



รายงาน

เรื่อง Gel electrophoresis

จัดทำโดย

นางสาวจันทร์จิรา คับพวง 6605051100050

และคณะ

นักศึกษาเทคนิคการแพทย์ชั้นปีที่ 4

เสนอ

อาจารย์ดร.ดร.ทนพญ.รุ่งทิwa แดงตาโคตร

รหัสวิชา MT701 เทคนิคทางอณูชีววิทยา

ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2569

วิทยาลัยนครราชสีมา



Gel electrophoresis

โดย

นางสาวจันทร์จิรา คับพวง 6605051100050

นางสาวธัญพิชชา ประทุมทอง 6605051100051

นางสาวรุ่งตะวัน เหลือผล 6605051100057

นางสาวชยาภรณ์ นิละดาห์ 6605051100059

นายรพีภัทร์ บุญเลิศ 6605051100061

นางสาวชุติมา การรัมย์ 6605051100062

นักศึกษาเทคนิคการแพทย์ชั้นปีที่ 4

เสนอ

อาจารย์ดร.ดร.ทนพญ.รุ่งทิwa แดงตาโคตร

รหัสวิชา MT701 เทคนิคทางอณูชีววิทยา

ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2569 คณะเทคนิคการแพทย์ วิทยาลัยนครราชสีมา

คำนำ

รายงานฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการเรียนการสอนในวิชาเทคนิคคอมพิวเตอร์ โดยมุ่งนำเสนอความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเทคนิค Gel Electrophoresis อย่างเป็นระบบ ครอบคลุมตั้งแต่หลักการทำงานพื้นฐาน ขั้นตอนการปฏิบัติจริงในห้องปฏิบัติการ การอ่านและแปลผลที่ได้ ตลอดจนข้อดี ข้อจำกัด และตัวอย่างการนำไปประยุกต์ใช้ในงานด้านต่าง ๆ ทั้งนี้เพื่อให้ผู้อ่านสามารถนำความรู้ที่ได้ไปต่อยอดในการศึกษาหรือปฏิบัติงานจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่ารายงานฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจศึกษาเกี่ยวกับหลักการทำงานของเครื่อง และ การประยุกต์ใช้เทคนิค Gel Electrophoresis หากมีข้อผิดพลาดประการใด ผู้จัดทำขออภัยมา ณ ที่นี้ และยินดีน้อมรับคำแนะนำเพื่อนำไปปรับปรุงแก้ไขให้ดียิ่งขึ้นต่อไป

คณะผู้จัดทำ

นางสาวจันทร์จิรา คับพวง และคณะ

Introduction of Gel Electrophoresis

Gel Electrophoresis เป็นวิธีการแยกโมเลกุลชีวภาพ เช่น DNA, RNA และโปรตีน โดยอาศัยหลักการเคลื่อนที่ของโมเลกุลที่มีประจุไฟฟ้าผ่านเจล (Gel) ภายใต้สนามไฟฟ้า ซึ่งความเร็วในการเคลื่อนที่จะแตกต่างกันไปตามขนาดและน้ำหนักโมเลกุล ทำให้สามารถแยกและวิเคราะห์ชิ้นส่วนของสารพันธุกรรมหรือโปรตีนที่มีขนาดต่างกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ เทคนิคนี้จึงถูกนำไปประยุกต์ใช้ในงานด้านต่าง ๆ มากมาย เช่น การตรวจสอบผลิตภัณฑ์ PCR การวิเคราะห์ลายพิมพ์ดีเอ็นเอ (DNA Fingerprinting) การตรวจวินิจฉัยโรคทางพันธุกรรม ตลอดจนงานวิจัยด้านนิติวิทยาศาสตร์

หลักการ Gel Electrophoresis

Gel Electrophoresis เป็นเทคนิคพื้นฐานที่สำคัญที่สุดอย่างหนึ่งในสาขาชีววิทยาโมเลกุล ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการแยกโมเลกุลชีวภาพที่มีประจุไฟฟ้า เช่น กรดนิวคลีอิก (DNA และ RNA) และโปรตีน โดยอาศัยหลักการพื้นฐานทางฟิสิกส์ คือ การเคลื่อนที่ของอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าภายใต้อิทธิพลของสนามไฟฟ้า (electrophoretic mobility) ซึ่งเมื่อผ่านตัวกลางที่เป็นเจล (gel matrix) โมเลกุลจะเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วที่แตกต่างกันตามคุณสมบัติหลายประการ

1. กลไกการเคลื่อนที่ของโมเลกุล

กรดนิวคลีอิก (DNA และ RNA) มีโครงสร้างที่ประกอบด้วยหมู่ฟอสเฟต (phosphate group) ซึ่งแตกตัวให้ประจุลบในสารละลายที่มีค่า pH เป็นกลางหรือด่างอ่อน ทำให้โมเลกุลกรดนิวคลีอิกทั้งหมดมีประจุลบสุทธิในอัตราส่วนที่แปรผันตรงกับความยาวของสายโซ่ ดังนั้นเมื่อวางในสนามไฟฟ้า โมเลกุลจะเคลื่อนที่จากขั้วลบ (cathode) ไปยังขั้วบวก (anode) เสมอ โดยไม่ขึ้นกับลำดับเบส แต่ขึ้นกับขนาดโมเลกุลเป็นหลัก

โปรตีนมีความซับซ้อนมากกว่า เนื่องจากกรดอะมิโนแต่ละชนิดมีหมู่ข้างเคียง (side chain) ที่ให้ประจุแตกต่างกัน ทั้งประจุบวก ลบ หรือเป็นกลาง ทำให้โปรตีนตามธรรมชาติมีประจุสุทธิไม่แน่นอนและขึ้นกับ pH ของสิ่งแวดล้อม (isoelectric point) เพื่อแก้ปัญหานี้ จึงมีการใช้สารลดแรงตึงผิวประจุลบ คือ Sodium Dodecyl Sulfate (SDS) ซึ่งจะจับกับโปรตีนในอัตราส่วนคงที่และทำลายโครงสร้างสามมิติของโปรตีน (denaturation) ทำให้โปรตีนทุกชนิดมีประจุลบสม่ำเสมอตามความยาวของสายพอลิเพปไทด์ เทคนิคนี้เรียกว่า SDS-PAGE (SDS-Polyacrylamide Gel Electrophoresis)

2. ปัจจัยที่มีผลต่อการเคลื่อนที่ของโมเลกุลผ่านเจล

2.1 ขนาดโมเลกุล (Molecular size) เป็นปัจจัยหลักที่กำหนดอัตราการเคลื่อนที่ โมเลกุลขนาดเล็กจะสามารถลอดผ่านรูพรุนของเจลได้ง่ายและเคลื่อนที่ได้เร็วกว่าโมเลกุลขนาดใหญ่ที่ถูกรูพรุนของเจลกีดขวางการเคลื่อนที่มากกว่า

2.2 รูปร่างโมเลกุล (Molecular conformation) DNA ที่มีรูปร่างเป็นวงแหวนปิด (supercoiled plasmid), วงแหวนเปิด (nicked/relaxed) หรือเป็นเส้นตรง (linear) จะเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วต่างกันแม้มีขนาดโมเลกุลเท่ากัน

2.3 ความเข้มข้นของเจล (Gel concentration) เจลที่มีความเข้มข้นสูงจะมีโครงสร้างรูพรุนที่ละเอียดและแน่นกว่าเหมาะสำหรับแยกโมเลกุลขนาดเล็ก ในขณะที่เจลความเข้มข้นต่ำจะมีรูพรุนขนาดใหญ่ เหมาะสำหรับแยกโมเลกุลขนาดใหญ่หรือชิ้นส่วน DNA ที่มีขนาดหลายพันคู่เบส

2.4 ความแรงของสนามไฟฟ้า (Voltage) แรงดันไฟฟ้าที่สูงขึ้นจะทำให้โมเลกุลเคลื่อนที่เร็วขึ้น แต่หากสูงเกินไปอาจทำให้เกิดความร้อนสะสมในเจล (Joule heating) ซึ่งอาจทำให้เจลเสียหายหรือทำให้แถบที่ได้เบลอไม่คมชัด

2.5 องค์ประกอบของบัฟเฟอร์ (Buffer composition) บัฟเฟอร์ เช่น TAE (Tris-Acetate-EDTA) หรือ TBE (Tris-Borate-EDTA) ทำหน้าที่รักษาค่า pH และนำกระแสไฟฟ้าให้คงที่ตลอดการทดลอง

3. ชนิดของเจลที่ใช้ในเทคนิค Gel Electrophoresis

3.1 Agarose Gel ผลิตจากสารสกัดจากสาหร่ายทะเล มีลักษณะเป็นรูพรุนขนาดใหญ่ เหมาะสำหรับแยกโมเลกุลกรดนิวคลีอิกที่มีขนาดตั้งแต่ประมาณ 100 คู่เบส ถึงหลายหมื่นคู่เบส นิยมใช้ในงานตรวจสอบผลิตภัณฑ์ PCR การตรวจสอบพลาสมิด และ DNA fingerprinting เนื่องจากเตรียมง่าย ราคาถูก และใช้เวลาไม่นาน

3.2 Polyacrylamide Gel (PAGE) เกิดจากปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันระหว่าง acrylamide และ bis-acrylamide มีรูพรุนขนาดเล็กและละเอียดกว่า agarose gel มาก จึงให้ความละเอียดในการแยกโมเลกุลสูงกว่า เหมาะสำหรับแยกโปรตีนหรือชิ้นส่วน DNA ขนาดเล็กที่มีความแตกต่างของขนาดเพียงไม่กี่คู่เบส เช่น ในเทคนิค DNA sequencing แบบดั้งเดิม

วิธีการ/ขั้นตอนการทำ

การทำ Gel Electrophoresis มีขั้นตอนหลักที่ต้องดำเนินการอย่างเป็นระบบ เพื่อให้ได้ผลการทดลองที่แม่นยำและน่าเชื่อถือ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. การเตรียมเจล (Gel Preparation)

1.1 ชั่งผงอะกาโรส (agarose powder) ในปริมาณที่เหมาะสมตามความเข้มข้นที่ต้องการ เช่น การเตรียมเจล

ความเข้มข้น 1% จะใช้ผงอะกาโรส 1 กรัม ต่อบัฟเฟอร์ 100 มิลลิลิตร

1.2 ละลายผงอะกาโรสในสารละลายบัฟเฟอร์ เช่น TAE buffer หรือ TBE buffer แล้วนำไปให้ความร้อนโดยใช้เตาไมโครเวฟหรือเครื่องให้ความร้อน จนสารละลายใสสนิทไม่มีตะกอนของผงอะกาโรสหลงเหลืออยู่

1.3 ปลอ่ยให้สารละลายเจลงเย็นลงเล็กน้อย (ประมาณ 50-60 องศาเซลเซียส) แล้วจึงเติมสารย้อมสี เช่น Ethidium Bromide หรือ SYBR Safe ลงไปในกรณีที่ต้องการย้อมเจลไปพร้อมกับการเตรียม

1.4 เทสารละลายเจลงในแม่พิมพ์ (gel tray) ที่วางหวี (comb) ไว้เรียบร้อยแล้ว เพื่อสร้างช่องสำหรับใส่ตัวอย่าง (sample well)

1.5 ทิ้งเจลไว้ที่อุณหภูมิห้องประมาณ 20-30 นาที จนกระทั่งเจลแข็งตัวสมบูรณ์ จากนั้นจึงค่อย ๆ ดึงหวีออกอย่างระมัดระวัง

2 การเตรียมตัวอย่าง (Sample Preparation)

2.1 นำตัวอย่างสารพันธุกรรมหรือโปรตีนที่ต้องการตรวจสอบมาผสมกับ loading dye หรือ loading buffer ในอัตราส่วนที่เหมาะสม

2.2 loading dye มีหน้าที่สำคัญสองประการ คือ เพิ่มความหนาแน่นให้ตัวอย่างจมลงในช่องใส่ตัวอย่างแทนที่จะลอยฟุ้งกระจายในบัฟเฟอร์ และมีสีที่ช่วยให้สามารถติดตามการเคลื่อนที่ของตัวอย่างระหว่างการรันเจลได้ด้วยตาเปล่า

2.3 ในกรณีของโปรตีน จำเป็นต้องผสมตัวอย่างกับ SDS loading buffer และให้ความร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 95-100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที เพื่อให้โปรตีนเสียสภาพธรรมชาติ (denature) และเคลือบด้วยประจุลบอย่างสม่ำเสมอ

3 การรันเจล (Running the Gel)

3.1 นำเจลที่แข็งตัวแล้วพร้อมแม่พิมพ์วางลงในถังอิเล็กโทรโฟรีซิส (electrophoresis chamber) แล้วเติมบัฟเฟอร์ชนิดเดียวกับที่ใช้ในการเตรียมเจลลงไปจนท่วมเจล

3.2 ใช้ไมโครปิเปตหยดตัวอย่างที่เตรียมไว้ลงในแต่ละช่อง (well) อย่างระมัดระวังไม่ให้ตัวอย่างฟุ้งกระจายออกนอกช่อง พร้อมทั้งหยด DNA marker หรือ protein ladder ที่มีขนาดมาตรฐานทราบค่าแน่นอนลงในช่องหนึ่งเพื่อใช้เปรียบเทียบขนาด

3.3 ปิดฝาดังอิเล็กโทรโฟรีซิสและเชื่อมต่อสายไฟเข้ากับเครื่องจ่ายกระแสไฟฟ้า (power supply) โดยให้ขั้วบวกอยู่ด้านตรงข้ามกับช่องใส่ตัวอย่าง เนื่องจากกรดนิวคลีอิกมีประจุลบและจะเคลื่อนที่เข้าหาขั้วบวก

3.4 ปรับแรงดันไฟฟ้าให้เหมาะสม โดยทั่วไปอยู่ในช่วง 80-120 โวลต์ สำหรับ agarose gel และรันเป็นเวลาประมาณ 30-60 นาที หรือจนกระทั่งแถบสีของ loading dye เคลื่อนที่ไปในระยะประมาณ 70-80% ของความยาวเจล

4 การย้อมและตรวจผล (Staining and Visualization)

4.1 หากยังไม่ได้ย้อมเจลระหว่างการเตรียม ให้นำเจลที่รันเสร็จแล้วไปแช่ในสารละลายสีย้อม เช่น Ethidium Bromide หรือ SYBR Safe สำหรับกรดนิวคลีอิก หรือ Coomassie Brilliant Blue สำหรับโปรตีน เป็นเวลาประมาณ 15-30 นาที

4.2 ล้างเจลด้วยน้ำกลั่นหรือบัฟเฟอร์เพื่อลดสีย้อมส่วนเกินที่ไม่จับกับโมเลกุลเป้าหมาย ทำให้ภาพที่ได้มีความคมชัดมากขึ้น

4.3 นำเจลไปส่องภายใต้แสงอัลตราไวโอเลต (UV transilluminator) ในกรณีที่ย้อมด้วย Ethidium Bromide หรือ SYBR Safe ซึ่งจะเรืองแสงเมื่อจับกับกรดนิวคลีอิก หรือส่องภายใต้แสงปกติในกรณีที่ย้อมด้วย Coomassie Blue

4.4 บันทึกภาพผลการทดลองด้วยกล้องถ่ายภาพเจลโดยเฉพาะ (gel documentation system) เพื่อนำไปวิเคราะห์และแปลผลต่อไป

Results

ผลที่ได้จากการทำ Gel Electrophoresis จะปรากฏในรูปแบบของ แถบ (band) ที่กระจายตัวอยู่บนเจลตามแนวตั้งหรือแนวนอน ขึ้นอยู่กับทิศทางการวางเจลในถังอิเล็กโทรโฟรีซิส โดยลักษณะของผลที่ได้มีรายละเอียดที่สำคัญดังนี้

1. ตำแหน่งของแถบ (Band position) สัมพันธ์โดยตรงกับระยะทางที่โมเลกุลเคลื่อนที่จากช่องเริ่มต้น (well) โมเลกุลที่มีขนาดเล็กจะเคลื่อนที่ได้ระยะทางไกลกว่า จึงปรากฏแถบอยู่ใกล้กับขั้วบวก ในขณะที่โมเลกุลขนาดใหญ่จะเคลื่อนที่ได้ช้าและปรากฏแถบอยู่ใกล้กับช่องเริ่มต้นมากกว่า
2. ความเข้มของแถบ (Band intensity) สะท้อนถึงปริมาณของโมเลกุลที่มีอยู่ในตัวอย่างนั้น ๆ หากตัวอย่างมีปริมาณ DNA หรือโปรตีนมาก แถบที่ปรากฏจะมีความเข้มและคมชัดมากกว่าตัวอย่างที่มีปริมาณน้อย
3. จำนวนแถบ (Number of bands) บ่งบอกถึงความหลากหลายของขนาดโมเลกุลในตัวอย่าง หากตัวอย่างมีความบริสุทธิ์สูงและมีโมเลกุลเป้าหมายเพียงชนิดเดียว จะปรากฏแถบเดียวที่ชัดเจน แต่หากตัวอย่างมีการปนเปื้อนหรือมีผลผลิตพลอยได้ (non-specific product) อาจปรากฏแถบมากกว่าหนึ่งแถบ
4. ลักษณะของแถบ (Band shape) แถบที่คมชัดเป็นเส้นตรงบ่งบอกถึงคุณภาพการทดลองที่ดี ในขณะที่แถบที่เบลอ ไม่คมชัด หรือมีลักษณะเป็นหางยาว (smearing) อาจบ่งชี้ถึงปัญหาในการทดลอง เช่น ตัวอย่างเสื่อมสภาพหรือการรันเจลด้วยแรงดันไฟฟ้าที่สูงเกินไป

การแปลผล

การแปลผลของ Gel Electrophoresis จำเป็นต้องอาศัยการเปรียบเทียบตำแหน่งของแถบตัวอย่างกับ แถบมาตรฐาน (DNA ladder หรือ protein marker) ที่มีขนาดโมเลกุลทราบค่าแน่นอน ซึ่งมีหลักการแปลผลดังนี้

การประมาณขนาดโมเลกุล ทำได้โดยพิจารณาตำแหน่งของแถบตัวอย่างเทียบกับแถบมาตรฐานที่อยู่ในระดับใกล้เคียงกัน หากแถบของตัวอย่างอยู่ในระดับเดียวกับแถบมาตรฐานขนาดใดขนาดหนึ่ง แสดงว่าโมเลกุลในตัวอย่างนั้นมีขนาดใกล้เคียงกับค่าที่ระบุไว้ของแถบมาตรฐานดังกล่าว โดยอาจสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางการเคลื่อนที่กับค่า logarithm ของขนาดโมเลกุลเพื่อความแม่นยำมากขึ้น

การตรวจสอบผลผลิต PCR หากปรากฏแถบในตำแหน่งขนาดที่ตรงกับที่คาดหวังไว้ตามการออกแบบไพรเมอร์ (primer design) จะสามารถยืนยันได้ว่าปฏิกิริยาการเพิ่มปริมาณสารพันธุกรรมเป้าหมายประสบความสำเร็จ

การตรวจสอบความบริสุทธิ์ของตัวอย่าง การปรากฏแถบเดียวที่คมชัดบ่งบอกถึงความบริสุทธิ์ของตัวอย่างที่สูง ในขณะที่การปรากฏแถบหลายแถบหรือแถบที่มีลักษณะเป็นหางยาว (smear) อาจบ่งชี้ถึงการปนเปื้อนของสารพันธุกรรมอื่น หรือการเสื่อมสภาพของตัวอย่างจากการถูกย่อยสลายโดยเอนไซม์ nuclease

กรณีไม่ปรากฏแถบ อาจเกิดจากหลายสาเหตุ เช่น ปริมาณตัวอย่างน้อยเกินไป ไพรเมอร์ไม่จำเพาะกับลำดับเป้าหมาย ปฏิกิริยา PCR ล้มเหลว หรือข้อผิดพลาดในขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างและการรันเจล ซึ่งจำเป็นต้องตรวจสอบและแก้ไขขั้นตอนการทดลองใหม่

ข้อดีและข้อเสีย

ข้อดี

1. ความสะดวกและรวดเร็ว เป็นเทคนิคที่มีขั้นตอนไม่ซับซ้อน สามารถทำได้ในห้องปฏิบัติการทั่วไป และให้ผลลัพธ์ภายในเวลาไม่กี่ชั่วโมง
2. ต้นทุนต่ำ อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้มีราคาไม่แพงเมื่อเทียบกับเทคนิคการวิเคราะห์โมเลกุลชีวภาพแบบอื่น เช่น การหาลำดับเบสด้วยเครื่อง sequencer อัตโนมัติ
3. ใช้ปริมาณตัวอย่างน้อย สามารถวิเคราะห์ตัวอย่างที่มีปริมาณน้อยมากในระดับนาโนกรัมหรือไม่โครกรัมได้
4. ความยืดหยุ่นในการประยุกต์ใช้ สามารถปรับเปลี่ยนความเข้มข้นของเจลและชนิดของเจลให้เหมาะสมกับขนาดโมเลกุลที่ต้องการแยกได้หลากหลาย
5. ใช้ร่วมกับเทคนิคอื่นได้ เป็นขั้นตอนพื้นฐานที่นำไปสู่เทคนิคขั้นสูงอื่น ๆ เช่น Southern blot, Northern blot และ Western blot

ข้อเสีย

1. ความละเอียดจำกัด โดยเฉพาะ agarose gel ที่ไม่สามารถแยกโมเลกุลที่มีขนาดใกล้เคียงกันมาก ๆ ได้ดีเท่ากับ polyacrylamide gel ซึ่งมีรูพรุนละเอียดกว่า

2. อันตรายจากสารเคมี สารย้อมสีบางชนิด เช่น Ethidium Bromide เป็นสารก่อกลายพันธุ์ (mutagen) ที่อาจก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงานหากสัมผัสโดยตรงหรือสูดดมไอรระเหย จำเป็นต้องใช้ด้วยความระมัดระวังและสวมอุปกรณ์ป้องกันที่เหมาะสม

3. ไม่สามารถระบุลำดับเบสได้ เทคนิคนี้บอกได้เพียงขนาดโดยประมาณของโมเลกุลเท่านั้น ไม่สามารถให้ข้อมูลเกี่ยวกับลำดับนิวคลีโอไทด์หรือกรดอะมิโนได้ ต้องอาศัยเทคนิคอื่นเพิ่มเติม เช่น DNA sequencing

4. ความไวต่อปัจจัยภายนอก ผลการทดลองอาจได้รับผลกระทบจากปัจจัยหลายประการ เช่น ความเข้มข้นของเจลที่ไม่สม่ำเสมอ แรงดันไฟฟ้าที่ไม่คงที่ อุณหภูมิของห้องปฏิบัติการ และคุณภาพของบัฟเฟอร์ ซึ่งอาจทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อนหากไม่ควบคุมให้ดี

5. ข้อจำกัดด้านปริมาณ ในกรณีที่ต้องการแยกโมเลกุลปริมาณมากเพื่อนำไปใช้งานต่อ (preparative electrophoresis) อาจต้องใช้เวลานานและเจลขนาดใหญ่กว่าปกติ

ประโยชน์และการนำไปประยุกต์ใช้ (Applications)

1. การตรวจสอบผลิตภัณฑ์ PCR (PCR Product Verification) ใช้ยืนยันว่าปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอเรส (Polymerase Chain Reaction) ให้ผลผลิตที่มีขนาดตรงตามที่ออกแบบไว้ ซึ่งเป็นขั้นตอนพื้นฐานในงานวิจัยทางพันธุศาสตร์และเทคโนโลยีชีวภาพเกือบทุกประเภท

2. การวิเคราะห์ลายพิมพ์ดีเอ็นเอ (DNA Fingerprinting) เป็นเทคนิคสำคัญในงานด้านนิติวิทยาศาสตร์ (forensic science) ใช้ในการพิสูจน์ตัวบุคคลจากหลักฐานทางชีวภาพ การตรวจสอบความสัมพันธ์ทางสายเลือดหรือการพิสูจน์ความเป็นพ่อแม่ลูก (paternity testing)

3. การตรวจวินิจฉัยโรคทางพันธุกรรม (Genetic Disease Diagnosis) ใช้ตรวจหาการกลายพันธุ์ของยีนที่เกี่ยวข้องกับโรคทางพันธุกรรมต่าง ๆ เช่น โรคธาลัสซีเมีย โรคซิสติกไฟโบรซิส

4. การศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรม (Genetic Diversity Study) ใช้ในงานวิจัยด้านชีววิทยาประชากร การปรับปรุงพันธุ์พืชและสัตว์ รวมถึงการอนุรักษ์พันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต

5. Southern Blot และ Northern Blot เทคนิค gel electrophoresis เป็นขั้นตอนเริ่มต้นที่สำคัญก่อนการถ่ายโอน DNA หรือ RNA จากเจลไปยังเมมเบรน เพื่อตรวจหาลำดับเบสจำเพาะด้วยการไฮบริไดเซชัน (hybridization)

6. SDS-PAGE และ Western Blot ใช้วิเคราะห์ขนาดและความบริสุทธิ์ของโปรตีน รวมถึงใช้ร่วมกับเทคนิค Western blot เพื่อตรวจหาโปรตีนจำเพาะด้วยแอนติบอดี ซึ่งมีความสำคัญในการศึกษาการแสดงออกของโปรตีนในงานวิจัยทางชีวการแพทย์

7. การควบคุมคุณภาพของสารพันธุกรรม (DNA/RNA Quality Control) ใช้ตรวจสอบความสมบูรณ์และความบริสุทธิ์ของตัวอย่างกรดนิวคลีอิกก่อนนำไปใช้ในขั้นตอนต่อไป เช่น การโคลนยีน (gene cloning) การหาลำดับเบส (DNA sequencing) หรือการสร้างห้องสมุดยีน (gene library construction)

8. งานด้านเทคโนโลยีชีวภาพและอุตสาหกรรม เช่น การตรวจสอบสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรม (GMO detection) และการควบคุมคุณภาพในกระบวนการผลิตยาชีวภาพ (biopharmaceutical production)

เอกสารอ้างอิง (References)

Alberts, B., Johnson, A., Lewis, J., Morgan, D., Raff, M., Roberts, K., & Walter, P. (2015). *Molecular Biology of the Cell* (6th ed.). Garland Science.

Sambrook, J., & Russell, D. W. (2001). *Molecular Cloning: A Laboratory Manual* (3rd ed.). Cold Spring Harbor Laboratory Press.

Lodish, H., Berk, A., Kaiser, C. A., Krieger, M., Bretscher, A., Ploegh, H., Amon, A., & Martin, K. C. (2016). *Molecular Cell Biology* (8th ed.). W.H. Freeman.

Brown, T. A. (2010). *Gene Cloning and DNA Analysis: An Introduction* (6th ed.). Wiley-Blackwell.

Voet, D., Voet, J. G., & Pratt, C. W. (2016). *Fundamentals of Biochemistry: Life at the Molecular Level* (5th ed.). Wiley.

นางสาวจันทร์จิรา คับพวง ทำSlide presentation

นางสาวธัญพิชชา ประทุมทอง ทำเล่มรายงาน

นางสาวรุ่งตะวัน เหลือผล ทำSlide presentation

นางสาวชยาภรณ์ นิละดาห์ ทำSlide presentation

นายรพีภัทร์ บุญเลิศ ทำSlide presentation

นางสาวชุตินา การรัมย์ ค้นคว้าข้อมูล