ใบงานที่ 1

กรรไกรตัด DNA

เอนไซม์ตัดจำเพาะ ปลายเหนียว และ DNA ลิเกส

สแกนเปิดสื่อ

ชีววิทยา ม.4 บทที่ 6 เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ · สื่อ: plans.biologypremium.com/m4-ch6/1/ · เวลา 50 นาที

ชื่อ–สกุล ..... ชั้น ม.4/..... เลขที่ .....

จุดประสงค์การเรียนรู้ เมื่อทำใบงานนี้เสร็จ นักเรียนสามารถ

- ระบุลำดับจดจำและลักษณะปลายที่ได้จากเอนไซม์ตัดจำเพาะแต่ละชนิด
- อธิบายบทบาทของพันธะไฮโดรเจนและ DNA ลิเกสในการต่อชิ้น DNA
- หาจำนวนตำแหน่งตัด จำนวนชิ้น และขนาดชิ้นของ DNA เส้นตรงและ DNA วงกลม

ตอนที่ 1 สำรวจในสื่อ

กิจกรรม 1.1 (4 คะแนน) เปิดแท็บ “ตัดจำเพาะ” เลือกเอนไซม์ทีละชนิด กดเล่น แล้วเติมตาราง

เอนไซม์	ลำดับจดจำ (5′→3′) และตำแหน่งตัด ↓	ปลายที่ได้ (ปลายเหนียว/ปลายทู่)
EcoRI		
HindIII		
BamHI		
SmaI		

กิจกรรม 1.2 (3 คะแนน) เปิดแท็บ “DNA ลิเกส” ลองทั้ง 3 ปุ่ม แล้วตอบ

ก. ปลายเหนียวจับคู่กันด้วยพันธะชนิดใด

ข. DNA ลิเกสเชื่อมรอยแยกโดยสร้างพันธะชนิดใด และต้องเชื่อมกี่จุดต่อรอยต่อ 1 แห่ง

ค. ทำไมปลายจาก EcoRI กับ HindIII จึงต่อกันไม่ได้

กิจกรรม 1.3 (1 คะแนน) เปิดแท็บ “หาตำแหน่งตัด” ทำ 3 ข้อ แล้วบันทึกข้อที่นักเรียนชอบ: DNA (เส้นตรง/วงกลม) ..... ตำแหน่งตัด ..... ได้ ..... ชิ้น

ตอนที่ 2 คิดและอธิบาย

1. เอนไซม์ตัดจำเพาะพบในสิ่งมีชีวิตใด มีหน้าที่อะไรในธรรมชาติ และสิ่งมีชีวิตนั้นป้องกันไม่ให้เอนไซม์ตัด DNA ของตัวเองได้อย่างไร [จำ]

2. ลำดับ 5′-GAATTC-3′ เป็นพาลินโดรมอย่างไร ให้เขียนสายคู่สมแล้วอธิบาย [เข้าใจ]

3. DNA เส้นตรงยาว 10,000 bp ตัดด้วย EcoRI ที่ตำแหน่ง 2,500 และ 7,000 bp จะได้กี่ชิ้น ขนาดเท่าใด และถ้าเป็นพลาสมิดขนาดเท่ากันที่มีตำแหน่งตัดเดียวกัน จะได้กี่ชิ้น ขนาดเท่าใด [คำนวณ]

4. โดยเฉลี่ยลำดับจดจำ 4 คู่เบสและ 6 คู่เบสจะพบทุก ๆ กี่คู่เบส (ถ้าเบสทั้ง 4 ชนิดพบเท่ากันและเรียงแบบสุ่ม) [คำนวณ]

5. ถ้าต้องการใส่ยีนเข้าไปในพลาสมิด ควรเลือกเอนไซม์ที่ให้ปลายเหนียวหรือปลายทู่ เพราะเหตุใด [ประเมิน]

ตอนที่ 3 ตรวจความเข้าใจตัวเอง

ทำเครื่องหมาย ✓ ในช่อง “ถูก” หรือ “ผิด” ถ้าผิดให้แก้ข้อความให้ถูกต้องในช่องท้าย

ข้อ	ข้อความ	ถูก	ผิด	แก้ให้ถูก (ถ้าผิด)
1	เอนไซม์ตัดจำเพาะตัดพันธะไฮโดรเจนระหว่างคู่เบส			
2	DNA ที่ตัดด้วยเอนไซม์ชนิดเดียวกันมีปลายเหนียวที่เข้าคู่กันได้ แม้มาจากสิ่งมีชีวิตต่างชนิด			
3	DNA วงกลมที่ถูกตัด 1 ตำแหน่ง จะได้ DNA 2 ชิ้น			
4	SmaI ตัดสายบนและสายล่างตรงตำแหน่งเดียวกัน จึงได้ปลายทู่			
5	DNA ลิเกสใช้ในการจำลอง DNA ในเซลล์ด้วย			

สะท้อนคิด สิ่งที่ยังสงสัยหรืออยากรู้เพิ่มเติมจากฉากนี้คือ

ใบงานที่ 2

การโคลนยีน

พลาสมิดรีคอมบิแนนท์ ทรานส์ฟอร์เมชัน และการคัดเลือกโคโลนี

สแกนเปิดสื่อ

ชีววิทยา ม.4 บทที่ 6 เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ · สื่อ: plans.biologypremium.com/m4-ch6/2/ · เวลา 50 นาที

ชื่อ–สกุล ..... ชั้น ม.4/..... เลขที่ .....

จุดประสงค์การเรียนรู้ เมื่อทำใบงานนี้เสร็จ นักเรียนสามารถ

- บอกส่วนประกอบของพลาสมิดพาหะและหน้าที่ของแต่ละส่วน
- เรียงขั้นตอนการโคลนยีนอินซูลินในแบคทีเรีย
- แปลผลโคโลนีบนจานอาหารที่มียาปฏิชีวนะและ X-gal เพื่อคัดเลือกเซลล์ที่มีพลาสมิดรีคอมบิแนนท์

ตอนที่ 1 สำรวจในสื่อ

กิจกรรม 2.1 (4 คะแนน) เปิดแท็บ “พลาสมิด” ที่ขั้นแรก แล้วเติมหน้าที่ของแต่ละส่วน (ตำแหน่งตัด EcoRI ดูจากป้ายในภาพสามมิติ · ชิ้น DNA สีแดงในฉากแทนยีนอินซูลินในรูป cDNA)

ส่วนของพลาสมิด	หน้าที่
ori	
ยีน amp^{r}	
ยีน lacZ	
ตำแหน่งตัด EcoRI	

กิจกรรม 2.2 (2 คะแนน) เปิดแท็บ “ทรานส์ฟอร์เมชัน” เลื่อนแถบเวลาในแผงเครื่องมือ แล้วเติม

เริ่มจากแบคทีเรีย 1 เซลล์ แบ่งเซลล์ทุก 20 นาที เลี้ยง 3 ชั่วโมงได้ ..... รอบ = ... เซลล์ · เลี้ยง 5 ชั่วโมงได้ ..... เซลล์

กิจกรรม 2.3 (3 คะแนน) เปิดแท็บ “คัดเลือกโคโลนี” แตะเลือกโคโลนี 5 ครั้งบนจานที่มียา แล้วสลับไปจานที่ไม่มียา เติมตาราง

เซลล์	จานที่มีแอมพิซิลลิน + X-gal	จานที่ไม่มียา (มี X-gal)
ไม่ได้รับพลาสมิด		
พลาสมิดไม่มียีนแทรก		
พลาสมิดรีคอมบิแนนท์		

ตอนที่ 2 คิดและอธิบาย

1. เรียงขั้นตอนการโคลนยีนอินซูลินให้ถูกต้อง: (ก) คัดเลือกโคโลนี (ข) ตัดพลาสมิดและยีนด้วยเอนไซม์ชนิดเดียวกัน (ค) ทรานส์ฟอร์เมชัน (ง) เชื่อมด้วย DNA ลิเกส (จ) เลี้ยงแบคทีเรียให้เพิ่มจำนวนและสร้างอินซูลิน [จำ]

2. ทำไมจึงใช้ cDNA ของยีนอินซูลิน แทนยีนอินซูลินที่ตัดจากจีโนมของคน และ cDNA สร้างได้อย่างไร [เข้าใจ]

3. จานที่มีแอมพิซิลลินและ X-gal มีโคโลนีสีน้ำเงิน 60 และสีขาว 15 โคโลนี ควรเลือกโคโลนีใดไปเลี้ยงต่อ และโคโลนีสีน้ำเงินบอกอะไร [วิเคราะห์]

4. ถ้านักเรียนเพาะเชื้อบนจานที่ไม่มีแอมพิซิลลิน จะเลือกโคโลนีสีขาวไปใช้ได้หรือไม่ เพราะเหตุใด [วิเคราะห์]

5. อินซูลินที่ผลิตด้วยแบคทีเรียมีข้อดีอย่างไรเมื่อเทียบกับอินซูลินที่สกัดจากตับอ่อนของวัวหรือหมู [ประเมิน]

ตอนที่ 3 ตรวจความเข้าใจตัวเอง

ทำเครื่องหมาย ✓ ในช่อง “ถูก” หรือ “ผิด” ถ้าผิดให้แก้ข้อความให้ถูกต้องในช่องท้าย

ข้อ	ข้อความ	ถูก	ผิด	แก้ให้ถูก (ถ้าผิด)
1	พลาสมิดเป็น DNA วงกลมที่จำลองตัวเองได้แยกจากโครโมโซมของแบคทีเรีย			
2	ทรานส์ฟอร์เมชันคือการนำ DNA จากภายนอกเข้าสู่เซลล์แบคทีเรีย			
3	ทุกเซลล์ที่ผ่านขั้นทรานส์ฟอร์เมชันได้รับพลาสมิด			
4	โคโลนี 1 โคโลนีเกิดจากเซลล์เดียว จึงเป็นโคลน			
5	บนจานที่มีแอมพิซิลลินและ X-gal โคโลนีสีน้ำเงินมียีนอินซูลิน			

สะท้อนคิด สิ่งที่ยังสงสัยหรืออยากรู้เพิ่มเติมจากฉากนี้คือ

ใบงานที่ 3

PCR เพิ่มจำนวน DNA

ขั้นตอน 1 รอบ การเพิ่มแบบ 2^n และส่วนประกอบ

สแกนเปิดสื่อ

ชีววิทยา ม.4 บทที่ 6 เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ · สื่อ: plans.biologypremium.com/m4-ch6/3/ · เวลา 50 นาที

ชื่อ–สกุล ..... ชั้น ม.4/..... เลขที่ .....

จุดประสงค์การเรียนรู้ เมื่อทำใบงานนี้เสร็จ นักเรียนสามารถ

- บอกอุณหภูมิและสิ่งที่เกิดในแต่ละขั้นของ PCR 1 รอบ
- คำนวณจำนวน DNA ที่ได้หลัง n รอบ
- ระบุส่วนประกอบที่จำเป็นในหลอด PCR และเปรียบเทียบ PCR กับการจำลอง DNA ในเซลล์

ตอนที่ 1 สำรวจในสื่อ

กิจกรรม 3.1 (3 คะแนน) เปิดแท็บ “PCR 1 รอบ” เลื่อนแถบไปทีละขั้น ดูกราฟอุณหภูมิ แล้วเติมตาราง

ขั้น	อุณหภูมิ (°C)	สิ่งที่เกิดขึ้น
แยกสาย (denaturation)		
จับไพรเมอร์ (annealing)		
ต่อสาย (extension)		

กิจกรรม 3.2 (2 คะแนน) เปิดแท็บ “หลายรอบ” กด +1 รอบ จนถึงรอบที่ 5 แล้วเติม

รอบ	1	2	3	4	5
DNA สายคู่ทั้งหมด					
ยาวพอดีทั้งสองสาย					

กิจกรรม 3.3 (1 คะแนน) เปิดแท็บ “เตรียมหลอด” ใส่สารให้ครบ แล้วเขียนสารที่ต้องใส่ 5 ชนิด และสารหลอก 1 ชนิดพร้อมเหตุผลที่ไม่ต้องใช้

.....

.....

.....

ตอนที่ 2 คิดและอธิบาย

1. ทำไม PCR ต้องใช้ Taq DNA พอลิเมอเรสจากแบคทีเรียที่อาศัยในน้ำพุร้อน [เข้าใจ]

2. เปรียบเทียบ PCR กับการจำลอง DNA ในเซลล์ 3 ประเด็น (วิธีแยกสาย ชนิดไพรเมอร์ และช่วงของ DNA ที่ถูกจำลอง) [เข้าใจ]

3. เริ่ม PCR จาก DNA ต้นแบบ 10 โมเลกุล ทำ 20 รอบ ถ้าทุกรอบได้ผลเต็มที่ จะได้ DNA กี่โมเลกุล ($2^{10} \approx 1{,}000$) [คำนวณ]

4. ถ้าตั้งอุณหภูมิขั้นจับไพรเมอร์สูงเกินไป (เช่น 90 °C) จะเกิดอะไรขึ้น [วิเคราะห์]

5. การตรวจโควิด-19 ด้วย PCR ต้องใช้ RT-PCR ไม่ใช่ PCR ธรรมดา เพราะเหตุใด [ประเมิน]

ตอนที่ 3 ตรวจความเข้าใจตัวเอง

ทำเครื่องหมาย ✓ ในช่อง “ถูก” หรือ “ผิด” ถ้าผิดให้แก้ข้อความให้ถูกต้องในช่องท้าย

ข้อ	ข้อความ	ถูก	ผิด	แก้ให้ถูก (ถ้าผิด)
1	ขั้นแยกสายของ PCR ใช้เอนไซม์เฮลิเคส			
2	ไพรเมอร์ใน PCR เป็น DNA สายสั้น 2 ชนิด			
3	สายใหม่ถูกสร้างยืดออกในทิศ $3' \rightarrow 5'$			
4	หลัง 3 รอบจาก DNA 1 โมเลกุล ได้ DNA 8 โมเลกุล			
5	PCR ต้องใช้ dNTP ทั้ง 4 ชนิดเป็นวัตถุดิบ			

สะท้อนคิด สิ่งที่ยังสงสัยหรืออยากรู้เพิ่มเติมจากฉากนี้คือ

ใบงานที่ 4

เจลอิเล็กโทรโฟรีซิส

การแยก DNA ตามขนาดและแผนที่ตำแหน่งตัด

สแกนเปิดสื่อ

ชีววิทยา ม.4 บทที่ 6 เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ · สื่อ: plans.biologypremium.com/m4-ch6/4/ · เวลา 50 นาที

ชื่อ–สกุล ..... ชั้น ม.4/..... เลขที่ .....

จุดประสงค์การเรียนรู้ เมื่อทำใบงานนี้เสร็จ นักเรียนสามารถ

- อธิบายหลักการแยกชิ้น DNA ตามขนาดด้วยเจลอิเล็กโทรโฟรีซิส
- ประมาณขนาดชิ้น DNA โดยเทียบกับ DNA marker
- ใช้ผลการตัดด้วยเอนไซม์ 1 และ 2 ชนิดสร้างแผนที่ตำแหน่งตัด

ตอนที่ 1 สำรวจในสื่อ

กิจกรรม 4.1 (3 คะแนน) เปิดแท็บ “เดินเจล” กดเล่นจนจบ แล้วตอบ

ก. หลุมใส่ตัวอย่างอยู่ใกล้ขั้วไฟฟ้าใด และ DNA เคลื่อนที่ไปทางขั้วใด

.....

ข. ช่อง 2 (3,000, 1,500 และ 500 bp) แถบใดอยู่ใกล้หลุมที่สุด และแถบใดอยู่ไกลที่สุด

.....

ค. กด “สลับขั้วไฟฟ้า” แล้วอธิบายผลที่เห็น

.....

.....

กิจกรรม 4.2 (3 คะแนน) เปิดแท็บ “อ่านขนาด” ทำ 3 ข้อ แล้วบันทึก

ข้อ	แถบตัวอย่างอยู่ระหว่าง marker (bp)	ขนาดที่ตอบ (bp)	ถูก/ผิด
1	..... กับ		
2	..... กับ		
3	..... กับ		

ตอนที่ 2 คิดและอธิบาย

1. ทำไมชิ้น DNA ขนาดเล็กจึงเคลื่อนที่ในเจลได้ไกลกว่าชิ้นขนาดใหญ่ ทั้งที่ทุกชิ้นมีประจุลบ [เข้าใจ]

.....

.....

.....

2. สีน้ำเงินที่ผสมกับตัวอย่าง (loading dye) และสารย้อม DNA มีหน้าที่ต่างกันอย่างไร [เข้าใจ]

3. แถบ marker 2,000 bp เคลื่อนที่ 20 มม. และ 1,000 bp เคลื่อนที่ 30 มม. แถบตัวอย่างเคลื่อนที่ 25 มม. ขนาดของตัวอย่างประมาณเท่าใด (ระยะทางสัมพันธ์กับ log ของขนาด) [คำนวณ]

4. DNA เส้นตรง 6,000 bp ตัดด้วย A ได้ 2,000 + 4,000 bp ตัดด้วย B ได้ 1,000 + 5,000 bp ตัดด้วย A + B ได้ 1,000 + 1,000 + 4,000 bp วาดแผนที่ตำแหน่งตัดพร้อมระยะ [วิเคราะห์]

5. ถ้าแถบตัวอย่างหนาและสว่างกว่าแถบ marker ข้างเคียง นักเรียนคนหนึ่งสรุปว่า “ชิ้น DNA นี้ใหญ่กว่า” ถูกหรือไม่ อธิบาย [ประเมิน]

ตอนที่ 3 ตรวจความเข้าใจตัวเอง

ทำเครื่องหมาย ✓ ในช่อง “ถูก” หรือ “ผิด” ถ้าผิดให้แก้ข้อความให้ถูกต้องในช่องท้าย

ข้อ	ข้อความ	ถูก	ผิด	แก้ให้ถูก (ถ้าผิด)
1	DNA มีประจุลบเพราะหมู่ฟอสเฟตในสายพอลินิวคลีโอไทด์			
2	แถบที่อยู่ใกล้หลุมที่สุดเป็นชิ้น DNA ที่เล็กที่สุด			
3	DNA marker คือชุดชิ้น DNA ที่รู้ขนาดแน่นอน ใช้เทียบขนาดตัวอย่าง			
4	ผลรวมขนาดชิ้นจากการตัดต้องเท่ากับขนาด DNA เดิม			
5	สีย้อมติดตามทำให้มองเห็นแถบ DNA ทุกแถบหลังเดินเจล			

สะท้อนคิด สิ่งที่ยังสงสัยหรืออยากรู้เพิ่มเติมจากฉากนี้คือ

ใบงานที่ 5

ลายพิมพ์ DNA

STR งานนิติวิทยาศาสตร์ และการตรวจความสัมพันธ์

สแกนเปิดสื่อ

ชีววิทยา ม.4 บทที่ 6 เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ · สื่อ: plans.biologypremium.com/m4-ch6/5/ · เวลา 50 นาที

ชื่อ–สกุล ..... ชั้น ม.4/..... เลขที่ .....

จุดประสงค์การเรียนรู้ เมื่อทำใบงานนี้เสร็จ นักเรียนสามารถ

- อธิบายว่า STR ทำให้ลายพิมพ์ DNA ของแต่ละคนแตกต่างกันอย่างไร
- เปรียบเทียบลายพิมพ์ DNA ของหลักฐานกับผู้ต้องสงสัยเพื่อหาผู้ที่ตรงกัน
- ใช้ลายพิมพ์ DNA ของแม่และลูกระบุผู้ที่อาจเป็นพ่อ

ตอนที่ 1 สำรวจในสื่อ

กิจกรรม 5.1 (3 คะแนน) เปิดแท็บ “STR” ปรับจำนวนหน่วยซ้ำตามตาราง (ส่วนขอบ = 100 bp หน่วยซ้ำ GATA = 4 bp) แล้วเติม

จากแม่ (ซ้ำ)	จากพ่อ (ซ้ำ)	ขนาดแถบ (bp)	จำนวนแถบ
7	11		
9	9		
5	14		

กิจกรรม 5.2 (3 คะแนน) เปิดแท็บ “นักสืบ” ทำ 3 คดี บันทึกผู้ที่ตรงกับหลักฐาน และตำแหน่ง STR ที่ใช้ตัดคนอื่นออก

คดี	ผู้ที่ตรงกับหลักฐาน	เหตุผลที่ตัดคนอื่นออก
1		
2		
3		

กิจกรรม 5.3 (1 คะแนน) เปิดแท็บ “พ่อแม่ลูก” ทำ 2 ครอบครัว เขียนขั้นตอนที่ใช้หาพ่อ

.....

.....

ตอนที่ 2 คิดและอธิบาย

1. STR คืออะไร และทำไมจึงใช้เป็นลายพิมพ์ DNA ได้ [จำ]

2. ทำไมคนหนึ่งคนจึงมีแถบ STR ได้ 1 หรือ 2 แถบต่อหนึ่งตำแหน่ง ไม่มากกว่านั้น [เข้าใจ]

3. ตำแหน่ง STR หนึ่ง แม่มีแถบ 120/136 ลูกมีแถบ 136/148 ชาย ก มีแถบ 124/148 ชาย ข มีแถบ 120/132 ใครเป็นพ่อได้ (พิจารณาตำแหน่งนี้) [วิเคราะห์]

4. ลายพิมพ์ DNA ของหลักฐานตรงกับผู้ต้องสงสัยใน 2 จาก 3 ตำแหน่ง สรุปได้หรือไม่ว่าเป็นคนเดียวกัน [วิเคราะห์]

5. ฝาแฝดคู่หนึ่งมีลายพิมพ์ DNA เหมือนกันทุกตำแหน่ง แต่อีกคู่ต่างกัน อธิบายว่าเป็นฝาแฝดชนิดใด และลายพิมพ์ DNA มีข้อจำกัดอะไรในคดีที่ผู้ต้องสงสัยเป็นฝาแฝดเหมือน [ประเมิน]

ตอนที่ 3 ตรวจความเข้าใจตัวเอง

ทำเครื่องหมาย ✓ ในช่อง “ถูก” หรือ “ผิด” ถ้าผิดให้แก้ข้อความให้ถูกต้องในช่องท้าย

ข้อ	ข้อความ	ถูก	ผิด	แก้ให้ถูก (ถ้าผิด)
1	ลูกได้แอลลีล STR แต่ละตำแหน่งจากพ่อ 1 แอลลีลและจากแม่ 1 แอลลีล			
2	ถ้าเห็นแถบเดียวในตำแหน่งหนึ่ง แสดงว่าคนนั้นมีแอลลีลเพียงแอลลีลเดียว			
3	หลักฐานที่มี DNA น้อยมักเพิ่มจำนวนด้วย PCR ก่อนตรวจ			

ข้อ	ข้อความ	ถูก	ผิด	แก้ให้ถูก (ถ้าผิด)
4	พี่น้องที่ไม่ใช่ฝาแฝดเหมือนแท้มีลายพิมพ์ DNA เหมือนกันทุกตำแหน่ง			
5	ลายพิมพ์ DNA ใช้พิสูจน์ความบริสุทธิ์ของผู้ต้องสงสัยได้ด้วย			

สะท้อนคิด สิ่งที่ยังสงสัยหรืออยากรู้เพิ่มเติมจากฉากนี้คือ

.....

.....

ใบงานที่ 6

หาลำดับเบสและการประยุกต์

วิธีแซงเกอร์ GMO ยีนบำบัด และชีวจริยธรรม

สแกนเปิดสื่อ

ชีววิทยา ม.4 บทที่ 6 เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ · สื่อ: plans.biologypremium.com/m4-ch6/6/ · เวลา 50 นาที

ชื่อ–สกุล ..... ชั้น ม.4/..... เลขที่ .....

จุดประสงค์การเรียนรู้ เมื่อทำใบงานนี้เสร็จ นักเรียนสามารถ

- อธิบายบทบาทของ ddNTP ในการหาลำดับนิวคลีโอไทด์ด้วยวิธีของแซงเกอร์
- อ่านลำดับเบสของสายใหม่จากเจลหรือกราฟสี และแปลงเป็นลำดับเบสของสายต้นแบบ
- วิเคราะห์ประโยชน์และข้อกังวลของการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ

ตอนที่ 1 สำรวจในสื่อ

กิจกรรม 6.1 (2 คะแนน) เปิดแท็บ “วิธีแซงเกอร์” เล่นจนจบ แล้วตอบ

ก. เมื่อ DNA พอลิเมอเรสต่อ ddNTP เข้าไปในสายใหม่ จะเกิดอะไรขึ้น เพราะเหตุใด

.....

.....

ข. ในหลอดแคปิลลารี ชิ้นใดผ่านตัวตรวจวัดก่อน และลำดับที่อ่านได้เป็นของสายใด

.....

กิจกรรม 6.2 (2 คะแนน) เปิดแท็บ “อ่านลำดับเบส” ทำ 2 ข้อ แล้วบันทึก

ข้อ	สายใหม่ (5′→3′)	สายต้นแบบ (5′→3′)
1		
2		

กิจกรรม 6.3 (3 คะแนน) เปิดแท็บ “การประยุกต์” เลือก 3 ตัวอย่าง แล้วเติมตาราง

ตัวอย่าง	ยีนที่ใส่ / วิธี	ประโยชน์	ข้อกังวล

ตอนที่ 2 คิดและอธิบาย

1. ddNTP ต่างจาก dNTP อย่างไรในโครงสร้าง [จำ]

2. เจลหาลำดับเบส 4 ช่อง อ่านจากล่างขึ้นบนได้ T, G, C, A, A, G
ให้เขียนลำดับเบสของสายใหม่และสายต้นแบบ ($5' \longrightarrow 3'$) [คำนวณ]

3. ถ้าใส่ ddNTP ในสัดส่วนสูงเกินไปเมื่อเทียบกับ dNTP ผลการหาลำดับเบสจะเป็นอย่างไร [วิเคราะห์]

4. ยีนบำบัดในเซลล์ร่างกายต่างจากการแก้ไขยีนในตัวอ่อนหรือเซลล์สืบพันธุ์อย่างไร
และเหตุใดแบบหลังจึงมีประเด็นจริยธรรมมากกว่า [วิเคราะห์]

5. นักเรียนเห็นด้วยหรือไม่กับการปลูกพืช GMO ในประเทศไทย ให้เหตุผลทั้งด้านประโยชน์และข้อกังวลอย่างละ 1 ข้อ แล้วสรุปจุดยืน [ประเมิน]

ตอนที่ 3 ตรวจความเข้าใจตัวเอง

ทำเครื่องหมาย ✓ ในช่อง “ถูก” หรือ “ผิด” ถ้าผิดให้แก้ข้อความให้ถูกต้องในช่องท้าย

ข้อ	ข้อความ	ถูก	ผิด	แก้ให้ถูก (ถ้าผิด)
1	ลำดับเบสที่อ่านได้จากวิธีของแซงเกอร์เป็นของสายต้นแบบ			
2	ในเจลหาลำดับเบส 4 ช่อง อ่านจากแถบล่างสุดขึ้นไปด้านบน			
3	ข้าวโพด Bt สร้างโปรตีนที่เป็นพิษต่อหนอนผีเสื้อบางชนิด			
4	ยีนบำบัดในเซลล์ร่างกายถ่ายทอดไปสู่ลูกหลานของผู้ป่วย			

ข้อ	ข้อความ	ถูก	ผิด	แก้ให้ถูก (ถ้าผิด)
5	CRISPR-Cas9 เป็นเทคนิคที่ใช้ตัดและแก้ไขลำดับเบสได้ตรงตำแหน่ง			

สะท้อนคิด สิ่งที่ยังสงสัยหรืออยากรู้เพิ่มเติมจากฉากนี้คือ