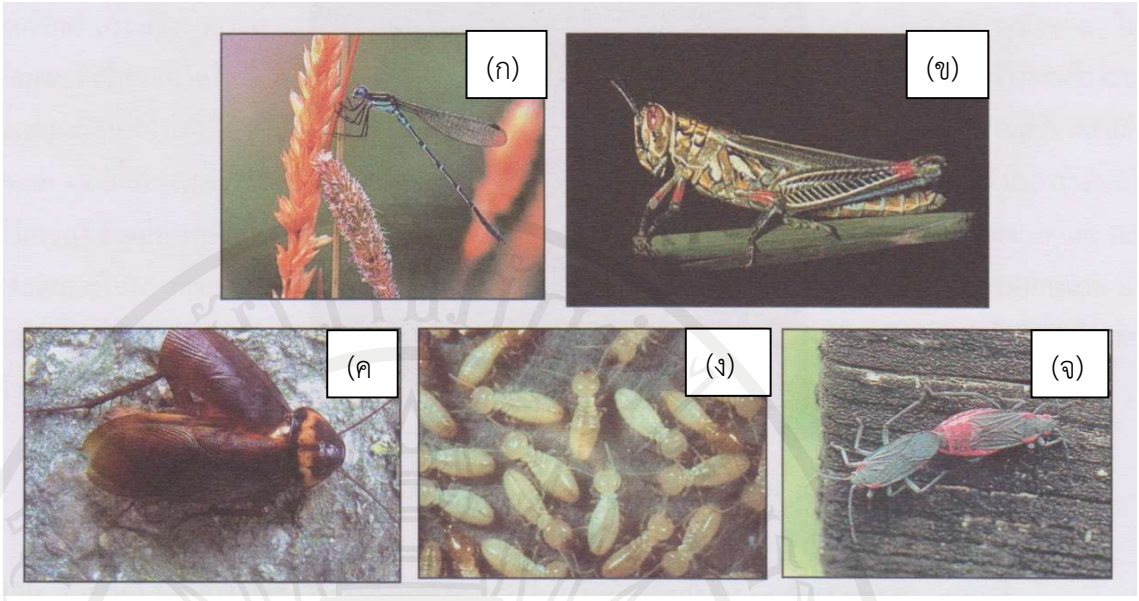
แอพเทอริโกตา (Apterygota) พวกแมลงโบราณไม่มีปีกเช่น ชีปะขาว (Silverfish) และแมลงหางดีด (Springtails)

เทอริโกตา (Pterygota) มีทั้งพวกมีปีกและไม่มีปีก แบ่งเป็น 2 อันดับย่อย โดยดูจากระยะการเปลี่ยนรูปร่างในวัยอ่อน (Metamorphosis) ได้แก่

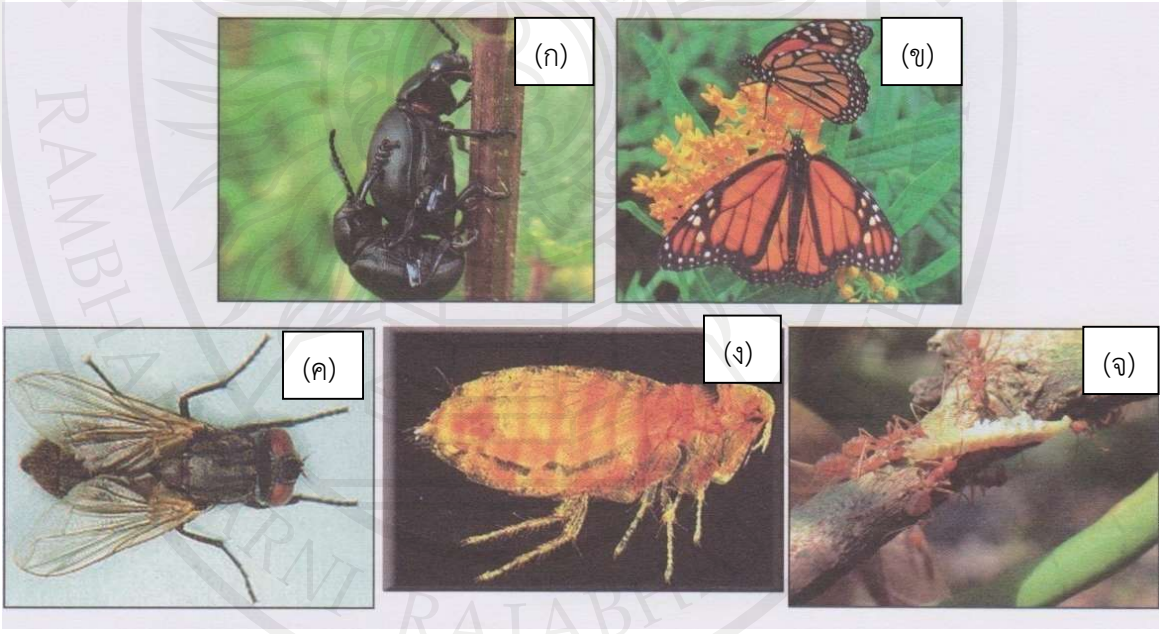
ซับออเดอร์ เอ็กซ์ซอพเทอริโกตา (Suborder Exopterygota) ได้แก่ พวกแมลงปอ (Dragonflies) ตั๊กแตน (Grasshoppers) แมลงสาบ (Cockroaches) ปลวก (Termites) และมวน (Bugs)

ซับออเดอร์ เอ็นดอพเทอริโกตา (Suborder Endopterygota) ได้แก่ ด้วง (Beetles) ผีเสื้อ (Butterflies) แมลงวัน (House flies) หมัด (Fleas) และมด (Ants)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



ภาพที่ 13.47 ซับออเดอร์ เอ็กซ์ซอพเทอริโกตา (ก) แมลงปอ (ข) ตั๊กแตน (ค) แมลงสาบ (ง) ปลวก และ (จ) มวน
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553 : 87)



ภาพที่ 13.48 ซับออเดอร์เอ็นดอพเทอริโกตา (ก) ด้วง (ข) ผีเสื้อ (ค) แมลงวัน (ง) หมัด และ (จ) มด
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553 : 87)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

b. คลาสชิโลโพดา (Class Chilopoda) เป็นสัตว์กินเนื้อปล้องตัว 1 ปล้อง มีขา 1 คู่ ขาคู่แรกดัดแปลงไปเป็นเขี้ยวพิษ ปากมีขากรรไกรและกราม 2 คู่ ระบบสืบพันธุ์แยกเพศ ปฏิสนธิภายใน ออกลูกเป็นไข่ ได้แก่ พวกตะขาบ (Centipedes)

ภาพที่ 13.49 ตะขาบ
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553 : 88)

c. คลาส ดิพโพลโพดา (Class Diplopoda) เป็นสัตว์กินพืช ต่างจากตะขาบตรงที่ ปล้องตัว 1 ปล้อง มีขา 2 คู่ ปล้องแรกไม่มีขา ระบบสืบพันธุ์แยกเพศ ปฏิสนธิภายใน ออกลูกเป็นไข่ ได้แก่ พวกกิ้งกือ (Millipedes)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ภาพที่ 13.50 กิ้งกือ
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553 : 88)

ซีรีส์ ดิวเทอโรสโตมาตา ได้แก่ สัตว์ในไฟลัมเอไคโนเดอร์มาตา และไฟลัมคอร์ดาตา

ไฟลัมเอไคโนเดอร์มาตา

ชื่อไฟลัม หมายถึง พวกสัตว์ที่ลำตัวมีหนามแหลมหรือหนามเป็นคีมคีบเรียกว่า เพดดิเซลลาเรีย (Pedicellariae) ใช้ทำความสะอาดร่างกาย หรือเป็นที่อยู่ของถุงน้ำพิษ ใช้ทำร้ายศัตรูที่ขึ้นมาบนผิวหนังหรือเข้ามาสัมผัส (Spines) และมีปุ่มปม (Tubercles) มีโครงร่างแข็งภายในเป็นสารหินปูนเรียกว่า ออสซิเคิล (Ossicles) บางชนิดมีลักษณะเป็นแผ่นเรียกว่า เพลท (Plates)

ลักษณะของเอไคโนเดิร์ม

มีรูปร่างที่หลากหลาย มีรยางค์ 5 แฉกหรือทวีคูณของ 5 หรือมีร่องรอยของรยางค์ดังกล่าว (Pentamerous) ตัวเต็มวัยมีสมรูปรัศมี ในขณะที่ตัวอ่อนที่มีลักษณะจำเพาะ ตรวจดูได้จากกล้องจุลทรรศน์ มีสมรูปครึ่งซีก บรรพบุรุษในมหายุค (Paleozoic) มีสมรูปครึ่งซีกในตัวเต็มวัย สมาชิกไฟลัมนี้เป็นสัตว์ทะเลทั้งหมด พบอาศัยตามพื้นท้องทะเล (Bottom dwellers) พบแล้วประมาณ 6,500 สปีชีส์ และพบเป็นซากดึกดำบรรพ์ถึง 13,000 สปีชีส์ พบทั่วไปโดยเฉพาะในเขตอินโดแปซิฟิค ไม่มีลักษณะที่เป็นแบบโคโลนี ไม่มีการดำรงชีพแบบปรสิต ไม่มีลักษณะข้อปล้อง มีระบบที่จำเพาะของไฟลัม คือ ระบบน้ำหมุนเวียนที่ทำให้เกิดการเคลื่อนที่และกิจกรรมอื่น ๆ เช่น ลำเลียงอาหาร หายใจ การรับสารเคมี และการขับถ่าย (Water vascular system) น้ำเข้าจากแผ่นตะแกรงด้านบน (Madreporite) มีหน้าที่ควบคุมระดับน้ำที่เข้าออกร่างกายได้ อวัยวะสุดท้ายที่ทำหน้าที่ในการเคลื่อนที่คือ ท่อเท้า (Tube feet) ตำแหน่งของปากมักอยู่ด้านล่าง (Ventral or oral side) โดยเฉพาะในดาวทะเล เม่นทะเล ทวารหนักมักอยู่ด้านบน (Ventral or aboral side) ในดาวเปราะและขนนกทะเล ปากและทวารหนักจะใช้ช่องเดียวกันที่ด้านบน ระบบสืบพันธุ์เป็นแบบแยกเพศ มีการปฏิสนธิภายนอกร่างกาย

การจัดจำแนก จำแนกออกเป็น 5 ชั้น คือ

1. คลาสไครนอยเดีย (Class Crinoidea) เป็นพวกเกาะอยู่กับที่เป็นส่วนใหญ่ มีรูปร่างคล้ายถ้วย มีแขน (Arms) 5-10 แขน เป็นที่จับอาหาร ด้านบนมีทั้งปากและทวารหนัก ท่อเท้าไม่มีลักษณะปุ่มดูด (Sucker) ลำตัวไม่มีหนาม ไม่มีแผ่นตะแกรง ได้แก่ ดาวขนนก (Feather stars) และพลับพลึงทะเล (Sea lilies)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

(ก) (ข)

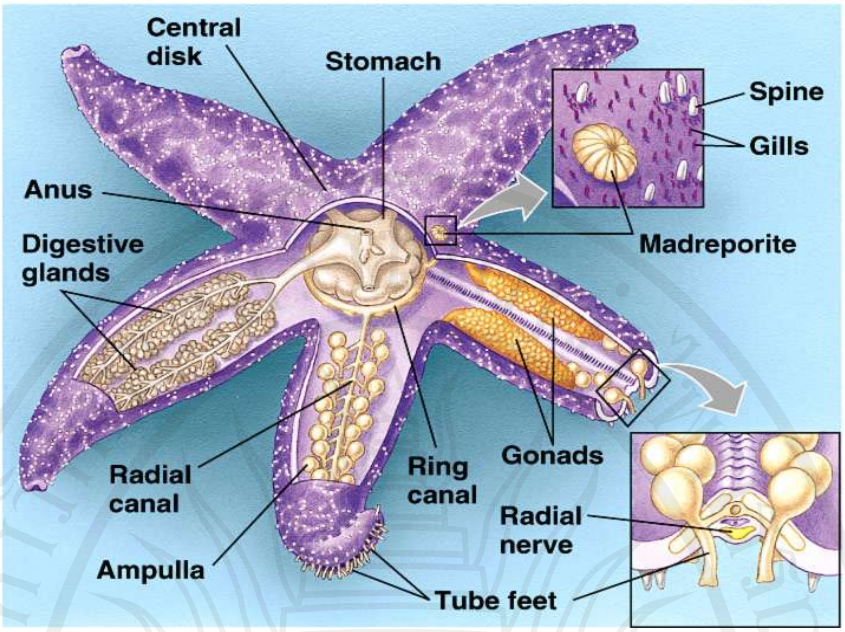
ภาพที่ 13.51 (ก) พลับพลึงทะเล (ข) ดาวขนนก
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553 : 90)

2. คลาสแอสเทอรอยเดีย (Class Asteroidea) เป็นพวกที่เคลื่อนที่ไปมา รูปร่างเป็นลักษณะดาว มีแฉกแขนกลวงต่อกับแผ่นกลางลำตัว (Central disc) ได้แก่ ดาวทะเล (Star fishes หรือ sea stars) มีโครงสร้างแผ่นตะแกรง มีโครงร่างแข็งที่เรียกว่า ออสซิเคิล (Ossicles) และหนามทั้งหนามแหลมและแบน (Pedicellariae) มีร่องแขนด้านล่าง (Ambulacral groove) เป็นที่อยู่ของท่อเท้า ท่อเท้ามีทั้งชนิดที่มีปุ่มดูดและไม่มีปุ่มดูด ได้แก่ สกุลแอสเทอเรียส *(Asterius),* สกุลไพแอสเตอร์ *(Pisaster),* สกุลแอสโตรเพคเทน *(Astropecten)*

(ก) (ข)

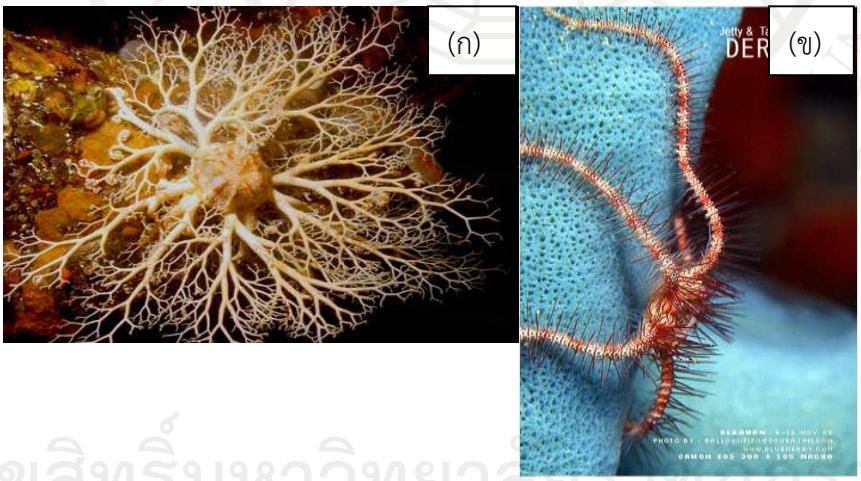
ภาพที่ 13.52 (ก) ดาวทะเลสกุลแอสเทอเรียส (ข) ดาวทะเลสกุลไพแอสเตอร์
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553 : 90)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



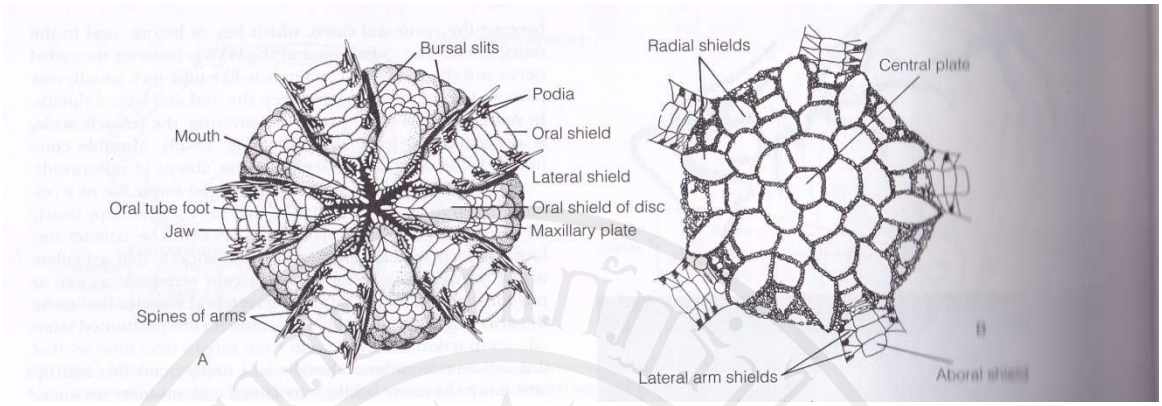
ภาพที่ 13.53 โครงสร้างภายในของดาวทะเล
ที่มา: (Cambell, N.A. et al., 2015 : 770)

3. คลาส โอฟิยูรอยเดีย (Class Ophiuroidea) เป็นพวกที่เคลื่อนที่ไปมา รูปร่างลักษณะดาว ปากอยู่ด้านล่างแขนยาวต่อกับแผ่นกลางลำตัว ได้แก่ ดาวเปราะ (Brittle stars or serpent stars and basket stars) แผ่นตะแกรงอยู่ด้านบนไม่มีหนามแบบ (Pedicellariae) และไม่มีร่องแขน ได้แก่ สกุลโอฟิโอเดอมา *(Ophioderma),* ดาวเปราะสกุลโอฟิโอทริกซ์ *(Ophiothrix)* ดาวตะกร้าสกุลกอร์โกโนเซฟฟาลัส *(Gorgonocephalus)* (Basket star)



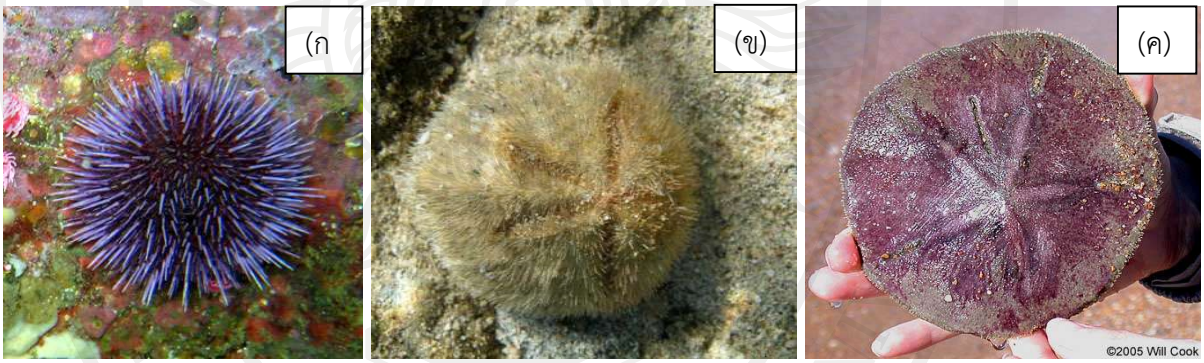
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ภาพที่ 13.54 (ก) ดาวตะกร้า และ (ข) ดาวเปราะ
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553 : 91)



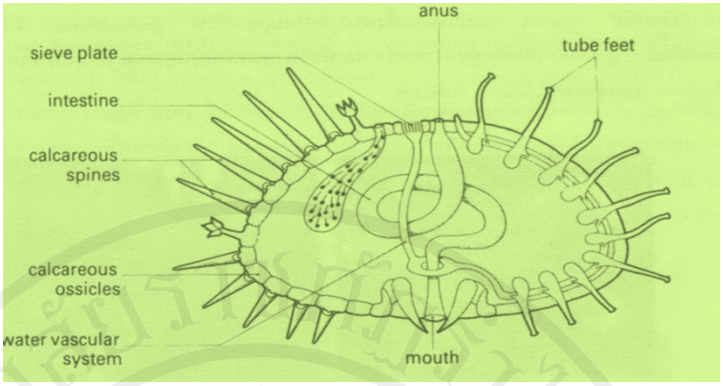
ภาพที่ 13.55 โครงสร้างภายในของดาวเปราะ
ที่มา: (Ruppert, E.E, Fox, R.S. and Barnes, R.D., 2004 : 892)

4. คลาสเอคไคนอยเดีย (Class Echinoidea) เป็นพวกเคลื่อนที่ได้ มีรูปทรงหลายแบบตั้งแต่เป็นแผ่น เป็นก้อนกลม จนถึงรูปทรงกระบอกได้แก่ เม่นทะเล (Sea urchins) อีแปะทะเล (Sand dollars) เม่นหัวใจ (Heart urchins) มีแผ่นตะแกรงอยู่ด้านบน ไม่มีร่องแขน มีอวัยวะเคี้ยวกินอาหารที่เรียกว่า อริสโตเติล แลนเทิร์น (Aristotle's lantern) มีแผ่นโครงร่างแข็งที่เรียกว่า เทส เพลท (Test plate) มีหนามสั้นและยาวที่เคลื่อนไหวได้ มีหนามแบบเพดดิเซลลาเรีย (Pedicellariae)



ภาพที่ 13.56 (ก) เม่นทะเล (ข) เม่นหัวใจ และ (ค) อีแปะทะเล
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553 : 91)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

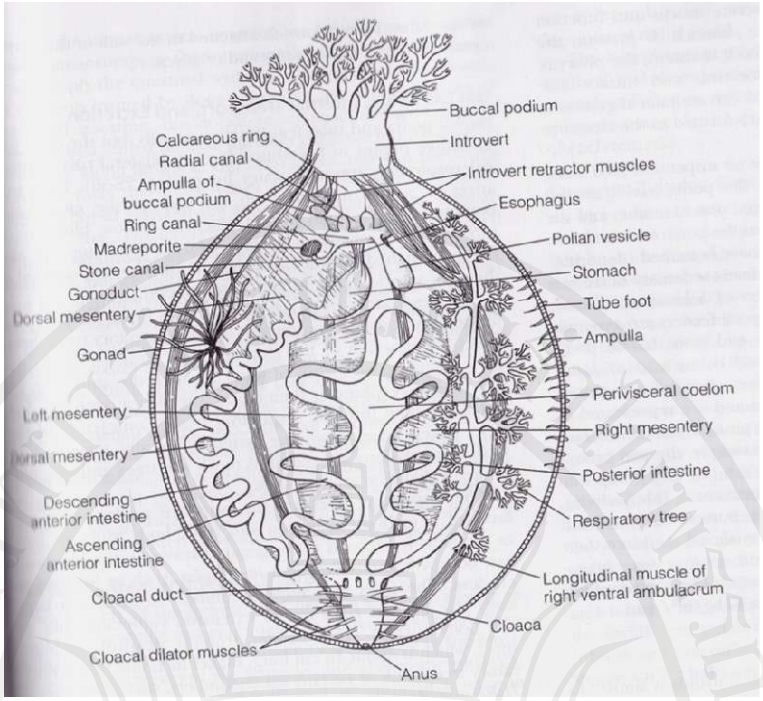


ภาพที่ 13.57 โครงสร้างทั่วไปของเม่นทะเล
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553 : 89)

5. คลาสโฮโลทูรอยเดีย (Class Holothuroidea) รูปร่างทรงกระบอกยาวในแนวทิศทางปากและทวารหนัก ได้แก่ ปลิงทะเล (Sea cucumbers) ไม่มีแขน แผ่นตะแกรงอยู่ภายในร่างกาย ท่อเท้าด้านหน้าดัดแปลงไปเป็นเทนเทเคิลที่ปาก (Oral tentacles) โครงร่างแข็งภายในฝังอยู่ในผิวหนัง บางครั้งเรียก สปิคุล ไม่มีหนาม ได้แก่ สกุลคูคูมาเรีย *(Cucumaria),* สกุลไทโอนี *(Thyone),* และสกุลเลพโตไซแนพตา *(Leptosynapta)*

ภาพที่ 13.58 ปลิงทะเล
ที่มา: (Cambell, N.A. et al., 2015 : 771)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



ภาพที่ 13.59 โครงสร้างภายในของปลิงทะเล
ที่มา: (Ruppert, E.E, Fox, R.S. and Barnes, R.D., 2004 : 913)

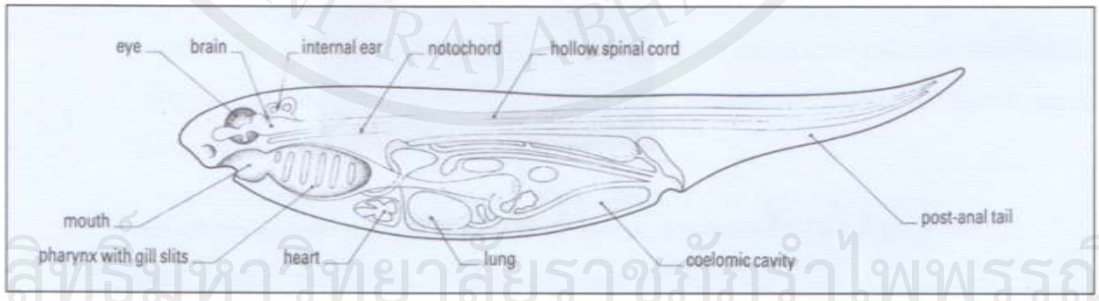
ไฟลัมคอดาตาร์

เป็นไฟลัมของสัตว์มีกระดูกสันหลัง (Vertebrates) แต่ก็ยังมีกลุ่มแรกเริ่มที่เป็นรอยต่อระหว่างสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังกับสัตว์มีกระดูกสันหลัง ที่ยังไม่มีพัฒนาการเนื้อเยื่อไปเป็นกระดูกสันหลังในซับไฟลัมยูโรคอดาตาร์ (Subphylum Urochordata) และ เซฟาโลคอดาตาร์ (Cephalochordata) ทั้งสามไฟลัมย่อยนำมาจัดไว้ด้วยกันเพราะมีลักษณะร่วมกัน อย่างน้อยในช่วงหนึ่งของชีวิต

สัตว์ไฟลัมนี้มีลักษณะสำคัญบางระยะที่พบในวงชีวิตคือ

1. มีช่องกลวงเป็นที่อยู่ของเส้นประสาทด้านบน (Dorsal hollow nerve cord)
2. มีช่องเหงือกบริเวณคอหอย (A set of gill slit in the throat) มีลักษณะแท่งเนื้อเยื่อยืดหยุ่นที่ใช้ค้ำจุนร่างกายเรียกว่า โนโทคอร์ด (A flexible supporting rod called a notochord)
3. มีหางที่ส่วนท้ายของร่างกาย (Post anal tail)

สัตว์ไฟลัมนี้จำแนกออกได้เป็น 3 ไฟลัมย่อย (Sub-phylum) ได้แก่

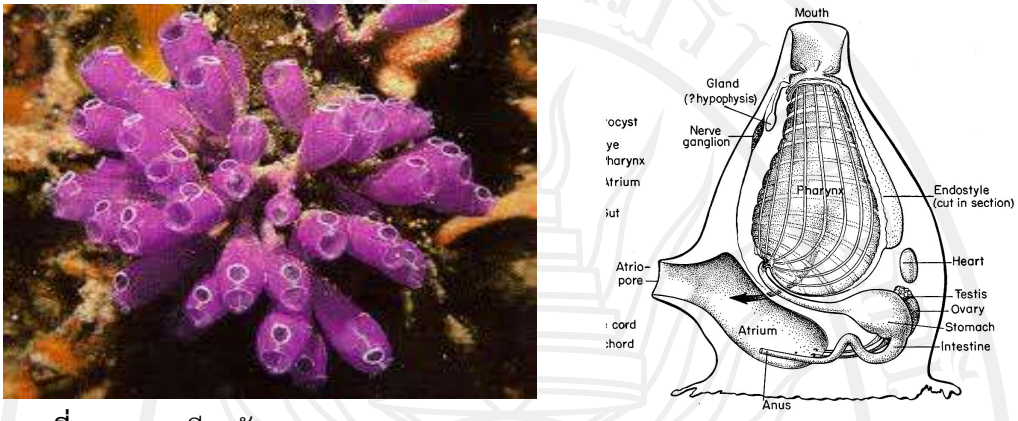


ภาพที่ 13.60 ลักษณะโครงสร้างโดยรวมของไฟลัมคอดาตาร์
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553 : 92)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

1. ซับไฟลัมยูโรคอดาตาร์

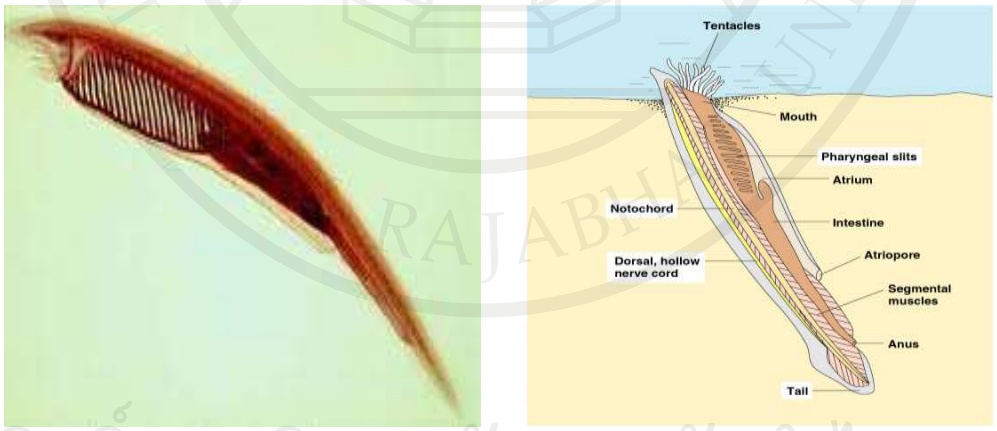
ลักษณะสำคัญทั้งสามของไฟลัม พบเฉพาะในช่วงวัยอ่อน ในตัวเต็มวัยมีทางเดินอาหารเป็นรูปตัว U คอหอยมีช่องเหงือก (Gill slits) ร่างกายห่อหุ้มด้วยโครงสร้างที่เหนียวแน่นเรียกว่า เทสต์ (Test) หรือ ทูนิค (Tunic) สัตว์ในไฟลัมย่อยนี้เรียกว่า ทูนิเคต (Tunicates) ได้แก่ เพรียงหัวหอม (Tunicates) เพรียงลอย (Sea squirt) เป็นพวกที่อาศัยอยู่ในทะเลทั้งหมด ไม่พบลักษณะข้อปล้องและโครงร่างแข็ง



ภาพที่ 13.61 เพรียงหัวหอม
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553 : 93)

2. ซับไฟลัมเซฟาโลคอดาตาร์

พบอาศัยฝังตัวตามพื้นท้องทะเล รูปร่างคล้ายปลาและแบน เหมือนใบมีด ใบหอก มักเรียกสัตว์พวกนี้ว่า ตัวใบหอก (Lancelets) เดิมมีการตั้งชื่อสกุลไว้ว่า แอมฟิออกซัส (Amphioxus) แต่เนื่องจากผิดหลักเกณฑ์ทางอนุกรมวิธาน ชื่อปัจจุบันที่ถูกต้องคือ บรานชิโอสโตมา (Branchiostoma) แต่ชื่อ แอมฟิออกซัส (Amphioxus) ก็ยังเป็นที่นิยมใช้กันอยู่ มีขนาดลำตัวตั้งแต่ 4-8 เซนติเมตร พบฝังตัวตามชายหาดทราย บางครั้งพบมากถึง 5,000 ตัวต่อตารางเมตร ในเอเชียมีการนำมาทำเป็นอาหาร



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ภาพที่ 13.62 แอมฟิออกซัส หรือ ปลาใบหอก
ที่มา: (Cambell, N.A. et al., 2015 : 777)

3. ซับไฟลัมเวอทีบราตาร์

ในระยะเอมบริโอมีพัฒนาการของแท่งโนโทคอร์ดไปเป็นโครงร่างแข็งของร่างกาย ไม่ว่าจะเป็นกระดูกอ่อน (Cartilage) หรือกระดูกแข็ง (Bone) ทำให้ร่างกายมีทั้งความแข็งแกร่งและยืดหยุ่น สำหรับการเคลื่อนไหวแบ่งเป็น 2 ชั้นใหญ่ (Super-class)

3.1 ซุปเปอร์คลาส แอกนาธา (Super-class Agnatha) เป็นพวกปลาไม่มีขากรรไกร มีอยู่ไม่กี่ชนิด ได้แก่ พวกปลาปากกลม (Lamprey) ดำรงชีพแบบปรสิตดูดเลือดหรือของเหลวจากปลาที่มีขากรรไกรชนิดต่าง ๆ พบแล้วประมาณ 60 สปีชีส์

3.2 ซุปเปอร์คลาส นาโธสโทมาธา (Super-class Gnathostomata) ได้แก่ พวกที่เหลือ เริ่มจากพวกปลาที่มีขากรรไกรทั้งหลาย ที่สามารถกัดกินเหยื่อได้ คือปลาที่รู้จักกันทั่วไป มีโครงกระดูกอก (Pectoral girdle) และโครงกระดูกท้อง (Pelvic girdle) สำหรับรองรับ ค้ำจุน รยางค์ทั้งสองคู่ แบ่งเป็น 6 ชั้น (Class)

1) คลาส พิสเซส (Class Pisces) ได้แก่ ปลามีขากรรไกรทั้งหลาย ถือว่าเป็นสัตว์มีกระดูกสันหลังที่มีจำนวนสปีชีส์มากที่สุด แบ่งตามส่วนประกอบโครงร่างแข็งของร่างกายเป็น 2 ชั้นย่อย คือ

a. ซับคลาส คอนดริอิคไทอิส (Sub-class Chondrichthyes) ได้แก่ พวกปลาฉลาม ปลากระเบน ปลาฉนาก เป็นต้น ปลาฉลามวาฬจัดเป็นปลาที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในโลก พบแล้วประมาณ 750 สปีชีส์

(ก) (ข)

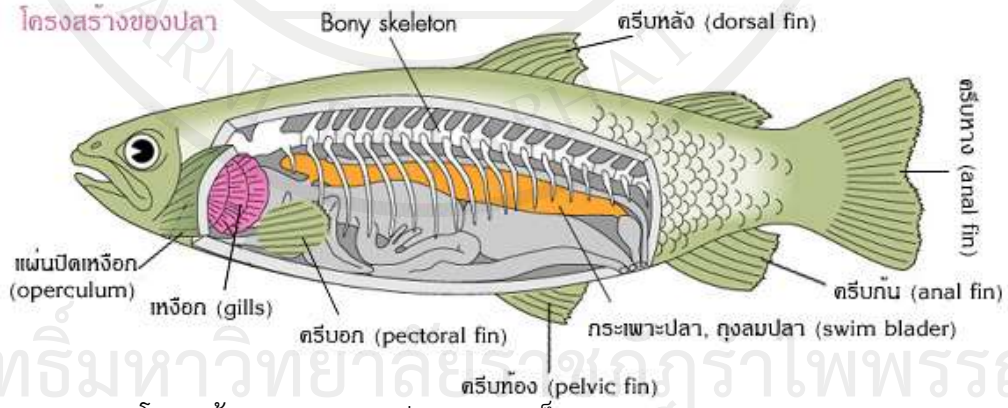
ภาพที่ 13.63 ปลากระดูกอ่อน (ก) ปลาฉลาม และ (ข) ปลากระเบน
ที่มา: (Cambell, N.A. et al., 2015 : 781, 783)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ภาพที่ 13.64 โครงสร้างภายนอกของปลาฉลาม
ที่มา: (Cambell, N.A. et al., 2015 : 783)

b. ซับคลาส ออสทีอิคไทอิส (Sub-class Osteichthyes) ได้แก่ ปลาที่มีโครงร่างแข็งเป็นแบบกระดูกแข็ง (Bone) ได้แก่ ปลาทั้งหลายทั้งน้ำจืด น้ำกร่อย และน้ำเค็ม พบแล้วประมาณ 30,000 สปีชีส์

ภาพที่ 13.65 ปลาแมคเคอเรล
ที่มา: (Cambell, N.A. et al., 2015 : 785)



ภาพที่ 13.66 แสดงโครงสร้างภายนอกของปลากระดูกแข็ง
ที่มา: (Cambell, N.A. et al., 2015 : 784)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏราไพพรรณี

3.3 ซุปเปอร์คลาส เตตราโพดา (Super-class Tetrapoda)

โดยทั่วไปเป็นพวกที่มีรยางค์ที่ใช้ในการเคลื่อนที่อยู่ 2 คู่ อาจมีเพียงคู่หลังคู่เดียว หรือไม่มีเลย หรือยังคงมีร่องรอยให้เห็นอยู่ หัวใจมี 3 ห้อง หายใจด้วยปอด เส้นประสาทสมองมี 10 หรือ 12 คู่ แบ่งได้เป็น 4 ชั้น (Class) คือ

1) คลาสแอมฟิเบีย (Class Amphibia) เป็นสัตว์มีกระดูกสันหลังพวกแรกที่พัฒนาขึ้นมาดำรงชีวิตเป็นสัตว์บก (The first land vertebrates) ลักษณะสำคัญคือ มีรยางค์ขาและจากการหายใจด้วยเหงือกมาหายใจด้วยปอด แม้ว่าจะมีผิวหนังที่เปียกชื้นทำหน้าที่ในการแลกเปลี่ยนแก๊สอยู่ วางไข่ในน้ำหรือที่ชื้น ไข่ฟักออกมาเป็นลูกอ๊อด (Tadpoles) อาศัยในน้ำยังใช้เหงือกในการแลกเปลี่ยนแก๊ส แล้วพัฒนาเป็นตัวเต็มวัยมีปอดแทน กระบวนการที่มีการเปลี่ยนแปลงสัณฐานวิทยาของร่างกายจากตัวอ่อนไปสู่ตัวเต็มวัยนี้ มักใช้คำศัพท์เรียกกระบวนการนี้ว่าเมตามอโฟซิส (Metamorphosis) ตัวเต็มวัยที่ขึ้นมาอยู่บนบกนาน ๆ อาจประสบปัญหาการสูญเสียน้ำจากร่างกายได้ จำเป็นต้องลงไปอยู่ในน้ำอีกแล้วกลับขึ้นมาดำเนินกิจกรรมบนบก อย่างนี้จึงได้ชื่อว่าสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก ผิวหนังเป็นเมือกลื่น ไม่มีเกล็ดปกคลุมลำตัว บางชนิดมีนิ้ว 5 นิ้ว ไม่มีเล็บ หัวใจมี 3 ห้องคือ ห้องบน (Atrium) 2 ห้อง ห้องล่าง (Ventricle) 1 ห้อง มีเส้นประสาทสมอง 10 คู่ อุณหภูมิร่างกายเปลี่ยนไปตามสิ่งแวดล้อม มีเพศแยก ปฏิสนธิภายนอกร่างกาย

(ก) (ข)

ภาพที่ 13.67 (ก) กบหนอง และ (ข) ปาดบ้าน
ที่มา: (Cambell, N.A. et al., 2015 : 789)

2) คลาสเรพทีเลีย (Class Reptilia) สัตว์เลื้อยคลาน จัดว่าเป็นสัตว์บกที่สมบูรณ์แบบ ร่างกายมีเกล็ดที่เรียงซ้อนกันป้องกันการสูญเสียน้ำ ผสมพันธุ์ภายในร่างกาย วางไข่บนบก ไข่มีเปลือกที่ป้องกันการผ่านเข้าหรือระเหยออกของน้ำหรือของเหลว มีไข่แดงมากเพื่อเป็นอาหารในการเติบโตของตัวอ่อนมีถุงน้ำคร่ำ (Amnion) ช่วยป้องกันการกระทบกระเทือนของตัวอ่อน นอกจากนั้นยังมีถุงบาง ๆ (Allantois) ใช้เก็บของเสีย และช่วยในการหายใจ มีขา หาง นิ้วมีกรงเล็บ (Claw) มีปุ่ม (Occipitalcondyle) 1 ปุ่ม หายใจด้วยปอดตลอดชีวิต หัวใจเริ่มมี 4 ห้อง แต่ห้องล่างยังมีเยื่อกั้นที่ไม่สมบูรณ์ยกเว้นจระเข้ มีเส้นประสาทสมอง 12 คู่ ปฏิสนธิในร่างกาย ยังจัดเป็นพวกที่

อุณหภูมิในร่างกายปรับตัวไปตามสภาพแวดล้อม บางครั้งเรียกว่าสัตว์เลือดเย็น (Cold-blooded animals) เนื่องจากไม่ใช้กระบวนการเมทาบอลิซึมในการควบคุมอุณหภูมิร่างกาย จะใช้พฤติกรรมในการปรับอุณหภูมิร่างกาย เช่น การออกมารับแสงอาทิตย์โดยตรงเพื่อให้ความอบอุ่นแก่ร่างกาย บางครั้งจะเรียกสัตว์พวกนี้ว่า (Ectotherms) จำแนกออกเป็น 4 อันดับ คือ

1. ออเดอร์ เคโลเนีย (Order Chelonia) มีแผ่นแข็งขนาดใหญ่หุ้มตัวทั้งด้านบนและด้านล่าง ขากรรไกรแข็งเป็นจงอย ไม่มีฟัน คอยืดหดได้ มีขา 2 คู่ มีนิ้วข้างละ 5 นิ้ว ได้แก่ เต่าและตะพาบน้ำ

(ก) (ข)

ภาพที่ 13.68 (ก) ตะพาบม่านลาย และ (ข) เต่ากระ

ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553 : 98)

2. ออเดอร์สควอมาตา (Order Squamata) ลำตัวยาว มีขา 2 คู่ มีรูหูอยู่ด้านหลังตา หนังตากระพริบได้ ไม่มีเขี้ยวพิษ ยกเว้น จิลา มอนสเตอร์ (Gila monster) ที่พบในตอนใต้ของสหรัฐอเมริกาและเม็กซิโก แบ่งได้เป็น 2 กลุ่มคือ (1) ลิซาด (Lizards) ได้แก่ กิ้งก่า จิ้งจก ตุ๊กแก จิ้งเหลน แย้ เหี้ย ตะกวด (ตัวเงินตัวทอง) อีกัวนา ที่มีขนาดใหญ่ที่สุดคือมังกรโคโมโด (Comodo dragon) ลำตัวยาวกว่า 3 เมตร พบที่เกาะโคโมโด ประเทศอินโดนีเซียเท่านั้น จัดเป็นชนิดท้องถิ่น (Endemic species)

(ก) (ข)

ภาพที่ 13.69 (ก) โคโมโดดรากอน และ (ข) ตุ๊กแก

ที่มา: (Cambell, N.A. et al., 2015 : 793)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

(2) พวกงู (Snakes) ลำตัวยาวเรียวไม่มีขา ไม่มีรูหู ลิ้นยืดเข้าออกได้จากช่องริมปาก โดยไม่ต้องอ้าปาก ปลายลิ้นเป็นแฉก หนังตากระพริบไม่ได้ งูไม่มีพิษมีขากรรไกรขนาดใกล้เคียงกัน เมื่อถูกกัดจะเห็นรอยหลายรอย ในขณะที่งูพิษจะมีเขี้ยวพิษ (Fang) 1 คู่ที่ขากรรไกรบนมีต่อมน้ำพิษที่โคนเขี้ยว เมื่อถูกกัดจะเห็นเป็น 2 รอย

(ก) (ข)

ภาพที่ 13.70 (ก) งูหางกระดิ่ง และ (ข) งูเขียวหางไหม้
ที่มา: (Cambell, N.A. et al., 2015 : 793)

3. ออเดอร์รินโคเซฟฟาลิส (Order Rhyncocephalis) มีอยู่ชนิดเดียวในโลกที่เกาะใต้ ประเทศนิวซีแลนด์ จัดว่าเป็นซากดึกดำบรรพ์ที่ยังมีชีวิตอยู่ (Living fossil) คือ ตัวทัวทารา (Tuatara) คล้ายลิซาด (Lizard) แต่ต่างกันที่มีตาที่ 3 หรือตาไพเนียล (Pineal eye) แต่ไม่ทำหน้าที่ทวารหนักเป็นร่องตามขวาง

ภาพที่ 13.71 ตัวทัวทารา
ที่มา: (Cambell, N.A. et al., 2015 : 793)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

4. ออเดอร์ครอคคอไดเลียล (Order Crocodilial) ได้แก่ พวกจระเข้ ลำตัวยาว กะโหลกศีรษะยาว รูจมูกอยู่ปลายสุด

ภาพที่ 13.72 จระเข้
ที่มา: (Cambell, N.A. et al., 2015 : 793)

3) คลาส เอวีส (Class Aves)

พวกนกมีวิวัฒนาการในช่วงที่สัตว์เลื้อยคลานมีความเจริญรุ่งเรืองในมหายุคเมโสโซอิค อาร์คีออปเทอริกซ์ *(Archaeopteryx)* ถือว่าเป็นบรรพบุรุษของนกในปัจจุบันที่สูญพันธุ์ไปแล้วพบลักษณะโบราณที่สำคัญหลายอย่าง เช่น มีฟันที่ขากรรไกร กระดูกหางยาวต่อหันเป็นข้อ ๆ ตามศัพท์ภาษาลาตินชื่อของชั้นมีความหมายว่า สัตว์เลื้อยคลานมีขน (Feathered reptiles) ต่างจากสัตว์เลื้อยคลานตรงที่สามารถบินได้ มีลักษณะร่างกายที่เบาและมีพลัง ได้แก่ โครงกระดูกที่เป็นโพรง ไม่มีฟันหรือกรามที่หนัก มีถุงลมในร่างกาย ร่างกายมีอุณหภูมิสูงต่างจากสัตว์ชั้นอื่น ๆ ที่ได้กล่าวมาแล้ว เรียกว่า สัตว์เลือดอุ่น ร่างกายสามารถควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ได้ไม่ว่าสภาพแวดล้อมจะเป็นเช่นไร อัตราการเต้นของหัวใจที่ค่อนข้างเร็วทำให้นกมีพลังเพียงพอสำหรับการบิน มีลักษณะเกล็ดที่ขาและไข่มีถุงน้ำคร่ำ (Amniotic eggs) ที่ถือว่าเป็นร่องรอยของสัตว์เลื้อยคลาน ลักษณะของนกในปัจจุบันต่างจากสัตว์เลื้อยคลานในปัจจุบันตรงที่มีโครงสร้างร่างกายที่ใช้ในการบิน จำแนกได้เป็น 3 อันดับใหญ่ (Superorder) คือ

1. ซุปเปอร์ออเดอร์ พาลีโอนาที (Superorder Palaeognathae)

เป็นนกที่มีปีกใช้บินไม่ได้ มักมีขนาดใหญ่ กระดูกเพดานปากกว้าง เหมือนพวกสัตว์เลื้อยคลานโบราณ กระดูกอกไม่มีสัน ปีกลดขนาดลง ขาแข็งแรง วิ่งเร็ว อาจบินได้ระยะสั้นๆ ได้แก่ นกทานิมู (Tanimou) ในอเมริกากลาง และอเมริกาใต้ นกกระจอกเทศในแอฟริกา (Ostrich) นกกระจอกเทศในอเมริกาใต้ (Rhea) นกอีมู (Emu) นกแคสโซวารี (Cassowary) ในออสเตรเลีย นิวกีนี นกกีวี (Kiwi) ในนิวซีแลนด์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ภาพที่ 13.73 นกกระจอกเทศ
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553 : 100)

2. ซุปเปอร์ออเดอร์ อิมเพนนี (Superorder Impennae)

เป็นนกที่ปีกเปลี่ยนเป็นอวัยวะว่ายน้ำ และดำน้ำ (Flipper) มีขนตามลำตัวมาก ไม่มีถุงลม ขาหลังใช้ว่ายน้ำได้ ได้แก่ นกแพนกวิน (Penguin) พบในซีกโลกใต้เท่านั้น

ภาพที่ 13.74 นกเพนกวินที่ขั้วโลกใต้
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553 : 100)

3. ซุปเปอร์ออเดอร์ นีโอนาที (Superorder Neognathae)

เป็นนกที่บินได้ในปัจจุบัน กระดูกเพดานไม่ใหญ่ กระดูกอกมีสันปลายสุดของหางมีกระดูกเชื่อมต่อเป็นแผ่นเดียว ปากมีหลากหลายรูปแบบ เป็นการปรับตัวให้เหมาะสมกับสภาพถิ่นที่อยู่อาศัยที่หลากหลาย

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยรามคำแหง

ภาพที่ 13.75 นกเลิฟเบิร์ด
ที่มา: (Cambell, N.A. et al., 2015 : 796**)**

4) คลาสแมมมาเลีย (Class Mammalia)

สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมในปัจจุบันมีกำเนิดมายาวนานตั้งแต่ประมาณ 195 ล้านปีที่ผ่านมา สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมพวกแรกๆ มีขนาดเล็กเป็นพวกล่าแมลงกินเป็นอาหาร รูปร่างคล้ายกระแต หากินในเวลากลางคืน เมื่อไดโนเสาร์สูญพันธุ์ หลังยุคจูแรสสิค ทำให้สัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมมีโอกาสใช้พื้นที่ และกิจกรรมบนโลกที่กว้างใหญ่ไพศาลได้มากขึ้นตั้งแต่เวลานั้น และมีการพัฒนาแทนที่กันอย่างต่อเนื่อง ไดเมโทรดอน *(Dimetrodon)* และไซโนนาทัส *(Cynognathus)* ถือว่าเป็นสัตว์เลื้อยคลานคล้ายสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมที่เป็นบรรพบุรุษในยุคโบราณ และมอร์แกนนูโคดอน *(Morganucodon)* เป็นพวกกินแมลงที่จัดว่าเป็นสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมพวกแรก ๆ ที่เกิดขึ้นเมื่อ 195 ล้านปีที่ผ่านมา ลักษณะแรกที่มองเห็นชัดของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมในยุดปัจจุบันคือการมีขนแบบ (Hair) บนร่างกาย เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม และมีสมองขนาดใหญ่ มีขากรรไกรเกิดจากกระดูกเพียงชิ้นเดียว มีกระดูกสามชิ้นสำหรับการสื่อประสาทการได้ยินในหูส่วนกลาง กระดูกคอมี 7 ชิ้น มีกล่องเสียงบริเวณคอ มีเส้นเสียง มีเส้นประสาทสมอง 12 คู่ หัวใจมี 4 ห้องสมบูรณ์ เป็นสัตว์เลือดอุ่น เม็ดเลือดแดงไม่มีนิวเคลียส มีใบหู มีฟัน 2 ชุด ในเพศผู้มักพบอัณฑะ 1 คู่อยู่นอกช่องท้อง ปฏิสนธิภายในร่างกาย เอ็มบริโอเจริญในมดลูก แต่ยังมีพฤติกรรมหลายอย่างรวมทั้งการควบคุมอุณหภูมิของร่างกายให้คงที่ทำให้สัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมประสบความสำเร็จในการดำรงชีพบนบกที่สมบูรณ์ที่สุด จำแนกเป็น 2 ชั้นย่อย (Subclass) ได้แก่

1. ซับคลาสโปรโตเทอเรีย (Subclass Prototheria) ได้แก่ สัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมที่ยังไม่พัฒนามาก ไม่มีใบหู มดลูก หัวนมและท่อน้ำนม แต่มีต่อมน้ำนมที่ผิวหนังรวมกันเป็นกระจุก มีรอยผ่าลึกตามยาวบริเวณต่อม น้ำนมจะขังในร่องนี้ ตัวอ่อนที่ฟักจากไข่มาแล้วจะเลียน้ำนมกิน ออกลูกเป็นไข่มีเปลือกเหนียวคล้ายหนัง ได้แก่ ตุ่นปากเป็ด ตัวกินมด

2. ซับคลาสเทอเรีย (Subclass Theria) เป็นพวกออกลูกเป็นตัว จำแนกเป็น 2 อินฟราคลาส (Infraclass) ได้แก่

2.1 อินฟราคลาส เมตาทีเรีย (Infraclass Metatheria) พวกมีถุงหน้าท้องเป็นที่อยู่ของลูกอ่อน มีมดลูก 1 คู่ มีต่อมน้ำนม มีหัวนม ลูกอ่อนที่มีขนาดเล็ก มีขาหน้าแข็งแรงมาก จะคลานออกจากช่องโคลเอกาเข้าสู่ถุงหน้าท้อง ได้แก่ จิงโจ้ วอมแบต (Wombat)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

หมีโคอะลา (Koala bear) พบที่ออสเตรเลียและนิวกีนี และโอพอสซัม (Opossum) พบที่ทวีปอเมริกา

ภาพที่ 13.76 ตุ่นปากเป็ด
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553 : 101)

2.2 อินฟราคลาสยูทีเรีย (Infraclass Eutheria) เป็นพวกที่ไม่มีถุงหน้าท้อง แต่มีสายรกใช้ติดต่อระหว่างแม่กับลูก ระหว่างตั้งครรภ์เพื่อลำเลียงสารอาหารจากแม่ผ่านเลือดไปทางสายรก บางครั้งเรียกสัตว์พวกนี้ว่า สัตว์มีรก พวกแรกเป็นพวกกินแมลง จำแนกได้ 15 อันดับ และมีสัตว์ที่น่าสนใจ ดังนี้ ค้างคาว กระต่าย อ้น หนู ปลาวาฬ โลมา กระรอก พยูน หมู กระจง เก้ง ช้าง ลิงลม กระแต ชะนี อุรังอุตัง รวมทั้งมนุษย์ (*Homo sapiens sapien*)

ออเดอร์ อินเซคติวอรา (Order Insectivora) สัตว์กินแมลง มีขนาดเล็ก เป็นสัตว์มีรกที่โบราณที่สุดในบรรดาสัตว์ที่ยังมีชีวิตอยู่ ลักษณะจมูกยาว ฟันเล็ก ได้แก่ ตุ่น หนูผี

ออเดอร์ เดอร์มอพเทอรา (Order Dermoptera) มีหนังขึงระหว่างขาหน้า ขาหลัง ไปถึงคอ และปลายหาง ใช้ร่อนจากต้นไม้ต้นหนึ่งไปยังอีกต้นหนึ่ง ได้แก่ บ่าง

ออเดอร์ชิลอพเทอรา (Order Chiloptera) มีนิ้วมือยาวมาก มีหนังขึงระหว่างนิ้วมือที่ 2-5 ถึงข้อเท้าและปลายหาง ใช้บินได้เหมือนนก ได้แก่ ค้างคาว

ออเดอร์โฟลิโดตา (Order Pholidota) มีเกล็ดเป็นแผ่นแบน ๆ ปกคลุมตลอดลำตัว หัวสั้น เล็บแข็งแรง ขุดดินได้ดี กินมด ปลวก และแมลงเป็นอาหาร ได้แก่ นิ่มเกล็ด (Pangolin or scaly anteaters)

ออเดอร์ อีเดนตา (Order Edenta) ไม่มีฟัน ได้เก่ ตัวกินมด สลอท นิ่มเกราะ

ออเดอร์ ลาโกมอร์ฟา (Order Lagomorpha) มีฟันแทะบน 4 ซี่ ซ้อนกัน ฟันแทะล่างมี 2 คู่ มีใบหูใหญ่ ได้แก่ กระต่าย

ออเดอร์ โรเดนเทีย (Order Rodentia) มีฟันแทะบน 2 ซี่ ล่าง 2 ซี่ ได้แก่ หนู เม่น กระรอก

ออเดอร์ ซีตาเซีย (Order Cetacea) รูปร่างคล้ายปลา ขาหน้าเป็นครีบ ไม่มีขาหลัง หางแบน มีเต้านม 1 คู่ ได้แก่ วาฬ และโลมา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ออเดอร์ ไซเรนเนีย (Order Sirenia) สัตว์ทะเลขาหน้าเป็นครีบ หางแบน มีเต้านม 1 คู่อยู่ที่รักแร้

ออเดอร์ อาร์ทิโอแดคทีลา (Order Artiodactyla) สัตว์กีบคู่ ได้แก่ หมู ควาย ยีราฟ อูฐ ละอง ละมั่ง

ออเดอร์ เพอริสโซแดคทีลา (Order Perisodactyla) สัตว์กีบเดี่ยว ได้แก่ สมเสร็จ แรด ม้า ม้าลาย ลา

ออเดอร์ โพรบอสซิเดีย (Order Proboscidea) มีฟันยื่นยาวออกมา เรียกว่า งา มีงวงใช้จับสิ่งของเข้าปาก ปลายงวงเป็นรูจมูก ได้แก่ ช้าง

ออเดอร์ คาร์นิวอร์ (Order Carnivore) เป็นสัตว์กินเนื้อ เขี้ยวยาว แหลมคม กรงเล็บแข็งแรง ได้แก่ สุนัข หมี เสือ สิงโต แมวน้ำ สิงโตทะเล พังพอน นาก อีเห็น

ออเดอร์ ไพรเมท (Order Primate) สัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม มีการปรับตัวให้อยู่รอดบนต้นไม้ ด้วยการห้อยโหน แขนขายาว มีหาง

ออเดอร์ โฮมินอยเดีย (Order Hominoidea) พวกไม่มีหาง แขนยาว ได้แก่ ชะนี อุรังอุตัง ชิมแปนซี

สรุป

สัตว์จัดเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีการแพร่กระจายอยู่ทั่วทุกมุมโลก มีลักษณะที่สำคัญที่สามารถจัดแยกออกจากสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ได้ เช่น มีเซลล์เป็นแบบเซลล์ที่แท้จริง คือ เซลล์แบบยูคาริโอต (Eukaryotic cell) ไม่มีผนังเซลล์ (Cell wall) เป็นองค์ประกอบ ไม่พบรงควัตถุที่ใช้ในปฏิกิริยาการสังเคราะห์ด้วยแสง ทำให้สัตว์ไม่สามารถที่จะสร้างอาหารเองได้ จึงต้องมีการกินสิ่งมีชีวิตอื่นเป็นอาหาร ส่วนใหญ่มีการเคลื่อนที่ หรือการเคลื่อนไหว เป็นต้น โดยการศึกษาการจัดจำแนกชนิดของสัตว์ที่ผ่านมาหลายร้อยปี ออกเป็นกลุ่มต่าง ๆ หรือแบ่งให้เป็นหมวดหมู่ต่าง ๆ นั้น ส่วนใหญ่ใช้ลักษณะภายนอกเป็นหลักและนำมาใช้การสร้างรูปวิธานโดยแบ่งออกเป็นที่ละลักษณะ สัตว์ที่มีชื่ออยู่แล้ว จะถูกนำไปตรวจสอบหาชื่อวิทยาศาสตร์ (Identification) เทียบกับตัวอย่างที่มีอยู่แล้ว (Type specimen) ในพิพิธภัณฑ์หรือสถาบันการศึกษา ส่วนสัตว์ที่ยังไม่มีการให้ชื่อวิทยาศาสตร์ ก็จะต้องมีการตั้งชื่อวิทยาศาสตร์ให้โดยใช้หลักการการตั้งชื่อสัตว์ที่เป็นสากล และมีความเป็นเอกภาพ นั่นคือ (International Code of Zoological Nomenclature) (ICZN) ต่อมาได้มีการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการโดยดูจากความสัมพันธ์ของสารชีวโมเลกุลของสัตว์ที่มีลักษณะใกล้เคียงกันมาประกอบการจัดจำแนกโดยคาดหมายเพื่อให้การจัดจำแนกมีความสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการมากที่สุด ศาสตร์ทางชีววิทยาที่ศึกษาเกี่ยวกับการจัดหมวดหมู่ การจัดจำแนก การให้ชื่อวิทยาศาสตร์ เรียกว่า วิชาอนุกรมวิธาน (Taxonomy) ซึ่งจุดเริ่มต้นของงานอนุกรมวิธานมาจากนักพฤกษศาสตร์ชาวสวีเดน ชื่อ คาโลรัส ลินเนียส (Calorus Linnaeus) โดยกระบวนการพื้นฐานของงานอนุกรมวิธาน มี 3 ลักษณะ ได้แก่ การจัดหมวดหมู่ของสิ่งมีชีวิต เป็นขั้นตอนตามลำดับ จากสูงมาต่ำ หรือต่ำมาสูง (Classification) การตรวจหาชื่อวิทยาศาสตร์ (Identification) และการกำหนดชื่อวิทยาศาสตร์ (Nomenclature) การแบ่งเป็นลำดับตั้งแต่สูงสุดคือ ไฟลัม ไปจนถึงต่ำสุด นั่นคือสปีชีส์ โดยเนื้อหาในบทนี้ แบ่งสัตว์ออกเป็นทั้งหมด 10 ไฟลัม ตามลักษณะของสมมาตร ช่องตัว การเกิดช่องปาก และช่องทวารหนัก ได้แก่

1. ไฟลัมพอริเฟอรา ได้แก่ ฟองน้ำ ซึ่งยังไม่มีการรวมกลุ่มของเนื้อเยื่อ เพื่อเป็นอวัยวะในการทำหน้าที่ ไม่มีระบบประสาท

2. ไฟลัมไนดาเรีย เช่น ไฮดรา และแมงกะพรุน สัตว์ที่ยังมีช่องทางเดินอาหารที่ไม่สมบูรณ์ แต่เริ่มมีระบบอวัยวะแล้ว มีปากแต่ยังไม่มีทวารหนัก มีหนวด เรียกว่าเทนตาเคิล ซึ่งมีเข็มพิษ ที่ชื่อ นีมาโทซิสต์ มีการดำรงชีวิตทั้งแบบอิสระ รวมเป็นกลุ่ม เรียกว่า โคโลนี เช่น กลุ่มปะการัง เป็นต้น

3. ไฟลัมเทโนฟอรา ได้แก่ หวีวุ้น ซึ่งมีรูปร่างคล้ายหวี แต่หนวดไม่มีพิษ มักพบในนากุ้ง

4. ไฟลัมแพลททีเฮลมินทิส ได้แก่ พวกหนอนตัวแบน เช่น พลานาเรีย พยาธิชนิดต่าง ๆ เป็นต้น มีช่องทางเดินอาหารที่ไม่สมบูรณ์ มีปาก แต่ยังไม่มีทวารหนัก

5. ไฟลัมนีมาโทดา ได้แก่ พวกหนอนตัวกลม เช่น พยาธิไส้เดือน เป็นสัตว์กลุ่มแรกที่มีระบบทางเดินอาหารที่สมบูรณ์ คือ มีปากและทวารหนักครบแล้ว เจริญเติบโตได้โดยการลอกคราบ ร่างกายมีการเปลี่ยนแปลงขนาดแต่ไม่มีการเปลี่ยนรูปร่าง

6. ไฟลัมแอนาลิดา ได้แก่ พวกหนอนปล้อง เช่น ไส้เดือนดิน แม่เพรียง ปลิงน้ำจืด เป็นต้น ร่างกายมีการแบ่งออกเป็นปล้อง ๆ ที่เรียกว่า segment มีทางเดินอาหารสมบูรณ์ ในกลุ่มไส้เดือน จะมีอวัยวะสืบพันธุ์ทั้ง 2 เพศ (Monoecious) ออกลูกเป็นไข่ (Cocoon) ในพวกแม่เพรียง จะมีขายื่นออกมา เพื่อทำหน้าที่ในการว่ายน้ำ เรียกว่า พาราโพเดีย

7. ไฟลัมอาร์โทโพดา ได้แก่ พวกแมลงชนิดต่าง ๆ จัดว่าเป็นสัตว์ที่มีจำนวนมากที่สุดในโลก เป็นล้านชนิด สัตว์กลุ่มนี้จะมีรยางค์ที่แบ่งออกเป็นปล้อง ๆ ลำตัวแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ หัว อก และท้อง มีตาประกอบที่มีขนาดใหญ่ สามารถรับภาพได้ แต่ภาพจะมีลักษณะเหมือนตัวต่อที่มาต่อกัน ในแมลงโบราณ จะมีตาเดี่ยว ที่ชื่อว่า โอเซลไล (Ocelli) ด้วย อาโทรพอดที่อยู่ในน้ำ จะมีการสร้างเปลือก (Carapace) ขึ้นมาเพื่อครอบลำตัว เช่น กุ้ง กั้ง ปู จัดเป็นสัตว์เศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศ

8. ไฟลัมมอลลัสกา ได้แก่ พวกหอย ซึ่งมีทั้งหอยฝาเดียว และหอยสองฝา มีการสร้างเปลือก (Shell) หอยที่อาศัยอยู่ในน้ำจะใช้เหงือกในการหายใจ แต่ถ้าเป็นหอยที่อยู่บนบก จะใช้ปอดในการหายใจ และเคลื่อนที่โดยการใช้เท้า (Foot) ส่วนหมึกจะมีลำตัวอ่อนนุ่ม ใช้เหงือกในการหายใจ เคลื่อนที่โดยการใช้ไซฟอน มีตาประกอบที่ใหญ่ และสามารถรับภาพได้ สามารถสร้างหมึกจากถุงหมึก (Ink sac) เพื่อป้องกันตัวเองจากศัตรู

9. ไฟลัมเอไคโนเดอร์มาตา ได้แก่ พวกดาวทะเล เม่นทะเล ปลิงทะเล เป็นสัตว์ทะเลทั้งหมด ไม่พบในน้ำจืด มีการแบ่งร่างกายออกเป็น 5 ส่วน และมีระบบการเคลื่อนที่ โดยใช้เท้าท่อ (Tube feet) และมีระบบท่อน้ำที่พัฒนา มีปากอยู่ด้านล่างของตัว มีการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ โดยการงอกใหม่ (Regeneration)

10. ไฟลัมคอดาตาร์ ได้แก่ พวกสัตว์มีกระดูกสันหลังทั้งหมด ส่วนใหญ่หายใจด้วยปอด มีรยางค์ คือ การใช้ขาในการเคลื่อนที่ มีการพัฒนามือ เพื่อไปทำหน้าที่ที่หลากหลาย มีกระดูกสันหลัง และระบบประสาทรับสัมผัสที่มีการพัฒนาดีที่สุดในกลุ่มสัตว์

ปัจจุบันความหลากหลายของสัตว์ในธรรมชาติ มีการลดจำนวนลงอย่างรวดเร็ว เนื่องจาก แหล่งที่อยู่อาศัยมีการถูกทำลายอย่างหนัก โดยเฉพาะอย่างยิ่งป่าไม้ ซึ่งมีแนวทางในการจัดการเพื่อ อนุรักษ์สัตว์หลายรูปแบบ เช่น การเพาะเลี้ยงเพิ่มจำนวน จากนั้นทำการปล่อยลงสู่ธรรมชาติ การกำหนดกฎหมายคุ้มครองสัตว์ป่าสงวน สัตว์ป่าคุ้มครอง เป็นต้น อย่างไรก็ตามการจัดการอนุรักษ์ไม่ใช่เป็นเพียงการอนุรักษ์อย่างเดียวเท่านั้น แต่ควรเป็นการใช้ประโยชน์ให้เกิดประโยชน์สูงสุด และยั่งยืน โดยการบูรณาการความร่วมมือจากทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้อง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

แบบฝึกหัดบทที่ 13

จงตอบคำถามดังต่อไปนี้

1. ลักษณะใดบ้างที่นำมาจัดจำแนกสัตว์ออกเป็นไฟลัมต่าง ๆ
2. หลักเกณฑ์ในการตั้งชื่อสัตว์ใช้หลักใดในระดับสากล
3. โครงร่างของฟองน้ำถูตัว เป็นโครงร่างชนิดใด
4. จงอธิบายลักษณะเฉพาะของสัตว์ในไฟลัมมอลลัสกา
5. จงยกตัวอย่างสัตว์ชนิดใดที่มีช่องตัว
6. จงยกตัวอย่างสัตว์ชนิดใดที่มีก้นเกิดก่อนปาก
7. ลักษณะภายนอกใดที่จัดว่าสัตว์ชนิดนั้น ๆ เป็นสัตว์ในไฟลัมคอดาตาร์
8. สัตว์ไฟลัมใด ที่อาศัยอยู่ในทะเลทั้งหมด
9. จงยกตัวอย่างสัตว์ในไฟลัมอาร์โทรโพดาชนิดที่มีพิษและเป็นอันตรายกับมนุษย์
10. จงเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างปลากระดูกอ่อน และปลากระดูกแข็ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

เอกสารอ้างอิง

คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (2553). **ชีววิทยา สัตววิทยา 3**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชัยดำรงค์ สิงห์แหลม และสรารัตน์ สมยา**.** (2554). **ความหลากหลายของปูน้ำเค็ม บริเวณอ่าวคุ้งกระเบน จังหวัดจันทบุรี**. ปริญญาครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี.

บพิธ จารุพันธุ์ และนันทพร จารุพันธุ์. (2555). **สัตววิทยา.** พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

มหัศจรรย์เมืองไทย ฝูงแมงกะพรุน. (2012). (ออนไลน์). แหล่งที่มา : http://travel.kapook.com/view49444.html. 22 ตุลาคม 2555.

Cambell, N.A. (1977). **Biology.** 4th ed. California : The Benjamin/Cummings Publishing Company, INC.

Cambell, N.A., Jane, B.R., Lisa, A.U., Michael L. Ca in, Peter, V.M., Steven, A.W. and Robert, B.J. (2015)**. Biology**. 8th ed. California : The Benjamin/ Cummings Publishing Company, INC.

Ruppert, E.E., Fox, R.S. and Barnes, R.D. (2004). **Invertebrate zoology**. 7th ed. California : Brook/Cole, Cengage Learning.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

แผนการสอนประจำบทที่ 14

นิเวศวิทยา

เนื้อหาประจำบท

บทที่ 14 นิเวศวิทยา

1. ความหมายของนิเวศวิทยา
2. ปัจจัยทางนิเวศวิทยาที่มีผลต่อการแพร่กระจายของสิ่งมีชีวิต
3. ประชากร และโครงสร้างประชากร
4. สังคมสิ่งมีชีวิต
5. การถ่ายทอดพลังงาน
6. ระบบนิเวศ
7. วัฏจักรการหมุนเวียนสารในระบบนิเวศ

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

เมื่อศึกษาบทที่ 14 แล้วนักศึกษาสามารถ

1. อธิบายโครงสร้างและองค์ประกอบของระบบนิเวศได้
2. อธิบายชนิดของระบบนิเวศได้
3. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตที่อยู่ในระบบนิเวศได้

กิจกรรมการเรียนการสอนประจำบท

1. ผู้สอนอธิบายทฤษฎี และซักถาม พร้อมยกตัวอย่างประกอบการบรรยาย โดยใช้เครื่องฉายภาพ (Projector)
2. แสดงวีดิทัศน์เรื่อง “ระบบนิเวศทางทะเล”
3. ให้ผู้เรียนทำแบบฝึกหัดบทที่ 14
4. ทดสอบย่อยหลังจบบทเรียน

สื่อการเรียนการสอน

1. เอกสารประกอบการสอนวิชาชีววิทยา 1
2. ไฟล์เอกสารประกอบการสอนวิชาชีววิทยา 1 (Power point)
3. แบบจำลองโครงสร้างของระบบนิเวศ และสายใยอาหาร
4. วีดิทัศน์
5. หนังสืออ่านประกอบค้นคว้าเพิ่มเติม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

6. แบบฝึกหัดบทที่ 14

การวัดผลและประเมินผล

1. สังเกตจากการซักถามผู้เรียน
2. สังเกตจากการร่วมกิจกรรม
3. สังเกตจากความสนใจ
4. ประเมินจากการทำคำถามท้ายบท
5. ประเมินจากการสอบระหว่างภาคและปลายภาค

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

บทที่ 14

นิเวศวิทยา

การศึกษาชีววิทยานอกเหนือไปจากการที่ต้องทราบชนิดของสิ่งมีชีวิตในอาณาจักรต่าง ๆ แล้ว สิ่งที่ขาดไม่ได้ นั่นก็คือ การทราบถึงแหล่งที่อยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิตนั้น ๆ ว่าประกอบไปด้วยปัจจัยทางกายภาพใดที่เกี่ยวข้อง การศึกษานิเวศวิทยาระดับประชากรก็จะเป็นการศึกษาถึงความสัมพันธ์ของกลุ่มสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในบริเวณเดียวกัน หรือในระบบนิเวศเดียวกัน ว่าจะเป็นความสัมพันธ์ในด้านใด เนื้อหาในบทนี้จะอธิบายลักษณะของระบบนิเวศแบบต่าง ๆ รวมถึงการเปลี่ยนแปลงระบบนิเวศจากสภาพธรรมชาติในปัจจุบัน ก็ได้เกิดเป็นการสร้างระบบนิเวศโดยฝีมือของมนุษย์ขึ้นมามากมาย ซึ่งได้ทำให้วัฏจักรของสสาร เช่น วัฏจักรคาร์บอน วัฏจักรไนโตรเจน และวัฏจักรของฟอสฟอรัสมีการเปลี่ยนแปลง ตลอดจนการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิโลก ก็ได้ทำให้เกิดผลกระทบต่อระบบนิเวศบนโลกหลาย ๆ ระบบนิเวศ ซึ่งก็เป็นที่แน่นอนว่ามนุษย์ต่างได้รับผลกระทบอันนี้อย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ การศึกษาเนื้อหาในบทนี้จะเป็นพื้นฐานให้นักศึกษาได้นำไปใช้ในการศึกษาขั้นสูงต่อไป เช่น ในรายวิชานิเวศวิทยา สัตววิทยา และชีววิทยาทางทะเล เป็นต้น

ความหมายของนิเวศวิทยา

นิเวศวิทยา หมายถึง การศึกษาทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อมของสิ่งมีชีวิตเหล่านั้น การศึกษาที่ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เหมือนกับวิทยาศาสตร์แขนงอื่น ๆ สิ่งแวดล้อมนั้นหมายถึงปัจจัยที่จัดเป็นสิ่งแวดล้อมทั้งที่มีชีวิต (Biotic factor) เช่น จุลินทรีย์ พืช และสัตว์ และองค์ประกอบที่ไม่มีชีวิต (Abiotic factor) เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ปริมาณออกซิเจนละลาย ค่าความเป็นกรดด่าง เป็นต้น ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อมนั้น หมายถึงความสัมพันธ์ทั้ง 2 ด้านที่เป็นอันตรกิริยา (Interaction) การศึกษานิเวศวิทยาแบ่งออกได้เป็น 4 ระดับ ตามการจัดระเบียบทางชีววิทยา คือ

1. นิเวศวิทยาเชิงสรีรวิทยา เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตแต่ละตัวกับสิ่งแวดล้อมที่สิ่งมีชีวิตนั้นอาศัยอยู่ เช่น การปรับตัวของปลาในน้ำ เป็นต้น
2. นิเวศวิทยาเชิงประชากร เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการแพร่กระจายและขนาดของประชากรสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิด เช่น การแพร่กระจายของประชากรช้างในเขตอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ เป็นต้น
3. นิเวศวิทยาเชิงสังคมสิ่งมีชีวิต เป็นการศึกษาเกี่ยวกับโครงสร้างของสังคมสิ่งมีชีวิตตลอดจนปฏิสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตสองชนิดขึ้นไป เช่น ปลาการ์ตูนที่อาศัยอยู่กับดอกไม้ทะเล เป็นต้น
4. นิเวศวิทยาเชิงระบบนิเวศ เป็นการศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในระบบนิเวศอันเป็นผลเนื่องมาจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างสังคมสิ่งมีชีวิตและปัจจัยทางกายภาพต่าง ๆ เช่น วัฏจักรของน้ำที่มีผลการดำรงชีวิตของสัตว์ เป็นต้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏราไพพรรณี

ปัจจัยทางนิเวศวิทยาที่มีผลต่อการแพร่กระจายของสิ่งมีชีวิต

มีหลายปัจจัย ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมของระบบนิเวศนั้น ๆ ได้แก่

1. อุณหภูมิ มีอิทธิพลต่อกระบวนการทางชีวเคมี การควบคุมอุณหภูมิในร่างกายของสัตว์เป็นปัจจัยในการกำจัดการแพร่กระจายของสัตว์

2. น้ำ มีความจำเป็นต่อการดำรงชีวิตของพืช และสัตว์ทุกชนิด และทำให้แหล่งอาศัยมีความชื้นแตกต่างกัน

3. แสง จำเป็นต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชทั้งบนบก และในแหล่งน้ำ แสงจะมีผลต่อชนิดและการกระจายของพืช ซึ่งเป็นอาหารของสัตว์ที่กินพืช

4. ลม สิ่งมีชีวิตหลายชนิด โดยเฉพาะสัตว์ไม่สามารถอาศัยในบริเวณที่มีลมแรงมาก ๆ ได้ การที่มีกระแสลมแรงหรืออ่อนมีผลต่อปัจจัยทางกายภาพอื่น ๆ เช่น อุณหภูมิ การระเหยของน้ำ การคายน้ำของพืช การละลายของออกซิเจนในน้ำ การแพร่กระจายพันธุ์พืชบางชนิดใช้ลมเป็นตัวพัดพาไปตกในที่ที่มีความเหมาะสมในการเจริญเติบโต

5. หินและดิน เป็นปัจจัยจำกัดการแพร่กระจายของสัตว์ เช่น สัตว์หน้าดินที่อาศัยอยู่ใต้ท้องทะเล และพวกที่ขุดรูฝังตัวอยู่ในดินตะกอน

6. การถูกรบกวนเป็นระยะ ๆ เช่น ภัยธรรมชาติต่าง ๆ ได้แก่ ไฟป่า พายุเฮอริเคน ทอร์นาโด ภูเขาไฟระเบิด เป็นปัจจัยจำกัดการแพร่กระจายของสิ่งมีชีวิต

7. ความเป็นกรด-เบส (pH) สิ่งมีชีวิตแต่ละกลุ่มจะมีความสามารถในการทนอยู่ในบริเวณที่มีความเค็ม ความเป็นกรด-เบสของดินและน้ำแตกต่างกัน ซึ่งจะมีความสัมพันธ์กับการมีแร่ธาตุที่ละลายปนอยู่ในดินและในแหล่งน้ำนั้น

8. อากาศ เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับสิ่งมีชีวิตไม่ว่าจะเป็นพืชหรือสัตว์ เพราะสิ่งมีชีวิตต้องการออกซิเจนไปใช้ในกระบวนการหายใจ นอกจากนี้พืชสีเขียวยังใช้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อเป็นวัตถุดิบในการสร้างอาหาร แป้ง และน้ำตาลในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

9. ความชื้นในบรรยากาศ มีผลต่อการระเหยของน้ำออกจากสิ่งมีชีวิตในแต่ละฤดูกาลที่แตกต่างกัน ทำให้สามารถจำกัดชนิดและการกระจายของสิ่งมีชีวิตในแหล่งที่อยู่ด้วย

ประชากร

คือ กลุ่มของสิ่งมีชีวิตที่เป็นชนิดเดียวกัน อาศัยอยู่ในบริเวณเดียวกัน ในช่วงเวลาหนึ่ง ซึ่งในแต่ละบริเวณจะมีจำนวนประชากรที่แตกต่างกัน เช่น ประชากรช้างที่อยู่ในอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่จะเป็นคนละประชากรกับอุทยานแห่งชาติอื่น เป็นต้น

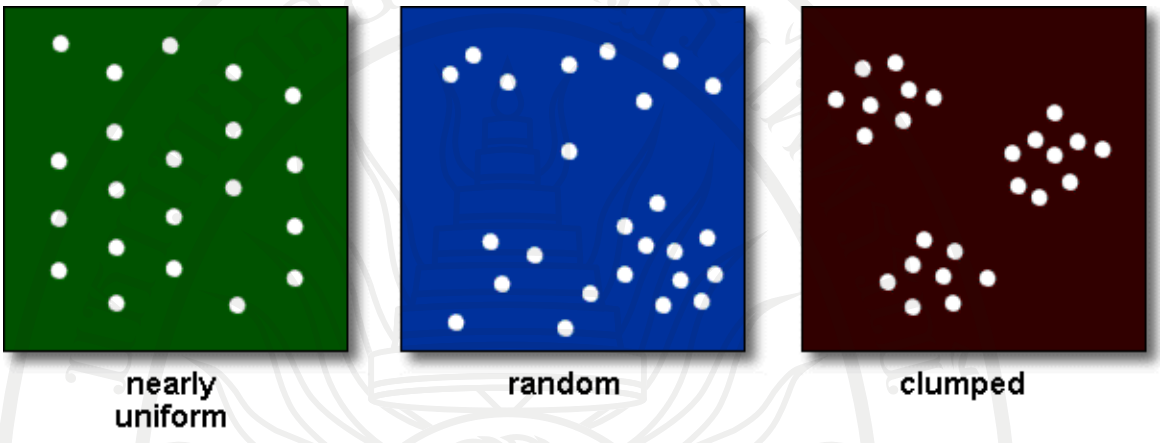
ขนาดของประชากร หมายถึง จำนวนสมาชิกทั้งหมดที่มีอยู่ในประชากร เช่น ช้าง 100 ตัว คน 500 คน เป็นต้น ความหนาแน่นของประชากร คือ จำนวนสมาชิกของประชากรทั้งหมดต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ เช่น ต้นสัก 100 ต้นต่อหนึ่งตารางกิโลเมตร ส่วนการกระจายของประชากร หมายถึง การกระจายตัวของสมาชิกในประชากรบริเวณใดบริเวณหนึ่ง แบ่งออกเป็น 3 แบบ ได้แก่

1. การกระจายแบบกลุ่ม (Clumped distribution) พบมากที่สุดในพวกสัตว์ เนื่องจากสัตว์มีพฤติกรรมการอยู่ร่วมกันเป็นกลุ่มหรือเป็นสังคม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

2. การกระจายแบบสม่ำเสมอ (Uniform distribution) พบในบริเวณที่มีปัจจัยที่สัตว์ต้องการค่อนข้างจำกัด แต่มีการกระจายของปัจจัยนั้นค่อนข้างสม่ำเสมอ เช่น การทำรังของนกทะเลตามชายหาดหรือหน้าผา มีการทำรังให้ห่างกันเท่า ๆ กัน และแต่ละรังจะมีพื้นที่เท่ากัน

3. การกระจายแบบสุ่ม (Random distribution) เกิดในบริเวณที่มีปัจจัยต่าง ๆ ที่สัตว์ต้องการกระจายอยู่อย่างสม่ำเสมอ และมีปริมาณมากพอ ดังนั้นสัตว์จะอยู่ตรงไหนในบริเวณนั้นก็ได้จะได้รับปัจจัยเท่า ๆ กัน ไม่มีการแก่งแย่งแข่งขันกันสูง



(ก) (ข) (ค)

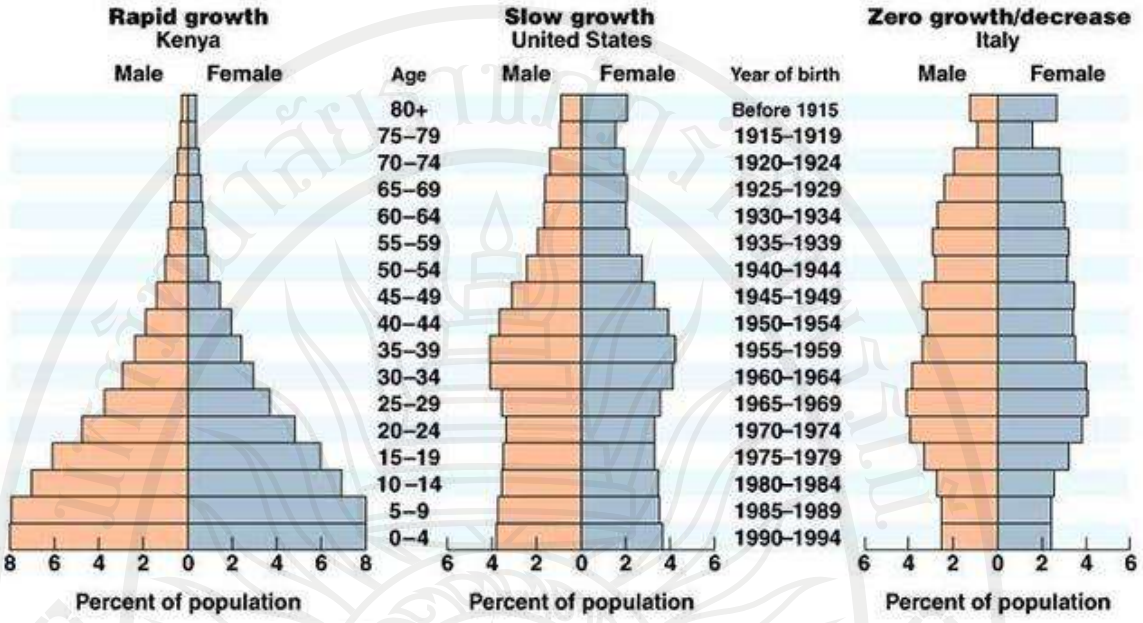
ภาพที่ 14.1 รูปแบบการกระจายของประชากร (ก) แบบสม่ำเสมอ (ข) แบบสุ่ม และ (ค) แบบกลุ่ม
ที่มา: (จิรากรณ์ คชเสนี และนันทนา คชเสนี, 2552 : 12)

โครงสร้างอายุของประชากร หมายถึง จำนวนหรือสัดส่วนของกลุ่มสมาชิกที่มีอายุต่างกันในประชากร แบ่งเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่

1. วัยก่อนเจริญพันธุ์ คือ กลุ่มของประชากรที่ยังสืบพันธุ์ไม่ได้
2. วัยเจริญพันธุ์ คือ สมาชิกของประชากรที่อยู่ในช่วงของชีวิตที่มีการสืบพันธุ์ได้ ตั้งแต่เริ่มต้นจนไม่สามารถสืบพันธุ์ได้อีก
3. วัยหลังเจริญพันธุ์ สมาชิกของประชากรที่จะไม่สืบพันธุ์อีกแล้ว

ปิรามิดประชากร คือ แผนภาพที่แสดงสัดส่วนของสมาชิกอายุต่าง ๆ กันในประชากรนั้น ดังภาพที่ 14.2 จากภาพปิรามิดประชากรของประเทศเคนยา (14.2ก) ซึ่งมีอัตราการเพิ่มประชากรสูง (Rapid Growth) จะมีฐานกว้างเพราะมีประชากรวัยต่ำกว่า 19 ปีเป็นจำนวนมากเกือบครึ่งหนึ่งของคนทั้งประเทศและประชากรวัยชรามีไม่มากนัก ในขณะที่ปิรามิดประชากรของประเทศสหรัฐอเมริกา (14.2ข) ซึ่งมีอัตราการเพิ่มประชากรเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ (Slow Growth) จะมีฐานค่อย ๆ แคบเข้า ในขณะที่ประเทศอิตาลี (14.2ค) ซึ่งมีอัตราการเพิ่มประชากรเป็นลบ (Negative growth) จะเป็นไปในทางตรงกันข้ามกับประเทศเคนยามาก คือ ฐานของปิรามิดแคบเพราะมีอัตราการของเกิดต่ำมากกว่าอัตราการตาย และ ประชากรในวัยสูงอายุมีจำนวนมากใกล้เคียงกับวัยเด็ก ปรากฏการณ์เช่นนี้สร้างภาระให้กับสังคมของประเทศเหล่านั้นทั้งสิ้น ประเทศที่อัตราการเพิ่มสูงจะมีภาระ

ในการเลี้ยงดูประชากรก่อนวัยทำงาน ในขณะที่ประเทศที่มีอัตราการเพิ่มประชากรลดลงจะประสบปัญหาขาดแคลนแรงงานในอนาคต และมีภาระเลี้ยงดูคนวัยชรามากขึ้นอีกด้วย ดังนั้นการฉายภาพประชากรในอนาคตจึงเป็นเรื่องสำคัญในการวางแผนกำลังคนเพื่อการพัฒนาสังคมของประเทศนั้น ๆ



(ก) (ข) (ค)

ภาพที่ 14.2 ปิรามิดอายุประชากรของประเทศต่าง ๆ (ก) ประเทศเคนย่า (ข) ประเทศสหรัฐอเมริกา และ (ค) ประเทศอิตาลี

ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553 : 119)

โครงสร้างประชากร

หมายถึง องค์ประกอบต่าง ๆ ในประชากรที่มีอิทธิพลต่อการสืบพันธุ์ของสมาชิกในประชากรนั้น เช่น โครงสร้างของอายุประชากร และอัตราส่วนระหว่างเพศ ลักษณะเฉพาะต่าง ๆ ของประชากรเป็นตัวกำหนดการเพิ่มหรือลดขนาดของประชากรในอนาคต จึงจัดเป็นส่วนหนึ่งของโครงสร้างประชากร ได้แก่

1. อัตราส่วนระหว่างเพศ คือ อัตราส่วนระหว่างเพศชายกับเพศหญิงที่พบในประชากรมนุษย์ ถ้าเป็นสัตว์ก็คือ อัตราส่วนระหว่างเพศผู้และเพศเมีย การที่มีตัวเมียมาก ๆ มีโอกาสที่จะทำให้ประชากรนั้นมีขนาดเพิ่มมากขึ้นในอนาคตได้

2. อัตราการเกิด หมายถึง จำนวนสมาชิกที่เพิ่มขึ้นต่อหน่วยเวลา

3. อัตราการตาย หมายถึง จำนวนสมาชิกที่ตายไปต่อหนึ่งหน่วยเวลา และทำให้จำนวนสมาชิกของประชากรลดลง

4. อัตราการเกิดและการตายของประชากรเป็นลักษณะเฉพาะของประชากรสัตว์ เมื่อมาอยู่รวมกันเป็นประชากร

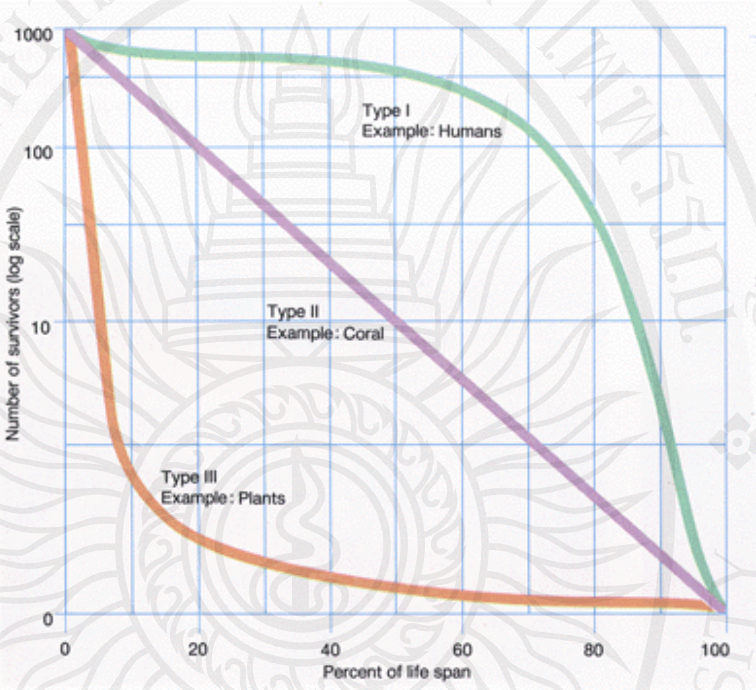
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

กราฟของการอยู่รอด (Survivorship curve) เป็นกราฟแสดงจำนวนสมาชิกในประชากรที่อยู่รอดโดยเฉลี่ยในแต่ละช่วงอายุตลอดอายุขัยของสัตว์ชนิดใดชนิดหนึ่ง กราฟของการอยู่รอดมี 3 แบบ ได้แก่

Type I curve อัตราการตายต่ำ อัตราการอยู่รอดค่อนข้างสูง

Type II curve อัตราการตายหรืออัตราการอยู่รอดค่อนข้างคงที่ ตลอดอายุขัย

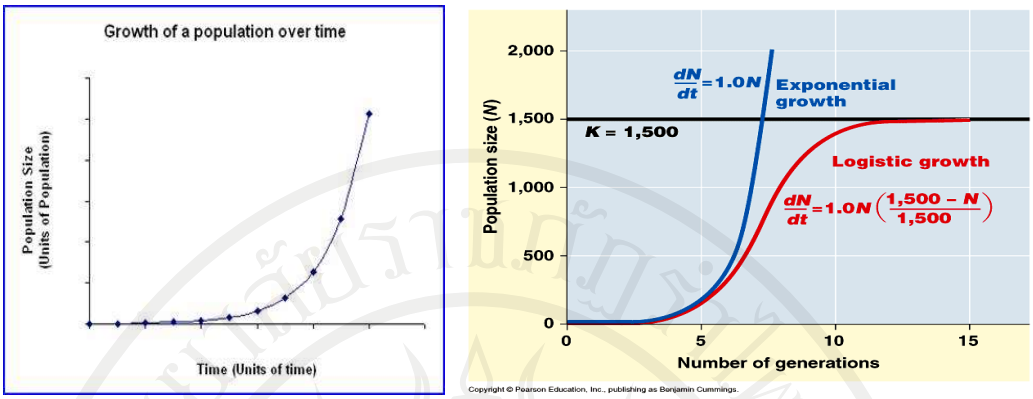
Type III curve เป็นสิ่งมีชีวิตที่ออกลูกคราวละมาก ๆ เช่น ปลา และสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง มีอัตราการตายสูงมาก อัตราการอยู่รอดต่ำ ดังภาพที่ 14.3



ภาพที่ 14.3 กราฟของการอยู่รอดของสิ่งมีชีวิต
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553 : 120)

การเติบโตของประชากร

พลศาสตร์ประชากร หมายถึง การศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงขนาดของประชากร รวมไปถึงปัจจัยทั้งหลายที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงขนาดของประชากรนั้นด้วย ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเติบโตของประชากรแบบโลจิสติค (Logistic growth) นี้ คือ การแก่งแย่งแข่งขันระหว่างสมาชิกภายในประชากรด้วยกัน เนื่องจากเมื่อประชากรมีขนาดใหญ่ขึ้น ปัจจัยต่าง ๆ ที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตก็จะมีการขาดแคลน เกิดการแก่งแย่งแข่งขัน เช่น อาหาร ทีหลบภัย ที่ทำรัง รวมทั้งมีของเสียเกิดเพิ่มมากขึ้น เป็นสาเหตุทำให้ประชากรไม่สามารถเติบโตได้เต็มที่ตามศักยภาพ รูปแบบของการเจริญเติบโตมี 2 แบบ ได้แก่ 1) แบบเอ็กซ์โพเนนเชียล (Exponential population growth) เป็นการเจริญเติบโตในอุดมคติ คือ เมื่อเวลาผ่านไป สิ่งมีชีวิตจะมีการเพิ่มขึ้นของขนาดและน้ำหนักอย่างไม่มีที่สิ้นสุด แบบที่ 2) แบบโลจิสติค (Logistic population growth) เป็นการเจริญเติบโตที่ในระยะแรกจะมีการเพิ่มของขนาดและน้ำหนัก และเมื่อเวลาผ่านไปการเจริญเติบโตนั้นจะลดลง จนเข้าสู่ช่วงคงที่ ดังภาพที่ 14.4



(ก) (ข)

ภาพที่ 14.4 กราฟการเจริญเติบโต (ก) แบบเอ็กซ์โพเนนเชียล (Exponential population growth) และ (ข) แบบโลจิสติค (Logistic population growth)
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา, 2553 : 124-125)

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อขนาดประชากร

1. ปัจจัยที่ขึ้นกับความหนาแน่น เป็นปัจจัยที่ไปจำกัดการเจริญเติบโตของประชากรด้วยการลดการสืบพันธุ์หรือเพิ่มอัตราการตายของประชากร ส่วนใหญ่มักเป็นปัจจัยทางชีวภาพ ซึ่งจำเป็นสำหรับการดำรงชีวิตของสัตว์ เช่น อาหาร การแก่งแย่งอาหารจะรุนแรงมากขึ้นเมื่อความหนาแน่นประชากรมีสูง ในสัตว์จะมีการสร้าง อาณาเขตของตนเอง เรียกว่า เทอริทอรี (Territory) พื้นที่ทำรังและใช้ในการหากินเป็นปัจจัยที่ต้องแข่งขันกัน ยิ่งมีความหนาแน่นสูง การแก่งแย่งก็สูงตามไปด้วย

2. ปัจจัยที่ไม่ขึ้นกับความหนาแน่น เป็นปัจจัยที่อิทธิพลหรือความรุนแรงของมันไม่ขึ้นกับความหนาแน่นของประชากร และมักเป็นปัจจัยทางกายภาพ เช่น ดินฟ้าอากาศ ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น ไฟป่า พายุ และการะเบิดของภูเขาไฟ เป็นต้น

ขนาดของประชากรสิ่งมีชีวิตนั้นอาจถูกควบคุมได้จากทั้งปัจจัยที่ขึ้นกับความหนาแน่น หรือปัจจัยที่ไม่ขึ้นกับความหนาแน่น เป็นการยากที่จะบอกว่าปัจจัยใดเป็นตัวควบคุมขนาดของประชากร ส่วนใหญ่เราพบว่าสัตว์ในธรรมชาติจะถูกควบคุมด้วยปัจจัยที่สำคัญ 2-3 ปัจจัย ซึ่งอาจจะเป็นได้ทั้งปัจจัยที่ขึ้นกับความหนาแน่น หรือปัจจัยที่ไม่ขึ้นกับความหนาแน่น เช่น กวางที่อยู่บริเวณหนาวเย็นที่มีหิมะปกคลุม

สังคมสิ่งมีชีวิต

หมายถึง ประชากรของสิ่งมีชีวิตหลายชนิดที่อยู่ร่วมกันในบริเวณใดบริเวณหนึ่ง และเมื่ออยู่ตามธรรมชาติประชากรสัตว์แต่ละชนิดก็มีแนวโน้มที่จะมีความสัมพันธ์ ซึ่งกันและกัน เช่น สังคมสัตว์ต้องประกอบไปด้วยประชากรสัตว์หลายชนิด ซึ่งแตกต่างจากประชากรของสัตว์ชนิดเดียวกัน เมื่อสัตว์หลายชนิดมาอยู่ร่วมกันเป็นสังคม ก็จะเกิดลักษณะเฉพาะของประชากร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

สมมติฐานของการเกิดสังคมสิ่งมีชีวิต มี 2 สมมุติฐาน ได้แก่

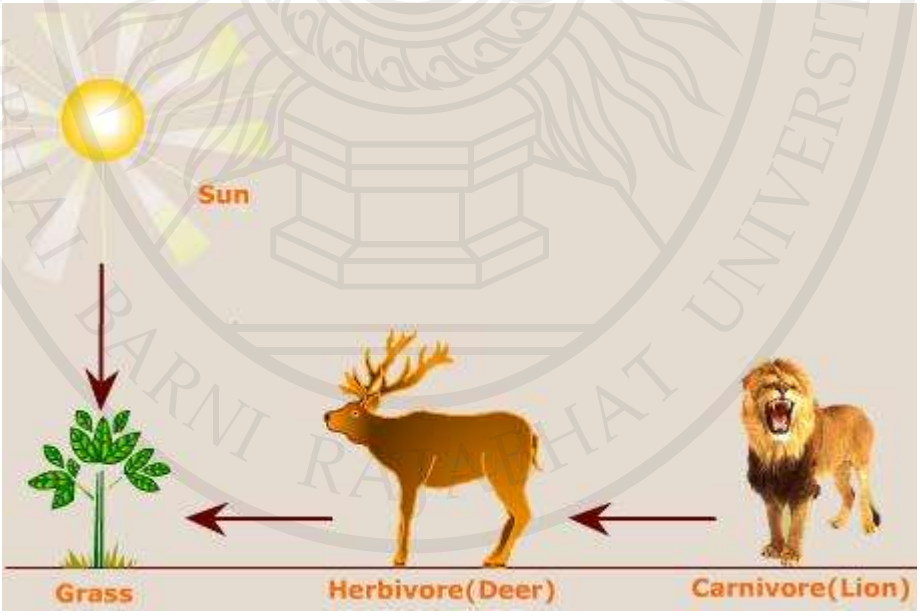
1. The individualistic hypothesis คือ สมมุติฐานที่ว่าด้วยการที่สัตว์ชนิดต่าง ๆ มาอยู่ร่วมกันบริเวณใดบริเวณหนึ่งนั้น เนื่องจากสัตว์แต่ละชนิดมีความต้องการปัจจัยหลาย ๆ อย่างคล้ายกัน เพราะฉะนั้นจึงมีโอกาสให้พบสัตว์เหล่านั้นมาอยู่ร่วมกัน ในที่ที่มีสภาพแวดล้อมเหมาะกับทุกชนิด โดยความสัมพันธ์ของสัตว์ที่มาอยู่ร่วมกันเหล่านั้นไม่แน่นแฟ้นเท่าใดนัก

2. The interactive hypothesis คือ สมมุติฐานนี้มองสัตว์เหมือนเป็นหน่วยๆ หนึ่ง หรือสัตว์หนึ่งตัว ความสัมพันธ์ระหว่างประชากรสัตว์ชนิดต่าง ๆ ที่มาอยู่ร่วมกันเป็นสังคมจะมีความแน่นแฟ้นมาก และต่างมีความสำคัญซึ่งกันและกัน หากมีอะไรเกิดขึ้นกับสัตว์ชนิดใดชนิดหนึ่งจะมีผลกระทบไปถึงสัตว์อีกชนิดหนึ่ง

การถ่ายทอดพลังงาน

พลังงานเป็นปัจจัยที่สำคัญในระบบนิเวศ พวกสร้างอาหารได้เอง (Autotroph) เป็นผู้ผลิตปฐมภูมิ (Primary producer) ได้แก่ พืชสีเขียวและแพลงก์ตอน ซึ่งสังเคราะห์ด้วยแสงได้ ส่วนในระบบนิเวศน้ำลึกมาก ๆ จะมีพวกแบคทีเรียที่สามารถสร้างอาหารเองได้จากปฏิกิริยาออกซิเดชันของ H_2S พลังงานที่อยู่ในผู้ผลิตจะถูกถ่ายทอดต่อไปยังสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ที่สร้างอาหารเองไม่ได้ ที่เรียกว่า ผู้บริโภค ได้แก่ พวกกินพืช (Herbivore) พวกกินสัตว์ (Carnivore), พวกกินซาก (Scavenger) และ พวกผู้ย่อยสลาย (Decomposer)

ห่วงโซ่อาหาร (Food chain) คือ การถ่ายทอดพลังงานไปตามสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ จะเกิดขึ้นได้เมื่อสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดกินอาหาร และถูกสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น กินกันเป็นทอด ๆ



ภาพที่ 14.5 ห่วงโซ่อาหารบนบก
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553 : 145)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ระบบนิเวศ

หมายถึง หน่วยของความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตในแหล่งที่อยู่แหล่งใดแหล่งหนึ่ง มาจากรากศัพท์ในภาษากรีก 2 คำ คือ โออิกอส (Oikos) แปลว่า บ้าน ที่อยู่อาศัย แหล่งที่อยู่ของสิ่งมีชีวิต โลกอส (Logos) แปลว่า เหตุผล และความคิด

ในระบบนิเวศหนึ่ง ๆ นั้น จะประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก 2 ส่วนด้วยกัน คือ

1. องค์ประกอบที่มีชีวิต ซึ่งแบ่งย่อยออกไปตามหน้าที่ ได้ดังนี้

1.1 ผู้ผลิต หมายถึง สิ่งมีชีวิตที่สามารถสร้างอาหารได้ด้วยตัวเองจากพลังงานแสงอาทิตย์เพราะมีสารสีเขียวที่เรียกว่า คลอโรฟิลล์ ซึ่งได้แก่ พืชสีเขียวทุกชนิดและบัคเตรีบางชนิด รวมทั้งสิ้นประมาณ 300,000ชนิด พืชเหล่านี้สร้างอาหารโดยอาศัยพลังงานจากดวงอาทิตย์และอนินทรียสาร

1.2 ผู้บริโภค เป็นสิ่งมีชีวิตที่ตัวมันเองไม่สามารถสร้างอาหารได้ต้องอาศัยการกินพืชและสัตว์อื่น ๆ เป็นอาหาร แบ่งเป็นกลุ่มย่อย ได้ดังนี้

1) ผู้บริโภคที่กินพืชเป็นอาหาร (Herbivore)
2) ผู้บริโภคที่กินสัตว์เป็นอาหาร (Carnivore)
3) ผู้บริโภคที่กินทั้งพืชและสัตว์ (Omnivore)
4) ผู้บริโภคที่กินซากพืชซากสัตว์ (Scarvenger)

1.3 ผู้ย่อยสลาย เป็นพวกที่ปรุงอาหารเองไม่ได้ ต้องอาศัยซากของสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ เป็นอาหาร ได้แก่ จุลินทรีย์ต่าง ๆ ส่วนใหญ่ ได้แก่ บัคเตรี เห็ด รา ยีสต์ ฟังไจ สิ่งมีชีวิตเล็ก ๆ เหล่านี้จะทำการย่อยสลายซากชีวิตต่าง ๆ โดยการขับเอนไซม์ออกมาย่อยสลายจนอยู่ในรูปของสารละลาย แล้วจากนั้นก็ดูดซับเข้าไปในลำตัวของมันต่อไป การย่อยสลายในระดับดังกล่าวได้ก่อให้เกิดสารประกอบในรูปของคาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน และแร่ธาตุต่าง ๆ ซึ่งกลุ่มผู้ย่อยสลายจะทำหน้าที่เปลี่ยนสารอินทรีย์เหล่านี้ให้เป็นสารอนินทรีย์ ได้แก่ แคลเซียม ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม เพื่อให้พืชสีเขียวนำไปใช้สร้างธาตุอาหารต่อไปใหม่

2. องค์ประกอบที่ไม่มีชีวิต ซึ่งประกอบด้วย

2.1 อนินทรียสาร ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ ไนโตรเจน น้ำ ไฮโดรเจน ฟอสฟอรัส ซัลเฟอร์ โซเดียม โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม ฯลฯ

2.2 อินทรียสาร ได้แก่ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน ฯลฯ ซึ่งพืชและสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กทั้งหลาย ทำการสังเคราะห์ขึ้นมาจากสารอนินทรีย์

2.3 ภูมิอากาศ ได้แก่ แสง อุณหภูมิความชื้น น้ำฝน

ความหลากหลายของระบบนิเวศ

คือ ความซับซ้อนของลักษณะพื้นที่ที่แตกต่างกันในแต่ละภูมิภาคของโลก เมื่อประกอบกับสภาพภูมิอากาศ ลักษณะภูมิประเทศทำให้เกิดระบบนิเวศหรือถิ่นที่อยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิตที่แตกต่างกัน การที่สามารถพบสิ่งมีชีวิตอาศัยอยู่ในแต่ละพื้นที่ได้โดยผ่านการคัดเลือกตามธรรมชาติตามกระบวนการวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ระบบนิเวศยิ่งมีความหลากหลาย ก็จะทำให้พบความหลากหลายชนิดของทั้งพืชและสัตว์มากเท่านั้น ระบบนิเวศแบ่งออกเป็น 2 แบบ ได้แก่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

1. ระบบนิเวศที่มนุษย์เป็นผู้สร้างขึ้น (Man made) ได้แก่ ชุมชนเมือง แหล่งเกษตรกรรม แหล่งอุตสาหกรรม เขื่อน ฝาย อ่างเก็บน้ำ เป็นต้น และระบบนิเวศตามธรรมชาติ ที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เช่น แม่น้ำ ลำธาร ป่าไม้ น้ำตก เป็นต้น

2. ระบบนิเวศตามธรรมชาติ (Natural ecosystem) สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้

2.1 ระบบนิเวศบนบก (Terrestrial ecosystem) ลักษณะของระบบนิเวศที่กลุ่มสิ่งมีชีวิตภายในระบบอาศัยอยู่บนพื้นดิน เช่น ระบบนิเวศบนขอนไม้ ระบบนิเวศใน ทุ่งหญ้า ระบบนิเวศในป่า เป็นต้น

2.2 ระบบนิเวศในน้ำ (Aquatic ecosystem) ลักษณะของระบบนิเวศที่กลุ่มสิ่งมีชีวิตภายในระบบอาศัยอยู่ในแหล่งน้ำต่าง ๆ เช่น ระบบนิเวศในสระน้ำ ระบบนิเวศในทะเล เป็นต้น

หน้าที่ของระบบนิเวศ คือ การถ่ายทอดพลังงาน พวกสร้างอาหารเองได้ (Autotroph) เป็นผู้ผลิตปฐมภูมิ (Primary producer) ได้แก่ พืชสีเขียวและแพลงก์ตอน ซึ่งสังเคราะห์ด้วยแสงได้ พลังงานที่อยู่ในผู้ผลิตจะถูกถ่ายทอดต่อไปยังสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ที่สร้างอาหารเองไม่ได้ ที่เรียกว่า ผู้บริโภค เช่น พวกกินพืช กินสัตว์ เป็นต้น การถ่ายทอดพลังงานไปตามสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ จะเกิดขึ้นได้ เมื่อสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดกินอาหาร และถูกสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นกินกันเป็นทอด ๆ ซึ่งเรียกว่า ห่วงโซ่อาหาร เมื่อหลาย ๆ ห่วงโซ่อาหารในระบบนิเวศมารวมกัน จึงเกิดเป็นสายใยอาหาร (Food web)

ภาพที่ 14.6 สายใยอาหารในระบบนิเวศบนบก

ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553 : 146)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ความสัมพันธ์ในระบบนิเวศ

สิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศมีความสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม โดยพยายามปรับตัวเพื่อให้เหมาะสมกับสิ่งแวดล้อมจะช่วยให้สิ่งมีชีวิตเหล่านั้นดำรงชีวิตอยู่ได้ ซึ่งสามารถจำแนกลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อมได้ 2 แบบ ดังนี้

1. ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งมีชีวิต คือ การอยู่ร่วมกันของสิ่งมีชีวิตตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปในแหล่งที่อยู่เดียวกัน มีความสัมพันธ์ของการอยู่ร่วมกันหลายรูปแบบ ได้แก่

1.1 การอยู่ร่วมกันแบบได้ประโยชน์ร่วมกัน (Protocooperation) (+,+) เป็นความสัมพันธ์ที่สิ่งมีชีวิต 2 ชนิดที่อยู่ร่วมกัน แต่ไม่จำเป็นต้องอยู่ร่วมกันตลอด ถ้าแยกจากกันก็สามารถดำรงชีพอยู่ได้ เช่น ดอกไม้กับแมลง แมลงได้น้ำหวานจากดอกไม้ ส่วนดอกไม้ได้รับการผสมเกสรเพื่อการสืบพันธุ์ นกกับควาย นกได้แมลงบนหลังควายเป็นอาหาร ส่วนควายไม่ถูกรบกวนจากแมลง

1.2 การอยู่ร่วมกันแบบพึ่งพากัน (Mutualism) (+,+) เป็นความสัมพันธ์ที่สิ่งมีชีวิต 2 ชนิดจำเป็นต้องอาศัยอยู่ร่วมกัน ถ้าแยกจากกันจะไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ เช่น แบคทีเรียไรโซเบียมในปมรากพืชตระกูลถั่ว แบคทีเรียไรโซเบียมจับแก๊สไนโตรเจนในอากาศมาเปลี่ยนเป็นปุ๋ยไนเตรตที่ต้นถั่วนำไปใช้ได้ ส่วนต้นถั่วให้ที่อยู่อาศัยแก่แบคทีเรีย ไลเคนส์เป็นการอยู่ร่วมกันของสาหร่าย และรา ใช้เป็นดัชนีบ่งบอกความอุดมสมบูรณ์ของป่า สาหร่ายสร้างอาหารได้เองจากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงโดยอาศัยความชื้นจากรา ส่วนราได้รับอาหารที่สังเคราะห์ขึ้นจากสาหร่าย

1.3 การอยู่ร่วมกันแบบอิงอาศัย (Commensalism) (+,0) เป็นความสัมพันธ์ที่ฝ่ายหนึ่งได้ประโยชน์ อีกฝ่ายหนึ่งไม่ได้ประโยชน์แต่ก็ไม่เสียประโยชน์ หากแยกกันอยู่ อีกฝ่ายก็ยังสามารถดำรงชีวิตได้ปกติ ตัวอย่างเช่น กล้วยไม้กับต้นไม้ใหญ่ กล้วยไม้ได้อาศัยต้นไม้ใหญ่เป็นที่อยู่ แต่ไม่ได้หยั่งรากลึกลงไปในลำต้นเพื่อแย่งอาหาร จึงทำให้ต้นไม้ใหญ่ไม่ได้ประโยชน์แต่ก็ไม่เสียประโยชน์ ปลาฉลามกับเหาฉลาม เหาฉลามได้กินเศษอาหารที่เหลือของปลาฉลาม โดยไม่ทำอันตรายต่อปลาฉลาม ปลาฉลามจึงไม่ได้ประโยชน์และไม่เสียประโยชน์ด้วย

1.4 การอยู่ร่วมกันแบบปรสิต (Parasitism) (+,-) เป็นความสัมพันธ์ระหว่างตัวปรสิต (Parasite) ซึ่งเป็นฝ่ายได้ประโยชน์กับตัวให้อาศัย (Host) ซึ่งเป็นฝ่ายเสียประโยชน์ ต่างกับการล่าเหยื่อตรงที่ปรสิตมักจะไม่ฆ่าตัวให้อาศัย ในขณะที่ผู้ล่ามักจะฆ่าเหยื่อภายในช่วงเวลาสั้น ๆ หลังจากที่จับเหยื่อได้ ปรสิตแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ ปรสิตภายนอก เช่น เห็บ เหา หรือไร และปรสิตภายใน เช่น พยาธิ ชนิดต่าง ๆ ในทางเดินอาหาร หรือในอวัยวะอื่นๆ ยกตัวอย่างเช่น กาฝากกับต้นไม้ กาฝากจะหยั่งรากลึกลงไปในลำต้นของต้นไม้ที่อาศัย เพื่อแย่งน้ำและแร่ธาตุ แต่สร้างอาหารได้เองจากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ส่วนต้นไม้จะถูกเบียดเบียนจนกระทั่งตายในที่สุด ยุงกับคน ยุงจะใช้ปากเจาะผิวหนังเข้าไปเพื่อดูดเลือด ทำให้คนสูญเสียเลือด และเกิดอาการระคายเคืองที่ผิวหนัง หนอนผีเสื้อกับต้นไม้ หนอนผีเสื้อกินใบไม้เป็นอาหาร ทำให้ต้นไม้ถูกทำลาย

1.5 การอยู่ร่วมกันแบบแก่งแย่ง (Competition) (-,+) ยกตัวอย่างเช่น เพรียง 2 ชนิด ที่แก่งแย่งพื้นที่ก้อนหินในการเกาะ ระหว่างที่มีน้ำขึ้น การแก่งแย่งระหว่างโปรโตซัว 2 ชนิด ที่แย่งชิงปัจจัยจำกัดในแหล่งน้ำ โดยไม่มีการต่อสู้ เป็นต้น

1.6 การอยู่ร่วมกันแบบล่าเหยื่อ (Predation) (+,-) เป็นความสัมพันธ์ระหว่างผู้ล่า (Predator) ที่ได้ประโยชน์กับเหยื่อ (Prey) ของมันซึ่งเป็นฝ่ายเสียประโยชน์ ทั้งคู่จะมีวิวัฒนาการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏราไพพรรณี

ร่วมกัน โดยที่ผู้ล่าจะมีการปรับตัวให้มีประสิทธิภาพในการล่าเหยื่อได้ดี เช่น ผู้ล่ามักมีขนาดใหญ่กว่าเหยื่อ มีความแข็งแรง และมีอวัยวะที่เหมาะสมในการใช้ล่าเหยื่อ

2. ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งไม่มีชีวิต เป็นความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับปัจจัยทางนิเวศวิทยาที่มีผลต่อการดำรงชีพของสิ่งมีชีวิตนั้น ๆ เช่น ค่าปริมาณออกซิเจนละลายที่มีผลต่อการแพร่กระจายของแพลงก์ตอนสัตว์ หรือค่าความเค็ม และอุณหภูมิที่มีผลต่อการแพร่กระจายของปูม้า บริเวณอ่าวคุ้งกระเบน จังหวัดจันทบุรี ซึ่งมีผลต่อการลอกคราบ และการกินอาหารของปูม้าเป็นต้น (ชุตาภา คุณสุข, 2549 : 65)

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบที่มีชีวิตและไม่มีชีวิตในระบบนิเวศนั้นมีความซับซ้อนมาก ตัวอย่างเช่น การศึกษาหอยทาก 3 ชนิด ในทะเลทรายที่ประเทศอิสราเอล พบว่าหอยทากมีผลต่อกระบวนการทางนิเวศวิทยา โดยหอยทั้ง 3 ชนิด จะกินไลเคนส์ที่ขึ้นอยู่ภายใต้ผิวก้อนหิน ซึ่งจะส่งผลเร่งอัตราการผุพังสลายตัวของหิน และอัตราการถ่ายทอดสารประกอบไนโตรเจนอนินทรีย์ ซึ่งไลเคนส์ทำหน้าที่สังเคราะห์ขึ้น ทำให้สสารที่ได้จากการผุพังสลายตัวและสารประกอบไนโตรเจนจากไลเคนส์ลงสู่ดินสูงขึ้น จะเห็นได้ว่าหอยทากทั้ง 3 ชนิด มีบทบาทหน้าที่สำคัญต่อวงจรการหมุนเวียนสารอาหารในระบบนิเวศทะเลทรายนี้อย่างยิ่ง (จิรากรณ์ คชเสนี และนันทนา คชเสนี, 2552 : 125)

วัฏจักรการหมุนเวียนสารในระบบนิเวศ

โดยทั่วไปในสภาวะแวดล้อมจะมีแร่ธาตุและสารต่าง ๆ เป็นองค์ประกอบอยู่แล้วตามธรรมชาติ สิ่งมีชีวิตไม่เพียงแต่ใช้ แร่ธาตุและสารจากธรรมชาติ แต่กิจกรรมการดำรงชีวิตก็มีการปล่อยสารบางอย่างกลับคืนสู่ธรรมชาติด้วย วนเวียนกันเป็นวัฏจักร อย่างไรก็ตามถ้าระบบการหมุนเวียนสารหรือวัฏจักรของสารนี้ถูกรบกวน นั่นคือระบบนิเวศถูกรบกวน ย่อมมีผลต่อระบบนิเวศนั้น รวมทั้งส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศอื่น ๆ อีกด้วย

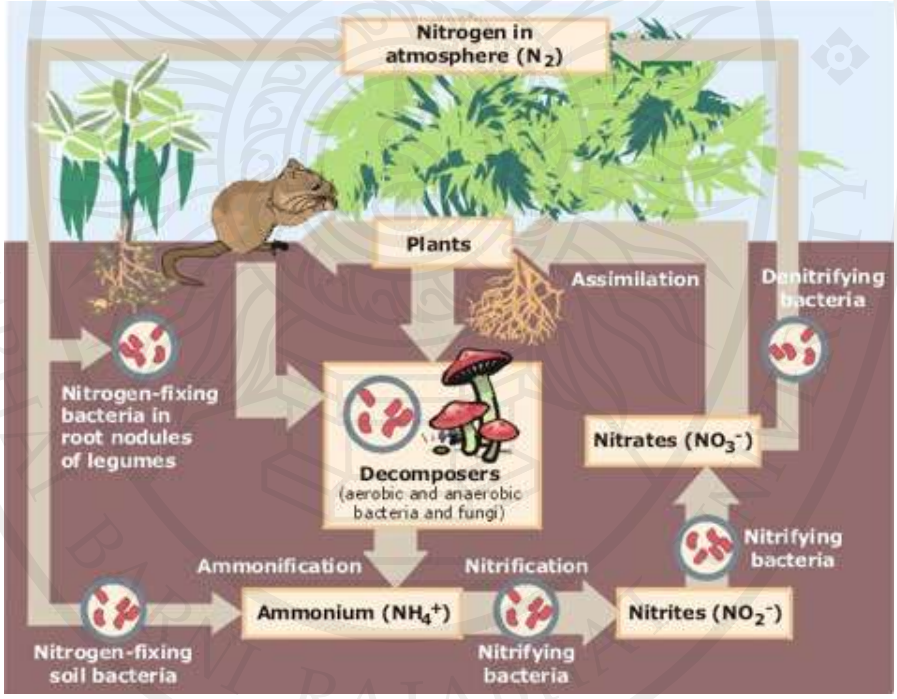
1. วัฏจักรไนโตรเจน

ไนโตรเจนเป็นธาตุสำคัญเพราะเป็นองค์ประกอบของโปรตีนในสิ่งมีชีวิต และพืชยังใช้ไนโตรเจนในรูปของสารประกอบเกลือแอมโมเนียม เกลือไนไตรท์ และเกลือไนเตรต เพื่อนำไปสร้างสารประกอบต่างๆภายในเซลล์ได้อีก แหล่งสะสมที่สำคัญคือ แก๊สไนโตรเจนในบรรยากาศ ซึ่งมีประมาณร้อยละ 78 ของแก๊สทั้งหมดที่มีอยู่ในอากาศ ไนโตรเจนมีการหมุนเวียนเป็นวัฏจักรเรียกว่า วัฏจักรไนโตรเจน (Nitrogen cycle) วัฏจักรไนโตรเจนประกอบด้วยกระบวนการที่สำคัญคือ การเปลี่ยนสารประกอบไนโตรเจนเป็นแอมโมเนีย (Ammonification) และการเปลี่ยนเกลือแอมโมเนียมเป็นไนไตรท์และไนเตรต (Nitrification) และ การเปลี่ยนไนเตรตกลับเป็นแก๊สไนโตรเจนในบรรยากาศ (Denitrification) ดังภาพที่ 14.8 สิ่งมีชีวิตที่ตรึงไนโตรเจนได้มี 2 กลุ่ม คือ จุลินทรีย์ที่ตรึงไนโตรเจนได้อย่างเป็นอิสระ ในดินจะเป็นกิจกรรมของจุลินทรีย์ เช่น อะซีโตแบคเตอร์ (*Azetobactor*), ซูโดโมแนส (*Pseudomonas)*, เคลบซิลลา *(Klebsiella*) และแอกติโนมัยซีส (*Actinomycetes*) บางตัว โดยทั่วไปอัตราการตรึงไนโตรเจนจะต่ำ เว้นแต่เมื่อเข้า

ไปอยู่ในไรโซสเฟียร์และได้รับสารอินทรีย์จากรากพืช อัตราการตรึงไนโตรเจนจะสูงขึ้น ในน้ำจะเป็นกิจกรรมของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน เช่น แอนนาบีนา *(Anabeana)*, นอสตอค *(Nostoc)* เป็นต้น และจุลินทรีย์ที่ตรึงไนโตรเจนเมื่ออยู่ร่วมกับสิ่งมีชีวิตอื่น มีหลายกลุ่ม ได้แก่

การเกิดปมระหว่างแบคทีเรียแฟรงเกีย (*Frankia*) กับพืชใบเลี้ยงคู่ที่ไม่ใช่พืชตระกูลถั่ว ส่วนใหญ่เป็นไม้พุ่มหรือไม้ยืนต้น พบในเขตอบอุ่น แต่ก็มีหลายชนิดพบในเขตร้อนด้วย เช่น สนประดิพัทธิ์และสนทะเล (Casuarina) ที่ปลูกได้ในประเทศไทย นอกจากนี้ยังพบว่าแบคทีเรียแฟรงเกีย *(Frankia)* เป็นสกุลที่มีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับแอกติโนมัยซีส (*Actinomycetes*) แบ่งได้เป็นกลุ่มที่สร้างสปอแรงเจียภายในปม ซึ่งเจริญได้ช้า ตรึงไนโตรเจนได้น้อย คัดแยกให้บริสุทธิ์ได้ยากกับกลุ่มที่ไม่สร้างสปอแรงเจีย ที่เจริญได้เร็วกว่า

สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่อยู่ร่วมกับพืช ที่สำคัญคือ แอนนาบีนา (*Anabeana)* ที่อยู่ร่วมกับแหนแดง และนอสตอค (*Nostoc*) ซึ่งอยู่ร่วมกับปรง และไลเคนส์ อย่างไรก็ตาม สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินมีแหล่งอาศัยที่หลากหลายกว่าระบบการตรึงไนโตรเจนอื่น ๆ และที่น่าสังเกตคือในขณะที่ไรโซเบียม (*Rhizobium*) และแฟรงเกีย (*Frankia*) อยู่ร่วมกับพืชชั้นสูง แต่สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินจะอยู่ร่วมกับพืชที่มีวิวัฒนาการต่ำกว่า เช่น ไลเคน ลิเวอร์เวิร์ต เฟิร์น จิมโนเสปิร์ม เป็นต้น ไรโซเบียมที่อยู่ในปมของพืชตระกูลถั่ว เป็นระบบที่มีประสิทธิภาพมากเมื่อเทียบกับระบบอื่น

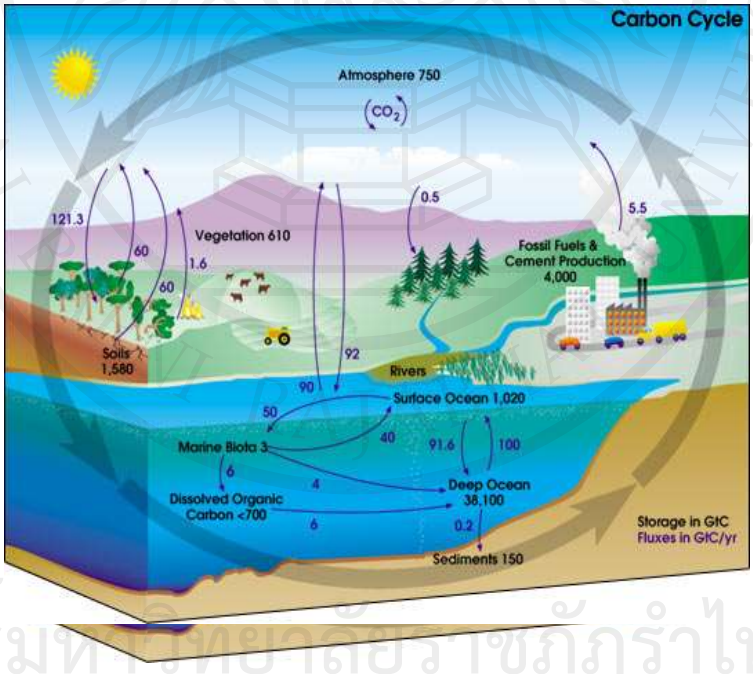


ภาพที่ 14.7 วัฏจักรไนโตรเจน
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553 : 151)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

2. วัฏจักรคาร์บอน

คาร์บอนเป็นองค์ประกอบสำคัญอย่างหนึ่งของสารที่พบในสิ่งมีชีวิตทุกชนิด คาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศถูกพืชนำมาเปลี่ยนแปลงเป็นสารอินทรีย์ที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบในพืชโดยกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง สัตว์ได้รับสารที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบโดยการกินอาหาร สำหรับกลุ่มผู้ย่อยสลายอินทรีย์สาร ก็ได้รับสารคาร์บอนจากกระบวนการย่อยสลาย สิ่งมีชีวิตทุกชนิดปล่อยคาร์บอนกลับคืนสู่บรรยากาศ โดยการหายใจออกในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งพืชก็นำมาใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงอีกในระบบนิเวศจึงมีการหมุนเวียนคาร์บอนตลอดเวลา ธาตุคาร์บอนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของอินทรีย์และอนินทรีย์ เช่นคาร์โบไฮเดรต ไขมัน และมีแทรกใน หิน แร่ ดิน น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ มีธาตุคาร์บอนเป็นส่วนประกอบทั้งสิ้น แหล่งของคาร์บอนมี 4 แหล่ง คือ 1) ในรูปแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศและละลายน้ำในรูปคาร์บอเนตเมื่อมี สภาพเป็นกรด จะทำให้คาร์บอเนตละลาย ปลดปล่อยคาร์บอนออกมา ให้ผู้ผลิตใช้ในการสังเคราะห์ด้วยแสงได้ และจากการหายใจออกของสิ่งมีชีวิตทุกชีวิต รวมทั้งการย่อยสลาย ของอินทรีย์วัตถุต่าง ๆ ด้วย 2) หินปูน สะสมในหินและปะการัง 3) เป็นถ่านหิน น้ำมัน ปิโตรเลียม และแก๊สธรรมชาติที่เกิดจากสิ่งมีชีวิต 4) ซากพืชซากสัตว์ วัฏจักรของธาตุคาร์บอนเริ่มด้วยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศละลายในน้ำฝนทำให้มีสภาพเป็นกรดคาร์บอนิก ซึ่งเป็นกรดอ่อน เมื่อไหล ผ่านซากอินทรีย์ ดิน ตลอดจนชั้นหินต่าง ๆ ทำให้เกิดการสลายของหินปูนและ เปลี่ยนแปลงทางเคมี กลายเป็นแคลเซียมไบคาร์บอเนต สะสมอยู่ในแหล่งน้ำ พืชสามารถใช้ได้ทันที ส่วนพืชบกจะได้รับคาร์บอน ในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์ ในการสังเคราะห์ด้วยแสง ในการหายใจออกของพืช สัตว์ และกระบวนการอินทรีย์ จะได้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์อิสระ ที่พืชใช้ในการสังเคราะห์ด้วยแสงได้ย่อย สลายของจุลินทรีย์ จากการเผาไหม้ของซากอินทรีย์ และเชื้อเพลิงที่เป็นซากสลายของจุลินทรีย์ จากการเผาไหม้ของซากอินทรีย์ และเชื้อเพลิงที่เป็นซาก ดังภาพที่ 14.8



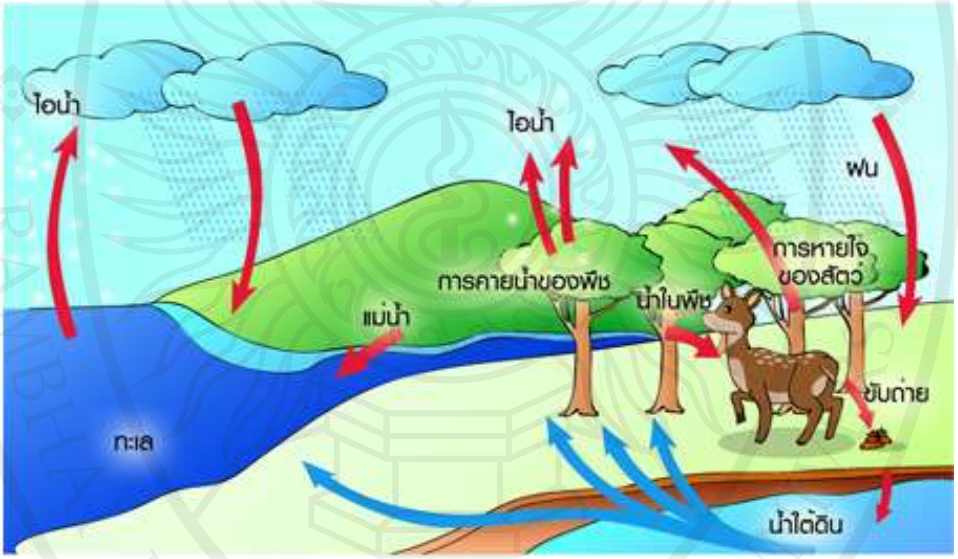
ภาพที่ 14.8 วัฏจักรคาร์บอน

ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553 : 151)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

3. วัฏจักรน้ำ

การหมุนเวียนน้ำในระบบนิเวศ พื้นผิวโลกของเรามีส่วนที่เป็นแหล่งน้ำเป็นองค์ประกอบถึง 3 ส่วน ร่างกายของสิ่งมีชีวิตก็มีน้ำเป็นองค์ประกอบใหญ่ น้ำเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับสิ่งมีชีวิตอย่างยิ่งในระบบนิเวศ เป็นตัวกลางของกระบวนการต่าง ๆ ในสิ่งมีชีวิต นอกจากนี้ยังเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิตหลากหลายชนิด น้ำเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่หมุนเวียนอยู่ในระบบนิเวศดังแผนภาพ ถ้าพิจารณาจากแผนภาพ จะเห็นว่าน้ำหมุนเวียนอยู่ในระบบนิเวศได้โดยที่น้ำจากแหล่งน้ำต่าง ๆ บนพื้นผิวโลกมีการระเหยกลายเป็นไอน้ำลอยตัวขึ้นสู่บรรยากาศ แล้วรวมตัวเป็นเมฆและควบแน่นเป็นน้ำฝนตกสู่พื้นผิวโลกอีกครั้ง สิ่งมีชีวิตทุกชนิดต้องการใช้น้ำในกระบวนการต่าง ๆ เพื่อการดำรงชีวิต พืชต้องการน้ำในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงและการเจริญเติบโต สัตว์ต้องการน้ำไปใช้ในกระบวนการต่าง ๆ ในเซลล์ ส่วนมนุษย์ใช้น้ำทั้งในการอุปโภคบริโภค น้ำจากกิจกรรมต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิตจะกลับสู่ธรรมชาติอีกเช่นกัน ได้แก่ กระบวนการหายใจ การขับถ่าย กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง การคายน้ำ กระบวนการเหล่านี้มีการปล่อยไอน้ำออกสู่บรรยากาศ แล้วรวมตัวควบแน่นเป็นฝนไหลลงสู่แหล่งน้ำ การใช้น้ำในกิจกรรมต่าง ๆ ของคน ก็มีการปล่อยน้ำกลับคืนสู่ธรรมชาติ น้ำจึงหมุนเวียนอยู่ในระบบนิเวศทำให้คน สัตว์ และพืชได้ใช้ในการดำรงชีพ



ภาพที่ 14.9 วัฏจักรของน้ำ
ที่มา: (คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553 : 150)

4. วัฏจักรฟอสฟอรัส

ฟอสฟอรัส เป็นธาตุที่จำเป็นต่อการดำรงชีพของสิ่งมีชีวิต เพราะเป็นองค์ประกอบของดีเอ็นเอ (DNA), อาร์เอ็นเอ (RNA) และเอทีพี (ATP) รวมทั้งในการเจริญเติบโตของพืช การหมุนเวียนของฟอสฟอรัสต่างจากธาตุอื่นที่ไม่มีการหมุนเวียนผ่านรูปที่เป็นก๊าซ ฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่มีอยู่ในธรรมชาติน้อยมาก และเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยา เช่น แผ่นดินไหว ภูเขาไฟระเบิด ด้วยเหตุนี้ฟอสฟอรัสจึงถูกใช้หมุนเวียนอยู่ระหว่างสิ่งมีชีวิตและไม่มีชีวิตในปริมาณที่จำกัด ดังนั้นฟอสฟอรัส จึงเป็นปัจจัยที่จำกัดจำนวนสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศหลายชนิด การหมุนเวียนระหว่าง

สิ่งมีชีวิต ฟอสฟอรัสส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของหินฟอสเฟตหรือแร่ฟอสเฟต เมื่อถูกกัดกร่อนโดยน้ำ การชะล้างโดยฝน และกระแสลมปะปนอยู่ในดิน จะกลายเป็นรูปที่ละลายน้ำได้ ซึ่งพืชสามารถนำไปใช้ และ จะถูกถ่ายทอดไปในระบบนิเวศตามห่วงโซ่อาหาร เมื่อพืชตายลงก็จะถูกย่อยสลายโดยแบคทีเรียกลุ่มฟอสฟาไทซิง (Phosphatizing Bacteria) ให้อยู่ในรูปที่ละลายน้ำได้ ส่วนนี้นอกจากพืชนำไปใช้โดยตรงแล้ว ยังถูกกระบวนการชะล้างพัดพาลงสู่ทะเล สำหรับการหมุนเวียนในมหาสมุทรฟอสฟอรัสที่ไม่ถูกดูดซับจะไหลไปรวมกันในมหาสมุทร ลงไปปะปนอยู่ในดินตะกอนทั้งทะเลลึกและตื้น และถูกสิ่งมีชีวิตเล็ก ๆ ในทะเลนำมาใช้ถ่ายทอดไปตามห่วงโซ่อาหาร จนถึงปลาขนาดใหญ่และนกทะเล เมื่อสัตว์พวกนี้ตายลงเกิดการสะสมเป็นแหล่งสะสมชนิดกัวโน (Guano) ซึ่งเกิดจากการสะสมตัวของมูลนกและกระดูกนกเช่นเดียวมูลค้างคาว ธาตุไนโตรเจนที่เกิดร่วมอยู่ด้วยในมูลสัตว์เหล่านี้ละลายน้ำได้ดีมากจึงถูกพัดพาไปหมด คงเหลือไว้แต่ธาตุฟอสฟอรัสที่สลายตัวยาก นำมาใช้ไม่ได้ จนกระทั่งดินตะกอนกลายเป็นดินบนพื้นโลก จากนั้นจะเริ่มวัฏจักรใหม่ใหม่อีกครั้ง ปัญหาของฟอสฟอรัสปัจจุบัน คือ ฟอสฟอรัสถือเป็นธาตุอาหารจำกัดบนพื้นดิน เพราะจะได้ฟอสฟอรัสจากการชะล้างเท่านั้น ในการเกษตรกรรมจะใช้ปุ๋ยฟอสเฟตในรูปของสารประกอบอนินทรีย์ แต่ถ้าปุ๋ยเหล่านี้ถูกชะล้างลงสู่แหล่งน้ำมาก จะเกิดการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วของพืชน้ำ เกิดปรากฏการณ์ที่เรียกว่า ยูโทรฟิเคชั่น (Eutrophication) ตามมา

การเปลี่ยนแปลงระบบนิเวศในปัจจุบัน เป็นผลมาจากการพัฒนาสังคมของมนุษย์ ไม่ว่าจะเป็นการพัฒนาการท่องเที่ยวตามชายฝั่งทะเล การขนส่ง อาหารทะเล โรงแรม รีสอร์ท ซึ่งได้ก่อให้เกิดการบุกรุกแหล่งที่อยู่อาศัยตามธรรมชาติต่าง ๆ มากมาย เช่น ระบบนิเวศปะการัง ระบบนิเวศป่าชายเลน ระบบนิเวศหญ้าทะเล เป็นต้น ตลอดจนอุณหภูมิของโลกที่มีการเพิ่มขึ้น (Global warming) จากกิจกรรมซึ่งล้วนแต่เกี่ยวข้องกับมนุษย์ทั้งสิ้น มนุษย์ในขณะนี้ไม่ได้ต้องการเพียงแค่พื้นที่เพื่ออยู่อาศัยเท่านั้น แต่ด้วยความต้องการของมนุษย์ที่ไม่สิ้นสุด จึงได้ก่อให้เกิดการทำลายล้างแหล่งที่อยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ไปทั้งโดยความตั้งใจ และไม่ตั้งใจ การแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมในปัจจุบัน จึงไม่ใช่เพียงแค่การทำการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมเพื่อให้ผ่านเท่านั้น แต่ต้องคำนึงถึงผลกระทบสิ่งแวดล้อมในระยะยาว เพื่อไม่ให้การแก้ไขปัญหาเป็นไปในลักษณะการแก้ปัญหาที่ปลายเหตุอยู่ตลอดเวลา เพราะระบบนิเวศ และสรรพสิ่งที่อยู่ภายในระบบนิเวศนั้นล้วนเกี่ยวพันซึ่งกันและกัน เปรียบประดุจคำกล่าวที่ว่า เด็ดดอกไม้ดอกเดียวสะเทือนถึงดวงดาว และเป็นหน้าที่ของทุกคนที่จะต้องช่วยกันในการดูแลและรักษาสิ่งแวดล้อมในระบบนิเวศนั้น ๆ

สรุป

นิเวศวิทยา คือ การศึกษาทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อมของสิ่งมีชีวิตเหล่านั้น การศึกษาที่ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เหมือนกับวิทยาศาสตร์แขนงอื่น ๆ สิ่งแวดล้อมนั้นหมายถึงปัจจัยที่จัดเป็นสิ่งแวดล้อมทั้งที่มีชีวิต (Biotic factor) เช่น จุลินทรีย์ พืช และสัตว์ และองค์ประกอบที่ไม่มีชีวิต (Abiotic factor) เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ปริมาณออกซิเจนละลาย ค่าความเป็นกรดด่าง เป็นต้น การศึกษานิเวศวิทยาแบ่งออกได้เป็น 4 ระดับ ตามการจัดระเบียบทางชีววิทยา คือ นิเวศวิทยาเชิงสรีรวิทยา ประชากร สังคมสิ่งมีชีวิต และระบบนิเวศ ส่วนประชากร คือ กลุ่มของสิ่งมีชีวิตที่เป็นชนิดเดียวกัน อาศัยอยู่ในบริเวณเดียวกัน ในช่วงเวลา

หนึ่ง ซึ่งในแต่ละบริเวณจะมีจำนวนประชากรที่แตกต่างกัน การกระจายตัวของสมาชิกในประชากรบริเวณใดบริเวณหนึ่ง แบ่งออกเป็น 3 แบบ ได้แก่ การกระจายแบบกลุ่ม การกระจายแบบสุ่ม และการกระจายแบบสม่ำเสมอ ส่วนลักษณะเฉพาะต่าง ๆ ของประชากรที่เป็นตัวกำหนดการเพิ่มหรือลดขนาดของประชากรในอนาคต ที่จัดเป็นส่วนหนึ่งของโครงสร้างประชากร ได้แก่ อัตราส่วนระหว่างเพศ อัตราการเกิดและการตายของประชากรเป็นลักษณะเฉพาะของประชากรสัตว์ เมื่อมาอยู่รวมกันเป็นประชากร เป็นต้น รูปแบบของการเจริญเติบโตมี 2 แบบ ได้แก่ 1) แบบเอ็กซ์โพเนนเชียล (Exponential population growth) เป็นการเจริญเติบโตในอุดมคติ คือ เมื่อเวลาผ่านไป สิ่งมีชีวิตจะมีการเพิ่มขึ้นของขนาดและน้ำหนักอย่างไม่มีที่สิ้นสุด แบบที่ 2) แบบโลจิสติค (Logistic population growth) เป็นการเจริญเติบโตที่ในระยะแรกจะมีการเพิ่มของขนาดและน้ำหนัก และเมื่อเวลาผ่านไปการเจริญเติบโตนั้นจะลดลง จนเข้าสู่ช่วงคงที่ ขนาดของประชากรสิ่งมีชีวิตนั้นอาจถูกควบคุมได้จากทั้งปัจจัยที่ขึ้นกับความหนาแน่น หรือปัจจัยที่ไม่ขึ้นกับความหนาแน่น เป็นการยากที่จะบอกว่าปัจจัยใดเป็นตัวควบคุมขนาดของประชากร ส่วนใหญ่เราพบว่าสัตว์ในธรรมชาติจะถูกควบคุมด้วยปัจจัยที่สำคัญ 2-3 ปัจจัย ซึ่งอาจจะเป็นได้ทั้งปัจจัยที่ขึ้นกับความหนาแน่น หรือปัจจัยที่ไม่ขึ้นกับความหนาแน่น สำหรับสังคมสิ่งมีชีวิต หมายถึง ประชากรของสิ่งมีชีวิตหลายชนิดที่อยู่ร่วมกันในบริเวณใดบริเวณหนึ่ง และเมื่ออยู่ตามธรรมชาติประชากรสัตว์แต่ละชนิดก็มีแนวโน้มที่จะมีความสัมพันธ์ ซึ่งกันและกัน เช่น สังคมสัตว์ต้องประกอบไปด้วยประชากรสัตว์หลายชนิด ซึ่งแตกต่างจากประชากรของสัตว์ชนิดเดียวกัน เมื่อสัตว์หลายชนิดมาอยู่ร่วมกันเป็นสังคมก็จะเกิดลักษณะเฉพาะของประชากร สิ่งมีชีวิตที่มาอยู่อาศัยร่วมกันในบริเวณใดบริเวณหนึ่งนั้นมีการถ่ายทอดพลังงานผ่านกันโดยการกินกันเป็นทอด ๆ ที่เรียกว่า ห่วงโซ่อาหาร ซึ่งเมื่อหลาย ๆ ห่วงโซ่อาหารมาซ้อนทับกันในระบบนิเวศนั้น ก็จะเกิดกันเป็นสายใยอาหาร (Food web) ความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศนั้น มี 2 แบบ คือ 1) ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งมีชีวิต คือ การอยู่ร่วมกันของสิ่งมีชีวิตตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปในแหล่งที่อยู่เดียวกัน มีความสัมพันธ์ของการอยู่ร่วมกันหลายรูปแบบ เช่น การอยู่ร่วมกันแบบได้ประโยชน์ร่วมกัน (Protocooperation) (+,+) เป็นความสัมพันธ์ที่สิ่งมีชีวิต 2 ชนิดที่อยู่ร่วมกัน แต่ไม่จำเป็นต้องอยู่ร่วมกันตลอด ถ้าแยกจากกันก็สามารถดำรงชีพอยู่ได้ เช่น ดอกไม้กับแมลง เป็นต้น การอยู่ร่วมกันแบบพึ่งพากัน (Mutualism) (+,+) เป็นความสัมพันธ์ที่สิ่งมีชีวิต 2 ชนิดจำเป็นต้องอาศัยอยู่ร่วมกัน ถ้าแยกจากกันจะไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ เช่น แบคทีเรียไรโซเบียมในปมรากพืชตระกูลถั่ว เป็นต้น การอยู่ร่วมกันแบบอิงอาศัย (Commensalism) (+,0) เป็นความสัมพันธ์ที่ฝ่ายหนึ่งได้ประโยชน์ อีกฝ่ายหนึ่งไม่ได้ประโยชน์แต่ก็ไม่เสียประโยชน์ หากแยกกันอยู่ อีกฝ่ายก็ยังสามารถดำรงชีวิตได้ปกติ ตัวอย่างเช่น กล้วยไม้กับต้นไม้ใหญ่ กล้วยไม้ได้อาศัยต้นไม้ใหญ่เป็นที่อยู่ แต่ไม่ได้หยั่งรากลึกลงไปในลำต้นเพื่อแย่งอาหาร จึงทำให้ต้นไม้ใหญ่ไม่ได้ประโยชน์แต่ก็ไม่เสียประโยชน์ ปลาฉลามกับเหาฉลาม เหาฉลามได้กินเศษอาหารที่เหลือของปลาฉลาม โดยไม่ทำอันตรายต่อปลาฉลาม ปลาฉลามจึงไม่ได้ประโยชน์และไม่เสียประโยชน์ด้วย และ 2) ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งไม่มีชีวิต เป็นความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับปัจจัยทางนิเวศวิทยาที่มีผลต่อการดำรงชีพของสิ่งมีชีวิตนั้น ๆ เช่น ค่าปริมาณออกซิเจนละลายที่มีผลต่อการแพร่กระจายของแพลงก์ตอนสัตว์ หรือค่าความเค็ม และอุณหภูมิที่มีผลต่อการแพร่กระจายของปูม้า บริเวณอ่าวคุ้งกระเบน จังหวัดจันทบุรี ซึ่งมีผลต่อการลอกคราบ และการกินอาหารของปูม้า เป็นต้น สำหรับวัฏจักรการหมุนเวียนสารในระบบนิเวศที่สำคัญ ได้แก่ วัฏจักรไนโตรเจน วัฏจักรคาร์บอน วัฏจักรน้ำ และวัฏจักรฟอสฟอรัส ซึ่งเป็นการหมุนเวียนสารต่าง ๆ

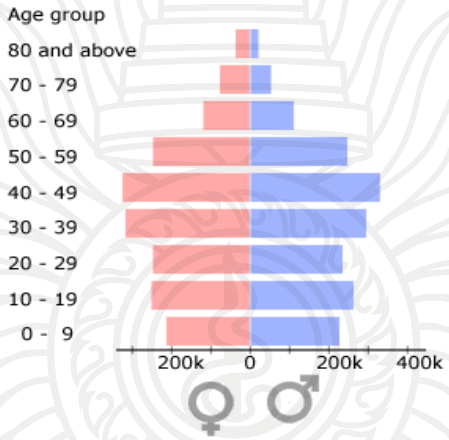
จากธรรมชาติกลับมาใช้หมุนเวียนสลับกันไป ในสิ่งมีชีวิตชนิดต่าง โดยในปัจจุบันวัฏจักรหลายวัฏจักรในระบบนิเวศได้รับผลกระทบจากสภาวะแวดล้อมที่มีการเปลี่ยนแปลงไปจากกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์มากมาย เช่น การพัฒนาชายฝั่งเพื่อการท่องเที่ยว เป็นต้น ดังนั้นมนุษย์ในฐานะผู้ใช้ทรัพยากรธรรมชาติมากที่สุด จึงควรผลักดันนโยบายและแผน เพื่อหาแนวทางในการจัดการทรัพยากรให้มีใช้อย่างยั่งยืน ตลอดจนการบูรณาการความร่วมมือจากทุกภาคส่วน ให้ตระหนัก และเห็นถึงความสำคัญของระบบนิเวศและทรัพยากรธรรมชาติ ซึ่งไม่ใช่เรื่องไกลตัวอีกต่อไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

แบบฝึกหัดบทที่ 14

จงตอบคำถามดังต่อไปนี้

1. โครงสร้างของประชากรประกอบด้วยลักษณะใดบ้าง บอกมา 3 ลักษณะ
2. ความสัมพันธ์ระหว่างกาฝากกับต้นไม้ เป็นความสัมพันธ์แบบใด
3. ความสัมพันธ์ระหว่างผู้ล่ากับเหยื่อ และปรสิตกับเจ้าบ้านมีความแตกต่างกันอย่างไร
4. จงยกตัวอย่างและอธิบายปัจจัยจำกัดการแพร่กระจายของสิ่งมีชีวิตมา 3 ปัจจัย
5. การกระจายของประชากรมีกี่ลักษณะ ได้แก่ลักษณะใดบ้าง
6. จากกราฟของการอยู่รอดของสิ่งมีชีวิต สิ่งมีชีวิตกลุ่มใดที่มีอัตราการเกิดค่อนข้างสูง แต่มีอัตราการอยู่รอดต่ำ บอกมา 2 ชนิด
7. จงอธิบายปิรามิดอายุดังกล่าว ว่าประกอบไปด้วยสัดส่วนของสมาชิกที่มีช่วงวัยต่างๆ อย่างไร



8. สิ่งมีชีวิตกลุ่มใดจัดเป็นผู้ย่อยสลายในธรรมชาติ บอกมา 2 กลุ่ม
9. จงยกตัวอย่างและอธิบายสิ่งมีชีวิตที่มีการอยู่อาศัยอยู่ร่วมกันแบบอิงอาศัยมา 2 กรณี
10. จงอธิบายการหมุนเวียนสารในวัฏจักรไนโตรเจน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

เอกสารอ้างอิง

คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (2553). **ชีววิทยา สัตววิทยา 1**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จิรากรณ์ คชเสนี และนันทนา คชเสนี. (2552). **หลักนิเวศวิทยา.** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชุตาภา คุณสุข. (2549). **พลวัตประชากรปูม้า *Portunus pelagicus* (Linnaeus, 1758) บริเวณอ่าวคุ้งกระเบน จังหวัดจันทบุรี.** ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาสัตววิทยา, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ปรีชา สุวรรณพินิจ และนงลักษณ์ สุวรรณพินิจ. (2553). **ชีววิทยา 2**. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

บรรณานุกรม

คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (2553). **ชีววิทยา และสัตววิทยา 1.** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

_____. (2553). **ชีววิทยา และสัตววิทยา 2**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

_____. (2553). **ชีววิทยา และสัตววิทยา 3**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี. (2556). **ปฏิบัติการชีววิทยา 1**. จันทบุรี : ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี.

จิรากรณ์ คชเสนี และนันทนา คชเสนี. 2552. **หลักนิเวศวิทยา.** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชุตาภา คุณสุข. 2549. **พลวัตรประชากรปูม้า *Portunus pelagicus* (Linnaeus, 1758) บริเวณอ่าวคุ้งกระเบน จังหวัดจันทบุรี.** ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาสัตววิทยา, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เจษฎา เด่นดวงบริพันธ์. (2555). **วิวัฒนาการ**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชัยดำรงค์ สิงห์แหลม และสรารัตน์ สมยา**.** (2554). **ความหลากหลายของปูน้ำเค็ม บริเวณอ่าวคุ้งกระเบน จังหวัดจันทบุรี**. ปริญญาครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี.

ชัยดำรง สิงห์แหลม, สรารัตน์ สมยา และชุตาภา คุณสุข. (2556). **ความหลากหลายของปูน้ำเค็ม บริเวณอ่าวคุ้งกระเบน จังหวัดจันทบุรี**. เอกสารงานประชุมวิชาการและนิทรรศการโครงการอพสธ. ครั้งที่ 6 ทรัพยากรไทย : นำสิ่งดีงามสู่ตาโลก. กาญจนบุรี : โครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืช อันเนื่องมาจากพระราชดำริฯ.

ชุตาภา คุณสุข, ประสาน แสงไพบูลย์, เสาวภา สุราวุธ และฤทัยณัฏฐ์ แสงเป่า. 2554. **ความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืช บริเวณพื้นที่ป่า ในมหาวิทยาลัยราชภัฏราไพพรรณี จังหวัดจันทบุรี.** เอกสารงานประชุมวิชาการและนิทรรศการโครงการอพสธ. ครั้งที่ 5 ทรัพยากรไทย : ก้าวสู่โลกกว้างอย่างมั่นใจ. นครราชสีมา : โครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืช อันเนื่องมาจากพระราชดำริฯ.

ชุมพล คุณวาสี. (2555). **เอกสารประกอบการสอนวิชา 230107.** กรุงเทพฯ : ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เชาวน์ ชิโนรักษ์ และพรรณี ชิโนรักษ์. (2552)**. ชีววิทยา เล่ม 1**. กรุงเทพฯ : โสภณการพิมพ์.

นุกูล อินทรสังขา. 2553. **วิทยาเชื้อรา.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ.

บพิธ จารุพันธุ์ และนันทพร จารุพันธุ์. 2549. **โพรโทซัวในแหล่งน้ำจืด**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

บัญญัติ สุขศรีงาม. 2532. **จุลชีววิทยา**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.

ประดิษฐ์ พงศ์ทองคำ. (2554). **พันธุศาสตร์.** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏราไพพรรณี

ปรีชา สุวรรณพินิจ. (2543). **ชีววิทยา 1**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ปรีชา สุวรรณพินิจ และนงลักษณ์ สุวรรณพินิจ. (2551). **ชีววิทยา 1**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

_____. (2553). **ชีววิทยา 2.** พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

_____. (2557). **จุลชีววิทยาทั่วไป.** พิมพ์ครั้งที่ 10. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พจน์ ศรีบุญลือ, พัชรี บัญศิริ, ชฎามาศ พินิจสุนทร และเปรมใจ อารีจิตรานุสรณ์. (2555). **ตำราชีวเคมี**. ขอนแก่น : ภาควิชาชีวเคมี คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

มนตรี จุฬาวัฒนทล และประหยัด โกมารทัต. (2542). **ตำราชีวเคมี.** พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : ภาควิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล : จิรรัชการพิมพ์.

มหัศจรรย์เมืองไทย ฝูงแมงกะพรุน. (2012). (ออนไลน์). แหล่งที่มา : http://travel.kapook.com/view49444.html. 22 ตุลาคม 2555.

มาลินี ฉัตรมงคลกุล และชิดชัย จันทร์ตั้งสี. (2548). **แพลงก์ตอน**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ยุวดี พีรพรพิศาล. (2549). **สาหร่ายวิทยา**. พิมพ์ครั้งที่ 2. เชียงใหม่ : ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

_____. (2558). **สาหร่ายน้ำจืดในประเทศไทย.** พิมพ์ครั้งที่ 3. เชียงใหม่ : ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สิริภัทร์ พราหมณีย์. (2551). **หลักชีววิทยา.** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศุภศิษฏ์ อรุณรุ่งสวัสดิ์. (2552). **ชีวเคมีพื้นฐาน.** กรุงเทพฯ : บริษัทสำนักพิมพ์ท้อป จำกัด.

Bhattacharyya, B. and Johri, B.M. (1998). **Flowering Plants - Taxonomy and Phylogeny**. 2nd ed. NewYork : Springer Verlag Company.

Bailey, L.H. (1969). **Manual of Cultivated Plants**. 2nd ed. NewYork : Macmillan Press.

Cambell, N.A. (1977). **Biology.** 4th ed. California : The Benjamin/Cummings Publishing Company, INC.

Cambell, N.A., Jane, B.R., Lisa, A.U., Michael L. Ca in, Peter, V.M., Steven, A.W. and Robert, B.J. (2015)**. Biology**. 8th ed. California : The Benjamin/ Cummings Publishing Company, INC.

Clinical and transitional science institute. (2014). **CTSI seminar series: when erythrocyte biology and mechanics collide**. (Online). Available : http://urctsi.wordpress.com 2 July 2014.

Ehrlic, P. (2012). **History of Microbiology**. (Online). Available : https://historymicrobio.wordpress.com. 2 July 2014.

International Union for Conservation of Nature (IUCN). (n.d.) **Conservation and rehabilitation of coastal ecosystems.** (Online)**.** Available : https://www.giz.de/en/worldwide/18210.html. 15 October 2014.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี

Kramer, J. Kielhofner, G., Lee, S. W., Ashpole, E., & Castle, L. (2009, January). Utility of the Model of Human Occupation Screening Tool for detecting client change. **Occupational Therapy in Mental Health**, 25, 181-191.

Lilly, L. (2011). Cellular level. **Study Blue Inc.** (Online)**.** Available : https://www.studyblue.com. 12 October 2011.

Mader, S.S. (2012). **Essensial of Biology 1**. 2nd ed. New York : Mc-Graw Hill.

Ruppert, E.E., Fox, R.S. and Barnes, R.D. (2004). **Invertebrate zoology**. 7th ed. California : Brook/Cole, Cengage Learning.

Vander A.J, Sherman, J.H. and Luciano, D.S. (1998). **Human Physiology**. New York : McGraw Hill Company.

Ward, K. (2014). Polar bear. **Museum Victoria.** (Online)**.** Available : http://museumvictoria.com.au. 20 November 2014.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี