ศิลปนิพนธ์การออกแบบภาพประกอบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ “ ห้องปฏิบัติการ ดีเอ็นเอ”
Illustration design for Intractive e-book “DNA Laboratory”

นางสาวเมริษา เพิ่มวงศ์

ศิลปนิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรศิลปกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชานิเทศศิลป์ ภาควิชานิเทศศิลป์
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบอนุมัติศิลปนิพนธ์

ศิลปนิพนธ์การออกแบบภาพประกอบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ “ ห้องปฏิบัติการ ดีเอ็นเอ”
Illustration design for Intractive e-book “DNA Laboratory”

นางสาวเมริษา เพิ่มวงศ์
Miss. MERISA PERMWONG

ภาควิชานิเทศศิลป์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อนุมัติให้ศิลปนิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรศิลปกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชานิเทศศิลป์
อาจารย์ที่ปรึกษาศิลปนิพนธ์..... วันที่.....
(อาจารย์พีรพงศ์ พงษ์ประภาพันธ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อศิลปนิพนธ์	**ศิลปนิพนธ์การออกแบบภาพประกอบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ “ ห้องปฏิบัติการ ดีเอ็นเอ”** Illustration design for Intractive e-book “DNA Laboratory”
ชื่อ	**นางสาวเมริษา เพิ่มวงศ์**
รหัสประจำตัว	57020319
สาขาวิชา	นิเทศศิลป์
ภาควิชา	นิเทศศิลป์
คณะ	สถาปัตยกรรมศาสตร์
ปีการศึกษา	2560
อาจารย์ที่ปรึกษา	**อาจารย์พีรพงศ์ พงษ์ประภาพันธ์**

บทคัดย่อ

พันธุศาสตร์ ศาสตร์ว่าด้วยพันธุกรรม สิ่งซึ่งบอกอัตลักษณ์ภายในร่างกายการสืบทอดจากรุ่นสู่รุ่น เป็นสิ่งที่มีสามารถพิสูจน์และคิดคำนวณได้อย่างตายตัวและแน่นอนแต่ก็สามารถพลิกแพลงไปมาได้หลายล้านแบบ ความไม่ซ้ำซากจำเจและสามารถหาข้อพิสูจน์ออกมาได้นั้น ก่อให้เกิดวิวัฒนาการส่งเสริมให้เกิดสิ่งที่ดีที่สุดในรุ่นต่อไปกส่งผมต่อสิ่งมีชีวิตรอบด้าน เมื่อขึ้นชื่อว่าเป็นสิ่งมีชีวิต พันธุศาสตร์จึงแทรกซึมอยู่ในทุกๆ ที ทุกๆ อย่าง

ข้าพเจ้าจึงอยากถ่ายทอดเรื่องราวของพันธุศาสตร์ที่ขึ้นชื่อว่าเป็นวิทยาศาสตร์ซึ่งอาจเป็นสิ่งที่น่าเบื่อและไม่รู้จะทราบไปเพื่ออะไรออกมาให้ทุกคนที่พบเจอนั้นสนุกสนานไปกับมันและเข้าใจมันอย่างง่ายดาย โดยการนำเสนอผ่านทางหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ที่มีทั้งภาพแลพสีสันพร้อมกับการขยับได้ช่วยในการจดจำ แปลกใหม่ออกนอกจากในห้องเรียนที่พบเจอได้ทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณพ่อและแม่ผู้สนับสนุนในทุกๆด้าน ขอบคุณอาจารย์ทุกท่าน โดยเฉพาะอาจารย์ที่ปรึกษา ครูหนึ่งที่คอยให้คำปรึกษาเสมอมา ขอบคุณเนยที่คอยพูดคุยเล่นด้วยและให้คำปรึกษา ลูกหมูที่คอยส่งงานพร้อมกัน ช่วยเหลือกันยามมีปัญหา มะหนุนที่พูดคุยและให้นอนพักหอ นอกจากนี้ยังมี มุ้ย พี มะยม หมิว ปันปันที่คอยตอบคำถามเสมอมา และยังมีน้ำเพรช บิว เพื่อนคนอื่นๆ สุดท้ายนี้ขอขอบคุณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และ ภาควิชานิเทศศิลป์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ ..... ก

กิตติกรรมประกาศ ..... ข

สารบัญ ..... ค

สารบัญภาพประกอบ ..... ง

บทที่

1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ 1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ 1

1.3 ขอบเขตของโครงการ 1

1.4 แนวทางการบรรลุเป้าหมาย 2

2 พันธุศาสตร์ 3

2.1 พันธุศาสตร์ตามหลักเมนเดล 3

2.2 ยีนและโครโมโซม 7

2.3 โรคทางพันธุกรรม 24

2.4 เทคโนโลยีชีวภาพ 25

3 ศิลปะสมัยใหม่ 33

4 หนังสืออิเล็กทรอนิกส์ 35

4.1 โปรแกรมในการสร้างหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ 36

4.2 ส่วนประกอบของหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ 37

4.3 ความแตกต่างระหว่าง E-book และ Intractive E-book 37

4.4 ibook และ icloud 38

5 การออกแบบและพัฒนาแบบร่าง 40

6 ผลงานจริง 44

8 บทสรุปและข้อเสนอแนะ 55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

บรรณานุกรม..... 56
ประวัติผู้วิจัย..... 57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพประกอบ

ภาพที่		หน้า
2.1	ภาพกระบวนการแปลงพันธุ์	9
2.2	ภาพหน่วยพันธุกรรม	12
2.3	ภาพโครงสร้างของโครโมโซม	13
2.4	ภาพส่วนประกอบของโครโมโซม	34
3.1	ภาพสไตล์โมเดิร์น	40
5.1	ภาพ sketch ครั้งที่ 1	
5.2	ภาพ sketch ครั้งที่ 1	41
5.3	ภาพ sketch ครั้งที่ 1	
5.4	ภาพ sketch ครั้งที่ 1	42
5.5	ภาพ sketch ครั้งที่ 2	
5.6	ภาพ sketch ครั้งที่ 2	43
5.7	ภาพ sketch ครั้งที่ 2	
5.8	ภาพ sketch ครั้งที่ 2	44
6.1	ภาพผลงานจริง	
6.2	ภาพผลงานจริง	45
6.3	ภาพผลงานจริง	
6.4	ภาพผลงานจริง	46
6.5	ภาพผลงานจริง	
6.6	ภาพผลงานจริง	47
6.7	ภาพผลงานจริง	
6.8	ภาพผลงานจริง	48
6.9	ภาพผลงานจริง	
6.10	ภาพผลงานจริง	49
6.11	ภาพผลงานจริง	50
6.12	ภาพผลงานจริง	
6.13	ภาพผลงานจริง	51
6.14	ภาพผลงานจริง	
6.15	ภาพผลงานจริง	52
6.16	ภาพผลงานจริง	
6.17	ภาพผลงานจริง	53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ หน้า
6.18 ภาพผลงานจริง 53
6.19 ภาพผลงานจริง
6.20 ภาพผลงานจริง 54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ

พันธุศาสตร์ ศาสตร์ว่าด้วยพันธุกรรม สิ่งซึ่งบอกอัตลักษณ์ภายในร่างกายการสืบทอดจากรุ่นสู่รุ่น เป็นสิ่งที่สามารถพิสูจน์และคิดคำนวณได้อย่างตายตัวและแน่นอนแต่ก็สามารถพลิกแพลงไปมาได้หลายล้านแบบ ความไม่ซ้ำซากจำเจและสามารถหาข้อพิสูจน์ออกมาได้นั้น ก่อให้เกิดวิวัฒนาการส่งเสริมให้เกิดสิ่งที่ดีที่สุดในรุ่นต่อไปส่งผลต่อสิ่งมีชีวิตรอบด้านเมื่อขึ้นชื่อว่าเป็นสิ่งมีชีวตพันธุศาสตร์จึงแทรกซึมอยู่ในทุกๆ ที่ ทุกๆ อย่าง

ข้าพเจ้าจึงอยากถ่ายทอดเรื่องราวของพันธุศาสตร์ที่ขึ้นชื่อว่าเป็นวิทยาศาสตร์ซึ่งอาจเป็นสิ่งที่น่าเบื่อและไม่รู้จะทราบไปเพื่ออะไรออกมาให้ทุกคนที่พบเจอนั้นสนุกสนานไปกับมันและเข้าใจมันอย่างง่ายดาย โดยการนำเสนอผ่านทานหนังสืออิเล็ดทรอนิกส์ที่มีทั้งภาพและสีสันพร้อมกับการขยับได้ช่วยในการจดจำ แปลกใหม่ออกนอกมาจากในห้องเรียนที่พบเจอได้ทั่วไป

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1.2.1 ศึกษาการสร้างภาพประกอบเคลื่อนไหวในโปรแกรมหนังสืออิเล็กทรอนิกส์

1.2.2 ศึกษาการออกแบบภาพประกอบทางวิทยาศาสตร์

1.2.3 ออกแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์เพื่อให้ผู้รับชมเข้าใจในเนื้อหาบทความที่ต้องการสื่อสารออกมาได้โดยง่าย

1.3 ขอบเขตของโครงการ

1.3.1 หนังสืออิเล็กทรอนิกส์ 1 เล่ม ประกอบด้วย 4 บท

1.3.1.1 พันธุศาสตร์ตามหลักเมนเดล

1.3.1.1 ยีนและโครโมโซม

1.3.1.1 ความผิดปกติทางพันธุกรรม

1.3.1.1 เทคโนโลยีชีวภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 แนวทางการบรรลุเป้าหมาย

1.4.1 ศึกษาและรวบรวมข้อมูล

1 พันธุศาสตร์ การรวมกัน การคิดคำนวณ

2 การประยุกต์จุดเด่นของแต่ละบทออกมาในแนวทางที่ใหม่โดยใช้ลักษณะทางพันธุกรรมเป็นตัวเล่า

3 การออกแบบภาพประกอบสไตล์กึ่งกราฟฟิก

4 การออกแบบภาพเคลื่อนไหวเพื่อการจัดวางรูปเล่ม

1.4.2 วิเคราะห์และสรุปข้อมูลเบื้องต้น

1 รูปแบบการกดในแต่ละหน้า และภาพรวมของแต่ละอย่าง

2 วางแนวทางการออกแบบ

1.4.3 ออกแบบและพัฒนาแบบร่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

พันธุศาสตร์

2.1 พันธุศาสตร์ตามหลักเมนเดล

เกรเกอร์ โยฮันน์ เมนเดล เกิดวันที่ 20 กรกฎาคม ค.ศ.1822 เป็นบาทหลวงชาวออสเตรีย และในขณะเดียวกันเขาก็เป็นอาจารย์สอนหนังสือให้แก่นักเรียน สอนนักเรียน ถึงเรื่องพันธุ์กรรมด้วย เมนเดลมีความสนใจศึกษาด้านวิทยาศาสตร์โดยเฉพาะ ด้านพันธุศาสตร์ เขาได้ใช้สถานที่ภายใน บริเวณวัดเพื่อทำการทดลองสิ่งต่างๆ ที่เขาสนใจ เมนเดลเริ่มต้นทดลองเป็นครั้งแรกในปี ค.ศ.1856 เรื่องที่เขาทำการทดลองคือ การรวบรวมต้นถั่วหลายๆพันธุ์นำมาผสมกันหลายๆวิธีเขาใช้เวลาทดลอง ต่อเนื่อง ถึง 7 ปี จนได้ข้อมูลมากเพียงพอ ในปี ค.ศ.1865 เมนเดล จึงได้ รายงานผลการทดลอง ซึ่ง เกี่ยวข้องกับการผสมพันธุ์ ต้นถั่ว ให้แก่ที่ประชุม Natural History Society ในกรุงบรุนน์ (Brunn) ผลงานของเขาได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ออกไปทั่วทวีปยุโรปและ อเมริกาในปีต่อมาคือปี ค.ศ.1866 ผล งานของเขาถูกปล่อยไว้นานถึง 34 ปี จนกระทั่งปี ค.ศ.1900 ได้มีนัก ชีววิทยา 3 ท่าน คือ ฮูโก เดอ ฟรีส์ ชาวฮอลันดา คาร์ล คอร์เรนส์ ชาวเยอรมันและ เอริช ฟอน แชร์มาค ชาวออสเตรเลีย ได้ทดลอง ผสมพันธุ์พืชชนิดอื่นๆ และได้ผลการทดลองตรงกับที่เมนเดลเคยรายงานไว้ ทำให้เมนเดลเป็นที่รู้จัก ในวงการพันธุศาสตร์นับแต่นั้นเป็นต้นมา

เขา ได้รับการ สถาปนาสมณศักดิ์เป็นเจ้าอาวาสประจำโบสถ์ที่ Alt Brünn ภาระงานบริหาร ได้ทำให้เขาไม่มีเวลาทำการทดลองเรื่องการ ผสมพันธุ์พืชอีกเลย จนกระทั่งเขาเสียชีวิตลงในวันที่ 6 มกราคม ค.ศ.1884 ขณะมีอายุได้ 61 ปี ด้วยโรคหัวใจวาย ศพของเขาได้ถูกนำ ไปฝังที่สุสานใกล้โบสถ์ ในพิธีศพมีสานุศิษย์และชาวบ้านที่ได้เดินทางมาไว้อาลัยนักบวชคนหนึ่ง ซึ่งได้อุทิศชีวิตให้ทานแก่ผู้ ยากไร้ แต่ไม่มีใครเลยจะรู้สักว่าพวกเขากำลังร่ำลาอาลัยนักวิทยาศาสตร์ผู้ยิ่งใหญ่ที่สุดคนหนึ่งของโลก

จากข้อมูลดิบที่เมนเดลได้ตีพิมพ์นั้น ก่อนจะมาสรุปเป็นกฎได้นั้น ปัจจุบันมีผู้ตั้งข้อโต้แย้งว่า ตัวเลขที่ได้จากการทดลองของเมนเดลใกล้เคียง กับค่าทางทฤษฎีเกินไปจนเป็นที่น่าสงสัย ทั้งนี้อาจ เกิดจากความบังเอิญหรือเป็นความจงใจของเมนเดลเองก็ได้

อย่าง ไรก็ตามการค้นพบของเมนเดลถือว่าเป็นการค้นพบยิ่งใหญ่ครั้งหนึ่งในวงการพันธุ ศาสตร์ เนื่องจากเมนเดลสามารถไขความลับการสืบทอดลักษณะทางพันธุกรรมต่างๆ จากบรรพบุรุษ ไปสู่ลูกหลานโดยที่ในสมัยนั้นยังไม่มีการค้นพบสารพันธุกรรม ดีเอ็นเอ ยีน หรือ โครโมโซมแต่อย่างใด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 การทดลองของเมนเดล

ปัญหาการให้กำเนิดสิ่งมีชีวิต สิ่งมีชีวิตพวกดิพลอยด์ต้องมีพ่อและแม่เป็นผู้ให้กำเนิดลูกโดยการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ นักชีววิทยาให้ความสนใจในปัญหาการสืบพันธุ์และการถ่ายทอดกรรมพันธุ์มาก ในช่วงเวลา 300 ปีที่ผ่านมาในคริสต์ศตวรรษที่ 19 นักชีววิทยาได้ทราบความจริงว่ามีการปฏิสนธิระหว่างไข่จากแม่และสเปิร์มจากพ่อได้ ไซโกตจึงจะเจริญเป็นตัวใหม่ต่อไป

จากปัญหาแรกสังเกตได้ว่า ลักษณะต่างๆ ที่แสดงออกในรุ่นลูกจะคล้ายกับลักษณะหลักที่ปรากฏในรุ่นพ่อ – แม่ (Similarity) เช่น แมวก็มีลูกเป็นแมว เสือก็มีลูกเป็นเสือ แต่สิ่งมีชีวิตทั้งสองชนิดมีความแตกต่างกันเฉพาะอย่าง คือ แมวยังคงรักษาลักษณะเผ่าพันธุ์ของแมวเสือยังคงรักษาลักษณะเผ่าพันธุ์ของเสือ การถ่ายทอดลักษณะหลังต่างๆจากพ่อ – แม่ ไปสู่รุ่นลูกเกิดขึ้นได้อย่างไร อะไรเป็นตัวกลางสำคัญในการถ่ายทอดลักษณะกรรมพันธุ์

พ่อและแม่ต่างถ่ายทอดลักษณะกรรมพันธุ์ของแต่ละฝ่ายไปสู่ลูกจึงพบว่าลูกมีลักษณะหลักต่างๆ เหมือนพ่อบ้างและเหมือนแม่บ้างแต่ถ้าได้ศึกษาให้ละเอียดจะพบว่าลูกไม่ได้ เหมือนกับพ่อและแม่ทุกอย่าง จะมีข้อแตกต่างเล็กน้อย มีความแตกต่างแปรผัน (Variation) ของลักษณะปลีกย่อยในหมู่ลูกที่เกิดจากพ่อแม่เดียวกัน ยกเว้นลูกฝาแฝดเหมือนความแตกต่างแปรผันลักษณะกรรมพันธุ์จะยิ่งมีมากขึ้นในหมู่ประชากรต่างๆ ของสิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกัน

เมื่อมีการปฏิสนธิระหว่างไข่จากแม่และสเปิร์มจากพ่อจะได้ไซโกต (Zogote) เจริญเป็นตัวใหม่ ปัญหาทั้ง 3 ประการ เกี่ยวข้องโดยตรงกับการศึกษาหาหลักเกณฑ์การถ่ายทอดกรรมพันธุ์ นอกจากนี้ยังมีปัญหาคือ เมื่อไซโกตเจริญต่อไปจนได้เซลล์จำนวนมาก ล้วนแต่เป็นองค์ประกอบทางกรรมพันธุ์เหมือนกับเซลล์ไซโกตทุกประการ แต่กลุ่มเซลล์แต่ละกลุ่มจะเจริญไปเป็นเนื้อเยื่อและอวัยวะต่างๆ เช่น ตา หู จมูก หัวใจ ปอด แขน ขา

เมนเดลประสบผลสำเร็จในการทดลอง จนตั้งเป็นกฎเกี่ยวกับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมจากพ่อแม่มายังลูกหลานในช่วงต่อๆมาได้เนื่องจากสาเหตุสำคัญสองประการ คือ

เมนเดลรู้จักเลือกชนิดของพืชมาทำการทดลอง พืชที่เมนเดลใช้ในการทดลองคือถั่วลันเตา (Pisum sativum) ซึ่งมีข้อดีในการศึกษาด้านพันธุศาสตร์หลายประการ เช่น เป็นพืชที่ผสมตัวเอง (self- fertilized) เป็นพืชที่ปลูกง่าย ไม่ต้องทำนุบำรุงรักษามากนัก ใช้เวลาปลูก เป็นพืชที่มีลักษณะทางพันธุกรรม ที่แตกต่างกันชัดเจนหลายลักษณะ เมนเดลได้นำมาใช้ 7 ลักษณะด้วยกัน

เมนเดลรู้จักวางแผนการทดลอง เลือกศึกษาการถ่ายทอดลักษณะของถั่วลันเตาแต่ละลักษณะก่อน เมื่อเข้าใจหลักการถ่ายทอดลักษณะนั้น ๆ แล้ว เขาจึงได้ศึกษาการถ่ายทอดสองลักษณะไปพร้อม ๆ กัน การผสมพันธุ์จะใช้พ่อแม่ พันธุ์แท้ (pure line) ในลักษณะที่ตรงกันข้ามกัน มาทำการผสมข้ามพันธุ์เพื่อสร้างลูกผสมโดยใช้มือช่วย (hand pollination) ลูกผสมเรียกว่าลูกผสมช่วงที่ 1 หรือ F1 (first filial generation) นำลูกผสมที่ได้มาปลูกดูลักษณะที่เกิดขึ้นว่าเป็นอย่างไร บันทึกลักษณะและจำนวนที่พบปล่อยให้ลูกผสมช่วงที่ 1 ผสมกันเอง ลูกที่ได้เรียกว่า ลูกผสมช่วงที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำลูกช่วงที่ 2 มาปลูกดูลักษณะต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นว่าเป็นอย่างไร บันทึกลักษณะและจำนวนที่พบ ลักษณะต่าง ๆ ของถั่วลันเตาที่เมนเดล ใช้ในการศึกษาการถ่ายทอดลักษณะพันธุกรรม

ลักษณะของเมล็ด – เมล็ดกลม และ เมล็ดย่น (round & wrinkled)

สีของเปลือกหุ้มเมล็ด – สีเหลือง และ สีเขียว (yellow & green)

สีของดอก – สีม่วงและ สีขาว (purple & white)

ลักษณะของฝัก – ฝักอวบ และ ฝักแฟบ (full & constricted)

ลักษณะสีของฝัก – สีเขียว และ สีเหลือง (green & yellow)

ลักษณะตำแหน่งของดอก-ดอกติดอยู่ที่กิ่ง และเป็นกระจุกที่ปลายยอด (axial & terminal)

ลักษณะความสูงของต้น – ต้นสูง และ ต้นเตี้ย (long & short)

การถ่ายทอดลักษณะหนึ่งลักษณะใดของสิ่งมีชีวิตถูกควบคุมโดยปัจจัย (fector) เป็นคู่ๆ ต่อมาปัจจัยเหล่านั้นถูกเรียกว่า ยีน (gene) ยีนที่ควบคุมลักษณะต่างๆจะอยู่กันเป็นคู่ๆ และสามารถถ่ายทอดไปยังรุ่นต่อไปได้ ลักษณะแต่ละลักษณะจะมียีนควบคุม 1 คู่ โดยมียีนหนึ่งมาจากพ่อและอีกยีนมาจากแม่ เมื่อมีการสร้างเซลล์สืบพันธุ์(gamete) ยีนที่อยู่เป็นคู่ๆจะแยกออกจากกันไปอยู่ในเซลล์สืบพันธุ์ของแต่ละเซลล์และ ยีนเหล่านั้นจะเข้าคู่กันได้ใหม่อีกในไซโกต ลักษณะที่ไม่ปรากฏในรุ่น F1 ไม่ได้สูญหายไปไหนเพียงแต่ไม่สามารถแสดงออกมาได้ ลักษณะที่ปรากฏออกมาในรุ่น F1 มีเพียงลักษณะเดียวเรียกว่า ลักษณะเด่น (dominant) ส่วนลักษณะที่ปรากฏในรุ่น F2 และมีโอกาสปรากฏในรุ่นต่อไปได้น้อยกว่า เรียกว่า ลักษณะด้อย (recessive) ในรุ่น F2 จะได้ลักษณะเด่นและลักษณะด้อยปรากฏออกมาเป็นอัตราส่วน เด่น : ด้อย = 3 : 1

2.1.4 ลักษณะพันธุ์แท้และพันธุ์ทาง

พันธุ์แท้ (Homologous) คือพันธุ์ที่มียีนเหมือนกันทั้งคู่ อาจจะเป็นยีนเด่นทั้งคู่ ซึ่งจะเขียนแทนด้วยTT,AA,BB หรือ เป็นยีนด้อยทั้งคู่ เขียนแทนด้วย tt,aa,bb เป็นต้น พันธุ์ทาง (Heterozygous) คือพันธุ์ที่มียีนต่างกัน มาจับคู่กัน เช่น Tt,Aa,Bb เป็นต้น ซึ่งลักษณะที่ปรากฏจะเป็นไปตามยีนเด่น แต่ยีนด้อยที่มาเข้าคู่อยู่ สามารถทำให้เกิดลักษณะด้อยได้ในรุ่นถัดไป

2.1.4.1 กฎแห่งการแยกตัว (Law of segregation)

กฎแห่งการแยกตัว มีใจความว่า สิ่งที่ควบคุมลักษณะทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตที่สืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ มีอยู่เป็นคู่ ๆ แต่ละคู่จะแยกจากกันในระหว่างการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ (แยกกันระยะแอนาเฟส – 1 ของไมโอซิส) ทำให้เซลล์สืบพันธุ์แต่ละเซลล์มีหน่วยควบคุมลักษณะนี้เพียง 1 หน่วย และจะกลับมาเข้าคู่อีก เมื่อเซลล์สืบพันธุ์มาปฏิสนธิกัน กฎข้อนี้ของเมนเดลได้จากการศึกษาการถ่ายทอดลักษณะ โดยพิจารณายีนคู่เดียว (monohybrid cross)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมนเดลได้นำเอากฎแห่งการแยกตัวไปใช้ในการทดสอบลูกผสม โดยการนำเอาลูกผสมที่มีลักษณะเด่นที่ต้องการทราบจีโนไทป์ไปผสมพันธุ์กับต้นที่มีลักษณะด้อย ถ้าลูกที่เกิดขึ้นมีลักษณะเด่นทั้งหมดแสดงว่าลูกผสมที่มีลักษณะเด่นที่นำมาทดสอบ เป็นฮอมอไซกัส แต่ถ้าลูกที่เกิดขึ้นมีอัตราส่วนระหว่างลูกที่มีลักษณะเด่น กับลูกที่มีลักษณะด้อยเท่ากับ 1:1 แสดงว่าลูกผสมที่นำมาทดสอบเป็นเฮเทอโรไซกัส วิธีตรวจสอบจีโนไทป์ดังกล่าวเรียกว่า การผสมเพื่อทดสอบ หรือ เทสต์ครอส(test cross)

2.1.4.1 กฎแห่งการรวมกลุ่มอย่างอิสระ (Law of independent assortment)

กฎแห่งการรวมกลุ่มอย่างอิสระ มีใจความว่า ในเซลล์สืบพันธุ์จะมีการรวมกลุ่มของหน่วยพันธุกรรมของลักษณะต่าง ๆ การรวมกลุ่มนี้เป็นไปอย่างอิสระ จึงทำให้สามารถทำนายผลที่เกิดขึ้น ในรุ่นลูกหลานได้ กฎข้อนี้ของเมนเดลได้จากการศึกษาการถ่ายทอดลักษณะโดยพิจารณาจากยีน 2 คู่ (dihybrid cross)

การศึกษาการถ่ายทอดพันธุกรรมลักษณะเดียว (monohybrid cross)
เมนเดล ผู้ซึ่งเป็นบิดาแห่งพันธุศาสตร์ ทำการศึกษาพันธุกรรมของถั่วลันเตา จนประสบความสำเร็จได้นั้นประการหนึ่งก็คือเขาได้มีการวางแผนการศึกษาอย่างมีระบบระเบียบ เขาศึกษาพันธุกรรมของถั่วลันเตาถึง 7 ลักษณะ แต่เพื่อไม่ให้เป็นการสับสน เขาจึงเลือกทดลองทีละลักษณะ เช่น เขาได้ทดลองโดยนำต้นถั่วสูง 3 ฟุต มาผสมกับต้นถั่วสูง 1 ฟุต (ต้นเตี้ย) ปรากฏว่าลูกรุ่นที่ 1 ที่ได้มีลักษณะเป็นต้นสูงทั้งหมด ต่อมาเขานำลูกรุ่นที่ 1 (F1) มาผสมกันเองปรากฏว่าได้ต้นสูง 787 ต้น เตี้ย277 ต้น (อัตราส่วนประมาณ 3 : 1) เขาได้อธิบายว่าลักษณะของต้นถั่วที 2 แบบ คือต้นสูงและต้นเตี้ย เมื่อนำมาผสมกัน ลูกที่ได้ ย่อมได้รับลักษณะจากทั้งพ่อและแม่ เหตุที่ลักษณะต้นเตี้ยไม่ปรากฏในรุ่น F1 เพราะต้นสูงเป็นลักษณะเด่น จะข่มต้นเตี้ยซึ่งเป็นลักษณะด้อยไว้

ลักษณะของต้นถั่วลันเตา 7 ลักษณะที่เมนเดลเลือกนำมาศึกษามีลักษณะดังนี้

1. รูปร่างของเมล็ด
2. สีของเนื้อเมล็ด
3. สีของเปลือกหุ้มเมล็ด
4. รูปร่างของฝักถั่วที่แก่เต็มที่
5. สีของฝักถั่วอ่อน
6. ตำแหน่งของดอก
7. ความสูงของลำต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ยีนและโครโมโซม

ยีน หมายถึง ส่วนของ DNA ที่ทำหน้าที่ถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม โครโมโซม เป็นโครงสร้างที่มี DNA และโปรตีนเป็นองค์ประกอบ โครโมโซมจึงเป็นที่อยู่ของยีน และในแต่ละโครโมโซมมียีนอีกมากมายมาเรียงต่อๆกัน ดังนั้นลักษณะทางพันธุกรรม ที่ถูกถ่ายทอดไปจึงถูกควบคุมโดยยีนในโครโมโซมนั่นเอง ซึ่งแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ ยีนในออโตโซม และยีนในโครโมโซมเพศ

ในการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมจะมีหน่วยควบคุมลักษณะ (genetic unit) ควบคุมสิ่งมีชีวิต ให้มีรูปร่าง และลักษณะเป็นไปตามเผ่าพันธุ์ของพ่อแม่ เรียกว่า ยีน ดังนั้นยีนจึงทำหน้าที่ควบคุมการถ่ายทอดลักษณะต่างๆ จากบรรพบุรุษไปสู่รุ่นหลาน ลักษณะต่างๆ ที่ถ่ายทอดไปนั้นพบว่าบางลักษณะไม่ปรากฏในรุ่นลูกแต่อาจจะปรากฏใน รุ่นหลานหรือเหลนก็ได้จึงมีผลทำให้เกิดความแตกต่างกันของลักษณะทางพันธุกรรม จนมีผลทำให้สิ่งมีชีวิตเกิดความ หลากหลาย แต่การสะสมลักษณะทางพันธุกรรมจำนวนมากทำให้เกิดสปีชีส์ต่างๆ และสามารถดำรงเผ่าพันธุ์ไว้ได้จนถึงปัจจุบัน สิ่งมีชีวิตส่วนใหญ่แต่ละชนิดประกอบขึ้นด้วยเพศที่แตกต่างกัน คือ เพศผู้และเพศเมีย ลูกที่เกิดขึ้น จะพัฒนามาจากเซลล์เพศผู้ คือ สเปิร์ม(Sperm) และเซลล์เพศเมีย คือ เซลล์ไข่ (Egg) มารวมตัวกัน เป็นไซโกต Zygote โดยกระบวนการสืบพันธุ์ ดังนั้น ยีนจากพ่อและแม่น่าจะมี การถ่ายสู่ลูกด้วยกระบวนการดังกล่าว ต่อมาเมื่อมีการค้นพบสีย้อมนิวเคลียส ในปี พ.ศ. 2423 จึงพบว่าในนิวเคลียสมีโครงสร้างที่มีลักษณะเป็นเส้น เรียกว่า โครโมโซม สีย้อมดังกล่าวทำให้นักวิทยาศาสตร์สามารถติดตามการเปลี่ยนแปลงของโครโมโซมขณะที่มีการแบ่งเซลล์ และทำให้รู้จัก การแบ่งเซลล์ใน 2 ลักษณะ คือ การแบ่งเซลล์แบบ ไมโทซิส (Mitosis) ซึ่งพบว่ากระบวนการนี้เซลล์ลูกที่เกิดขึ้นจะมีโครโมโซมเหมือนกันทั้งหมด และ การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส (Meiosis) ที่มีผลทำให้เซลล์ลูกที่เกิดขึ้นจะมีจำนวนโครโมโซมเป็นครึ่งหนึ่งของเซลล์ เริ่มต้น (haploid cell)

สมมติฐานของวอลเตอร์ เอส ซัตตัน (Walter S. Sutton)ใน ระหว่างปี ค.ศ. 1902-1903 หลังจากที่ผลงานของเมนเดล ได้รับความสนใจจากนักชีววิทยาไม่มากนัก วอลเตอร์ เอส ซัตตัน (Walter S. Sutton) นักชีววิทยาชาวอเมริกันทำการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับพฤติกรรมของโครโมโซม วอลเตอร์ ซัตตัน(Walter Sutton) เสนอ ทฤษฎีโครโมโซม ในการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม (chromosome theory of inheritance) โดยเสนอว่า สิ่งที่เรียกว่าแฟกเตอร์จากข้อเสนอของเมนเดลซึ่งต่อมาเรียกว่า ยีน นั้นน่าจะอยู่บนโครโมโซม เพราะมีเหตุการณ์หลายอย่างที่ยีนและโครโซม มีความสอดคล้องกันกัน ดังนี้

ยีนมี 2 ชุด และโครโมโซมก็มี 2 ชุด

ยีนและโครโมโซมสามารถถ่ายทอดไปสู่รุ่นลูกหลาน

ขณะที่มีการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส โครโมโซมมีการเข้าคู่กัน และต่างแยกจากกันไปยังเซลล์ลูกทีเกิดขึ้นคนละเซลล์ ซึ่งลักษณะเดียวกันนี้ก็เกิดขึ้นได้กับยีนโดยมีการแยกตัวของแอลลีลทั้งสองไปยังเซลล์สืบพันธุ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแยกตัวของโครโมโซมที่เป็นคู่กันไปยังขั้วเซลล์ ขณะที่มีการแบ่งเซลล์ แต่ละคู่นั้นดำเนินไปอย่างอิสระเช่นเดียวกันกับการแยกตัวของแอลลี ลไปยังเซลล์สืบพันธุ์ ขณะเกิดการสืบพันธุ์ การรวมตัวกันของเซลล์ไข่และสเปิร์มเกิดเป็นไซโกตเป็นไปอย่างสุ่ม ทำให้การรวมตัวกันระหว่างชุดโครโมโซมจากเซลล์ไข่และสเปิร์มเป็นไปอย่าง สุ่มด้วย ซึ่งเหมือนกับการที่ชุดของแอลลีลในเซลล์สืบพันธุ์ของแม่เมื่อมีการสืบพันธุ์ ก็เป็นไป อย่างสุ่มเช่นกัน ทุกเซลล์ที่พัฒนามาจากไซโกตจะมีโครโมโซมครึ่งหนึ่ง จากแม่และอีกครึ่งหนึ่งจากพ่อ ส่วนยีนครึ่งหนึ่ง ก็มาจากแม่และอีกครึ่งหนึ่งก็มาจากพ่อเช่นกันทำให้ลูกที่เกิดมาจึงมีลักษณะ แปรผันไปจากพ่อและแม่

2.2.1 การค้นพบสารพันธุกรรม

สารพันธุกรรมคือ สารชีวโมเลกุล (Biomolecules) ที่ทำหน้าที่เก็บข้อมูลรหัสสำหรับการทำงานของของสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ เอาไว้ และเมื่อสิ่งมีชีวิตมีการสืบพันธุ์ เช่น เซลล์มีการแบ่งเซลล์ ก็จะมีการแบ่งสารพันธุกรรมนี้ไปยังเซลล์ที่แบ่งไปแล้วด้วย โดยยังคงมีข้อมูลครบถ้วนสาร ชีวโมเลกุลที่ทำหน้าที่เป็นสารพันธุกรรมในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตชั้นสูง ซึ่งพบได้จาก นิวเคลียสของเซลล์ เรียกรวมว่า กรดนิวคลีอิค (Nucleic acids) โดยคุณสมบัติทางเคมีแบ่ง กรดนิวคลีอิคลงได้เป็นสองชนิดย่อย คือ อาร์เอ็นเอ (RNA – Ribonucleic acid) และ ดีเอ็นเอ (DNA – Deoxyribonucleic acid) สิ่งมีชีวิตส่วนใหญ่มีสารพันธุกรรมเป็น ดีเอ็นเอ, ยกเว้น ไวรัสบางชนิดเป็น อาร์เอ็นเอ (ไวรัสส่วนมาก มีสารพันธุกรรมเป็น ดีเอ็นเอ)มีนักวิทยาศาสตร์หลายท่านได้ศึกษาเรื่องสารพันธุกรรมไว้ดังนี้ปี พ.ศ. 2412 เอฟ มิเชอร์ (F. Miescher) นักชีวเคมีชาวสวีเดนได้ศึกษา

ส่วนประกอบในนิวเคลียสของเซลล์เม็ด เลือดขาวที่ติดมากับผ้าพันแผล โดยนำมาย่อยเอาโปรตีนออกด้วยเอนไซม์เพปซิน พบว่าเอนไซม์นี้ไม่สามารถย่อยสลายสารชนิดหนึ่งที่อยู่ภายในนิวเ คลียสได้ เมื่อนำสารนี้มาวิเคราะห์ทางเคมีก็พบว่า มีธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบ จึงเรียกสารที่สกัดได้จากนิวเคลียสว่า นิวคลีอิน (nuclein) ต่อมาอีก 20 ปี ได้มีการปลี่ยนชื่อใหม่ว่า กรดนิวคลีอิก เนื่องจากมีผู้ค้นพบว่าสารนี้มีสมบัติเป็นกรด

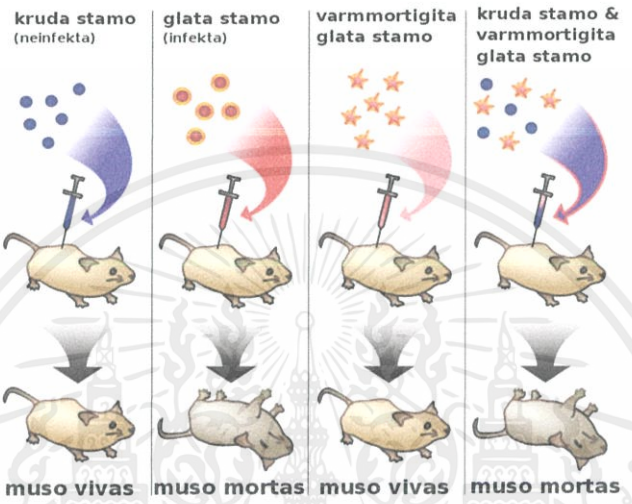
เมื่อมีการพัฒนาสีฟุคซิน (fuchsin) ในปี พ.ศ. 2457 โดย อาร์ ฟอยล์แกน (R. Feulgen) นักเคมีชาวเยอรมัน ซึ่งสีย้อมนี้ย้อมติด DNA ให้สีแดง และเมื่อนำไปย้อมเซลล์ พบว่า ติดที่นิวเคลียสและรวมตัวหนาแน่นที่โครโมโซม จึงสรุปว่า DNA อยู่ที่โครโมโซม

จะเป็นไปได้หรือไม่ว่า DNA เป็นสารพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต ถ้า DNA เป็นสารพันธุกรรม DNA จะต้องควบคุมการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมได้ ดังนั้น โครโมโซม นอกจากจะมีโปรตีนแล้วยังมี DNA อีกด้วยปี พ.ศ.2471 เอฟ กริฟฟิท (F. Griffth) แพทย์ชาวอังกฤษพบปรากฏการณ์

กระบวนการแปลงพันธุ์ (Transformation) ได้ทำการพิสูจน์สารพันธุกรรม เพื่อสนับสนุนว่า DNAเป็นสารพันธุกรรม โดยทำการทดลองเกี่ยวกับเชื้อ ทำการทดลองโดยฉีดแบคทีเรีย (Streptococcus pneumoniae) ที่ทำให้เกิด โรคปอดบวมเข้าไปในหนู แบคทีเรียที่ฉีดเข้าไปนี้มี 2 สายพันธุ์ คือ สายพันธุ์ที่มีผิวหยาบ เพราะไม่มีสารห่อหุ้มเซลล์หรือ แคปซูล(capsule) ไม่ทำให้เกิดโรคปอดบวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบคทีเรียที่ฉีดเข้าไปนี้มี 2 สายพันธุ์ คือ สายพันธุ์ที่มีผิวหยาบ เพราะไม่มีสารห่อหุ้มเซลล์หรือ แคปซูล (capsule) ไม่ทำให้เกิดโรคปอดบวม เรียกว่าสายพันธุ์ R (rough) ส่วนสายพันธุ์ที่มีผิวเรียบ มีสารห่อหุ้มเซลล์ทำให้เกิดโรคปอดบวมรุนแรงถึงตาย เรียกว่าสายพันธุ์ S (smooth) ตามการทดลองดังภาพ



ภาพที่ 2.1 ภาพกระบวนการแปลงพันธุ์ (Transformation)
ที่มา upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/f/fc/Griffith_experiment_eo.svg/716px-Griffith_experiment_eo.svg.png

กริฟฟิทนำแบคทีเรียสายพันธุ์ R ฉีดให้หนู พบว่าหนูไม่ตาย ดังภาพที่ 2.1 ก. ต่อมานำแบคทีเรียสายพันธุ์ S ฉีดให้หนูพบว่าหนูตาย ดังภาพที่ 2.1 ข. เมื่อนำแบคทีเรียสายพันธุ์ S ที่ทำให้ตายด้วยความร้อน แล้วฉีดให้หนูพบว่าหนูไม่ตาย ดังภาพที่ 2.1 คแต่เมื่อนำแบคทีเรียสายพันธุ์ S ที่ทำให้ตายด้วยความร้อนผสมกับสายพันธุ์ R ที่มีชีวิต ทิ้งไว้ระยะหนึ่งแล้วฉีดให้หนูพบว่าหนูตาย เมื่อตรวจเลือดหนูที่ตาย ปรากฏว่ามีแบคทีเรียสายพันธุ์ S ปนอยู่กับสายพันธุ์ R ดังภาพที่ 2.1 งกริ ฟฟิท สรุปว่ามีสารบางชนิดจากเชื้อแบบ S ที่ตายแล้วเคลื่อนย้ายเข้าไปในเซลล์ R ที่มีชีวิต ทำให้เซลล์ R แปรสภาพ (transform) ไปเป็นเซลล์แบบ S จึงทำให้หนูตาย สารที่ทำให้เซลล์ R แปรสภาพเคลื่อนย้ายเข้าไปอยู่ในเซลล์ R อย่างถาวร และการถ่ายทอดต่อไปยังเซลล์รุ่นถัดไปด้วย เพราะเซลล์แบบ S ที่แยกได้จากเลือดของหนูที่ตาย เมื่อนำมาเลี้ยงต่อไปเซลล์ที่ได้ยังคงมีสภาพเป็น S ตลอด จากการทดลองดังกล่าวกริฟฟิตเชื่อว่าสารที่มาให้เซลล์แปรสภาพคือสารพันธุกรรม เพราะอยู่ในเซลล์และถ่ายทอดต่อไปยังเซลล์รุ่นต่อไปได้ แต่ยังไม่ทราบว่าเป็นสารอะไร จึงเรียกว่า ทรานสฟอร์มิง แฟคเตอร์ การ สืบค้นและพิสูจน์ว่าทรานสฟอร์มิง แฟคเตอร์คือสารชนิดใดใช้เวลานานถึง 16 ปี ในปี ค.ศ. 1944 โอ ที เอ เวอรี (O.T. Avery) เอ็ม แมคคาร์ที (M. McCarty) และ ซี แมกลอยด์(C. MacLeod)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้พยายามแยกสารที่ทำให้เซลล์ R แปรสภาพเป็นเซลล์ S จนได้สารค่อนข้างบริสุทธิ์และคาดว่าดีเอ็นเอ และได้พิสูจน์ยืนยันโดยใช้สารดังกล่าวในสภาวะต่างๆมาใส่รวมกับเซลล์ R ที่มีชีวิต ตรวจสอบว่าในสภาวะใดที่เซลล์ R แปรสภาพเป็นเซลล์ S เมื่อนำมาเลี้ยงบนอาหารแข็งโดยไม่ต้องฉีดเข้าไปในหนูเซลล์ R ที่มีชีวิต + สารจากเซลล์ S ที่ผ่านการฆ่าด้วยความร้อน เซลล์ R แปรสภาพเป็น S
เซลล์ R ที่มีชีวิต + สารสกัดบริสุทธิ์จากเซลล์ S เซลล์ R แปรสภาพเป็น S
เซลล์ R ที่มีชีวิต + สารสกัดบริสุทธิ์จากเซลล์ S + เอนไซม์ย่อยโปรตีน เซลล์ R แปรสภาพเป็น S
เซลล์ R ที่มีชีวิต + สารสกัดบริสุทธิ์จากเซลล์ S + เอนไซม์ย่อยอาร์เอ็นเอ เซลล์ Rแปรสภาพเป็น S
เซลล์ R ที่มีชีวิต + สารสกัดบริสุทธิ์จากเซลล์ S + เอนไซม์ย่อยดีเอ็นเอ เซลล์ R แปรสภาพเป็น Sนอก

จากนี้ยังมีการทดลองอื่นๆ ที่ยืนยันตรงกันว่า DNA เป็นสารพันธุกรรม ต่อมาได้มีการค้นพบว่า DNA เป็นสารพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตทั่วไปทั้ง คน สัตว์ พืช โพทิสต์ แบคทีเรีย ไวรัส และยังพบว่า RNA เป็นสารพันธุกรรมในไวรัสบางชนิด เช่น ไวรัสที่ทำให้เกิดโรคใบด่างในใบยาสูบ ไวรัสที่เป็นสาเหตุของโรคโปลิโอ เอดส์ ซาร์ส ไข้หวัดนก และโรคมะเร็งบางชนิด เป็นต้นดังนั้นจึงถือได้ว่าผลการทดลองของกริฟฟิท แอเวอรี่และคณะ เป็นจุดเริ่มต้นที่นำไปสู่ข้อสรุปที่สำคัญเป็นอย่างมากก็คือ ยีนหรือสารพันธุกรรมซึ่งทำหน้าที่ถ่ายทอดลักษณะของสิ่งมีชีวิตไปสู่รุ่นต่อๆ ไปนั้น เป็นสารชีวโมเลกุลขนาดใหญ่มีชื่อว่า DNA นั่นเอง และจากการศึกษาของนักวิทยาศาสตร์ในระยะต่อมาพบว่า DNA มีส่วนที่ควบคุม ลักษณะทางพันธุกรรมและส่วนที่ไม่ได้ควบคุมลักษณะทางพันธุกรรม DNA ส่วนที่ควบคุมลักษณะทางพันธุกรรม เรียกว่า ยีน ดังนั้นหน่วยพันธุกรรมที่เมนเดลเรียกว่าแฟกเตอร์ ก็คือยีนซึ่งอยู่ที่โครโมโซมนั้นเอง

2.2.2 โครโมโซม

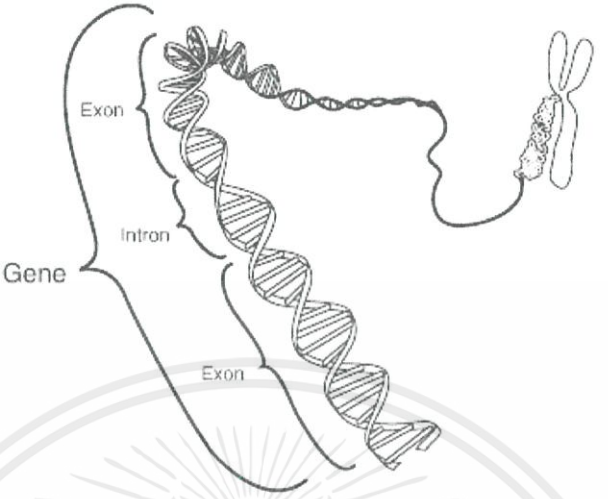
หน่วยพันธุกรรม (Gene)

หน่วยพันธุกรรม หรือ ยีน คือ ส่วนหนึ่งของโครโมโซม (Chromosome segment) ที่ถอดรหัส (encode) ได้เป็นสายโพลีเปปไตด์หนึ่ง สายที่ทำงานได้ (single functional polypeptide) หรือได้เป็นอาร์เอ็นเอ ยีน ประกอบด้วย ส่วนที่สามารถถอดรหัสเป็นอาร์เอ็นเอได้ เรียกว่า exon และบริเวณที่ไม่สามารถถอดรหัสได้ เรียกว่า intron

มัลติเปิลอัลลีนส์ (Multiple alleles) คือ กลุ่มของอัลลีลส์ที่มียีนควบคุมลักษณะ มากกว่า 2 แบบขึ้นไป ควบคุมลักษณะใดลักษณะหนึ่งของสิ่งมีชีวิต กฎของเมนเดลสามารถใช้ทำนายโอกาสที่จะเกิดหมู่เลือด หมู่ใดหมู่หนึ่งได้

เนื่องจากในโครโมโซมแต่ละแท่งมียีนอยู่มากมาย ถ้ากลุ่มของยีนที่อยู่บนโครโมโซมเดียวกันถูกถ่ายทอดไปพร้อมกันโดยไม่แยกตัวไปรวมกลุ่มกันอย่างอิสระตามกฎข้อที่ 2 ของเมนเดล ยีนเหล่านี้เรียกว่า ยีนที่เกี่ยวเนื่องกัน หรือ ลิงก์ยีน (linked gene)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.2 ภาพหน่วยพันธุกรรม (Gene)
ที่มา upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/07/Gene.png

ยีนสามารถเป็นได้ทั้ง ดีเอ็นเอ หรือว่า อาร์เอ็นเอ ก็ได้ แต่ในสิ่งมีชีวิตชั้นสูงนั้นจะเป็นดีเอ็นเอหมดเพราะเสถียรมากเหมาะแก่การ เก็บข้อมูล ขณะที่อาร์เอ็นเอ จะพบในพวกไวรัส ยีนทั้งหมดของสิ่งมีชีวิตหรือเซลล์จะรวมเรียกว่า จีโนม และโครงสร้างของจีโนมในพวกโพรคารีโอตและยูคารีโอตจะแตกต่างกัน ถ้ายีนเกิดผิดไปจากปกติเรียกว่า การกลายพันธุ์ ซึ่งเกิดเองตามธรรมชาติหรือถูกกระตุ้นให้เกิดก็ได้ โดยส่วนมากแล้วเมื่อยีนเกิดผิดปกติไปจะส่งผลเสียต่อสิ่งมีชีวิตนั้นมากกว่า ผลดี เช่น ในคนสามารถทำให้ป่วย เจ็บไข้ หรือถึงแก่ชีวิตได้ โรคที่เกิดจากสาเหตุนี้เรียกว่า โรคทางพันธุกรรม ซึ่งจะถ่ายทอดไปยังรุ่นต่อไปหรือไม่ก็ได้การค้นหาหน้าที่ของยีนและกลไกการทำงานของยีน สามารถตรวจสอบได้จากผลิตผลหรือลักษณะต่างๆ ที่เป็นการแสดงออกของยีนนั้นในสิ่งมีชีวิตที่ทำการศึกษา

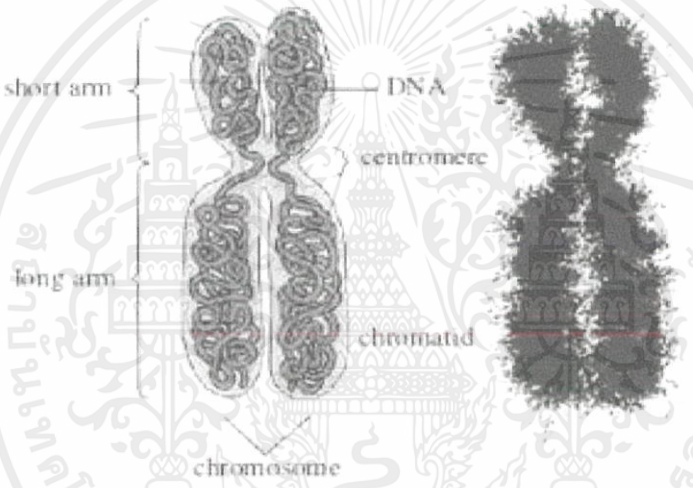
โดยเปรียบเทียบระหว่างยีนปกติกับยีนที่ทำงานผิดไปจากเดิม หรือยีนกลาย (mutated gene) จากการสกัดแยกยีนที่สนใจออกมาจากสิ่งมีชีวิต ทำการชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ และนำมาส่งถ่ายกลับเข้าไปในเซลล์ปกติ แล้วตรวจดูผลที่เกิดขึ้น ทำให้ทราบว่ายีนนั้นทำงานหรือควบคุมการแสดงออกของลักษณะทางพันธุกรรมอะไร นอกจากนี้ ยังสามารถทำการดัดแปลงยีนให้สร้างผลิตผลตามต้องการได้โดยอาศัยเทคโนโลยีการตัดต่อยีน ด้วยวิธีการดัดแปลงหรือปรับปรุงชิ้นส่วนดีเอ็นเอหรือยีนให้เป็นไปตามที่ต้องการ แล้วทำการส่งถ่ายยีนเข้าสู่สิ่งมีชีวิต เป้าหมายเพื่อสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรม หรือ GMOs (Genetically Modified Organisms) ต่อไปการนำวิธีการด้านเทคโนโลยีชีวภาพต่างๆ มาใช้ เพื่อศึกษาทางด้านยีนและด้านพันธุกรรม ได้แก่ การสกัดแยกดีเอ็นเอออกจากเซลล์ การตัด ต่อ รวมทั้งการดัดแปลง ชิ้นส่วนดีเอ็นเอ การเพิ่มปริมาณยีนหรือการโคลน ยีน (gene cloning) การเพาะเลี้ยงเซลล์และการเพาะ-เลี้ยงเนื้อเยื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครโมโซม (Chromosome)

สิ่งมีชีวิตประกอบด้วยหน่วยพื้นฐานที่สำคัญ ก็คือ เซลล์ เซลล์มีส่วนประกอบที่สำคัญได้แก่ เยื่อหุ้มเซลล์ ไซโตพลาสซึม นิวเคลียส

ภายในนิวเคลียสจะมีองค์ประกอบที่สำคัญชนิดหนึ่งที่ทำหน้าที่ควบคุมลักษณะของ สิ่งมีชีวิต เรียกว่า โครโมโซม โครโมโซมมีองคประกอบเป็นสารเคมีประเภทโปรตีน และกรดนิวคลีอิก ขณะแบ่งเซลล์โครโมโซมจะมีรูปร่างเปลี่ยนแปลงไป มีชื่อเรียกตามรูปร่างลักษณะที่เปลี่ยนลักษณะของโครโมโซม



ภาพที่ 2.3 โครงสร้างของโครโมโซม (Chromosome)

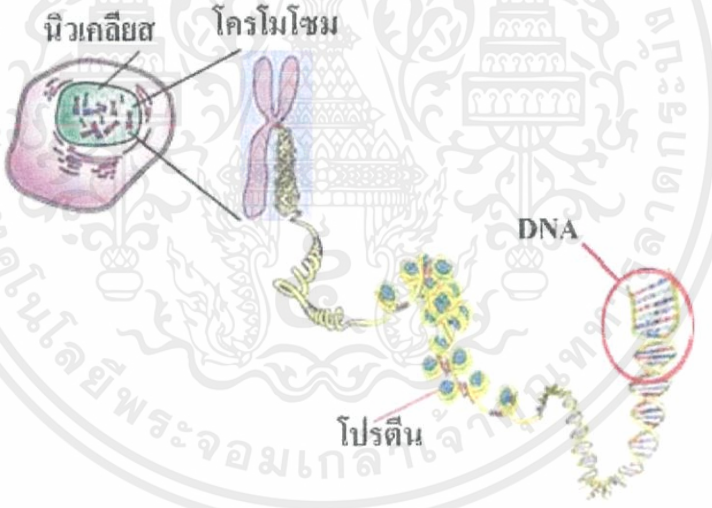
ที่มา http://www.bloggang.com/mainblog.php?id=thep-sathit&month=23-09-2010&group=1&gblog=3

ในภาวะปกติเมื่อมองผ่านกล้องจุลทรรศน์จะเห็นโครโมโซมมีลักษคล้ายเส้นด้ายบางๆ เรียกว่า “โครมาติน (chromatin)” ขดตัวอยู่ในนิวเคลียส เมื่อเซลล์เริ่มแบ่งตัว เส้นโครมาตินจะหดตัวสั้นเข้ามีลักษณะเป็นแท่ง จึงเรียกว่า “โครโมโซม” แต่ละโครโมโซมประกอบด้วยแขนสองข้างที่เรียกว่า “โครมาทิด (chomatid)” ซึ่งแขนทั้งสองข้างจะมีจุดเชื่อมกัน เรียกว่า เซนโทรเมียร์(centromere) โครโมโซมเป็นโครงสร้างที่อยู่ในนิวเคลียสของเซลล์ ในขณะที่เซลล์ไม่แบ่งตัว โครโมโซมจะยืดยาวออกคล้ายๆ เส้นใยเล็กๆ สานกันอยู่ในนิวเคลียส เมื่อมีการแบ่งเซลล์จะมีการแบ่งโครโมโซม โดยโครโมโซมจะจำลองตัวเองขึ้นมา เป็นเส้นคู่ที่เหมือนกันทุกประการ แล้วค่อยๆ ขดตัวสั้นเข้า โครโมโซมก็จะโตมาก การศึกษาโครโมโซมจึงต้องศึกษา ในระยะแบ่งเซลล์ ถ้ามีเทคนิคในการเตรียมที่ดี ก็จะสามารถมองเห็นรูปร่างลักษณะของโครโมโซมจาก กล้องจุลทรรศน์ และอาจนับจำนวนโครโมโซมได้

โครโมโซม เป็นโครงสร้างที่อยู่ในนิวเคลียสของเซลล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในขณะที่เซลล์ไม่แบ่งตัวหรืออยู่ในระยะอินเตอร์เฟต (interphase)เราจะไม่เห็นโครโมโซมเนื่องจากโครโมโซม อยู่ในลักษณะเป็นเส้นใยเล็กๆสานกันอยู่ในนิวเคลียสเส้นใยนี้เรียกว่า โครมาทิน (Chromatin) แต่เมื่อเซลล์จะแบ่งตัวโครมาตินแต่ละเส้นจะแบ่งจาก1 เป็น 2 เส้น แล้วขดตัวสั้นเข้าและหนาขึ้นจนมองเห็น เป็นแท่งในระยะโพรเฟส และ เมทาเฟต และเรียกชื่อใหม่ว่า โครโมโซมทำให้เรามองเห็นรูปร่างลักษณะ และจำนวนโครโมโซมได้โครโมโซมที่เห็นได้ชัดในระยะเมทาเฟต ประกอบด้วย โครมาทิน 2 อัน ยึดติดกันตรงเซนโทรเมียร์ ส่วนของโครโมโซมที่ยื่นออกไปจากเซนโทรเมียร์ เรียกว่า แขน อันสั้นเรียกว่า แขนสั้น อันยาวเรียกว่าแขนยาว ในโครโมโซมบางอัน มีเนื้อโครโมโซมเล็กๆ ยึดติดกับส่วนใหญ่โดยเส้นเล็กๆ เรียกว่า เนื้อโครโมโซมเล็กๆ นั้นว่า stellite และเส้นโครโมโซมเล็กๆ นั้น เรียกว่า secondary constriction โครมาทิน เป็นสารนิวคลีโอโปรตีน ซึ่งก็คือ DNA สายยาวสายเดียวที่พันรอบโปรตีนที่ชื่อ ฮีสโทน (histone) เอาไว้ ทำให้รูปร่างโครมาทินคล้ายลูกปัดที่เรียงต่อๆ กัน แล้วมี DNA พันรอบลูกปัดนั้น ในเซลล์ทั่วๆ ไป เมื่อย้อมสีเซลล์ ส่วนของโครมาทินจะติดสีได้ดีและมองดูคล้ายตาข่างละเอียดๆ จึงเห็นนิวเคลียสชัดเจน



ภาพที่ 2.4 ส่วนประกอบของโครโมโซม
ที่มา www.il.mahidol.ac.th/course/dna/chapter/chapt

ถ้าหากจะประมาณสัดส่วนระหว่าง DNA และโปรตีนที่เป็นองค์ประกอบของโครโมโซมของยูคาริโอต จะพบว่าประกอบด้วย DNA 1 ใน 3 และอีก 2 ใน 3 เป็นโปรตีน โดยส่วนที่เป็นโปรตีนจะเป็น ฮิสโตน (histone) และนอนฮิสโตน(non-histone) อย่างละประมาณเท่าๆกัน ในปี พ.ศ. 2427 นักวิทยาศาสตร์พบว่าฮิสโตนเป็นโปรตีนที่มีองค์ประกอบ ส่วนใหญ่เป็นกรดอะมิโนที่มีประจุบวก(basic amino acid) เช่น ไลซีน และอาร์จินีนทำให้มีสมบัติในการเกาะจับกับสาย DNA ซึ่งมีประจุลบได้เป็นอย่างดี และทำให้เกิดการสร้าง สมดุลของประจุ(neutralize)ของโครมาทินด้วยสาย DNA **2.2 ยีน2.2**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอนไซม์ที่ใช้ดัดแปลงดีเอ็นเอ

เอนไซม์ตัดจาเพาะและดีเอ็นเอไลเกส (DNA ligase) ใช้ในการตัดและต่อซึ่งจะจาเป็นในการผลิตดีเอ็นเอสายผสม นอกจากนี้ยังมีเอนไซม์ที่ใช้ดัดแปลงดีเอ็นเอ เกี่ยวข้องกับการย่อย (degradation) การสังเคราะห์ (synthesis) และการแลกเปลี่ยนดีเอ็นเอ (alteration)

1. เอนไซม์นิวคลีเอส (nuclease) ย่อยสลายกรดนิวคลีอิกโดยการทาลายพันธะฟอสฟอไดเอสเทอร์ บอนด์ (phosphodiester bond) เอนไซม์ตัดจาเพาะเป็นตัวอย่างที่ดีของเอนโดนิวคลีเอส (endonuclease) ที่ใช้ในการตัดสายดีเอ็นเอ กลุ่มที่สองของนิวคลีเอสจะย่อยสลายดีเอ็นเอจากปลายของโมเลกุลดีเอ็นเอเรียกว่า เอกซ์โซนิวคลีเอส (exonuclease) เอนไซม์นิวคลีเอส มีสี่ชนิดที่ใช้ในพันธุวิศวกรรม Bal 31 และ เอกซ์โซนิวคลีเอส 3 (exonuclease III,exonuclease) และ เอนไซม์ดีออกซีไรโบนิวคลีเอส หนึ่ง (deoxyribonuclease I , Dnase I) และเอนไซม์ เอส วัน นิวคลีเอส (S1 – nuclease (endonuclease)) เอนไซม์กลุ่มนี้มีความหลากหลายในการทางาน นอกจากนี้ยังมีเอนไซม์ไรโบนิวคลีเอส (ribonuclease) ซึ่งจะมีผลต่ออาร์เอ็นเอ

2. เอนไซม์พอลีเมอเรส (polymerase) ใช้ในการสังเคราะห์โมเลกุลกรดนิวคลีอิก และใช้ในกระบวนการพันธุวิศวกรรม เอนไซม์พอลีเมอเรส อยู่ในเทอม DNA-dependent หรือ RNA-dependent ซึ่งจะบ่งชี้ถึงกรดนิวคลีอิกที่ใช้เป็นแม่พิมพ์ ดังนั้น เอนไซม์ DNA – dependent DNA polymerase จะสร้าง ดีเอ็นเอโดยใช้ดีเอ็นเอเป็นแม่พิมพ์ ส่วนเอนไซม์ RNA – dependent DNA polymerase จะสร้าง ดีเอ็นเอโดยใช้อาร์เอ็นเอเป็นแม่พิมพ์ และเอนไซม์ DNA – dependent RNA polymerase จะสร้าง อาร์เอ็นเอโดยใช้ดีเอ็นเอเป็นแม่พิมพ์ ทิศทางการสังเคราะห์สารพันธุกรรมสายใหม่ จาก 5 ไป 3 โดยการเกิดพันธะฟอสฟอไดเอสเทอร์ บอนด์ขึ้นที่ปลาย 3 OH เอนไซม์ดีเอ็นเอพอลีเมอเรส วัน (DNA polymerase I) มีคุณสมบัติพอลีเมอเรส จากปลายห้าไปสาม และ การย่อยสลายสายดีเอ็นเอจากปลายสามไปห้า (3,5 exonuclease) และย่อยสลายสายดีเอ็นเอจากปลายห้าไปสาม (5,3 exonuclease) ซึ่งจะย่อยสลายสายที่ไม่ใช่แม่พิมพ์ นอกจากนี้ยังเกี่ยวกับปฏิกิริยา นิก ทรานสเลชัน ที่ใช้ในการติดฉลากดีเอ็นเอ เอนไซม์ดีเอ็นเอ พอลีเมอเรส วันที่ไม่มีกิจกรรมการย่อยสลายสายดีเอ็นเอจากปลายห้าไปสาม เรียกว่า คลีนาว แฟกเมนต์ (Klenow fragment) ซึ่งยังมีคุณสมบัติการพอลีเมอเรสและย่อยสลายสายดีเอ็นเอจากปลายสามไปห้า เอนไซม์คลีนาว แฟกเมนต์ ใช้ในการสร้างดีเอ็นเอสายใหม่โดยใช้ดีเอ็นเอสายเดี่ยวเป็นแม่พิมพ์ เพราะว่าคุณสมบัติ การย่อยสลายสายดีเอ็นเอจากปลายห้าไปสาม ขาดหายไป เอนไซม์นี้ไม่สามารถย่อยสายที่ไม่ใช่แม่พิมพ์ของสายคู่ระหว่างการสังเคราะห์ดีเอ็นเอสายใหม่ จุดหลักในการใช้เอนไซม์คลีนาว แฟกเมนต์ เกี่ยวข้องกับการติดฉลากกัมมันตภาพรังสีและการหาลาดับเบส เอนไซม์อีกตัวหนึ่งที่อยู่ในกลุ่มนี้และมีความสาคัญมากคือ เอนไซม์รีเวอรส์ ทรานสเครปเทส (reverse transcriptase) เป็นเอนไซม์ RNA – dependent DNA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอนไซม์รีเวอรส์ ทรานสเครปเทส (reverse transcriptase) เป็นเอนไซม์ RNA – dependent DNA polymerase จะสร้าง ดีเอ็นเอโดยใช้อาร์เอ็นเอเป็นแม่พิมพ์ ไม่มีคุณสมบัติเอกซ์โซนิวคลีเอส (exo-nuclease activity) เอนไซม์ตัวนี้ใช้ประโยชน์ในการใช้ mRNA เป็นแม่พิมพ์เพื่อสร้างเป็น ซีดีเอ็นเอ (cDNA , complementary DNA)

เอนไซม์ที่ใช้ในการดัดแปลงปลายโมเลกุลดีเอ็นเอ

ได้แก่ เอนไซม์อัลคาไลน์ ฟอสฟาเทส (alkaline phosphatase) เอนไซม์โพลีนิวคลีโอไทด์ ไคเนส (polynucleotide kinase) และเอนไซม์เทอมินอล ทรานสเฟอเรส (terminal transferase) เอนไซม์ฟอสฟาเทสและไคเนสจะมีความเกี่ยวข้องกับการกาจัดและการเติม กลุ่มฟอสเฟต เอนไซม์แบคทีเรีย อัลคาไล ฟอสฟาเทส (BAP : Bacteria alkaline phosphatase ซึ่งจะใกล้เคียงกับ Calf intestinal alkaline phosphatase , CIP) จะกาจัดหมู่ฟอสเฟตจากปลายห้าของดีเอ็นเอ และทาให้ปลายห้า เป็นหมู่ OH เอนไซม์นี้ใช้ในการป้องการไลเกชัน (ligation) กันเองของโมเลกุลดีเอ็นเอ เอนไซม์อีกตัวหนึ่งคือเอนไซม์โพลีนิวคลีโอไทด์ ไคเนส ใช้ในการเติมสารกัมมันตภาพรังสีฟอสเฟตเข้าที่ปลายห้าของสายดีเอ็นเอ

เอนไซม์เทอมินอล ทรานสเฟอเรส (terminal transferase / terminal deoxynucleoti-dyl transferase) จะทาการเติมนิวคลีโอไทด์เข้าที่ปลายสาม เอนไซม์นี้สามารถเติมหางแบบโฮโมโพลีเมอร์ เทลลิ่ง (homopolymer tailing)

ดีเอ็นเอ ไลเกส

เอนไซม์ดีเอ็นเอ ไลเกส (DNA ligase) เป็นเอนไซม์ในเซลล์ มีหน้าที่ในการซ่อมพันธะ ฟอสฟอไดเอสเทอร์บอนด์ ระหว่างดีเอ็นเอริพพลิเคชัน เอนไซม์ที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ ทีสี่ ดีเอ็นเอ ไลเกส (T4 DNA ligase) ซึ่งแยกจาก E. coli ที่ติดเชื้อ แบคเทอริโอฟาจ ที่สี่ (T4) เอนไซม์นี้สามารถเชื่อมทั้งปลายเหนียวและปลายทู่ ภายใต้ภาวะเหมาะสม เอนไซม์นี้จะทางานได้ดีที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส แต่อาจจะใช้อุณหภูมิต่า (14-15 องศาเซลเซียส) ในการป้องกันการเสียสภาพของบริเวณคู่เบสที่สั้น ที่เป็นปลายเหนียว

การถ่ายยีนเข้าสู่สิ่งมีชีวิต

โมเลกุลดีเอ็นเอลูกผสมจะถูกสร้างในหลอดทดลอง โดยใช้เวกเตอร์ (vector) เป็นโมเลกุลพาหะ และนาเข้าสู่สิ่งมีชีวิตหรือเซลล์เจ้าบ้าน (host cell) ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงชนิดของเซลล์เจ้าบ้านและระบบเวกเตอร์และการถ่ายยีนเข้าสู่เซลล์หรือสิ่งมีชีวิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดของเซลล์เจ้าบ้าน

ชนิดของเซลล์เจ้าบ้านใช้สาหรับการประยุกต์ขึ้นกับวัตถุประสงค์ของการทาการทดลองโคลนนิ่ง ถ้าจุดประสงค์เพื่อแยกยีนและการวิเคราะห์โครงสร้าง ต้องการระบบง่ายๆ แต่ถ้าเป็นจุดประสงค์เพื่อการแสดงออกของสารพันธุกรรม ระบบที่ซับซ้อนกว่า

1. เซลล์เจ้าบ้านชนิดโปรคารีโอติก ความคิดเกี่ยวกับเซลล์เจ้าบ้านก็คือง่ายต่อการจัดการและขยายพันธุ์รวดเร็ว เป็นสายพันธุ์ที่มีการศึกษาพันธุกรรมของสายพันธุ์อย่างชัดเจน และใช้ได้กับหลากหลายเวกเตอร์ แบคทีเรียชื่อว่า Escherichia coli ใช้ในวิธีการโคลน E. coli ได้ถูกศึกษารายละเอียดทางพันธุ-ศาสตร์ทางจุลินทรีย์ และเป็นฐานที่สาคัญทางพันธุวิศวกรรม แบคทีเรีย E. coli เป็นแบคทีเรียแกรมลบ และมีโครโมโซมเดียว (single chromosome) ที่เรียกว่า นิวคลีออยด์ (nucleoid) มีขนาดจีโนม 4.6 x 106 คู่เบส และรู้รายละเอียดลาดับเบสทั้งหมดแล้ว กระบวนการแสดงออก (ถอดรหัสและแปลรหัส) เกิดขึ้นพร้อมกัน ไม่มีกระบวนการโพส ทรานสเครปชัน ม็อดดิฟิเคชัน (post-transcription modification) แบคทีเรีย E. coli เป็นเซลล์เจ้าบ้านที่ง่ายและใช้เป็นประจาในห้องปฏิบัติการ นอกจากมีการใช้ แบคทีเรีย E. coli สาหรับการทายีน โคลนนิ่ง แล้วยังมีเซลล์เจ้าบ้านที่เป็นแบคทีเรีย Bacillus , Pseudomonas และ Streptomyces แต่จุดเริ่มต้นมักจะทาการโคลนยีนใน แบคทีเรีย E. coli ก่อนแล้วค่อยแยกลาดับเบสที่ต้องการให้บริสุทธ์ แล้วนาไปใส่ในเซลล์เจ้าบ้านเป้าหมาย เพราะฉะนั้นต้องใช้ดีเอ็นเอหรือเวกเตอร์ที่ทางานได้ทั้งในเซลล์เจ้าบ้านเป้าหมายและแบคทีเรีย E. coli เรียกเวกเตอร์ชนิดนี้ว่า ชัทเตอร์ เวกเตอร์ (shuttle vector)

2. เซลล์เจ้าบ้านยูคารีโอติก เช่น ยีสต์ (yeast) และสาหร่าย (algae) หรือเซลล์ที่มาจากสิ่งมีชีวิตที่มีหลายเซลล์และมีความซับซ้อน เซลล์จุลินทรีย์มีลักษณะที่เด่นในแบคทีเรียและนามาใช้ในกระบวนการพันธุวิศวกรรม คือเจริญเติบโตง่ายและรวดเร็ว พร้อมกันนั้นยังมีการกลายพันธุ์ เซลล์ยูคารีโอติกชั้นสูงมีปัญหาที่แตกต่างและต้องการการแก้ปัญหาที่พิเศษ จุดประสงค์ของการทดลองทางพันธุวิศวกรรมในพืชชั้นสูงและสัตว์ ทาให้มีพันธุกรรมเปลี่ยนแปลงไป โดยเรียกว่า ทรานสเจนนิก (trans-genic) ยีสต์ชนิดที่เรียกว่า Saccharomyces cerevisiae เป็นหนึ่งในยูคารีโอตที่ใช้ในพันธุวิศวกรรม ในศตวรรษที่แล้วยังใช้ในการผลิตขนมปังและเบียร์ ยีสต์เป็นสิ่งมีชีวิตที่ใช้ในการวิเคราะห์พันธุกรรมแบบเก่าและมีการกลายพันธุ์ ยีสต์ Saccharomyces cerevisiae มีจีโนมซับซ้อนกว่า E. coli 3.5 เท่า นอกจากนี้ยังมีฟังก์ไจชนิดอื่นๆที่มีการศึกษาจีโนมและใช้ในการทดลองพันธุวิศวกรรม เช่น Aspergillus nidulans และ Neurospora crassa เซลล์พืชและสัตว์ใช้เป็นเซลล์เจ้าบ้านสาหรับการทดลองจัดการยีน เซลล์เดียวเช่น สาหร่าย Chlamydomonas reinbardtii มีโครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์พืช เซลล์พืชและเซลล์สัตว์จะสามารถโตได้โดยการเพาะเลี้ยงเซลล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวกเตอร์หรือดีเอ็นเอพาหะ

เวกเตอร์ (vector) หรือดีเอ็นเอพาหะมีหน้าที่สาคัญในการพาดีเอ็นเอหรือยีนเป้าหมายเข้าสู่เซลล์เจ้าบ้าน การที่จะเลือกใช้เวกเตอร์ประเภทใดก็จะขึ้นกับขนาดของชิ้นยีนและชนิดของเซลล์เจ้าบ้าน

1. เวกเตอร์สาหรับเซลล์โปรคารีโอติก) คือ พลาสมิด (plasmid) พลาสมิดเป็นโมเลกุลดีเอ็นเอขนาดเล็ก ง่ายต่อการแยกและจัดการและที่สาคัญต้องมีจุดจาลองตัวเอง (origin of replication) คือ สามารถก็อปปี้และยังคงอยู่ในประชากรของเซลล์และเจริญในเซลล์เจ้าบ้านและแบ่งตัวได้ พลาสมิดยังมีส่วนที่สาคัญอีกส่วนหนึ่งคือยีนเครื่องหมาย (selectable marker) ใช้ในการตรวจสอบเวกเตอร์ เวกเตอร์จะต้องมีบริเวณจดจาของเอนไซม์ตัดจาเพาะอย่างน้อยหนึ่งชนิดที่จะทาให้ดีเอ็นเออื่นๆแทรกเข้าไปเพื่อผลิตเป็นรีคอมบิแนนท์

พลาสมิดเป็นสิ่งที่พบในธรรมชาติ เช่น ในแบคทีเรียและยีสต์บางชนิด มีลักษณะเป็นโมเลกุลดีเอ็นเอวงกลม (circular DNA molecule) ขนาดเล็กเมื่อเปรียบเทียบกับโครโมโซม พลาสมิดจะอยู่นอกโครโมโซม (extrachromosome) พลาสมิดปกติจะไม่มีความจาเป็นต่อการเจริญและการแบ่งเซลล์ แต่มีคุณสมบัติในการต้านยาปฏิชีวนะ (antibiotic resistance) ในเซลล์เจ้าบ้าน ยีนต้านยาปฏิชีวนะ (antibiotic resistance gene) จะอยู่บนพลาสมิด (pDNA , plasmid DNA) ใช้เป็นเวกเตอร์ในกระบวนการพันธุวิศวกรรมและสะดวกในการคัดเลือกเซลล์ที่ได้รับพลาสมิด

พลาสมิดสามารถจะแบ่งได้สองชนิด ได้แก่ คอนจูเกตีฟ (conjugative) และนอน-คอนจูเกตีฟ (non-conjugative) พลาสมิดคอนจูเกท สามารถถ่ายเทระหว่างแบคทีเรียโดยกระบวนการคอนจูเกชัน โดยการต้องการหน้าที่ โดยบริเวณ ทราน (tra , transfer)และ ม็อบ (mob , mobilising) บนพลาสมิด สาหรับนอน-คอนจูเกตีฟพลาสมิด จะไม่การจัดจาแนกเป็นฐานจานวนก็อปปี้ของพลาสมิดที่พบในเซลล์เจ้าบ้าน จะรู้จักในนามจานวนก็อปปี้ พลาสมิดจานวนก็อปปี้จานวนต่า แสดงออกแบบสตริงเจน (stringent control) ของการจาลองตัวเอง การจาลองของพลาสมิด pDNA ปิด พลาสมิดที่มีจานวนก็อปปี้จานวนมาก จะอยู่ในรูปของ รีแลกซ์ พลาสมิด (relaxed plasmid) กับการจาลองตัวเองของดีเอ็นเอจะไม่ขึ้น กับโครโมโซมของเซลล์เจ้าบ้านที่จาลองตัวเอง พลาสมิดคอนจูเกตีฟมีขนาดใหญ่และจาลองตัวเองแบบสตริงเจน และมีจานวนก็อปปี้จานวนต่า ในขณะที่พลาสมิดนอน-คอนจูเกตีฟมีขนาดเล็กและจาลองตัวเองแบบรีแลกซ์ซึ่งมีจานวนก็อปปี้สูง สาหรับกระบวนการพันธุวิศวกรรมพลาสมิดที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติได้ถูกดัดแปลงเพื่อผลิตเป็นเวกเตอร์ ในนาม p และตามด้วยนามคนที่แยกและประดิษฐพลาสมิด และตามด้วยจานวนที่ใช้ในการจัดจาแนก ความสาคัญของพลาสมิดในประวัติศาสตร์ที่ใช้ในการจัดการยีน คือ pBR322 ซึ่งถูกพัฒนาโดย ฟรานซิสโก โบลิวา (Francisco Bolivar) และคณะ การสร้าง pBR322 จะเกี่ยวข้องกับมวลโมเลกุลต่า ยีนต้านยาปฏิชีวนะ มีจุดจาลองตัวเองและมีบริเวณจุดตัดของเอนไซม์ตัดจาเพาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การนำดีเอ็นเอเข้าสู่เซลล์

การจัดการเวกเตอร์และชิ้นดีเอ็นเอที่ใส่ (insert DNA) จะผลิตโมเลกุลลูกผสม ซึ่งจะเกิดในหลอดทดลองและนาดีเอ็นเอลูกผสมเข้าสู่เซลล์เจ้าบ้าน ประสิทธิภาพของขั้นตอนนี้จะเป็นปัจจัยวิกฤตในการวัดความสาเร็จของการทดลองการโคลน ซึ่งต้องการจานวนรีคอมบิแนนท์จานวนมาก วิธีการนาดีเอ็นเอเข้าสู่เซลล์ขึ้นกับชนิดของเซลล์เจ้าบ้าน /ระบบเวกเตอร์

สำหรับการนาริคอมบิแนนท์ดีเอ็นเอเข้าสู่เซลล์ ในการโคลนของ E. coli การทรานสฟอร์เมชันหมายถึงการนาพลาสมิดดีเอ็นเอเข้าเซลล์ และการทรานสแฟกชันคือการนาฟาจดีเอ็นเอเข้าเซลล์ การทรานสฟอร์เมชันโดยทั่วๆไปหมายถึงการนาดีเอ็นเอใดๆ เข้าสู่เซลล์ใดๆ ก็ได้ การทรานสฟอร์เมชันในแบคทีเรียค้นพบครั้งแรก ในปีค.ศ. 1928 โดยเฟรดเดอริก กริฟฟิท (Frederick Griffith)ได้ค้นพบ หลักการทรานสฟอร์มิ่ง (transforming principle) โดยการทดลองดังนั้นจึงเป็นทางที่แสดงว่ายีนอยู่ในดีเอ็นเอต่อมาในปี ค.ศ. 1970 มีการสาธิตการทรานสฟอร์เมชันใน E. coli ซึ่งเป็นหลักของเทคโนโลยีการจัดการยีน(gene manipulation technology)หรือพันธุวิศวกรรม การทรานสฟอร์เมชันใน E. coli เซลล์จะต้องทาเป็นเซลล์คอมพลีเทน (completent) โดยการแช่เซลล์ในสารละลายคัลเซียมคลอไรด์ (calcium chloride) ที่เย็น การทรานสฟอร์เมชันคอมพลีเทนเซลล์ โดยการผสมพลาสมิดดีเอ็นเอกับเซลล์ บ่มไว้ (incubating) บนน้าแข็ง 20-30 นาที และให้ความร้อนกระทั่งหัน (heat shock)ที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที ทาให้ดีเอ็นเอเข้าสู่เซลล์เซลล์ทรานสฟอร์มจะถูกบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60-90 นาที ในอาหารเหลว เพื่อกระตุ้นลักษณะภายนอกให้แสดงออก หลังจากนั้นก็กระจายเชื้อในจานอาหารคัดเลือก

การทรานสฟอร์เมชันเป็นเทคนิคที่จาเป็นและต้องการผลผลิต 109 เซลล์ทรานสฟอร์แมนท์ (transformants) ต่อไมโครกรัมดีเอ็นเอ (µg DNA) แต่ในทางปฏิบัติมักจะได้ประสิทธิภาพต่ากว่าคือประมาณ 106 เซลล์ทรานสฟอร์แมนท์ ต่อไมโครกรัมดีเอ็นเอ การทรานสแฟกชันคล้ายการทรานสฟอร์เมชัน แตกต่างโดยมีฟาจดีเอ็นเอแทนพลาสมิดดีเอ็นเอและใช้เซลล์สัตว์เป็นเจ้าบ้านส่วนสารเคมีที่ทาให้เซลล์สัตว์เป็นรูคือแคลเซียมฟอสเฟต (calcium phosphate)

ทรานสดักชัน (transduction) หรือการบรรจุฟาจดีเอ็นเอในหลอดทดลอง (packaging phage DNA in vitro) ระหว่างวัฏจักรไลติก (lytic cycle) ฟาจแลมบ์ดา ฟาจดีเอ็นเอจะจาลองในระบบที่เรียกว่า คอนคาทาเมอร์ (concatemer) โมเลกุลดีเอ็นเอจะยาวประกอบด้วยก็อปปี้ของจีโนมแลมบ์ดา เชื่อมกับบริเวณคอส (cos site) เมื่อดีเอ็นเอของฟาจ (phage DNA) รวมกับเปลือกหุ้มที่เรียกว่าแคปซิส (capsid) การตัดดีเอ็นเอที่บริเวณคอสจะใช้เอนไซม์เอนโด นิวคลีเอสของฟาจ (phage – encoded endonuclease) ฟาจที่โตเต็มที่ จะทาให้เซลล์เจ้าบ้านแตกสลาย และสามารถไปบุกรุกเซลล์เจ้าบ้านตัวอื่น กระบวนการนี้จะเกิดในสิ่งมีชีวิต (in vivo) มีความเป็นไปได้ที่จะทากระบวนการนี้ในหลอดทดลอง สามารถที่จะนารีคอมบิแนนท์ดีเอ็นเอเข้าสู่อนุภาคฟาจ กระบวนการบรรจุในหลอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทางเลือกของวิธีการถ่ายดีเอ็นเอ (Alternative DNA delivery methods) วิธีการเหนี่ยวนาดีเอ็นเอเข้าสู่เซลล์แบคทีเรียไม่ง่ายในการถ่ายยีนเข้าสู่เซลล์ชนิดอื่นๆ ระบบฟาจไม่สามารถใช้กับระบบอื่น และการทรานสฟอร์เมชันโดยวิธีปกติอาจจะมีความเป็นไปได้น้อยหรือไม่ได้เลย อย่างไรก็ตาม มีวิธีอื่นในการเหนี่ยวนาดีเอ็นเอเข้าสู่เซลล์ ปัญหาส่วนใหญ่ในการถ่ายดีเอ็นเอเข้าสู่เซลล์ที่ไม่ใช่แบคทีเรียเช่น เซลล์พืช เซลล์สัตว์ โดยเซลล์พืชจะมีผนังเซลล์ ขวางการถ่ายดีเอ็นเอ ต้องทาการเอาผนังเซลล์ออกโดยใช้เอนไซม์ย่อยสลายผนังเซลล์ เช่น เอนไซม์เซลลูเลส (ellulose) เรียกเซลล์พืชที่ไม่มีผนังเซลล์ว่า โปรโตพลาสต์ (protoplast)โปรโตพลาสต์ สามารถที่จะใช้ถ่ายยีนโดยเทคนิคอิเล็กโทรพอเรชัน (electroporation) คือการใช้กระแสไฟฟ้าทาให้เกิดรูชั่วคราวที่เยื่อหุ้มเซลล์และดีเอ็นเอก็จะผ่านเข้าไปในเซลล์ (ภาพที่ 3.21) โปรโตพ-ลาสต์สามารถที่จะเจริญเป็นต้นได้ (regenerate)โปรโตพลาสต์มีความสาคัญในการสร้างเซลล์พืชลูกผสม (hybrid plant cell) โดยกระบวนการหลอมโปรโตพลาสต์ (fusing protoplast)

โครงสร้างของ DNA

ปี พ.ศ. 2493 – 2494 เอ็ม เอช เอฟ วิลคินส์ (M. H.F Wilkins) และโรซาลินด์ แฟรงคลิน (Rosalind Franklin) นักฟิสิกส์ชาวอังกฤษ ศึกษาโครงสร้างของ DNA ในสิ่งมีชีวิตชนิดต่าง ๆ โดยใช้เทคนิค เอกซ์เรย์ดิฟแฟรกชัน (X-ray diffraction) ด้วยการฉายรังสีเอกซ์ผ่านผลึก DNA การหักเหของรังสีเอกซ์ทำให้เกิดภาพบนแผ่นฟิล์ม ได้ภาพถ่ายที่ชัดเจนมาก จากภาพถ่ายนี้นักฟิสิกส์แปลผลได้ว่าโครงสร้างของ DNA จากสิ่งมีชีวิตชนิดต่าง ๆ มีลักษณะที่คล้ายกันมาก คือ ประกอบด้วยพอลินิวคลีโอไทด์มากกว่า 1 สาย มีลักษณะเป็นเกลียว เกลียวแต่ละรอบมีระยะห่างเท่า ๆ กัน จากผลการศึกษาทำให้เข้าใจโครงสร้างทางกายภาพของ DNA

ปี พ.ศ. 2496 เจ ดี วอตสัน (J.D. Watson) นักชีวเคมีชาวอเมริกัน และ เอฟ คริก (F. Crick) นักฟิสิกส์ชาวอังกฤษ ได้เสนอแบบจำลองโครงสร้างโมเลกุลของ DNA ที่สมบูรณ์ที่สุด โดยรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ จากโครงสร้างทางเคมีของส่วนประกอบของโมเลกุล DNA จากผลการทดลองของชาร์กาฟฟ์ที่แสดงให้เห็นว่า DNA มีเบส A เท่ากับ T และ เบส C เท่ากับ G และภาพจากเทคนิคเอกซ์เรย์ดิฟแฟรกชันของผลึก DNA โดยนักฟิสิกส์นำความรู้ที่ได้มารวมกันเป็นแนวคิดเกี่ยวกับโครงสร้างของ DNA

จากข้อมูลของชาร์กาฟฟ์ ทำให้วอตสันและคริกพยายามหาพันธะเคมีที่จะเชื่อมพอลินิวคลีโอไทด์ 2 สายให้ติดกัน ต่อมาได้พบว่าพันธะดังกล่าวคือพันธะไฮโดรเจน ซึ่งเกิดขึ้นระหว่างคู่เบส แม้ว่าจะไม่แข็งแรง แต่เมื่อมีจำนวนมากก็จะมีความแข็งแรงพอที่จะยึดสายพอลินิวคลีโอไทด์2 สายให้เข้าคู่กันได้ และจากการศึกษาโครงสร้างของเบสทั้ง 4 ชนิด พบว่าระหว่างเบส A กับTสามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนได้ 2 พันธะ และระหว่างเบส C และ G เกิดได้ 3 พันธะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากนั้นวอตสันและคริกจึงสร้างแบบจำลอง DNA ตามแนวคิด โดยให้พอลินิวคลีโอไทด์ 2สาย เรียงสลับทิศกัน ปลาย 3 ของสายหนึ่งเข้าคู่กับปลาย 5 ของอีกสายหนึ่ง เบส A ของสายหนึ่งตรงกับเบส T ของอีกสายหนึ่ง และเบส C ของสายหนึ่งตรงกับเบส G ของอีกสายหนึ่งเสมอ จากนั้นจึงเสนอโครงสร้างโมเลกุลของ DNA ว่าประกอบด้วยพอลินิวคลีโอไทด์ 2 สาย เบสในแต่ละสายของ DNA ที่เป็น เบสคู่สม (complementary base pair) ยึดกันด้วยพันธะไฮโดรเจนโดยมีเบส A จับคู่กับเบส T และเบส C จับคู่กับเบส G โดยมีทิศทางจากปลาย 5 ไปยังปลาย 3 แต่สวนทางกันและพันกัน บิดเป็นเกลียวคู่ (double helix) เวียนขวาตามเข็มนาฬิกา เกลียวแต่ละรอบห่างเท่า ๆ กัน และมี คู่เบสจำนวนเท่ากัน

โครงสร้างเกลียวคู่ทำให้โครงสร้างของ DNA มีลักษณะคล้ายบันไดเวียน โดยมีน้ำตาลดีออกซีไรโบสจับกับหมู่ ฟอสเฟต เป็นราวบันได (backbones) และบันไดแต่ละขั้น คือ คู่เบส 1 คู่

โครงสร้างของ DNA ประกอบด้วยนิวคลีโอไทด์จำนวนมาก แม้ว่า DNA จะมีนิวคลีโอไทด์เพียง 4 ชนิด แต่โมเลกุลอาจประกอบด้วยนิวคลีโอไทด์หลายพันคู่จนถึงนับแสนคู่ ตัวอย่างเช่น ถ้า DNA ประกอบด้วยนิวคลีโอไทด์ 2 โมเลกุลเรียงกัน จะสามารถจัดเรียงให้แตกต่างกันได้ 16 แบบ (4) ดังนั้นถ้าโมเลกุล DNA ประกอบด้วยนิวคลีโอไทด์จำนวนมาก การเรียงลำดับของเบสก็จะแตกต่างกันมากด้วยเช่นเดียวกัน

ลักษณะทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่ง ๆ มีหลายลักษณะ และลำดับเบสของDNA ซึ่งเกิดจากเบสชนิดต่าง ๆ กันนั้นมีหลายรูปแบบก็น่าจะมากพอที่จะทำหน้าที่ควบคุมหรือกำหนดลักษณะพันธุกรรมต่าง ๆ ได้ สิ่งที่น่าสนใจก็คือ DNA กำหนดและควบคุมลักษณะทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตได้อย่างไร

สมบัติของของสารของพันธุกรรม

เมื่อวอตสันและคริกค้นพบโครงสร้างทางเคมีของ DNA ขั้นตอนต่อไปก็คือ การพิสูจน์และตรวจสอบว่าโครงสร้างของ DNA นี้ มีสมบัติเพียงพอที่จะเป็นสารพันธุกรรมได้หรือไม่ ซึ่งการที่จะเป็นสารพันธุกรรมได้นั้นย่อมต้องมีสมบัติสำคัญ คือ

ประการแรก ต้องสามารถเพิ่มจำนวนตัวเองได้โดยมีลักษณะเหมือนเดิมเพื่อให้สามารถถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมจากรุ่นพ่อแม่ไปยังรุ่นลูกได้

ประการที่สอง สามารถควบคุมให้เซลล์สังเคราะห์สารต่างๆเพื่อแสดงลักษณะทางพันธุกรรมให้ปรากฏ

ประการที่สาม ต้องสามารถเปลี่ยนแปลงได้บ้าง ซึ่งการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นอาจก่อให้เกิดลักษณะพันธุกรรมที่ผิดแปลกไปจากเดิมและเป็นช่องทางให้เกิดสิ่งมีชีวิตสปีชีส์ใหม่ๆขึ้น

หลักจากวอตสันและคริกได้เสนอโครงสร้างของ DNA แล้วในระยะเวลาเกือบ 10 ปีต่อมา จึงสามารถพิสูจน์ได้ว่า DNA มีสมบัติเป็นสารทางพันธุกรรม วอตสันและคริกจึงได้รับรางวัลโนเบลค้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลงานการค้นพบโครงสร้าง DNA ในปี พ.ศ. 2505 นับว่าเป็นความก้าวหน้าที่สำคัญยิ่งทางด้านวิทยาศาสตร์ และเป็นจุดเริ่มต้นให้กับนักวิทยาศาสตร์ที่จะค้นคว้าในระดับโมเลกุลต่อไป

การสังเคราะห์ DNA

วอตสันและคริกได้เสนอโครงสร้างของ DNA ว่าเป็น พอลินิวคลีโอไทด์ 2สายพันกันบิดเป็นเกียว ซึ่งเป็นโครงสร้างของ DNA ตามแบบจำลองนี้ได้นำไปสู่กลไกพื้นฐานของการสังเคราะห์ DNA หรือการจำลองตัวเองของ DNA โดยนักวิทยาศาสตร์ทั้งสองได้พยากรณ์กลไกจำลอง DNA ว่าเกิดขึ้นได้อย่างไร

ในปี พ.ศ. 2496 วอตสันและคริกได้พิมพ์บทความพยากรณ์การจำลองตัวของDNA ได้ว่า ในการจำลองตัวของ DNA พอลินิวครีโอไทด์ 2 สาย แยกออกจากกันเหมือนการรูดซิบโดยการสลายพันธะไฮโดเจนระหว่างเบส A กับ T และเบส C กับ G ที่ละคู่ พอลินิวคลีโอไทด์แต่ละสายทำหน้าที่เป็นแม่พิมพ์สำรับการสร้างสายใหม่ มีการนำคลีโอไทด์อิสระที่อยู่ในเซลล์เข้ามาจับกับพอลิวคลีโอไทด์สายเดิม โดยเบส A จับกับ T และเบส C จับกับ G หมู่ฟอสเฟตของนิงคลีโอไทด์ อิสละจะจับกับน้ำตาลออสซีไรโบสของ DNA โดยวิธีนี้เรียกว่าDNA เรพลิเคชั่น (DNA replication)

ทำให้มีการเพิ่มโมเลกุลของ DNA จาก 1 โมเลกุลเป็น2 โมเลกุล DNA แต่ละโมเลกุลมีพลลิวคลีโอไทด์ สายเดิม 1 สาย และสายใหม่มา 1 สาย จึงเรียกการจำลองลักษณะว่า เป็นแบบกิ่งอนุรักษ์ (semiconservatiae)

ตามแนวคิดที่เกี่ยวกับการจำลอง DNA ที่วอตสันและคริกเสนอนั้นเป็นเพียงสมมติฐาน แต่ในปี พ.ศ. 2499 อาร์เธอร์ คอนเบิร์ก (Atrhurkornberg) นักเคมีชาวอเมริกันเป็นคนแรกที่สามารถสังเคราะห์โมเลกุลของ DNA ในหลอดทดลองได้สำเร็จ โดยนำเอ็นไซม์ DNA พอลิเมอเรส (DNA polymerase) ซึงสกัดจากแบคทีเรีย E. coli ใส่ในหลอดทดลองที่มีสารประกอบที่จำเป็นต่อการสังเคราะห์ครบสมบูรณ์ ได้แก่ DNA แม่พิมพ์ นิงคลีโอไทด์ 4 ชนิด คือ นิวคลีโอไทด์ที่มีเบส A นิวคลีโอไทด์ที่มีเบส T นิวคลีโอไทด์ที่มีเบส C และ นิวคลีโอไทด์ที่มีเบส G และเอ็นไซม์ DNA พอลิเมอเรส ซึ่งทำหน้าที่เชื่อมนิวคลีโอไทด์ให้ต่อกันกลายเป็นสายยาว โดยมีทิศทางการสังเคราะห์สาย ดีเอ็นเอสายใหม่ จากปลาย5 ไปยังปลาย3 ปัญหาก็คือจะพิสูจน์ได้อย่างไรว่า DNA ที่สังเคราะห์ได้นั้นเหมือนกับดีเอ็นเอแม่พิมพ์ที่ใส่ลงไปในหลอดทดลอง

จากผลการทดลอง DNA พบว่าที่สังเคราะห์ได้ในหลอดทดลอง มีอัตราส่วนของเบสA+T ต่อ C+G แทบจะกล่าวได้ว่าเท่ากัน อัตราส่วนดังกล่าวนี้ไม่ได้เป็นความบังเอิญ เพราะจากผลการทดลองเป็นเช่นนี้เสมอไม่ว่าจะได้ DNA ของสิ่งมีชีวิตชนิดใดเป็นแม่พิมพ์ก็ตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การค้นพบเอ็นไซร์ที่ใช้ในการเชื่อมนิวคลีโอไทด์เข้าด้วยกันนับว่ามีความสำคัญอย่างยิ่งในประวัติศาสตร์ของวิชาพันธุศาสตร์พบว่าการสังเคราะห์ DNA สามารถเกิดขึ้นได้ในหลอดทดลองโดยไม่จำเป็นต้องเกดขึ้นในเซลล์เท่านั้น

ปัจจุบันมีการทดลองของนักวิทยาศาสตร์ที่ยืนยันได้ว่า DNA มีกระบวนการจำลองตัวขอล DNA โดยกระบวนการดังกล่าวเป็นไปแบบกึ่งอนุรักษ์ จากความรู้ที่ว่าการสังเคราะห์พอลินิงคลีโอไทด์สายใหม่จะต้องสร้างในทิศ 5 ไป 3 เสมอ

จากการศึกษาของนักวิทยาศาสตร์ พบว่าการสังเคราะห์ DNA สายใหม่ 2 สาย มีส่วนแตกต่างกันคือ สายหนึ่งจะสร้าง ต่อเนืองกันเป็นสายยาว เรียกสายนี้ว่า ลีดดิงสแตรนด์ส่วนสายใหม่อีกสายหนึ่งไม่สามารถสร้างต่อกันเป็นสายยาวได้เหมือนสายแรกเนื่องจากทิศทางการสร้างจากปลาย 5ไปยังปลาย 3 นั้นสวนทางกับทิศกลายคายเกลียวของ DNAโมเลกุลเดิม จึงสร้างพอลินิงคลีโอไทด์สายสั้นๆที่มีทิศทางจาก 5ไป 3จากนั้น เอนไซม์ไลเกส จะเชื่อมต่อสายสั้นๆเหล่านี้ให้เป็นสายเดียวกันเรียกว่า DNA แลกกิงสแตรนด์

DNA ควบคุมลักษณะทางพันธุกรรม

โครงสร้างของ DNA ประกอบด้วย พอลินิวคลีโอไทด์ทั้งสองสายที่มีความยาวนับพันหมื่นคู่เบส การเรียงลำดับเบสมีความแตกต่างกันอยู่หลายแบบ ทำให้ DNA แต่ละโมเลกุลแตกต่างกันที่ลำดับจำนวนคู่เบสมีเบสเพียง 4 ชนิด คือ A T C และ G จึงเป็นไปได้ว่าความแตกต่างทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตอยู่ที่ลำดับและจำนวนของเบสใน DNA นั้นเอง ปัญหาต่อไปก็คือลำดับเบสของ DNA เกี่ยวข้องกับการแสดงลักษณะทางพันธุกรรมอย่างไร โปรตีนเป็นสารอินทรีย์มีหลายชนิดมีบทบาทในการแสดงลักษณะเฉพาะของเซลล์ได้เช่น เซลล์กล้ามเนื้อมีโปตีนแอกทินและไมโอซิน เซลล์เม็ดเลือดแดงมีมีโปรตีนฮีโมโกลบิน นอกจากนี้เอ็นไซม์ทุกชนิดที่ช่วยให้เกิดการเกิดปฏิกิริยาเคมีต่างๆภายในเซลล์ก็เป็นโปรตีนด้วย เช่นปฏิกิริยาสังเคราะห์สารและสลายสารต่างๆต้องอาศัยเอ็นไซม์ จึงอาดกล่าวได้ว่าโปตีนเกี่ยวข้องกับการแสดงทางพันธุกรรม และการดำรงชีวิตทั้งโยทางตรงและทางอ้อม
ในปี 2500 วี เอ็ม อินแกรม (V. M. Ingrame) แห่งมหาวิทยาลัยเคมบริดจ์ ประเทศอังกฤษ ได้ศึกษาโครงสร้างทางเคมีของฮีโมโกบินที่ผิดปกติ โดยการเปรียบเทียบฮีโมโกบินของคนที่เป็นโรคโลหิตจางชนิดซิกเคิลเซลล์กับฮีโมโกบินของคนปกติ

อินแกรมแสดงให้เห็นว่าองค์ประกอบของฮีลโมโกบิลในคนปกติและคนที่เป็นโรคโลหิตจางชนิดซิกเซลล์ต่างกันที่การเรียงตัวของกรดอะมิโนเพียง 1 ตำแหน่ง คือ ตำแหน่งที่6 จากปลาย N (N-terminus) ของสายพอลิเพปไทด์ที่ชื่อว่าบีตา สายหนึ่งของฮีโมโกบินในคนปกติจะเป็นกรดลูตามิก (glutamic acid) ส่วนคนที่เป็นโรคจะเป็นวาลีน (valine) ความผิดปกติที่เกิดขึ้นนี้ มีสาเหตุมาจากการเปลี่ยนแปลง DNA หรือยีนที่ทำให้ฮีโมโกบินผิดปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DNA กับการสังเคราะห์โปรตีน

นอกจาก DNA ที่เป็นกรดนิวคลีอิกแล้ว ก็ยังมี RNA ที่เป็นกรดนิวคลีอิกเช่นเดียวกันซึ่ง RNA มีลักษณะเป็นพอลิเมอร์สายยาวของนิวคลีโอไทด์ ที่เชื่อมต่อด้วยพันธะโคเวเลนซ์ระหว่างหมู่ฟอสเฟตและหมู่ไฮดรอกซิลของโมเลกุลน้ำตาล เช่นเดียวกับโมเลกุลของ DNAแต่ RNA แตกต่างจาก DNA ตรงที่น้ำตาลเพนโทสประกอบขึ้งเป็น RNA นั้น เป็นน้ำตาลไรโบสแทนน้ำตาลดีออกซีไรโลส และจะไม่พบเบสไทมีน (T) เป็นองค์ประกอบ แต่จะมีเบสยูลาซิว (U)

สิ่งมีชีวิตพวกยูคาริโอตมี DNA อยู่ภายในนิงเคลียส แต่การสังเคราะห์โปรตีนเกิดในไซโทพลาสซึม โดยเฉพาะบริเวณที่มีเอ็นโดพลาสมิกเรติคูลัมแบบผิงขรุขระ เป็นไปได้หรือไม่ว่า DNA ส่งตัวแทนออกมายังไซโทพลาสซึม เพื่อทำหน้าที่ควบคุมการสังเคราะห์โปรตีนถ้าเป็นเช่นนั้นจริงสารที่เป็นตัวแทนของ DNA คืออะไร จากการศึกษาของนักวิทยาศาสตร์พบว่า ข้อมูลทางพันธุกรรมใน DNA ได้ส่งไปยังการสังเคราะห์โปรตีนโดยตรง แต่จะมีตัวแทนทำหน้าที่เป็นสื่อกลาง นักวิทยาศาสตร์ชาวฝรั่งเศส 2 คน คือ ฟลองซัวจาค็อป และ จาค โมนอด ได้มีข้อเสนอว่า RNA เป็นตังกลางที่อยู่ระหว่าง DNA กับไรโบโซรมตาม สมมุติฐาน

RNA เป็นตัวกลางนี้เรียกว่า mRNA (messenger RNA) จะเป็นตัวข้อมูลทางพันธุกรรมจากDNA ไปยังไรโบโซม ซึ่งได้รับการยืนยันจากนักวิทยาศาสตร์ 2 คน คือ เจราร์ด เฮอร์วิทซ์ และ เจ เจ เฟอร์ธ เกี่ยวกับอยู่และทำหน้าที่ของ mRNA กระบวนการสังเคราะห์โปรตีนจึงประกอบด้วย

การสังเคราะห์ RNA โดยมี DNA เป็นแม่พิมพ์จะคล้ายกับการสังเคราะห์ DNA แต่การสังเคราะห์ RNA ใช้ DNA เพียงสายเดียวเป็นแม่พิมพ์ ใช้เอ็นไซม์ RNA พอลิเมอร์ และไรโบนิวคลีโอไทด์ 4 ชนิด คือ ไรโบนิวคลีโอไทด์ที่มีเบส A ไรโบนิวคลีโฮไทด์ที่ทีเบส C ไรโบนิวคลีโฮไทด์ที่ทีเบส G

การสังเคราะห์ RNA มีขั้นตอนดังนี้

ขั้นเริ่มต้น เอ็นไซม์ RNA พอลิเมอร์เลสจะเข้าไปจับกับ DNA ตรงบริเวณที่จะสังเคราะห์RNA ทำให้พันธะไฮโดเจนระหว่างคู่เบสสลาย พอลินิวคลีโอไทด์ 2 สายของ DNA จะคายเกลียวแยกออกจากกัน โดยมีสายใดสายหนึ่งเป็นแม่พิมพ์ ขั้นการต่อสายยาว ไรโบนิวคลีโอไทด์ที่มีเบสที่เข้าคู่กับนิงคลีโอไทด์ของ DNA สายแม่พิมพ์คือเบส C เข้าคู่กับ G และเบส U เข้าคู่กับ A จะเข้ามาจับกับนิวคลีโอไทด์ของ DNA แม่พิมพ์ เอนไซม์ RNAพอลิเมอเรสจะเชื่อมไรโบนิวคลีโอไทด์อิสระมาต่อกันเป็นสายยาว โดยมีทิศทางการสังเคราะห์สายRNA จากปลาย 5 ไปยังปลาย 3 และกาวสร้างสาย RNA นั้น จะเรียงสลับกับทิศสาย DNA ที่เป็นแม่พิมพ์ ขั้นสิ้นสุด เอนไซม์อาเอ็นเอพอลิเมอเลสหยุดทำงานและแยกตัวออกจาก DNA สายแม่พิมพ์สาย RNA ที่สังเคราะห์ได้จะแยกออกจาก DNA ไปยังไซโทพลาสซึม ส่วน DNA 2 สายจะจับคู่กันและบิดเป็นเกลียวเหมือนเดิม DNA เป็นแม่พิมพ์ในกางสังเคราะห์ mRNA ดังนั้นข้อมูลทางพันธุกรรมในDNA จะถ่ายทอดให้กับ mRNA การเรียงลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 โรคทางพันธุกรรม

เทคโนโลยีชีวภาพเกิดจากการนาคำที่มีความหมาย 3 คำมารวมกัน โดยเริ่มจาก Bio หรือ Bios ซึ่งหมายถึงสิ่งมีชีวิตและตามด้วย Techno หรือ Technikos ซึ่งแปลว่าเครื่องมือ ส่วนคำสุดท้าย คือ logy หรือ logos ซึ่งแปลว่าการศึกษา เมื่อรวมความหมายของทั้ง 3 คำจึงได้ ความหมายของเทคโนโลยีชีวภาพ

เทคโนโลยีชีวภาพ หมายถึง การนำความรู้เกี่ยวกับสิ่งมีชีวิต หรือกระบวนการของปฏิกิริยาชีวเคมีที่เกิดขึ้นในสิ่งมีชีวิตมาประยุกต์ใช้ในทางอุตสาหกรรมเพื่อให้เกิดผลิตภัณฑ์ที่ก่อให้เกิดประโยชน์กับมนุษย์ (ภาพที่ 1.1) เช่น การผลิตขนมปัง การผลิตยาปฏิชีวนะ การสร้างพันธุ์พืชต้านทานโรค การใช้จุลินทรีย์ (microorganism) บำบัดน้าเสีย และการใช้จุลินทรีย์ผลิตก๊าซไฮโดรเจน เป็นต้น นอกจากนี้ เทคโนโลยีชีวภาพตามความหมายของ องค์กร OECD (Organization for Economic Co – operative and Development) หมายถึง การประยุกต์ใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์เพื่อผลิต ผลิตภัณฑ์ โดยใช้สารชีวภาพเป็นสารตั้งต้น

เทคโนโลยีชีวภาพสมัยเก่านั้นเป็นการใช้ความรู้ทางด้านจุลชีววิทยา (microbiology) และกระบวนการหมัก (fermentation) เพื่อผลิตเครื่องดื่มหรืออาหารให้แก่มนุษย์ ตัวอย่างเช่น การใช้เชื้อยีสต์ (yeast) ผลิตเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ โดยใช้กระบวนการหมัก การผลิตกรดน้าส้มสายชูโดยเชื้อแบคทีเรียสกุลอะซีโตแบคเตอร์ (Acetobacter sp.) การผลิตยาปฏิชีวนะเพนนิซิลิน (penicillin) โดยเชื้อราสกุลเพนนิซิลเลียม (Penicillium sp.) เป็นต้น ต่อมาในยามสงครามโลกครั้งที่ 1 ประเทศอังกฤษขาดแคลน อะซีโตน ซึ่งเป็นสิ่งสาคัญในสงคราม ความรู้ทางเทคโนโลยีชีวภาพก็ได้นามาใช้ในการผลิตอะซีโตนจากแป้ง ทาให้เกิดเป็นอุตสาหกรรม ต่อมาเกิดสงครามโลกครั้งที่ 2 ก็มีการใช้ความรู้ทางเทคโนโลยีชีวภาพในการผลิตยาปฏิชีวนะ เช่น การผลิตยาเพนิซิลินจากรา เป็นต้น

เทคโนโลยีชีวภาพสมัยใหม่ที่เกิดขึ้นนั้นเกิดจากการพัฒนาความรู้ทางด้านชีววิทยาระดับโมเลกุลที่มีความก้าวหน้าอย่างสูง โดยเฉพาะการพัฒนาความรู้เรื่องที่เกี่ยวข้องกับสารพันธุกรรม (genetic material) ซึ่งก่อให้เกิดการปรับปรุงพันธุ์สิ่งมีชีวิตชนิดต่าง ๆ เพื่อก่อให้เกิดประโยชน์ต่อมนุษย์ เทคโนโลยีชีวภาพสมัยใหม่จะมีความเกี่ยวข้องระดับเซลล์หรือต่ากว่าระดับเซลล์ นั่นหมายถึงยีน (gene) หรือมีเทคโนโลยีเกี่ยวกับยีนมาเป็นส่วนสาคัญในการพัฒนาความรู้ต่อไปในอนาคต (มาลี สุวรรณอัตถ์, 2527)

จากที่กล่าวถึงการพัฒนาความรู้ทางเทคโนโลยีชีวภาพทั้งสมัยเก่าและใหม่นั้นก็เกิดจากการทางานของนักวิทยาศาสตร์จากอดีตถึงปัจจุบันในที่นี้จะขอยกตัวอย่างนักวิทยาศาสตร์ที่มีความสาคัญต่อการพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพ

– Robert Hooks (ค.ศ. 1665)

ได้ประดิษฐ์กล้องจุลทรรศน์เลนส์ประกอบและเป็นคนแรกที่สังเกตเห็นเซลล์(cell)ในไม้คอรก์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

– Antony Van Leeuwenhoek (ค.ศ. 1675)
ได้ค้นพบจุลินทรีย์ต่างๆที่อยู่ในหยดน้ำโดยใช้กล้องจุลทรรศน์
– Gregor Mendel (ค.ศ. 1863)
ได้ทำการทดลองทางพันธุศาสตร์โดยใช้ถั่วลันเตาทาให้เกิดกฎทางพันธุศาสตร์โดยสรุปว่าต้องมีปัจจัยอะไรซักอย่างที่ควบคุมลักษณะของสิ่งมีชีวิต
– Friederich Miecher (ค.ศ. 1869)
ได้ค้นพบสารพันธุกรรมที่เรียกว่าดีเอ็นเอจากปลาเทราซ์ (trout)
– Louis Pasteur (ค.ศ. 1870)
ได้ค้นพบกระบวนการหมักและศึกษาการเน่าเสียของอาหารว่าเกิดจากจุลินทรีย์
– James Watson and Francis Crick (ค.ศ. 1953)
ได้ค้นพบโครงสร้างของดีเอ็นเอ โดยใช้เทคนิค X – ray diffraction
– Paul Berg (ค.ศ. 1972)
ได้ทำการสร้างดีเอ็นเอลูกผสม (recombinant DNA) และได้มีการย้ายดีเอ็นเอลูกผสมจากสิ่งมีชีวิตหนึ่งไปอีกสิ่งมีชีวิตหนึ่ง

2.4 เทคโนโลยีชีวภาพ

ในปัจจุบันการศึกษาทางด้านเทคโนโลยีชีวภาพมีการพัฒนาก่อนให้เกิดความรู้ใหม่ ๆ เช่น การศึกษาพันธุกรรมทั้งหมดของสิ่งมีชีวิต ที่เรียกว่า จีโนมิกส์ (genomics) การศึกษาเรื่องของเซลล์ในระดับลึก ที่เรียกว่า เซลล์โลมิกส์ (cellomics) นาไปสู่ความเข้าใจสิ่งมีชีวิตในระดับเนื้อเยื่อ ก่อให้เกิดความรู้ที่เรียกว่า วิศวกรรมเนื้อเยื่อ (tissue engineering) เทคโนโลยีชีวภาพกับคอมพิวเตอร์ และระบบอินเทอร์เน็ตมีการทางานรวมกันโดยนาข้อมูลรหัสพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต ทาเป็นฐานข้อมูลและใช้ในการสืบค้นโดยใช้ระบบคอมพิวเตอร์ เรียกสาขาวิชาทางด้านนี้ว่า ชีวสารสนเทศ (bioinformatics) นอกจากเรื่องนี้แล้ว ยังใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการทานายโครงสร้างโปรตีนที่เปลี่ยนไปเนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงกรดอะมิโนในสายโพลีเปปไทด์ (polypeptide) หรือใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการสร้างสภาวะจาลอง (simulation) ของกระบวนการหมัก

จากความรู้ที่กล่าวมาทั้งหมดข้างต้น เทคโนโลยีชีวภาพมีความเกี่ยวข้องกับความรู้หลายสาขา ดังนั้นจึงแบ่งออกโดยอาศัยชนิดของสิ่งมีชีวิตได้เป็น 3 หัวข้อ ดังนี้

เทคโนโลยีชีวภาพจุลินทรีย์ (microbial biotechnology)

จุลินทรีย์เป็นสิ่งมีชีวิตที่มีขนาดเล็กได้แก่ แบคทีเรีย(bacteria) ยีสต์(yeast) และรา(mold) เป็นต้น จุลินทรีย์มีความสาคัญต่อกระบวนการเทคโนโลยีชีวภาพ เนื่องจากเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็ว พร้อมกันนั้นยังผลิตสารต่าง ๆ ที่มนุษย์ต้องการได้อย่างมีความหลากหลาย มีการนาจุลินทรีย์มารวมกับความรู้ทางด้านเทคโนโลยีชีวภาพเพื่อประยุกต์ใช้งานในด้านต่างๆ ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. เทคโนโลยีชีวภาพจุลินทรีย์กับอาหาร

มีการนำจุลินทรีย์จาพวกยีสต์บางชนิดมาทาเป็นอาหารที่เรียกว่าโปรตีนเซลล์เดียว (single cell protein , SCP) กระบวนการผลิต คือ นายีสต์มาเลี้ยงในถังหมัก (reactor) ที่สามารถควบคุมภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญของยีสต์ ทาให้ได้ผลผลิตยีสต์จานวนมาก เมื่อผ่านกระบวนการหมัก นอกจากนี้จุลินทรีย์ยังสามารถช่วยทาให้เกิดอาหารที่มีรสชาดแตกต่างและทาให้อาหารน่ารับประทานเพิ่มขึ้น เช่น แบคทีเรียแลกติก (lactic acid bacteria) ก่อให้เกิดนมเปรี้ยว โยเกิร์ต หรืออาหารพวกแหนม จุลินทรีย์จาพวกราใช้ในการทาซีอิ๊วและเต้าเจี้ยว กระบวนการหมักที่เกิดขึ้นโดยจุลินทรีย์ยังสามารถผลิตสารต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับอาหาร เช่น การผลิตกรดอะมิโน หรือเอนไซม์ (enzymes)

2. เทคโนโลยีชีวภาพจุลินทรีย์กับการแพทย์

ได้มีการนาเอาจุลินทรีย์มาใช้ในการผลิตยาปฏิชีวนะหลายชนิดเช่น ยาเพนนิซิลลิน จากเชื้อรา Penicillium notatum มีการใช้แบคทีเรียในการผลิตฮอร์โมนอินซูลิน(insulin hormone) เพื่อใช้รักษาโรคเบาหวาน ฮอร์โมนควบคุมการเจริญเติบโต (growth hormone) เพื่อใช้รักษาโรคแคระแกร็นของมนุษย์ และสารอินเทอร์ฟีรอน (interferon) เพื่อใช้รักษาโรคมะเร็ง

3. เทคโนโลยีชีวภาพจุลินทรีย์กับสิ่งแวดล้อม

ในธรรมชาติจุลินทรีย์ทาหน้าที่เป็นผู้ย่อยสลายสารอินทรีย์ ดังนั้นจึงมีการนาเอาจุลินทรีย์ มาใช้เพื่อย่อยสลายสารต่างๆ เพื่อลดปริมาณขยะมูลฝอยเช่น ใช้จุลินทรีย์อีเอ็ม (effective microorganism) ร่วมกับจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในการหมักเศษพืช เศษอาหาร และซากอินทรีย์สารทาให้ได้น้าหมักชีวภาพหรือปุ๋ยชีวภาพเพื่อใช้รดต้นไม้ทาให้ต้นไม้เจริญเติบโตดี นอกจากนี้ยังใช้แบคทีเรีย (Pseudomonas sp. และ Acinetobacter sp.) ย่อยสลายคราบน้ามันที่ปนเปื้อนในทะเลได้ ซึ่งมีผลทาให้สิ่งแวดล้อมสะอาดขึ้น นอกจากนี้ยังใช้จุลินทรีย์เพื่อผลิตพลังงานทดแทนเช่น ผลิตแก๊สชีวภาพ (biogas) ซึ่งเกิดขึ้นจากกระบวนการหมักจุลินทรีย์กับเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและใช้ยีสต์ในการผลิตแอลกอฮอล์ โดยนายีสต์มาหมักรวมกับกากน้าตาลเพื่อให้ได้แอลกอฮอล์ แล้วนาแอลกอฮอล์ไปผสมกับน้ามันเบนซินเพื่อทาเป็นแก๊สโซฮอล์ (gasohol) และในอนาคตจะมีพลังงานสะอาดที่ไม่ทาลายสิ่งแวดล้อมซึ่งได้จากจุลินทรีย์เช่น การใช้จุลินทรีย์ผลิตพลังงานไฮโดรเจนและผลิตกระแสไฟฟ้าเป็นต้น

เทคโนโลยีชีวภาพพืช (plant biotechnology)

ในระบบนิเวศพืชทาหน้าที่เป็นผู้ผลิตและเป็นอาหารสาหรับสัตว์รวมถึงมนุษย์ด้วย ดังนั้นจึงต้องมีการขยายพันธุ์พืชเพื่อให้ได้พืชจานวนมากและมีการปรับปรุงพันธุ์พืชเพื่อให้ได้พันธุ์พืชที่ตรงกับความต้องการของมนุษย์ เทคโนโลยีที่นามาใช้คือการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช (plant tissue culture) ซึ่งเป็นการขยายพันธุ์พืชโดยใช้ชิ้นส่วนหรือเซลล์ของพืชมาเพาะเลี้ยงในอาหารสังเคราะห์เพื่อให้ได้พืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในระบบนิเวศพืชทาหน้าที่เป็นผู้ผลิตและเป็นอาหารสาหรับสัตว์รวมถึงมนุษย์ด้วย ดังนั้นจึงต้องมีการขยายพันธุ์พืชเพื่อให้ได้พืชจานวนมากและมีการปรับปรุงพันธุ์พืชเพื่อให้ได้พันธุ์พืชที่ตรงกับความต้องการของมนุษย์ เทคโนโลยีที่นามาใช้คือการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช (plant tissue culture) ซึ่งเป็นการขยายพันธุ์พืชโดยใช้ชิ้นส่วนหรือเซลล์ของพืชมาเพาะเลี้ยงในอาหารสังเคราะห์เพื่อให้ได้ต้นพืชที่ตรงตามความต้องการของมนุษย์และได้ปริมาณมากในระยะเวลาสั้น นอกจากนี้การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชยังนามาใช้ประโยชน์ในการผลิตพืชที่ปราศจากโรคและการสร้างพืชที่มีจานวนโครโมโซมเพิ่มขึ้นหรือลดลงจากเดิม ในปัจจุบันได้มีการนากระบวนการทางพันธุวิศวกรรมพืชเข้ามาใช้เพื่อตัดแต่งยีนของพืช โดยการใส่ยีนที่ไม่ใช่ของพืชเข้าไปในพืชเช่น นายีนที่สร้างสารพิษของแบคทีเรียที่มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า Bacillus thuringiensis (บีที : Bt) ใส่เข้าไปในพืชบางชนิด (เช่น ฝ้าย ข้าวโพด และถั่วเหลือง) เพื่อทาให้พืชสามารถสร้างโปรตีนที่เป็นพิษต่อแมลง แต่ไม่เป็นพิษต่อมนุษย์เป็นผลทาให้มีการฉีดยาฆ่าแมลงน้อยลง นอกจากนี้ยังมีการสร้างพันธุ์มะละกอที่สามารถต้านทานต่อโรคไวรัสจุดด่างวงแหวน ประเทศไทยได้เข้าร่วมโครงการจีโนม(genome) ข้าวนานาชาติ โดยรับผิดชอบในเรื่องการหาลาดับเบสในโครโมโซมคู่ที่ 9 ของข้าวและค้นหายีนในข้าวที่ทนต่อสภาพแห้งแล้ง ยีนที่ให้ความหอมและยีนที่ทนต่อสภาพน้าท่วม ในอนาคตจะมีการใช้เทคโนโลยีชีวภาพพืชเพื่อสร้างพืชที่ผลิตพลาสติก ข้าวสีทองที่มีวิตามินเอสูงและพืชที่สามารถผลิตวัคซีนป้องกันโรคได้

เทคโนโลยีชีวภาพสัตว์ (animal biotechnology)

เทคโนโลยีชีวภาพสัตว์มีจุดเริ่มต้นมาจากเมื่อสามารถเปลี่ยนถ่ายนิวเคลียสซึ่งเป็นแหล่งรวมพันธุกรรมในกบได้เป็นผลสาเร็จ ปัจจุบันเทคโนโลยีด้านนี้ได้ก้าวหน้าไปไกลมาก โดยเมื่อ พ.ศ. 2540 ดร. เอียน วิลมุต ใช้กระบวนการโคลนนิ่ง (cloning) สร้างแกะที่มีลักษณะเหมือนกับแกะที่เป็นเจ้าของเซลล์ต้นกาเนิดทุกประการได้เป็นผลสำเร็จ แล้วตั้งชื่อแกะที่ได้จากการโคลนนิ่งนี้ว่า “ ดอล-ลี่ ” ซึ่งเป็นแกะที่ถูกสร้างขึ้นจากเซลล์ของแกะที่โตเต็มที่แล้ว ในปัจจุบันได้ทาการทดลองโคลนนิ่งในสัตว์หลายชนิดเช่น ลิง แมว วัว และม้า

เทคโนโลยีชีวภาพสัตว์ที่มีผลโดยตรงต่อมนุษย์คือ โครงการจีโนมมนุษย์ (human genome project) ซึ่งเป็นการอ่านรหัสพันธุกรรมทั้งหมดของมนุษย์ ซึ่งรหัสพันธุกรรมนี้ประกอบด้วยเบสสี่ชนิด ได้แก่ อะดีนีน (A) กวานีน (G) ไซโทซีน (C) และไทมีน (T) มาเรียงต่อกันจนกลายเป็นพันธุกรรมของมนุษย์ โครงการจีโนมมนุษย์มีประโยชน์ในการรักษาโรคทางพันธุกรรม โดยลาดับเบสในพันธุกรรมของคนที่เป็นโรคทางพันธุกรรมจะไม่เหมือนกับลาดับเบสในพันธุกรรมของคนปกติ ซึ่งวิธีการรักษาทาได้โดยการเปลี่ยนลาดับเบสในพันธุกรรมของคนที่เป็นโรคให้เหมือนกับของคนปกติ ซึ่งวิธีการรักษาในลักษณะนี้เรียกว่า การบาบัดโรคด้วยยีน (gene therapy)

ในปัจจุบันมีการตัดต่อยีนในสัตว์เพื่อสร้างสัตว์ดัดแปลงพันธุกรรมที่ให้ประโยชน์แก่มนุษย์หลายชนิดเช่น การผลิตปลาที่มีขนาดใหญ่ขึ้น โดยมีการนายีนที่สร้างฮอร์โมนเร่งการเจริญเติบโตใส่เข้าไปในปลา มีการสร้างสัตว์ปีกที่ทนทานต่อโรค การผลิตสัตว์ที่สามารถผลิตยาและวัคซีนรักษาโรคได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพในประเทศไทย

ประเทศไทยได้ตระหนักถึงความสาคัญของเทคโนโลยีชีวภาพต่อการพัฒนาประเทศ ว่ามีความสาคัญต่อการพัฒนาประเทศ จึงได้จัดตั้งหน่วยงานศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ (National Center for Genetic Engineering and Biotechnology : BIOTEC) ขึ้นเมื่อวันที่ 20 กันยายน พ.ศ. 2526 ภายใต้สังกัดกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม จนกระทั่งอีก 8 ปีต่อมา ในวันที่ 30 ธันวาคม พ.ศ. 2534 จึงได้ร่วมเป็นหน่วยงานภายใต้ สานักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (ส.ว.ท.ช.) (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2546) ปัจจุบันศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพตั้งอยู่ที่อุทยานวิทยาศาสตร์ประเทศไทย จังหวัดปทุมธานี มีภารกิจในการสร้างความรู้ความเข้าใจและความสามารถของประเทศให้มีความพร้อมในการจัดการเทคโนโลยีที่สาคัญบนพื้นฐานของข้อมูลและเหตุผลทางวิทยาศาสตร์

ในปัจจุบันรัฐบาลไทยได้เห็นความสาคัญของเทคโนโลยีชีวภาพโดยจะเห็นได้จากมีการจัดตั้ง

คณะกรรมการนโยบายเทคโนโลยีชีวภาพของประเทศ ในช่วง พ.ศ. 2547-2554 (อาสาฬห์ จิตร-แจ่ม และ เอกดนัย กอกิมพงษ์, 2547)

1. ธุรกิจชีวภาพสมัยใหม่เกิดและพัฒนา โดยมุ่งผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าเพิ่ม เช่น ชุดตรวจวินิจฉัยโรคอาหารเสริมสุขภาพ และเมล็ดพันธุ์ เป็นต้น
2. ใช้เทคโนโลยีชีวภาพช่วยให้ประเทศไทยเป็นครัวของโลก
3. ประเทศไทยมีสังคมที่มีสุขภาพดี และเป็นศูนย์กลางสุขภาพแห่งเอเชียโดยใช้เทคโนโลยีชีวภาพ
4. ใช้เทคโนโลยีชีวภาพเพื่อรักษาสิ่งแวดล้อม และผลิตพลังงานสะอาด
5. ใช้เทคโนโลยีชีวภาพเป็นปัจจัยสำคัญ ของเศรษฐกิจพอเพียง โดยการใช้เทคโนโลยีชีวภาพต่อยอดกับภูมิปัญญาท้องถิ่น เพื่อพัฒนาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ชุมชน รวมทั้งการอนุรักษ์และการใช้ทรัพยากรในแต่ละพื้นที่
6. พัฒนาระบบการสร้างกาลังคนที่มีคุณภาพ เช่น นักวิจัย และผลิตบัณฑิตเทคโนโลยีชีวภาพ

เทคโนโลยีชีวภาพ หมายถึง การนาความรู้เกี่ยวกับสิ่งมีชีวิต หรือกระบวนการของผู้ผลิตชีวเคมีที่เกิดในสิ่งมีชีวิต มาประยุกต์ใช้ทางอุตสาหกรรม เพื่อให้เกิดผลิตภัณฑ์ที่ก่อให้เกิดประโยชน์สมบูรณ์ เทคโนโลยีชีวภาพตั้งอยู่บนรากฐานความรู้ทางด้านชีววิทยา เคมี ฟิสิกส์ คณิตศาสตร์ คอมพิวเตอร์ ชีววิทยาของเซลล์ ชีวเคมี จุลชีววิทยา และวิศวกรรมแนวต่าง ๆ จากความรู้พื้นฐานเหล่านี้ ก่อให้เกิดการพัฒนาความรู้ใหม่ เช่น พันธุวิศวกรรม จีโนมิกส์ โปรตีโอมิกส์ และวิศวกรรมเนื้อเยื่อ ทาให้เกิดการพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพที่นาไปใช้ให้เกิดประโยชน์กับมนุษย์ในด้านต่าง ๆ เช่น เทคโนโลยีชีวภาพการเกษตร เทคโนโลยีชีวภาพการแพทย์ เทคโนโลยีชีวภาพสิ่งแวดล้อม และเทคโนโลยีชีวภาพการอาหาร เป็นต้น จุดสาคัญที่ทาให้เทคโนโลยีชีวภาพมีการพัฒนา คือความรู้ทางด้านพันธุวิศวกรรม ซึ่งหมายถึง การดัดแปลงพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต ทาให้เกิดสิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตามที่มนุษย์ต้องการ สาหรับในประเทศไทยมีการจัดตั้งองค์กรที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับการพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพ ได้แก่ ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ ทาให้ประเทศไทยมีความสามารทางด้านความรู้และงานวิจัยที่ทัดเทียมกับต่างประเทศ

เทคโนโลยีชีวภาพระดับเซลล์

ความรู้พื้นฐานที่สาคัญในเทคโนโลยีชีวภาพ จะเริ่มต้นจากการเรียนรู้พื้นฐานของสิ่งมีชีวิตทุกชนิด ที่เรียกว่าเซลล์ เมื่อเข้าใจอย่างท่องแท้แล้วก็ต้องศึกษา รายละเอียดการทางานของเซลล์ที่ถูกควบคุมโดยสารพันธุกรรม โดยแสดงออกมาในรูปของโปรตีนหรือเอนไซม์ เพื่อทาหน้าที่ในการควบคุมปฏิกิริยาชีวเคมี ที่เกิดขึ้นในเซลล์ ซึ่งเรียกว่า เมตาบอลิซึม เมตาบอลิซึมของเซลล์จะเป็นหัวใจสาคัญในการผลิตสารต่างๆ ที่นามาใช้งานทางเทคโนโลยีชีวภาพ

ในทางเทคโนโลยีชีวภาพเซลล์ทั้งโปรคารีโอติกและยูคารีโอติก มีความสาคัญเปรียบเป็นเหมือนตัวโรงงานอุตสาหกรรมที่จะใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ (product) ที่ต้องการโดยการใส่คำสั่งที่ต้องการลงไปในเซลล์ คาสั่งดังกล่าวคือ ดีเอ็นเอ (DNA) ซึ่งเปรียบเหมือนกับผู้จัดการโรงงานนั่นเอง เมื่อพิจารณาถึงระยะเวลาที่ใช้ในการผลิต เซลล์โปรคารีโอติก จะใช้เวลาในการผลิตสารที่ต้องการในระยะสั้น เช่น แบคทีเรีย ทีมีชั่วรุ่นหนึ่งไปยังอีกชั่วรุ่นหนึ่งเป็นเวลา 20 นาที แต่เมื่อคานึงถึงคุณภาพของโปรตีนที่ผลิตให้ใกล้เคียงกับ มนุษย์ เช่น ผลิตฮอร์โมนอินซูลิน ก็ควรเลือกใช้เซลล์ยูคารีโอติก เป็นต้น

โครงสร้างสารพันธุกรรม

จากความเจริญก้าวหน้าทางด้านชีววิทยา ก่อให้เกิดคาถามมากมายที่เกี่ยวข้องกับสิ่งมีชีวิต จนได้บทสรุปว่า สิ่งมีชีวิตย่อมเกิดมาจากสิ่งมีชีวิต (biogenesis) จากข้อสรุปนี้ก่อให้เกิดการค้นคว้าและวิจัยต่อมาในเรื่องพันธุศาสตร์ระดับโมเลกุล ได้มีนักวิทยาศาสตร์หลายท่านที่คิดค้นเรื่องของสารพันธุกรรมที่ควบคุมลักษณะของสิ่งมีชีวิตชนิดต่างๆในธรรมชาติ ดังการเริ่มต้นของการทดลองที่มีความสาคัญคือ นักวิทยาศาสตร์ที่มีชื่อว่า เอฟ กริฟฟิท (F. Griffith) ในปี ค.ศ. 1928 ได้ทดลองเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่เรียกว่ากระบวนการทรานสฟอร์เมชัน (transformation) ซึ่งเกิดจากการนาเซลล์จุลินทรีย์พวกแบคทีเรีย Streptococcus pneumoniae ที่เป็นสายพันธุ์ S ซึ่งก่อให้เกิดโรคปอดบวมที่ผ่านความร้อน (ไม่มีชีวิต) มารวมกับเซลล์แบคทีเรีย Streptococcus pneumoniae สายพันธุ์ R ที่ไม่ก่อโรคปอดบวม (มีชีวิต) ฉีดเข้าไปสู่หนูทดลอง ผลการทดลองพบว่าหนูทดลองตายด้วยโรคปอดบวมเมื่อเจาะเลือดหนูออกมาเพาะเชื้อพบว่ามีแต่แบคทีเรีย Streptococcus pneumoniae สายพันธุ์ S เท่านั้น จึงสรุปการทดลองได้ว่าเซลล์แบคทีเรียที่ตายแล้วสามารถถ่ายทอดข้อมูลทางพันธุกรรมไปยังเซลล์ที่มีชีวิตได้โดยผ่านทางสารพันธุกรรมซึ่งตอนนั้นเรียกว่าทรานสฟอร์มิ่ง แฟกเตอร์ (transforming factor)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อมาได้มีทีมนักวิทยาศาสตร์ 3 ท่านมีชื่อว่า โอ ที อเวอรี (O.T. Avery) เอ็ม แมคคาร์ที (M. MacCarty) และ ซี แมกลอยด์ (C. MacLeod) ในปี ค.ศ. 1944 ได้พิสูจน์การทดลองของ เอฟ กริฟฟิท โดยทาการสกัดสารดีเอ็นเอจากเซลล์แบคทีเรีย Streptococcus pneumoniae สายพันธุ์ S มาใส่รวมกับเซลล์แบคทีเรีย Streptococcus pneumoniae สายพันธุ์ R ทาให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นเซลล์แบคทีเรีย Streptococcus pneumoniae สายพันธุ์ S จากผลการทดลองจึงสรุปได้ว่าสารพันธุกรรม คือ สารดีเอ็นเอ

จากนั้นก็ได้มีการทดลองของนักวิทยาศาสตร์อีกมากมายในที่สุดทาให้เกิดการค้นพบโครงสร้าง ดีเอ็นเอ ที่สมบูรณ์แบบโดยนักวิทยาศาสตร์ 2 ท่าน คือ เจ วัตสัน (J. watson) และ เอฟ คริก (F. Crick) ในปี ค.ศ. 1953 ซึ่งจะอธิบายในหัวข้อต่อไป

(DNA : Deoxyribonucleic acid) และ อาร์เอ็นเอ (RNA : Ribonucleic acid) ดังรายละเอียดขององค์ประกอบในนิวคลีโอไทด์ซึ่งมีส่วนประกอบ 3 ส่วน ได้แก่

1. น้าตาล (sugar) ในกรดนิวคลีอิก มีน้าตาลที่มีคาร์บอน 5 อะตอม (pentose) 2 แบบ ได้แก่ น้าตาลดีออกซีไรโบส (deoxyribose) ซึ่งพบเฉพาะในดีเอ็นเอ และน้าตาลไรโบส (ribose) ซึ่งพบเฉพาะในอาร์เอ็นเอ

2. เบส (base) ซึ่งเป็นเบสที่มีสารประกอบของไนโตรเจน (nitrogenous base) มี 2 กลุ่ม ได้แก่ เบสพิวรีน (purine) มีโครงสร้างเป็นวงแหวน 2 วง มี 2 ชนิด คือ อะดินีน (adenine : A) และกัวนีน (guanine : G) พบทั้งในดีเอ็นเอและอาร์เอ็นเอ เบสไพริมิดีน (pyrimidine) มีโครงสร้างเป็นวงแหวน 1 วง มี 3 ชนิด คือไซโทซีน (cytosine : C) พบทั้งในดีเอ็นเอและอาร์เอ็นเอ ไทมีน (tymine : T) พบได้ในดีเอ็นเอ และ ยูราซิล (uracil : U) พบเฉพาะในอาร์เอ็นเอ

3. กรดฟอสฟอริก (H_3PO_4) คือหมู่ฟอสเฟต

นิวคลีโอไทด์จะประกอบด้วยน้าตาลที่บริเวณ C-1 ต่อรวมกันกับเบสพิวรีนตาแหน่งที่ 9 หรือเบสไพริมิดีนตาแหน่งที่ 1 และหมู่ฟอสเฟตจะเกาะกับน้าตาลที่บริเวณ C-5 แต่ถ้าน้าตาลต่อกับเบสแต่ไม่มีหมู่ฟอสเฟตเรียกว่านิวคลีโอไซด์ (nucleoside) การเรียกชื่อของนิวคลีโอไทด์ จะเรียกชื่อตามชนิดเบสที่เป็นองค์ประกอบและถ้าเป็นน้าตาลชนิดดีออกซีไรโบสก็จะมีคาว่าดีออกซีเพิ่มเข้าไปข้างหน้านิวคลีโอไซด์และนิวคลีโอไทด์เดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากที่กล่าวมาข้างต้นเป็นการเรียนรู้ถึงเรื่องนิวคลีโอไทด์แต่ละตัว ขั้นต่อมาคือการนาเอานิวคลีโอไทด์แต่ละตัวมาต่อกันโดยนิวคลีโอไทด์แต่ละตัวจะเชื่อมต่อกันโดยมีหมู่ฟอสเฟตเป็นตัวกลาง หมู่ฟอสเฟต (PO4 3-) ซึ่งต่อกันกับน้าตาลในนิวคลีโอไทด์ตัวที่หนึ่งที่ตาแหน่ง 5, และต่อกับหมู่โอเอช (OH) ซึ่งต่อกันกับน้าตาลในอีกนิวคลีโอไทด์หนึ่งที่ตาแหน่ง 3, เรียกพันธะที่เกิดขึ้นว่าพันธะฟอสฟอไดเอสเทอร์ (phosphodiester bond) ทาให้เกิดเป็นสายที่เรียกว่า พอลีนิวคลีโอไทด์ 1 สาย ที่มีปลาย 5, ฟอสเฟตและปลาย 3, ไฮดรอก-ซิล

โครงสร้างดีเอ็นเอที่เสนอโดยวัตสันและคริกมีลักษณะเป็นเกลียวคู่ (double helix) ซึ่งเกิดจากสายพอลีนิวคลีโอไทด์ 2 สาย วางขนานกลับทิศทางกัน (antiparallel) สายหนึ่งมีทิศทางจากปลาย 5,ไป 3, อีกสายหนึ่งเป็น 3, ไป 5, แต่ละสายจับกันด้วยพันธะไฮโดรเจน (hydrogen bond) ระหว่างเบสที่เป็นคู่สมกัน (complementary base) คือ A จับคู่กับ T ด้วยพันธะไฮโดรเจน 2 พันธะ และ G จับคู่กับ C ด้วยพันธะไฮโดรเจน 3 พันธะ จากโครงสร้างและทิศทางของพันธะต่างๆ ในโมเลกุลทาให้สายพอลีนิวคลีโอไทด์ทั้ง 2 สายที่จับกันแบบลักษณะบิดเป็นเกลียวเวียนขวา (right handed helix) คล้ายบันไดเวียน ส่วนของเบสที่จับคู่กันอยู่ภายในคล้ายขั้นบันได หมู่ฟอสเฟต และน้าตาลอยู่ด้านนอกเป็นขอบหรือราวบันได เบสแต่ละคู่อยู่ห่างกัน 3.4 อังสตรอม และบิดเป็นมุมประมาณ 36 องศา เกลียวดีเอ็นเอหมุนไป 1 รอบจะประกอบด้วยเบสประมาณ 10 คู่ ความยาว 34 อังสตรอม เส้นผ่านศูนย์กลางของเกลียวคือ 20 อังสตรอมในสิ่งมีชีวิตชั้นสูง สายดีเอ็นเอจะพันรอบโปรตีน ก่อให้เกิดเป็นลักษณะที่เรียกว่าโครโมโซม (chromosome) (ภาพที่ 2.5) ส่วนอาร์เอ็นเอก็จะเป็นพอลีนิวคลีโอ-ไทด์สายเดี่ยวมีการเชื่อมต่อที่มีลักษณะเหมือนกับดีเอ็นเอ ก่อให้เกิดปลาย 5, ฟอสเฟต และปลาย 3, ไฮดรอกซิลเหมือนกัน

หน้าที่ของสารพันธุกรรม

จากความรู้เรื่องโครงสร้างและองค์ประกอบของสารพันธุกรรมทาให้นักวิทยาศาสตร์ทางด้านพันธุศาสตร์และชีววิทยาระดับโมเลกุลได้ทาการศึกษาเรื่องหน้าที่ของสารพันธุกรรมพบว่ามีหน้าที่สาคัญ 2 ประการ คือ ประการที่หนึ่ง คือ การเก็บรักษาข้อมูลทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต ในขณะเดียวกันก็มีการถ่ายทอดข้อมูลพันธุกรรมสู่ลูกหลาน โดยผ่านกระบวนการสืบพันธุ์ (reproduction) แบบใช้เพศหรือไม่ใช้เพศ ประการที่สอง คือ ควบคุมการสร้างโปรตีนของสิ่งมีชีวิต โดยผ่านกระบวนการถอดรหัส (transcription) และแปลรหัส (translation) ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเก็บรักษาข้อมูลทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต

การเก็บรักษาข้อมูลทางพันธุกรรมนั้น สามารถศึกษาได้จากกระบวนการแบ่งเซลล์ร่างกายแบบไมโทซีส (mitosis) ในขั้นตอนเรียกว่าระยะอินเทอร์เฟส (interphase) จะมีการเพิ่มจานวนดีเอ็นเอขึ้นอีกเท่าตัวโดยผ่านกระบวนการจาลองโมเลกุลดีเอ็นเอ (DNA replication) แบบกึ่งอนุรักษ์ (semiconservative) ซึ่งเกิดโดยสายดีเอ็นเอ 2 สายแยกออกจากกัน แล้วทาหน้าที่เป็นต้นแบบ (template) ในการสังเคราะห์ดีเอ็นเอสายใหม่ โดยดีเอ็นเอสายใหม่ที่สร้างขึ้นจะมีเบสเป็นคู่สมกันกับดีเอ็นเอที่เป็นต้นแบบ ทาให้ได้โมเลกุลดีเอ็นเอที่เหมือนเดิมทุกประการ

โดยดีเอ็นเอที่เกิดขึ้นมาประกอบด้วย พอลินิวคลีโอไทด์สายเดิม 1 สาย จับกับสายดีเอ็นเอที่สังเคราะห์ขึ้นใหม่ 1 สาย ถ้าเริ่มต้นด้วยดีเอ็นเอ 2 เส้น ทาหน้าที่เป็นแม่พิมพ์ สายดีเอ็นเอที่เกิดขึ้นใหม่ 2 เส้น จะมีชื่อเรียกที่แตกต่างๆกัน คือ สายดีเอ็นเอนา (leading strand) และสายดีเอ็นเอตาม (lagging strand) เนื่องจากการทางานของเอนไซม์ ดีเอ็นเอ พอลิเมอเรส (DNA polymerase) ที่ทาหน้าที่สังเคราะห์ดีเอ็นเอโดยนานิวคลีโอไทด์เข้ามาต่อในทิศทาง 5, ไป 3, ของนิวคลีโอไทด์สายใหม่ กระบวนการจาลองโมเลกุลของดีเอ็นเอเริ่มจากเอนไซม์เฮลิเคส (helicase) ทาหน้าที่สลายพันธะไฮโดรเจน เพื่อทาให้สายดีเอ็นเอที่เป็นสายคู่แยกออกจากกันเป็นสายเดี่ยว

จากนั้นโปรตีน SSB (single strand binding protein) จะเข้าไปจับเพื่อป้องกันไม่ให้สายดีเอ็นเอกลับมาจับกันเป็นสายคู่อีก จากนั้นเอนไซม์โทโปไอโซเมอเรส (topoisomerase) จะคลายปมที่อยู่เหนือรอบแยกโดยตัดสายดีเอ็นเอหนึ่งออกเพื่อให้คลายเกลียวออก แล้วจึงต่อกลับเข้าดังเดิม บริเวณที่มีการคลายเกลียวของดีเอ็นเอนั้นเป็นจุดเริ่มต้นของการสังเคราะห์ ดีเอ็นเอสายใหม่ โดยเอนไซม์ไพรเมส (primase) จะสังเคราะห์สายดี-เอ็นเอไพรเมอร์ (primer) เป็นจุดเริ่มต้นในทิศทาง 5 , ไป 3, เข้าคู่กับดี-เอ็นเอสายต้นแบบที่มีทิศทาง 3, ไป 5, แล้วเอนไซม์ดีเอ็นเอพอลิเมอเรส III จึงทาหน้าที่เติมนิวคลีโอไทด์เข้าที่ปลาย 3, ของสายอาร์เอ็นเอไพรเมอร์ ไปเรื่อยๆ สายที่มีทิศทางการสร้างเป็นไปตามทิศทางการคลายเกลียวจะได้เส้นดีเอ็นเอที่ต่อเนื่องเรียกว่าสายนาส่วนอีกสายดีเอ็นเอหนึ่งที่มีทิศทางตรงข้ามจะได้สายดีเอ็นเอสั้นๆไม่ต่อเนื่อง

เมื่อมีการคลายเกลียวต่อไปอีกจะมีการสร้างไพรเมอร์ใหม่ และเอนไซม์ดีเอ็นเอพอลิเมอเรส III จะนำนิวคลีโอไทด์มาต่อทาให้ได้สายสั้นๆ เรียกว่าเส้นโอคาซากิ (Okazaki fragment) มีความยาวประมาณ 1000 – 2000 นิวคลีโอไทด์เส้นโอคาซากิจะเชื่อมต่อกันได้โดยเอนไซม์ดีเอ็นเอพอลิเมอเรส I จะตัดสายอาร์เอ็นเอไพรเมอร์ออกโดยตัดจากปลาย 5, และจะเติมนิวคลีโอไทด์เข้าที่ปลาย 3, ของเส้นที่อยู่ถัดขึ้นมาต่อจากที่เอนไซม์ดีเอ็นเอพอลิ-เมอเรส III สังเคราะห์ไว้ทาให้อาร์เอ็นเอไพรเมอร์ค่อยๆถูกตัดออกทีละ 1 นิวคลีโอไทด์ จากปลาย 5, ขณะเดียวกันปลาย 3, ส่วนที่เป็นดีเอ็นเอก็ค่อยๆ ยาวเพิ่มขึ้น จนมีการแทนที่อาร์เอ็นเอไพรเมอร์ด้วยดีเอ็นเอทั้งหมด แล้วเอนไซม์ดีเอ็นเอไลเกส (ligase) จึงมาเชื่อมช่องว่างโดยการสร้างพันธะฟอสโฟไดเอสเทอร์เชื่อมระหว่างเส้นโอคาซากิทั้งสองได้เป็นสายดีเอ็นเอตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

ศิลปะสมัยใหม่ (MODERN ART)

คำว่า โมเดิร์น (Modern คือคำวิเศษณ์ ตรงกับคำว่า “สมัยใหม่” ในภาษาไทย) หมายถึง ความใหม่ ความร่วมยุคร่วมสมัย ศิลปะล้วนแล้วแต่ “ใหม่ (modern)” สำหรับผู้สร้างมัน .....ถึงแม้ว่าจะเป็น ยุคฟื้นฟูศิลปะวิทยา (Renaissance, เรอเนอซองส์) ในฟลอเรนซ์ หรือในคริสต์ศตวรรษที่ 20 ในนิวยอร์ค หรือศิลปะที่เขียนขึ้นในวันนี้ ในรูปแบบของศิลปะคริสต์ศตวรรษที่ 15 ก็ยัง “ใหม่ (modern)” ในความหมายนี้ หรืออีกนัยหนึ่ง ก็คือ สิ่งที่ไม่เก่า สิ่งที่ตรงกันข้ามกับ “เก่า” หรือ “ประเพณี” ดังเช่น ความสมัยใหม่ในบริบทของสังคมไทย ภาพเขียนของ ขรัวอินโข่ง หรือของ สมเด็จฯ กรมพระยานริศรานุวัดติวงศ์ จึงสมัยใหม่สำหรับสังคมไทยในสมัยนั้นๆ เรา(คนไทย) มักจะนึก “ความเป็นฝรั่ง” พร้อมๆกับคำว่าสมัยใหม่ แต่ในความหมายเชิงประวัติศาสตร์ คำว่า “โมเดิร์น” ในศิลปะตะวันตก หมายถึงยุคสมัยจำเพาะในทางประวัติศาสตร์ ระหว่างประมาณคริสต์ทศวรรษ 1860-1970 ในความหมายนี้สมัยใหม่ถูกใช้อธิบายรูปแบบและอุดมคติหรืออุดมการณ์ในการสร้างสรรค์ในยุคนั้นๆ

ลักษณะสำคัญของ “ศิลปะสมัยใหม่” (Modern Art) และ “ลัทธิสมัยใหม่” (Modernism, โมเดิร์นนิสม์) คือ ทัศนคติใหม่ๆที่มีต่ออดีตและอนาคต ซึ่งเป็นไปแบบสุดขั้ว โดยเริ่มต้นมาตั้งแต่ปลายคริสต์ศตวรรษที่ 18 ที่ถือกันว่าเป็นยุคปฏิวัติของยุโรป ศิลปินเริ่มที่จะให้การยอมรับการเขียนภาพ “เหตุการณ์ปัจจุบัน-ร่วมสมัย” ในยุคของตนว่า สามารถมีคุณค่าทางศิลปะได้เท่าเทียมกับภาพเขียนเรื่องราวในอดีตตั้งแต่ยุคโบราณ หรือยุคประวัติศาสตร์จากคัมภีร์ไบเบิล

การเปลี่ยนแปลงทางการเมืองขนานใหญ่ทั่วยุโรปใน ปี 1848 ประกอบกับการอ่อนแรงของศิลปะแบบทางการ หรือ ศิลปะตามหลักวิชา (academic art) ทำให้กระแสศิลปะลัทธิสมัยใหม่ยิ่งเติบโต จิตรกรแนว นีโอ-คลาสสิสม์ (Neo-Classicism) อย่าง ฌาค หลุยส์ ดาวิด (Jacques Louis David) เขียนภาพเหตุการณ์การปฏิวัติฝรั่งเศส จิตรกรแนว โรแมนติสิสม์ (Romanticism) อย่าง ฟรานซิสโก เดอ โกย่า (Francisco de Goya) เขียนภาพเหตุการณ์ตอนที่นโปเลียนจากฝรั่งเศสรุกรานสเปน เรื่องราวที่จิตรกรทั้งสองเขียนในภาพของพวกเขา ได้ช่วยแผ้วถางทางของศิลปะในช่วงกลางคริสต์ศตวรรษที่ 19 ดังที่เห็นได้จากงานศิลปะที่ปฏิเสธการเขียนภาพเกี่ยวกับอดีต ของศิลปิน เรียลลิสม์ (Realism, สัจนิยม) อย่างเช่น กุสตาฟ กูร์เบต์ (Gustave Courbet) และ เอดัวร์ มาเนต์ (Edouard Manet)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3.1 ภาพในสไตล์โมเดิร์นอาร์ต
ที่มา : https://www.hipflat.co.th/ru/blog/house-design/art-deco

ลักษณะสำคัญของ “ศิลปะสมัยใหม่” (Modern Art) และ “ลัทธิสมัยใหม่” (Modernism, โมเดิร์นนิสม์) คือ ทัศนคติใหม่ๆที่มีต่ออดีตและอนาคต ซึ่งเป็นไปแบบสุดขั้ว โดยเริ่มต้นมาตั้งแต่ปลายคริสต์ศตวรรษที่ 18 ที่ถือกันว่าเป็นยุคปฏิวัติของยุโรป ศิลปินเริ่มที่จะให้การยอมรับการเขียนภาพ “เหตุการณ์ปัจจุบัน-ร่วมสมัย” ในยุคของตนว่า สามารถมีคุณค่าทางศิลปะได้เท่าเทียมกับภาพเขียนเรื่องราวในอดีตตั้งแต่ยุคโบราณ หรือยุคประวัติศาสตร์จากคัมภีร์ไบเบิล

การเปลี่ยนแปลงทางการเมืองขนานใหญ่ทั่วยุโรปใน ปี 1848 ประกอบกับการอ่อนแรงของศิลปะแบบทางการ หรือ ศิลปะตามหลักวิชา (academic art) ทำให้กระแสศิลปะลัทธิสมัยใหม่ยิ่งเติบโต จิตรกรแนว นีโอ-คลาสสิสม์ (Neo-Classicism) อย่าง ฌาค หลุยส์ ดาวิด (Jacques Louis David) เขียนภาพเหตุการณ์การปฏิวัติฝรั่งเศส จิตรกรแนว โรแมนติสิสม์ (Romanticism) อย่าง ฟรานซิสโก เดอ โกย่า (Francisco de Goya) เขียนภาพเหตุการณ์ตอนที่นโปเลียนจากฝรั่งเศสรุกรานสเปน เรื่องราวที่จิตรกรทั้งสองเขียนในภาพของพวกเขา ได้ช่วยแผ้วถางทางของศิลปะในช่วงกลางคริสต์ศตวรรษที่ 19 ดังที่เห็นได้จากงานศิลปะที่ปฏิเสธการเขียนภาพเกี่ยวกับอดีต ของศิลปิน เรียลลิสม์ (Realism, สัจนิยม) อย่างเช่น กุสตาฟ กูร์เบต์ (Gustave Courbet) และ เอดัวร์ มาเนต์ (Edouard Manet)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

หนังสืออิเล็กทรอนิกส์ (Interactive e-book)

4.1 หนังสืออิเล็กทรอนิกส์ (Interactive e-book)

หนังสือที่สร้างขึ้นด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์มีลักษณะคล้ายหนังสือจริง สามารถเปิดอ่านได้ในเครื่องคอมพิวเตอร์ และมีลักษณะพิเศษคือสามารถสื่อสารกับผู้อ่านในลักษณะของมัลติมีเดียได้ ได้แก่ ข้อความ ภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว และเสียง แต่ยังคงรักษารูปแบบความเป็นหนังสือไว้ไม่ว่าจะเป็นรูปร่าง หรือลักษณะการเปิดอ่าน

สามารถใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนที่สนับสนุนการเรียนให้ผู้เรียนเกิดพัฒนาการเรียนรู้และเข้าใจเนื้อหาวิชาได้เร็วและดีขึ้น กล่าวคือ เป็นสื่อที่รวมเอาจุดเด่นของสื่อแบบต่างๆ มารวมอยู่ในสื่อตัวเดียว คือ สามารถแสดงภาพ แสง เสียง ภาพเคลื่อนไหว และการมีปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช้ มีลักษณะไม่ตายตัว สามารถแก้ไขปรับปรุงเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา อีกทั้งยังสามารถเชื่อมโยงไปสู่ข้อมูลที่เกี่ยวข้องได้โดยใช้ความสามารถของไฮเปอร์เท็กซ์ และถ้าหากว่าหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ออนไลน์ผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ตหรืออินทราเน็ตจะทำให้การกระจายสื่อทำได้อย่างรวดเร็ว และกว้างขว้าง สามารถที่จะตอบสนองความต้องการของผู้เรียน และผู้เรียนสามารถศึกษาได้ทุกที่ทุกเวลา จาก งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาและการพัฒนาการเรียนการสอนที่ใช้ E-Book พบว่าการให้การแก้ปัญหาและพัฒนาเรื่องนั้นมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลในการดำเนินการได้ทุกเรื่อง

ลักษณะของ E- Book มี 4 รูปแบบ

รูปแบบของหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ รูปแบบของหนังสืออิเล็กทรอนิกส์สามารถแบ่งออกได้เป็นหลายรูปแบบด้วยกันดังนี้

1.1 รูปแบบของหนังสืออิเล็กทรอนิกส์แบ่งตามลักษณะการเข้าถึงข้อมูลและการอ่าน รูปแบบนี้ จะเป็นการแบ่งประเภทของหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ได้ชัดเจนมากที่สุดกว่าทุกๆ

1.2 หนังสืออิเล็กทรอนิกส์อ้างอิง (Automated Reference Books) หนังสืออิเล็กทรอนิกส์อ้างอิงใช้การเข้าถึงข้อมูลในลักษณะการสุ่ม (Random) ผู้อ่านจะค้นหาคำที่ต้องการทราบและอ่านจนจบเนื้อหานั้น จากนั้นจึงค้นหาที่ต้องการทราบต่อไป

1.3 หนังสือเรียนอิเล็กทรอนิกส์ (Automated Textbook Books) หนังสือเรียนอิเล็กทรอนิกส์มีลักษณะการเข้าถึงข้อมูลส่วนใหญ่แบบแต่ละรุ่นไปตามลำดับ (Sequence) จากนั้นก็จะมีการอ่านเนื้อหาเหล่านั้นไปเรื่อยๆ จนจบบท และอาจอ่านบทต่อไปตามลำดับหรือเลือกหัวข้อใหม่ตามความสนใจของผู้อ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 โปรแกรมที่ใช้สร้างหนังสืออิเล็กทรอนิกส์

ชุดโปรแกรมทั้ง 3 จะต้องติดตั้งโปรแกรมสำหรับอ่าน (Reader) หนังสืออิเล็กทรอนิกส์ด้วย มิฉะนั้นแล้วจะเปิดหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ไม่ได้ ประกอบด้วย

1 โปรแกรมชุด FlipAlbumจะมีแฟ้มนามสกุล .opfต้องใช้โปรแกรม Flip Viewer

2 โปรแกรมชุด DeskTop Author จะมีแฟ้มนามสกุล .dmlต้องใช้โปรแกรม DNL Reader

3 โปรแกรมชุด Flip Flash Album จะมีแฟ้มนามสกุล .swfต้องใช้โปรแกรม Flash Player

คุณสมบัติของโปรแกรม Flip Album 6.0 Pro

การพัฒนา Multimedia e-Book มีซอฟต์แวร์ช่วยหลายตัว โดยซอฟต์แวร์ที่โดดเด่นตัวหนึ่งคือFlipAlbumซึ่งปัจจุบันได้พัฒนามาเป็น FlipAlbum 6.0 โดยความสามารถของโปรแกรมที่ทำให้การนำเสนอสื่อออกมาในรูปแบบ 3D Page-Flipping interface และมีชื่อเรียกเฉพาะว่า FlipBookผลงานที่ได้นี้สามารถนำเสนอได้ทั้งแบบ Offline ด้วยความสามารถ AutoRunอัตโนมัติ และ Online ผ่านโปรแกรมแสดงผลเฉพาะ FlipViewer

คุณสมบัติขั้นต่ำของคอมพิวเตอร์

ระบบปฏิบัติการ Windows® 98/2000/ME/XP

คอมพิวเตอร์ IBM® PC compatible หน่วยประมวลผล Pentium® II 300 MHz

- หน่วยความจำแรมอย่างต่ำ 128 MB
- จอภาพที่มีความละเอียดไม่น้อยกว่า 800 × 600 pixels

ข้อมูลที่สามารถใส่ลงในโปรแกรม Flip album ได้นั้นมีรูปแบบที่หลากหลายทั้งข้อความ, ภาพนิ่ง, ภาพเคลื่อนไหว, ไฟล์วิดิโอและไฟล์เสียง ดังนั้นควรจัดเตรียมข้อมูล ตกแต่งรูปภาพและอื่นๆ ให้เสร็จเรียบร้อยก่อนและจัดเก็บรวมกันไว้ใน Folder ที่กำหนดขึ้นเช่น C:\my pic เป็นต้น ทั้งนี้ไฟล์ที่สามารถใช้ได้ ได้แก่ (GIF, JPG, PNG, BMP, WMF, ICO, PCX, TIF, PCD, PSD); OEB Package Format (OPF); Sound Files (MID, WAV, MP3); Video Files (AVI, MPG

โดยโปรแกรมที่ใช้ประกอบไปด้วย

1 Desktop Author (Phummiphat)

2 FlipAlbum

3 Desktop Author

4 Flip Album

5 iBooks Author

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. Microsoft PowerPoint
7. I Love Library
8. Adobe acrobat Pro
9. Sigil
10. Foxit Reader
11. Megazine3
12. Adobe InDesign
13. Calibre
14. eBook Builder
15. Studio authoring tool
16. The Palm Ebook
17. Adobe Acrobat Capture
18. Adobe Content Server 3
19. Flash Album Deluxe จะต้องติดตั้งโปรแกรม Flash Player สำหรับอ่าน

4.2.1 ส่วนประกอบสำคัญของ e-books

1. ฮาร์ดแวร์สำหรับ e-book เป็น อุปกรณ์สำหรับการอ่าน สิ่งพิมพ์
2. ซอฟแวร์สำหรับ e-book เป็นสื่อกลางที่ใช้สร้าง e-book และเป็นตัวที่จะทำให้เห็นเนื้อหาบนหน้าจอ
3. ภาพนิ่ง (Still Image)
4. อักขระ (Text) หรือข้อความ
5. ภาพเคลื่อนไหว (Animation)
6. เสียง (Sound)
7. ภาพวีดิทัศน์ (Video)
8. การจัดเก็บข้อมูลมัลติมีเดีย
9. ภาพสามมิติ (3D)

4.3 ความแตกต่างระหว่าง Traditional E-book(หนังสืออิเล็กทรอนิกส์แบบทั่วๆไป) กับ Interactive E-book

Traditional E-book จะไม่มีปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช้ เป็นการเปิดอ่านเอกสารธรรมดา แต่ Interactive E-book จะมีปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช้ เช่น การกรอกข้อมูลลงใน E-book, สามารถกดที่ภาพเพื่อดูภาพขยาย หรือสามารถกดที่วีดีโอ เพื่อเข้าไปดูวีดีโอ เป็นต้นถ้อยคำ โฆษณา เครื่องหมายและสัญลักษณ์ทางการค้า และอาศัยหลักศิลปะการจัดภาพให้เกิดการประสานกลมกลืนกันอย่าง3.2.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Interactive E-book

1. มี Animation
2. Sound
3. Video
4. มีภาพที่ย่อขยายได้
5. มี Link ไปยังจุดต่างๆ หรือหน้าต่างๆ หรือไปยังหน้าเว็บไซต์ภายนอก
6. มีแบบทดสอบที่สามารถทำหรือตอบลงไปในนั้นได้
7. มีการเขียนที่กระตุ้นให้ผู้เรียนได้คิด
8. มีคำถามกระตุ้นผู้เรียนให้ตอบ

หนังสือที่สร้างขึ้นด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์มีลักษณะเป็นเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ โดยปกติมักจะเป็นแฟ้มข้อมูลที่สามารถอ่านเอกสารผ่านทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ทั้งในระบบออฟไลน์และออนไลน์ คุณลักษณะของหนังสืออิเล็กทรอนิกส์สามารถเชื่อมโยงจุดไปยังส่วนต่างๆ ของหนังสือ เว็บไซต์ต่างๆ ตลอดจนมีปฏิสัมพันธ์และโต้ตอบกับผู้เรียนได้ นอกจากนั้นหนังสืออิเล็กทรอนิกส์สามารถแทรกภาพ เสียง ภาพเคลื่อนไหว แบบทดสอบ และสามารถสั่งพิมพ์เอกสารที่ต้องการออกทางเครื่องพิมพ์ได้ อีกประการหนึ่งที่สำคัญก็คือ หนังสืออิเล็กทรอนิกส์สามารถปรับปรุงข้อมูลให้ทันสมัยได้ตลอดเวลา ซึ่งคุณสมบัติเหล่านี้จะไม่มีในหนังสือธรรมดาทั่วไป

Traditional E-book(หนังสืออิเล็กทรอนิกส์ทั่วๆไป)

1. มี Text ธรรมดา
2. มีภาพให้ดู แต่ไม่สามารถกดหรือขยายได้

Interective E-book มีรูปแบบเนื้อหาสามารถเปลี่ยนแปลงได้ โดยการอัพเดทข้อมูลและสามารถใช้รูปแบบของ Web เข้ามาเชื่อมต่อ มี Interactivity ที่สามารถตอบสนองกับผู้ใช้งานได้อย่างดี การเชื่อมโยงเนื้อหาใช้ Hyperlink สามารถเข้าถึงข้อมูลต่างๆ ได้ง่ายและฉับไว

4.3 iBooks และ iCloud

การอ่านจาก iPad, iPhone, iPod touch หรือ Mac นั้น ก็คล้ายๆ กับการอ่านหนังสือปกติทั่วไป แต่ที่ต่างคือ เมื่อคุณได้เริ่มลองอ่าน คุณจะรู้ว่าจริงๆ แล้วมีอะไรที่ดีกว่านั้นอีกมาก ไม่ว่าจะเป็นการเปลี่ยนหน้าด้วยการตวัดนิ้วในอุปกรณ์ iOS หรือใช้สองนิ้วปัดบนแทร็คแพดของ Mac จะเลือกอ่านทีละหน้าหรือตะแคง iPad ในแนวนอนเพื่ออ่านแบบเห็นได้ทั้งสองหน้าในเวลาเดียวกัน อ่านทุกอย่างแบบเต็มหน้าโดยไม่มีสิ่งรบกวนสายตา หรืออ่านในโหมดอักษรสีขาวบนพื้นดำสำหรับเวลากลางคืน

ไปจนถึงการเปลี่ยนแปลงหน้าตาของหนังสือด้วยการเปลี่ยนขนาดตัวอักษรและฟอนต์ ที่สำคัญอีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างคือ สามารถเปิดหนังสือกี่เล่มก็ได้เท่าที่ต้องการในขณะที่คุณใช้ Mac ด้วย

iBooks Author ช่วยให้การใส่ข้อความ กราฟิก ภาพยนตร์ และอื่นๆ อีกมากมายเป็นเรื่องง่าย เพื่อให้หนังสือของคุณออกมาในแบบที่คุณต้องการ เพียงลากแล้ววางเอกสาร Pages หรือ Microsoft Word ในหน้าต่างหนังสือเพื่อเพิ่มเป็นส่วนใหม่ ซึ่งเมื่อคุณลากแล้ววางในรูป ข้อความก็จะล้อมรอบภาพให้โดยอัตโนมัติ นอกจากนี้คุณยังสามารถอิมพอร์ตไฟล์ Adobe InDesign และ EPUB แล้วแก้ไขให้สมบูรณ์แบบได้ใน iBooks Author อีกด้วยและมีเครื่องมือที่คุณต้องการอย่างครบครันเพื่อการสร้างสรรค์หนังสืออันสวยงามและน่าสนใจมากกว่าตัวหนังสือธรรมดา คุณจึงเพิ่มรูปทรง แผนภูมิ ตาราง ข้อความ และวิดเจ็ตตรงไหนก็ได้บนหน้าหนังสือด้วยการคลิกเพียงครั้งเดียว หรือจะออกแบบข้อความหรือตัวหนังสือโดยใช้ฟอนต์แบบกำหนดเอง เขียนนิพจน์ทางคณิตศาสตร์โดยใช้ LaTeX หรือ MathML ไปจนถึงใส่องค์ประกอบภาพและเสียงเพื่อให้หนังสือดูน่าอ่านยิ่งขึ้นด้วยก็ได้

ขณะที่กำลังแก้ไข คุณสามารถใช้ iBooks Author เพื่อดูตัวอย่างหนังสือบน iPad, iPhone หรือ Mac ก่อนได้ และเมื่อคุณพร้อมที่จะเผยแพร่หนังสือแล้ว iBooks Author ก็จะแนะนำคุณทีละขั้นตอนเพื่อให้คุณสามารถส่งหนังสือไปยัง iBooks สำหรับดาวน์โหลดได้ฟรี และเพื่อให้ผลงานของคุณเป็นปัจจุบัน ก็แค่อัพเดทโดยการเผยแพร่เวอร์ชั่นใหม่ซึ่งยังคงใช้ชื่อเรื่องตามต้นฉบับของคุณ โดย iBooks จะแจ้งให้ผู้อ่านของคุณทราบโดยอัตโนมัติว่ามีหนังสือเวอร์ชั่นใหม่พร้อมให้ดาวน์โหลดแล้ว ยิ่งไปกว่านั้นคุณยังสามารถเอ็กซ์พอร์ตหนังสือของคุณเพื่อแชร์ที่ iTunes U หรือให้ใครก็ตามที่มี iPad, iPhone หรือ Mac ได้อีกด้วย

iCloud จัดเก็บรูปภาพ วิดีโอ เอกสาร เพลง แอพ และอื่นๆ ให้คุณอย่างปลอดภัย และอัพเดทให้เป็นข้อมูลล่าสุดอยู่เสมอบนอุปกรณ์ทุกเครื่องของคุณ ช่วยให้คุณสามารถแชร์รูปภาพ ปฏิทิน ตำแหน่งที่ตั้ง และข้อมูลอื่นๆ กับเพื่อนและครอบครัวได้ อีกทั้งคุณยังสามารถใช้ iCloud เพื่อช่วยค้นหาอุปกรณ์ของคุณในกรณีที่สูญหายได้

วิธีการทำงานของ iCloud

หลังจากที่คุณ ตั้งค่า iCloud ในอุปกรณ์ iOS หรือ Mac แล้ว ให้คุณลงชื่อเข้าใช้ iCloud บนอุปกรณ์และคอมพิวเตอร์เครื่องอื่นๆ โดยใช้ Apple ID เดียวกัน (คุณจำเป็นต้องทำเช่นนี้เพียงครั้งเดียว) จากนั้น การเปลี่ยนแปลงใดๆ ที่คุณทำไปยังอุปกรณ์หนึ่ง จะปรากฏขึ้นบนอุปกรณ์อื่นๆ ของคุณทั้งหมด ตัวอย่างเช่น หากคุณสร้างอัลบั้มใหม่ในแอพรูปภาพบน Mac ของคุณ อัลบั้มดังกล่าวจะปรากฏขึ้นโดยอัตโนมัติบนแอพรูปภาพบน iCloud.com บนเบราว์เซอร์ Mac และ Windows, อุปกรณ์ iOS, Apple Watch และ Apple TV ของคุณ

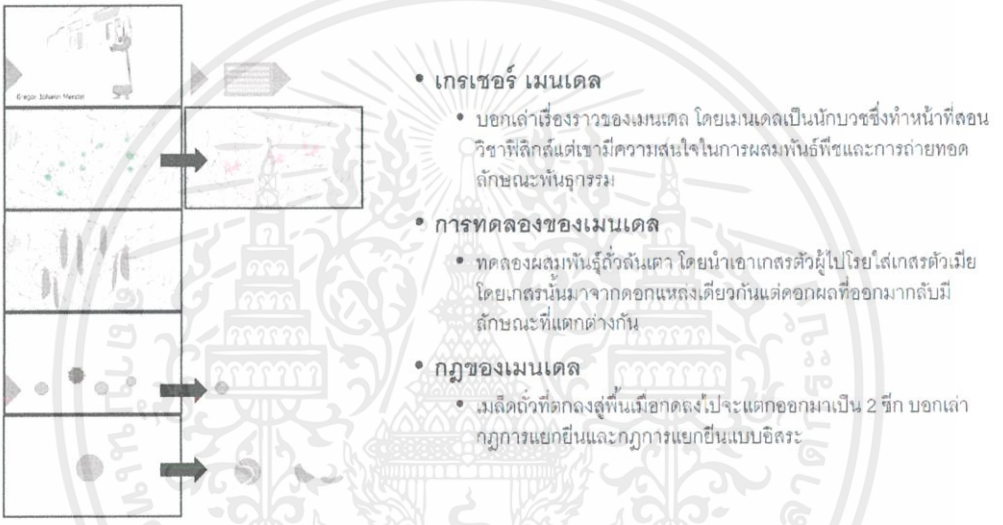
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

การออกแบบและพัฒนาแบบร่าง

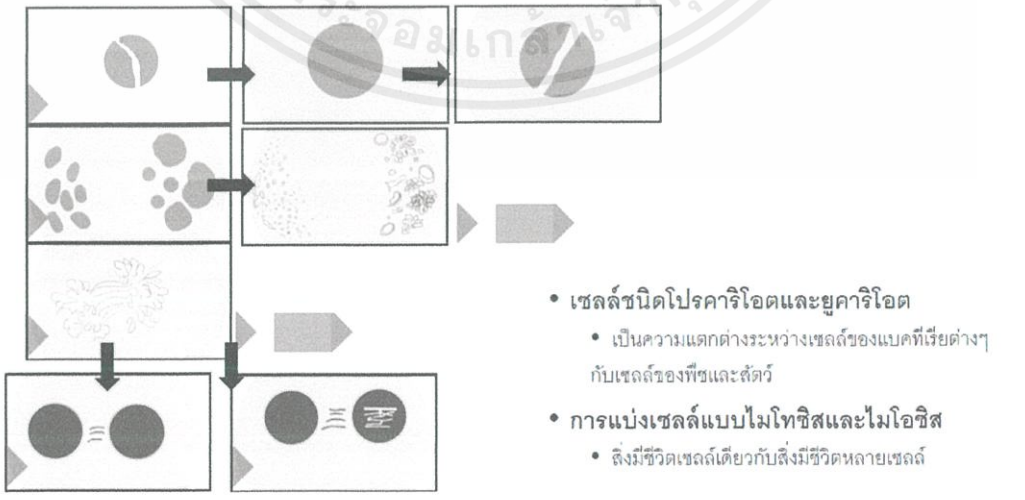
5.1 การออกแบบ

5.1.1 ภาพร่างบทที่ 1



ภาพที่ 5.1 ภาพ Sketch ครั้งที่หนึ่ง

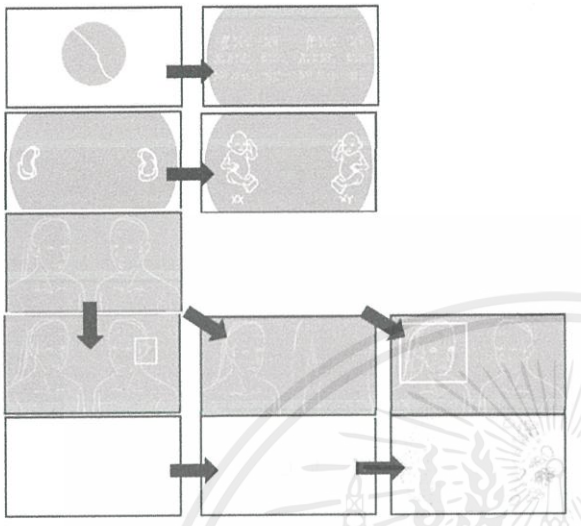
5.1.2 ภาพร่างบทที่ 2



ภาพที่ 5.2 ภาพ Sketch ครั้งที่หนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

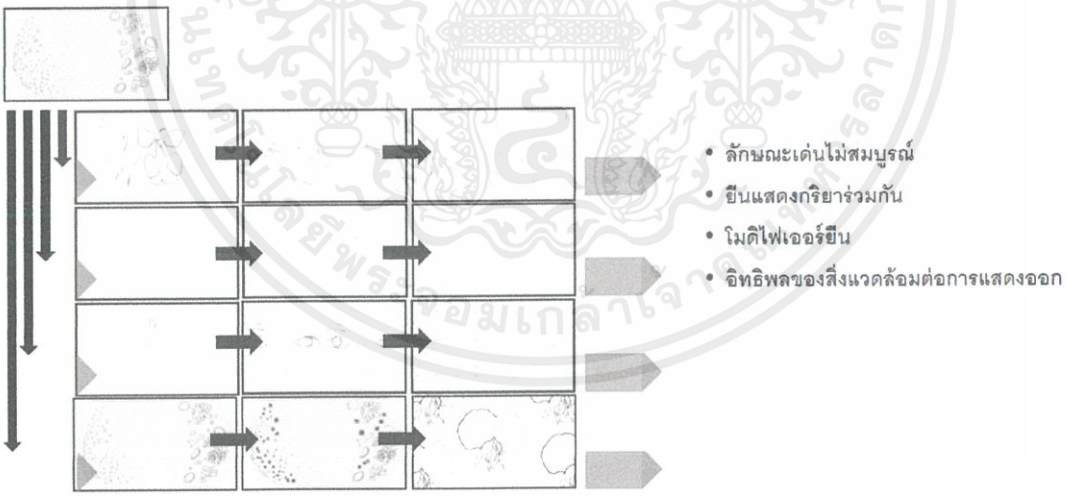
5.1.3 ภาพร่างบทที่ 3



- **การกำหนดเพศ**
  - โครโมโซมมนุษย์ทั้งหมดมีจำนวน 23 คู่ โดย1-22 คืออโทโซม ส่วนคู่ที่ 23 คือ โครโมโซมเพศ โดยเพศหญิงต่างจากเพศชายคือ xx ส่วนชายจะเป็น xy
- **โรคจากโครโมโซม**
  - ยีนในโครโมโซม y ผิดปกติทำให้ชายหนุ่มมีขนที่ใบหู
  - โครโมโซม y ที่เกินมาทำให้มีร่างกายที่สูงใหญ่ผิดปกติ
  - โครโมโซม x หายไป ทำให้มีศีรษะเล็กกว่าปกติ หน้ากลม ใบหูต่ำกว่าปกติ ตาห่าง มีอาการปัญญาอ่อน

ภาพที่ 5.3 ภาพ Sketch ครั้งที่หนึ่ง

5.1.4 ภาพร่างบทที่ 4



- **ลักษณะเด่นไม่สมบูรณ์**
- **ยีนแสดงกริยาร่วมกัน**
- **โมดิไฟเออร์ยีน**
- **อิทธิพลของสิ่งแวดล้อมต่อการแสดงออก**

ภาพที่ 5.4 ภาพ Sketch ครั้งที่หนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 แบบร่างครั้งที่ 2

ภาพที่ 5.5 ภาพ Sketch ครั้งที่ 2

ภาพที่ 5.6 ภาพ Sketch ครั้งที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 5.7 ภาพ Sketch ครั้งที่ 2

ภาพที่ 5.8 ภาพ Sketch ครั้งที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

ผลงานจริง

6.1 ภาพประกอบหนังสือ

6.1.1 หน้าปกหนังสือ

ภาพที่ 6.1 ภาพผลงานจริง

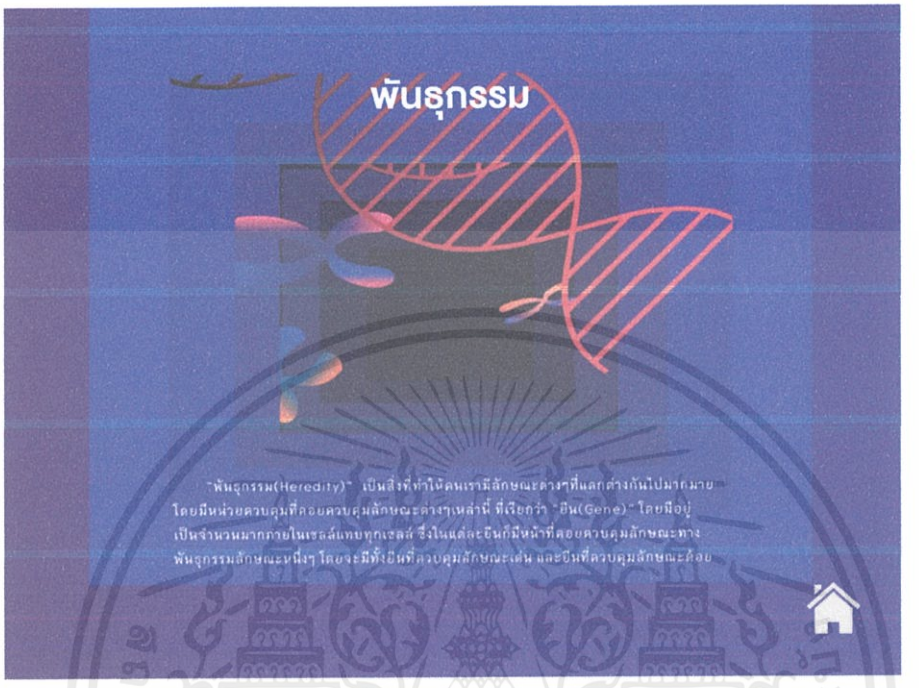
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.1.2 สารบัญและบทที่ 1

ภาพที่ 6.2 ภาพผลงานจริง

ภาพที่ 6.3 ภาพผลงานจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 6.4 ภาพผลงานจริง

ภาพที่ 6.5 ภาพผลงานจริง

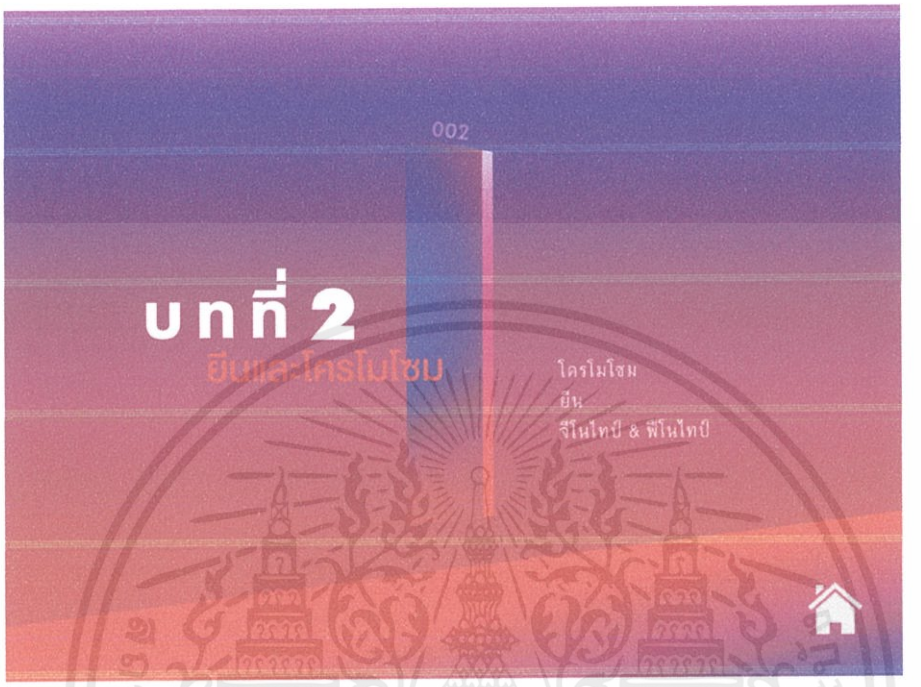
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 6.6 ภาพผลงานจริง

ภาพที่ 6.7 ภาพผลงานจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

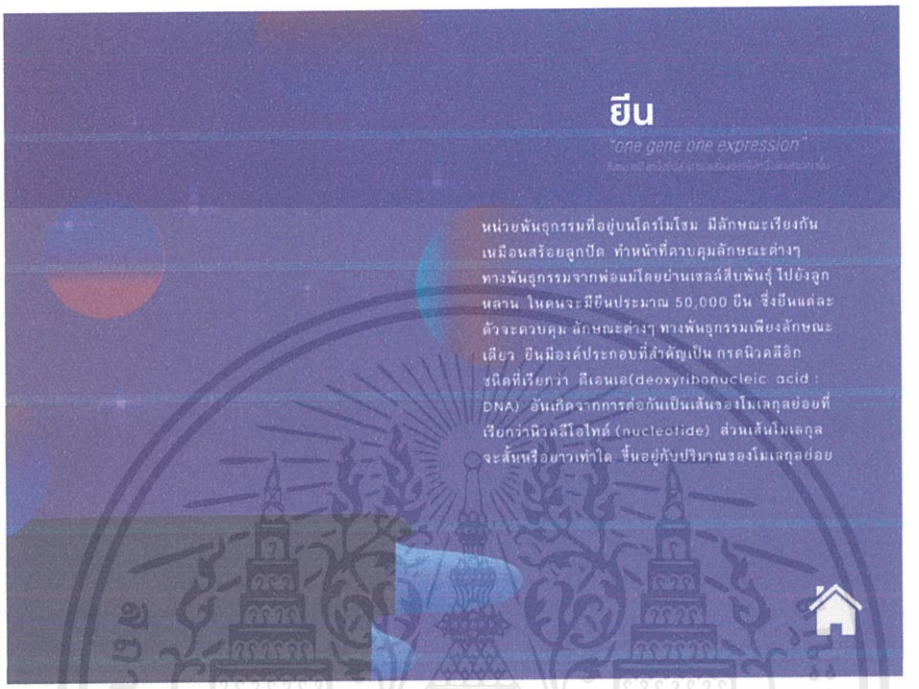
6.1.3 บทที่ 2



ภาพที่ 6.8 ภาพผลงานจริง

ภาพที่ 6.9 ภาพผลงานจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 6.10 ภาพผลงานจริง

ภาพที่ 6.11 ภาพผลงานจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 6.12 ภาพผลงานจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.1.4 บทที่ 3

ภาพที่ 6.13 ภาพผลงานจริง

ภาพที่ 6.14 ภาพผลงานจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 6.15 ภาพผลงานจริง

ภาพที่ 6.16 ภาพผลงานจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

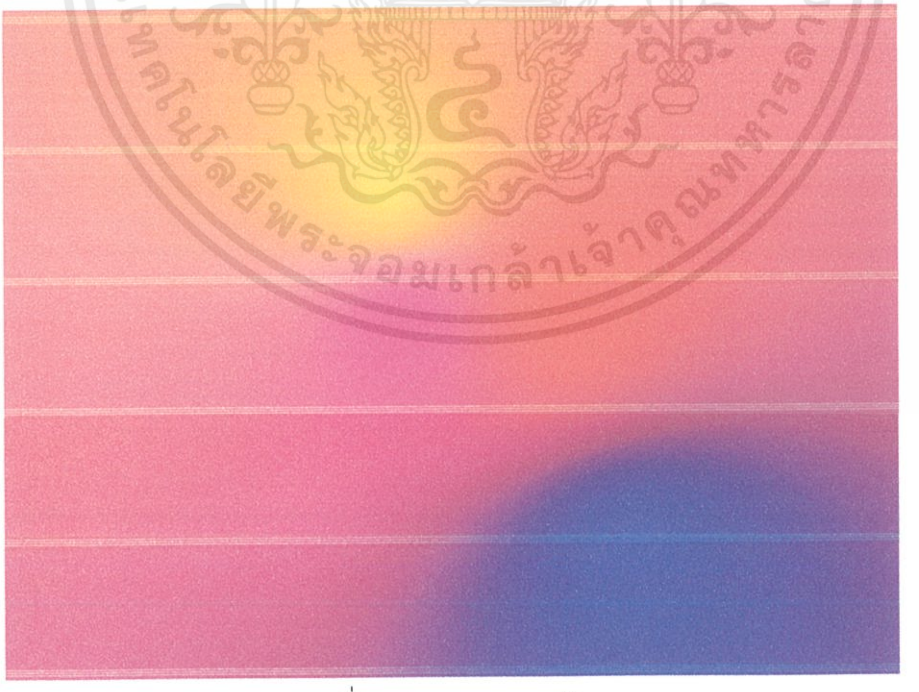
6.1.5 บทที่ 4

ภาพที่ 6.17 ภาพผลงานจริง

ภาพที่ 6.18 ภาพผลงานจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 6.19 ภาพผลงานจริง



ภาพที่ 6.20 ภาพผลงานจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

การดำเนินโครงการออกแบบภาพประกอบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์เรื่อง “ ห้องปฏิบัติการ ดีเอ็นเอ ” มี ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับปัญหาระหว่างการทำงานดังนี้

คำนวนภาระงานตั้งแต่เสนอหัวข้อโครงการ และจำกัดขอบเขตของโคตรการให้ดี ไม่ให้ปริมาณงานเยอะเกินไป ต่อมาผู้จัดทำได้พบปัญหาระหว่างการทำงานคือ การควบคุมภาพรวมของผลงานให้ไปในทางเดียวกันไม่ได้ จึงมีการปรับภาพประกอบให้ไปในทางเดียวกันจนสุดท้ายจึงสามารถเข้ากันได้ นอกจากนี้ยังมีปัญหาเนื่องจากตัวโปรแกรมที่ไม่ได้เป็นไปตามอย่างที่คิดจึงมีการปรับการเคลื่อนไหวของภาพแต่ละอย่างและคิดลูกเล่นการกดใช้ใหม่ทั้งหมด ในเรื่องของปริมาณงานไม่ได้คิดว่ามีเยอะเกินไปแต่ในเรื่องของการลองโปรแกรมได้ใช้เวลากับมันน้อยเกินไปจึงทำให้ไม่เป็นไปตามที่หวังแต่สุดท้ายก็สามารถกดเล่นออกมาได้ในที่สุด

โดยสรุปแล้ว การดำเนินโครงการออกแบบภาพประกอบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์เรื่อง “ ห้องปฏิบัติการ ดีเอ็นเอ ” สามารถดำเนินไปได้อย่างราบรื่นในที่สุดและสามารถเสร็จตามกำหนดที่ตั้งไว้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

มาลี สุวรรณอัตถ์, 2527. รายงานการสัมมนาทางวิชาการ : ปัจจุบันและอนาคต. กรุงเทพ: กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (2544). วิทยาศาสตร์สาหรับเยาวชน “เทคโนโลยีชีวภาพใกล้ตัว 1”. กรุงเทพ : โรงพิมพ์สุรวัฒน์.

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (2546). ประวัติวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไทย. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพ : ศรีเมืองการพิมพ์.

อาสาฬห์ จิตรแจ่ม และเอกดนัย กอกิมพงษ์. (2547). กรอบนโยบายเพื่อการพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพของประเทศ. วารสาร LAB. TODAY 3(19): 68- 73.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ - ชื่อสกุล	เมริษา เพิ่มวงศ์
วัน เดือน ปี เกิด	13 เมษายน 2538
ที่อยู่ปัจจุบัน	69/1166 หมู่บ้านฟ้ารังสิต ถ.รังสิต-นครนายก ต.บึงยี่โถ อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12130
ประวัติการศึกษา	
2560	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
E - mail	Jorj.0495@gmail.com
เบอร์โทรศัพท์	080 - 615 - 4706

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้