สารบัญ

บทที่ 1 กรดนิวคลีอิก (Nucleic acid) 6

- โครงสร้างของกรดนิวคลีอิก
- กรดดีออกซีไรโบนิวคลีอิกหรือดีเอ็นเอ (Deoxyribonucleic acid หรือ DNA)
- กรดไรโบนิวคลีอิกหรืออาร์เอ็นเอ (Ribonucleic acid หรือ RNA)

บทที่ 2 การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม (Genetic characteristics) 15

- ลักษณะทางพันธุกรรม (Genetic characteristics)
- การค้นพบสารพันธุกรรม
- กฎการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของเมนเดล
- วิธีการหาเซลล์สืบพันธุ์และสูตรที่ใช้คำนวณ
- ลักษณะทางพันธุกรรมที่ไม่เป็นไปตามกฎของเมนเดล

บทที่ 3 การจำลองตัวของดีเอ็นเอ (DNA replication) 31

- รูปแบบการจำลองตัวเองของดีเอ็นเอ
- ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการจำลองตัวเองของดีเอ็นเอ
- ขั้นตอนของการจำลองตัวเองของดีเอ็นเอ

บทที่ 4 กระบวนการถอดรหัสและการแปลรหัส (Transcription and translation) 38

- กระบวนการถอดรหัส (transcription)
- กระบวนการแปลรหัส (translation)

บทที่ 5 การกลายพันธุ์ (Mutation) 50

- การกลายพันธุ์ในระดับยีน (gene mutation)
- การกลายพันธุ์ในระดับโครโมโซม (chromosome mutation)
- สาเหตุการเกิดการกลายพันธุ์
- โรคที่เกิดจากความผิดปกติของโครโมโซม

บทที่ 6 เทคโนโลยีดีเอ็นเอ (DNA technology) 61
- การโคลนยีน (gene cloning)
- ปฏิกิริยาลูกโซ่โพลิเมอเรสหรือพีซีอาร์ (polymerase chain reaction, PCR)
- เจลอิเล็กโทรโฟรีซิส (gel electrophoresis)
- การหาลำดับเบสดีเอ็นเอ (DNA sequencing)
- เทคนิคอาร์เอฟแอลพี (restriction fragment length polymorphism, RFLP)

บทที่ 7 วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต (Evolution) 73
- ทฤษฎีวิวัฒนาการ
- หลักฐานทางวิวัฒนาการ
- พันธุศาสตร์ประชากร (Population genetics)
- วิวัฒนาการระดับจุลภาค (Microevolution)
- วิวัฒนาการระดับมหภาค (Macroevolution)

แนวข้อสอบและเฉลยแนวข้อสอบอย่างละเอียด 88
ชุดที่ 1

แนวข้อสอบและเฉลยแนวข้อสอบอย่างละเอียด 111
ชุดที่ 2

แนวข้อสอบและเฉลยแนวข้อสอบอย่างละเอียด 134
ชุดที่ 3

แนวข้อสอบและเฉลยแนวข้อสอบอย่างละเอียด 159
ชุดที่ 4

Chapter1-7_p.indd 5 6/5/2561 BE 1:54 PM

บทที่

1

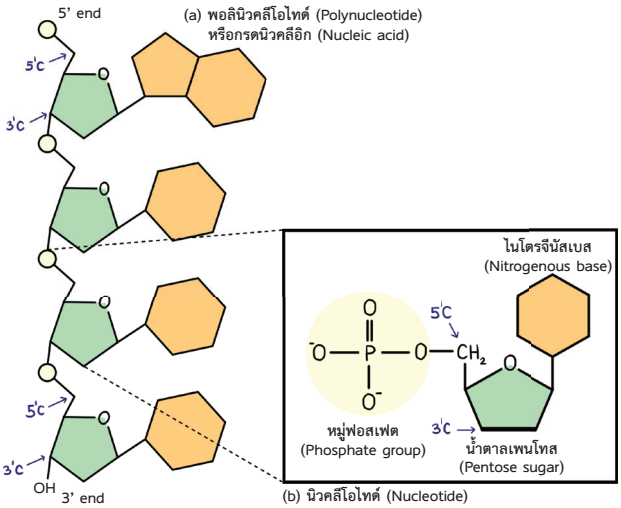
กรดนิวคลีอิก

กรดนิวคลีอิก (Nucleic acid) เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่พบในสิ่งมีชีวิตทุกชนิด ทำหน้าที่เก็บและถ่ายทอดข้อมูลทางพันธุกรรมไปยังรุ่นต่อไป ทำให้สิ่งมีชีวิตสามารถดำรงเผ่าพันธุ์อยู่ได้ นอกจากนี้ยังควบคุมกระบวนการต่างๆ ที่เกิดขึ้นภายในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต

กรดนิวคลีอิกแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ **กรดดีออกซีไรโบนิวคลีอิก หรือดีเอ็นเอ (Deoxyribonucleic acid หรือ DNA)** และ**กรดไรโบนิวคลีอิก หรืออาร์เอ็นเอ (Ribonucleic acid หรือ RNA)**

โครงสร้างของกรดนิวคลีอิก

กรดนิวคลีอิก เป็นสารโมเลกุลขนาดใหญ่ที่ประกอบด้วยหน่วยย่อย คือ **นิวคลีโอไทด์ (Nucleotide)** มาต่อกันเป็นสายยาว เรียกว่า **พอลินิวคลีโอไทด์ (Polynucleotide)** ดังภาพที่ 1



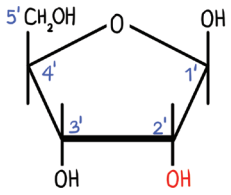
ภาพที่ 1 แสดงโครงสร้างของกรดนิวคลีอิก

นิวคลีโอไทด์แต่ละโมเลกุลประกอบด้วยส่วนที่สำคัญ 3 ส่วน ได้แก่

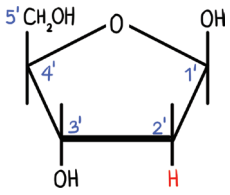
1. น้ำตาลเพนโทส (Pentose sugar)

เป็นน้ำตาลที่มีคาร์บอน 5 อะตอม มี 2 ชนิด คือ **น้ำตาลไรโบส (Ribose) และน้ำตาลดีออกซีไรโบส (Deoxyribose sugar)** ที่เป็นองค์ประกอบของอาร์เอ็นเอและดีเอ็นเอ ตามลำดับ น้ำตาลทั้งสองชนิดแตกต่างกันที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 2 ของน้ำตาลไรโบสจะเป็นหมู่ไฮดรอกซิล (Hydroxyl group, -OH) ส่วนน้ำตาลดีออกซีไรโบสเป็นอะตอมของไฮโดรเจน ดังภาพที่ 2

Chapter1-7_p.indd 7 5/31/2561 BE 2:54 PM



น้ำตาลไรโบส (Ribose)



น้ำตาลดีออกซีไรโบส (Deoxyribose)

ภาพที่ 2 แสดงโครงสร้างน้ำตาลไรโบสและน้ำตาลดีออกซีไรโบส

2. เบสที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ (Nitrogenous base)

แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ **เบสพิวรีน (Purine) และเบสไพริมิดีน (Pyrimidine)** แต่ละกลุ่มประกอบด้วยเบสต่างชนิดกัน ดังนี้

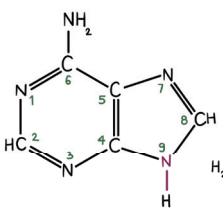
เบสพิวรีน (Purine)

มีโครงสร้างเป็นวงแหวน 2 วงเชื่อมติดกัน มี 2 ชนิด คือ เบสอะดีนีน (Adenine, A) และเบสกวานีน (Guanine, G) พบทั้งในดีเอ็นเอและอาร์เอ็นเอ

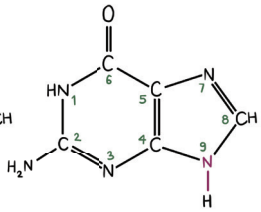
เบสไพริมิดีน (Pyrimidine)

มีโครงสร้างเป็นวงแหวนหนึ่งวง มี 3 ชนิด คือ เบสไซโทซีน (Cytosine, C) เบสไทมีน (Thymine, T) และเบสยูราซิล (Uracil, U) ดังภาพที่ 3 ซึ่งในดีเอ็นเอจะพบเบสไซโทซีนและเบสไทมีน ส่วนอาร์เอ็นเอจะพบเบสไซโทซีนและเบสยูราซิล

เบสพิวรีน (Purines)

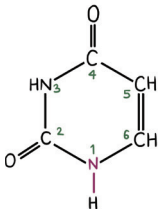


อะดีนีน (Adenine, A)

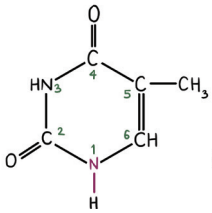


กวานีน (Guanine, G)

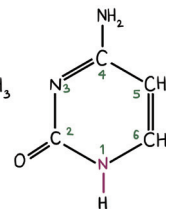
เบสไพริมิดีน (Pyrimidines)



ยูราซิล (Uracil, U)



ไทมีน (Thymine, T)



ไซโทซีน (Cytosine, C)

ภาพที่ 3 แสดงชนิดของเบสที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ

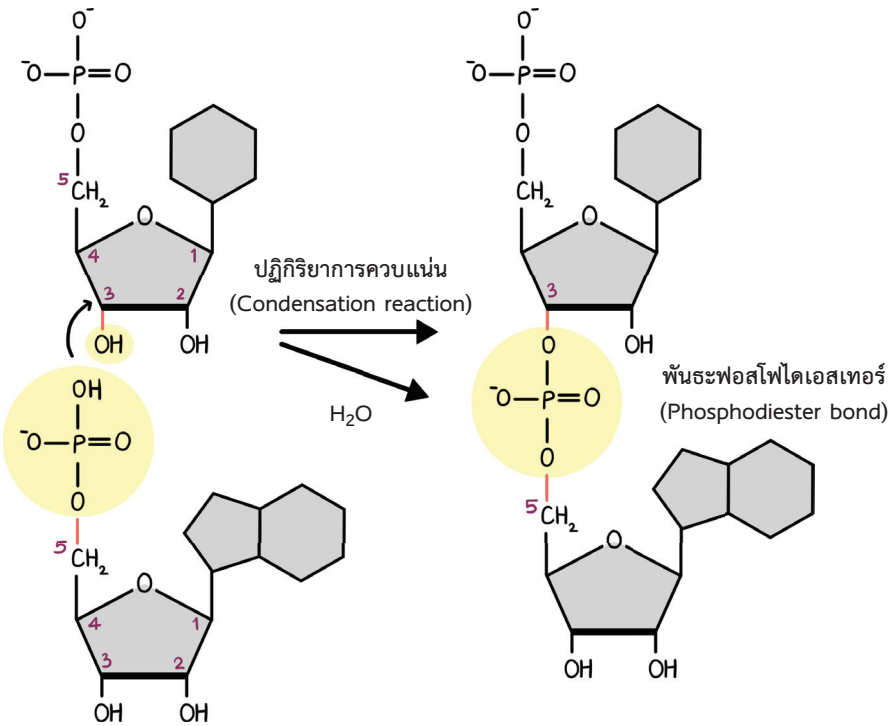
Chapter1-7_p.indd 8 5/31/2561 BE 2:54 PM

3. หมู่ฟอสเฟต (Phosphate group)

จับอยู่กับโมเลกุลของน้ำตาลตรงคาร์บอนตำแหน่งที่ 5 มีธาตุฟอสฟอรัสและธาตุออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ

กรดดีออกซีไรโบนิวคลีอิกหรือดีเอ็นเอ (Deoxyribonucleic acid หรือ DNA)

มีโครงสร้างเป็นพอลิเมอร์ของนิวคลีโอไทด์ที่มาเชื่อมต่อกันด้วย**พันธะฟอสโฟไดเอสเทอร์** (Phosphodiester bond) ซึ่งเป็นพันธะที่เกิดขึ้นระหว่างหมู่ไฮดรอกซิลที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 3 ของนิวคลีโอไทด์โมเลกุลหนึ่งกับหมู่ฟอสเฟตที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 5 ของนิวคลีโอไทด์อีกโมเลกุลหนึ่ง ดังภาพที่ 4

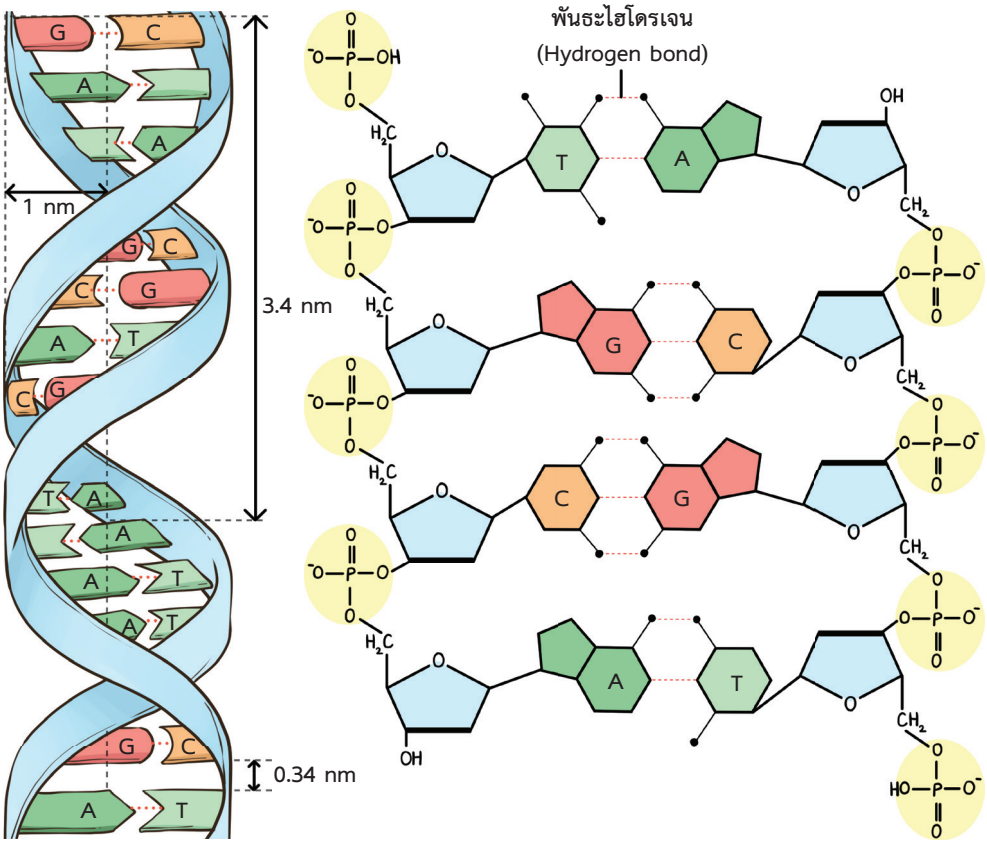


ภาพที่ 4 แสดงการเกิดพันธะฟอสโฟไดเอสเทอร์

Chapter1-7_p.indd 9 5/31/2561 BE 2:54 PM

โครงสร้างของดีเอ็นเอมีการค้นพบโดยเจมส์ ดี. วัตสัน (James D. Watson) และฟรานซิส คริก (Franscis Crick) มีลักษณะเป็นเกลียวคู่ (Double helix) ประกอบด้วยสายพอลินิวคลีโอไทด์ 2 สายที่มีทิศทางตรงกันข้ามกัน เรียกว่า **Anti-parallel** โดยสายหนึ่งมีทิศทางจาก 5' ไป 3' และอีกสายหนึ่งมีทิศทางจาก 3' ไป 5'

ดีเอ็นเอทั้ง 2 สายจะจับกันด้วยพันธะไฮโดรเจน (Hydrogen bond) ระหว่างคู่เบสแต่ละสาย เรียกว่าเบสคู่สม (Complementary base pair) คือ เบสอะดีนีนจับกับเบสไทมีนด้วยพันธะไฮโดรเจน 2 พันธะ และเบสกวานีนจับกับเบสไซโทซีนด้วยพันธะไฮโดรเจน 3 พันธะ ซึ่งในหนึ่งรอบเกลียวของดีเอ็นเอจะมีคู่เบสทั้งหมด 10 คู่ และมีระยะห่างระหว่างเกลียวแต่ละรอบเท่ากับ 3.4 นาโนเมตร ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 แสดงโครงสร้างของดีเอ็นเอที่เสนอโดยวัตสันและคริก

Chapter1-7_p.indd 10 5/31/2561 BE 2:54 PM

สาระน่ารู้

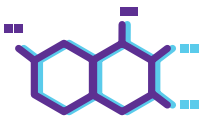
เบสชนิดต่างๆ ที่อยู่ภายในโครงสร้างของดีเอ็นเอนั้นมีปริมาณเท่ากันหรือไม่?

เออร์วิน ชาร์กาฟฟ์ (Erwin Chargaff) ได้ทำการศึกษาปริมาณของเบสที่เป็นองค์ประกอบในดีเอ็นเอของสิ่งมีชีวิต พบว่า สิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดจะมีปริมาณของเบสอะดีนีนใกล้เคียงกับเบสไทมีน และเบสไซโทซีนใกล้เคียงกับเบสกวานีนเสมอ ดังตารางที่ 1 เรียกว่า **กฎของชาร์กาฟฟ์ (Chargaff s' rule)**

Percentages of Bases in Four Organisms				
Source of DNA	A	T	G	C
Streptococcus	29.8	31.6	20.5	18.0
Yeast	31.3	32.9	18.7	17.1
Herring	27.8	27.5	22.2	22.6
Human	30.9	29.4	19.9	19.8

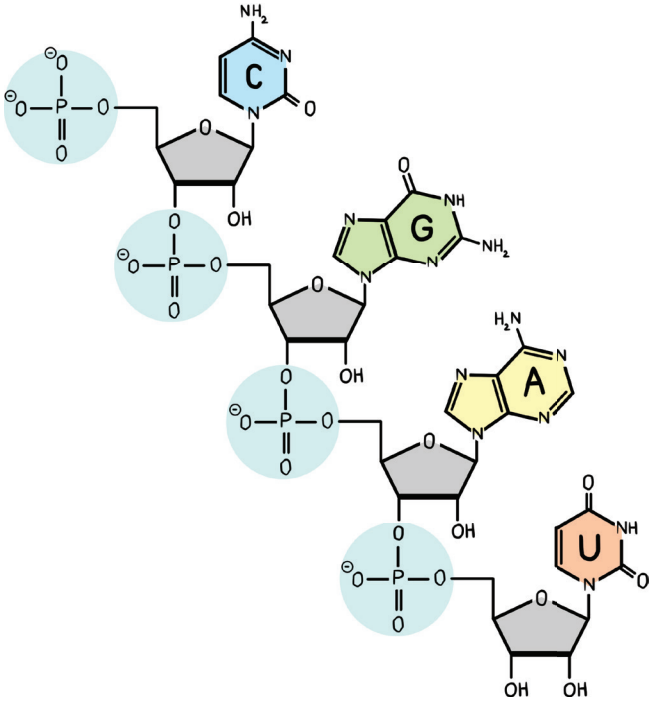
ตารางที่ 1 แสดงปริมาณของเบสที่เป็นองค์ประกอบของดีเอ็นเอในสิ่งมีชีวิต

กรดไรโบนิวคลีอิกหรืออาร์เอ็นเอ (Ribonucleic acid หรือ RNA)



ประกอบด้วยโมเลกุลนิวคลีโอไทด์ที่มาเชื่อมต่อกันด้วยพันธะฟอสโฟไดเอสเทอร์เป็นสายยาว เช่นเดียวกับดีเอ็นเอ ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์โปรตีน โครงสร้างของอาร์เอ็นเอมีลักษณะเป็นสายเดี่ยว (Single strand) ดังภาพที่ 6

Chapter1-7_p.indd 11 5/31/2561 BE 2:54 PM



ภาพที่ 6 แสดงโครงสร้างของอาร์เอ็นเอ

อาร์เอ็นเอแบ่งออกเป็น 3 ชนิด ได้แก่

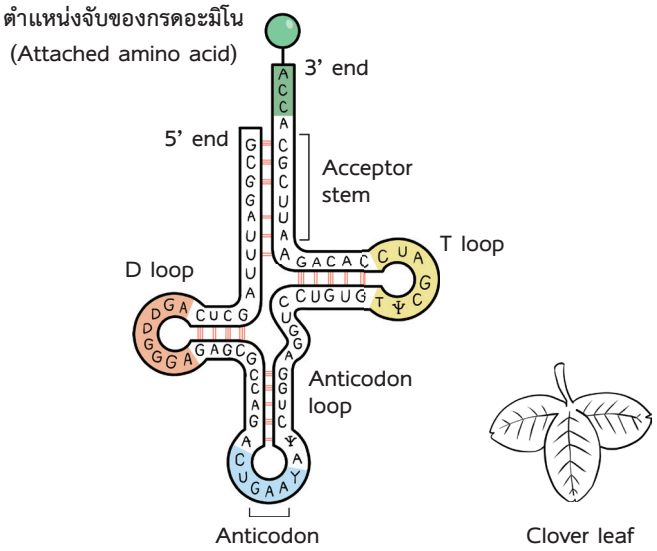
1. Messenger RNA หรือ mRNA

เป็นอาร์เอ็นเอที่มีการเรียงลำดับของนิวคลีโอไทด์ที่ประกอบด้วยเบส 4 ชนิด คือ เบสอะดีนีน เบสกวานีน เบสไซโทซีน และเบสยูราซิล ทำหน้าที่ถ่ายทอดข้อมูลทางพันธุกรรมจากดีเอ็นเอไปสู่การสร้างโปรตีน

2. Transfer RNA หรือ tRNA

เป็นอาร์เอ็นเอที่มีโครงสร้างคล้ายใบไม้ (Clover leaf) เกิดจากการจับคู่กันเองของเบสที่อยู่ภายในสายด้วยพันธะไฮโดรเจน ดังภาพที่ 7 ทำหน้าที่เป็นตัวพากรดอะมิโนมายังไรโบโซมเพื่อนำไปใช้ในการสร้างโปรตีน นอกจากนี้ยังมีเบสที่ถูกดัดแปลง เช่น ไดไฮโดรยูริดีน (Dihydrouridine, DHU)

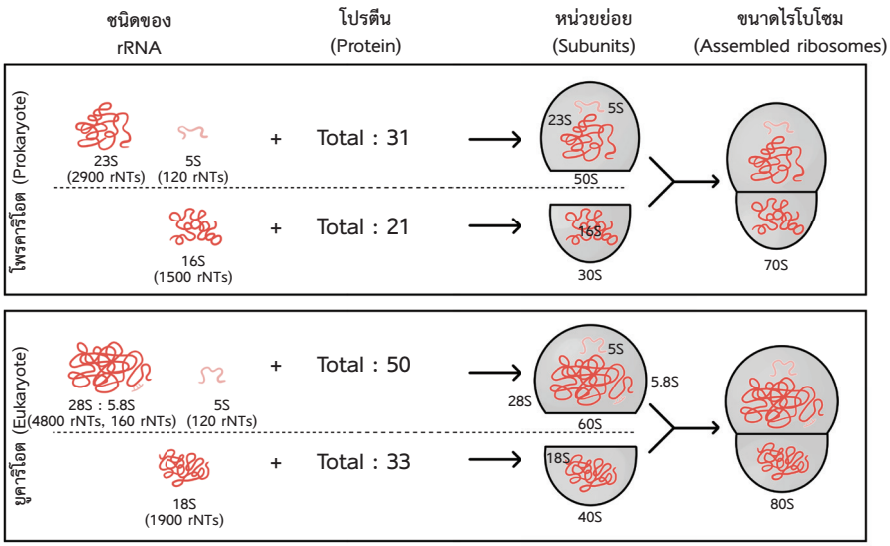
Chapter1-7_p.indd 12 5/31/2561 BE 2:54 PM



ภาพที่ 7 แสดงลักษณะโครงสร้างของอาร์เอ็นเอชนิด tRNA

3. Ribosomal RNA หรือ rRNA

เป็นอาร์เอ็นเอที่เป็นองค์ประกอบสำคัญของไรโบโซม โดยจะรวมตัวกับโปรตีนหลายชนิด ดังภาพที่ 8 ซึ่งไรโบโซมเป็นออร์แกเนลล์ที่ทำหน้าที่สังเคราะห์โปรตีน พบทั้งในเซลล์โพรคาริโอต (Prokaryote) และยูคาริโอต (Eukaryote)



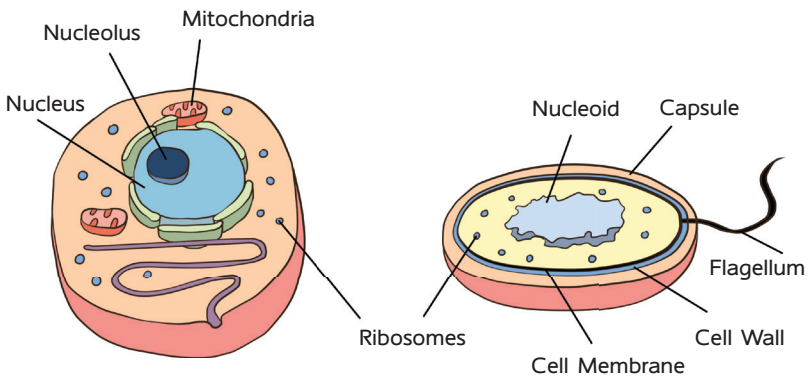
ภาพที่ 8 แสดงองค์ประกอบของไรโบโซม

Chapter1-7_p.indd 13 5/31/2561 BE 2:54 PM

สาระน่ารู้

รู้หรือไม่ว่า เซลล์โพรคาริโอตและยูคาริโอตมีโครงสร้างที่แตกต่างกันอย่างไร?

เซลล์โพรคาริโอตเป็นเซลล์ที่ไม่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส (Nuclear membrane) ได้แก่ พวกแบคทีเรีย และสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ส่วนเซลล์ยูคาริโอตเป็นเซลล์ที่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส ได้แก่ พืช สัตว์ รา สาหร่าย และโพรโทซัวต่างๆ ซึ่งดีเอ็นเอที่เป็นสารพันธุกรรมของเซลล์โพรคาริโอตจะอยู่ในส่วนที่เรียกว่า **นิวคลีออยด์ (Nucleoid)** ขณะที่ดีเอ็นเอของเซลล์ยูคาริโอตจะอยู่ภายในนิวเคลียส (Nucleus) ดังภาพที่ 9



ภาพที่ 9 แสดงลักษณะโครงสร้างของเซลล์โพรคาริโอตและยูคาริโอต

Chapter1-7_p.indd 14 5/31/2561 BE 2:54 PM