การตรวจพิสูจน์บุคคลของ STR 10 ตำแหน่งจากสิ่งส่งตรวจประเภทเลือดด้วยเทคนิคพีซีอาร์

Personal Identification of 10 STR Loci from Blood Specimen by PCR Technique

วราภรณ์ สีสัน (Waraporn Sisan)* โสภิดา สุขประเสริฐ (Sophida Sukprasert)**
ปรุฬห์กรณ์ อินคำน้อย (Paroonkorn Incamnoi)** นันทวัน เอื้อวงศ์กูล (Nunthawun Uawonggul)***
เขมิกา ลมไธสง (Khemika Lomthaisong)**** สมปอง ธรรมศิริรักษ์ (Sompong Thammasirirak)******
อาคม เกษร (Akhom Kesorn)***** ศักดา ดาดวง (Sakda Daduang)******

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันการตรวจพิสูจน์บุคคล สามารถทำได้หลายวิธี การตรวจลายพิมพ์ DNA เป็นอีกวิธีการหนึ่งโดยใช้ในส่วนของ Short Tandem Repeats (STR) ซึ่งเป็นส่วนของ DNA ที่มีการเรียงเบสซ้ำต่อๆ กันจำนวน 2-6 เบส STRs เป็นบริเวณที่มีความหลากหลายสูงได้รับการถ่ายทอดจาก พ่อ แม่ ไปสู่ลูก และเป็นเอกลักษณ์เฉพาะบุคคล งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจพิสูจน์บุคคลจากสิ่งส่งตรวจประเภทเลือดด้วยเทคนิคพีซีอาร์ (PCR: Polymerase Chain Reaction) จาก STR 10 ตำแหน่ง ประกอบด้วย D8S1179, D5S818, D7S820, TPOX, D3S1358, D13S317, vWA, TH01, CSF1PO และ D16S539 วิธีการเริ่มจากการเก็บตัวอย่างเลือดจากอาสาสมัคร นำตัวอย่างที่ได้มาสกัดดีเอ็นเอโดยใช้ชุดสกัดดีเอ็นเอสำเร็จรูป Illustra Tissue & Cells GenomicPrep Mini Spin Kit แล้วเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอด้วยเทคนิค polymerase chain reaction (PCR) จากนั้นนำผลิตผลจากปฏิกิริยา PCR ไปตรวจวิเคราะห์ด้วย 8% Polyacrylamide gel electrophoresis พบว่า STR ทั้ง 10 ตำแหน่งนั้น สามารถนำมาใช้ในการตรวจพิสูจน์บุคคลได้

ABSTRACT

Recent year, several methods have been used to identify the biometrics of human. One of them is DNA typing by using short tandem repeats (STR) that are 2-6 bp nucleotide repeats, highly polymorphic loci in a genomic region and is typically occur of individuals which can be subsequently submitted from paternity. The purpose of this research is to identify biometrics of human of 10 STR loci which are D8S1179, D5S818, D7S820, TPOX, D3S1358, D13S317, vWA, TH01, CSF1PO and D16S539 from human blood specimen by using PCR technique. Whole blood samples were collected from volunteers. DNA was extracted from buffy coat by using Illustra Tissue & Cells GenomicPrep Mini Spin Kit. STR 10 loci were genotyped using PCR, the amplicons were then analyzed by 8% polyacrylamide gel electrophoresis. The result showed that the observed genotype from 10 STR loci can be used to identify human biometrics in forensic science.

คำสำคัญ: การพิสูจน์บุคคล เลือด เทคนิคพีซีอาร์

Key Words : Human identification, Blood, Polymerase Chain Reaction

** นักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขานิติวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น*
*** ดุษฎีบัณฑิต หลักสูตรวิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น*
**** อาจารย์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม*
***** พันตำรวจเอก งานพิสูจน์หลักฐาน วิทยาการเขต 23 สำนักงานนิติวิทยาศาสตร์ตำรวจ จังหวัดขอนแก่น*
****** ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขานิติวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น*
******* รองศาสตราจารย์ ภาควิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น*

บทนำ

การตรวจหาวัตถุพยานทางชีวภาพ เช่น เส้นผม เส้นขน คราบเลือด คราบอสุจิ ในสถานที่เกิดเหตุมีความสำคัญในการพิสูจน์หาผู้กระทำความผิด โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่ไม่มีพยานผู้เห็น เหตุการณ์สำหรับการตรวจหาวัตถุพยานประเภทคราบเลือดในที่เกิดเหตุ ปัญหาสำคัญที่พบ คือ เราจะแยกแยะได้อย่างไรว่าคราบที่พบเป็นคราบเลือด และหากเป็นคราบเลือด จะบ่งบอกได้อย่างไรว่าเป็นเลือดของคนหรือสัตว์ ยิ่งไปกว่านั้นเมื่อพิสูจน์ได้แล้วว่าเป็นเลือดคน คราบเลือดที่พบนั้นเป็นของใคร ซึ่งการตรวจสอบโดยปกติสามารถทำได้โดยเก็บตัวอย่างไปตรวจในห้อง ปฏิบัติการแต่กว่าจะได้ผลต้องใช้เวลานาน

การตรวจพิสูจน์ว่าเป็นคราบเลือดในสถานที่เกิดเหตุมักใช้วิธีทางเคมี (Chemical method) เนื่องจากเป็นวิธีการที่ให้ผลเร็ว เช่น Benzidine, Ortho-tolidine, Leucomalachite green, Leucocrystal violet และ Phenolphthalein (Kastle-Meyer test) (รัฐ รัตนปริคณน์ และคณะ, 2551) อย่างไรก็ตามการตรวจคราบเลือดด้วยวิธีทางเคมีไม่สามารถยืนยันผลว่าเป็นคราบเลือดได้ร้อยเปอร์เซ็นต์ด้วยเหตุนี้ตัวอย่างที่ให้ผลบวกกับการทดสอบทางเคมี จำเป็นต้องนำไปทดสอบเพื่อยืนยันผลอีกครั้งว่าเป็นเลือดคน ซึ่งวิธีการทดสอบว่าเป็นเลือดคนหรือไม่นั้นนิยมใช้วิธีทดสอบทางชีวภาพ (Biological test) วิธีทดสอบทางชีวภาพที่ใช้พิสูจน์ว่าเป็นเลือดคนนิยมใช้วิธีที่อาศัยการเกิดปฏิกิริยาระหว่างแอนติเจนและแอนติบอดี เช่น Precipitin test (วิน เชยชมศรี, 2544) หลังจากพิสูจน์ได้แล้วว่าเป็นคราบเลือดของคนปัญหาที่สำคัญต่อมาคือการพิสูจน์ว่าคราบเลือดที่พบเป็นเลือดของใคร ซึ่งปัจจุบันนิยมใช้การตรวจดีเอ็นเอ เพราะมีความน่าเชื่อถือสูง

การตรวจพิสูจน์บุคคลโดยใช้นิวเคลียร์ดีเอ็นเอ (Nuclear DNA) จะทำการวิเคราะห์บริเวณตำแหน่งที่เรียกว่า STR (Short tandem repeats) ซึ่งเป็นบริเวณที่มีการเรียงตัวของเบส 2-6 คู่เบส ซ้ำๆ กัน ประมาณ 7-15 ซ้ำ (วิชัย บุญแสง และคณะ, 2545) โดยใช้เทคนิคพีซีอาร์ (PCR, Polymerase chain reaction) ทำการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอตรงตำแหน่งดังกล่าว แล้วจึงตรวจสอบผลบนแผ่นอะกาโรสเจลด้วยวิธี Agarose gel หรือ Polyacrylamide gel electrophoresis เพื่อดูขนาดของดีเอ็นเอที่ได้ ขนาดของดีเอ็นเอขึ้นอยู่กับจำนวนซ้ำที่พบบน STR ซึ่งจะมีความหลากหลายในแต่ละบุคคล การตรวจพิสูจน์บุคคลมักวิเคราะห์ตำแหน่ง STR มากกว่า 1 ตำแหน่ง เนื่องจากหากวิเคราะห์ STR เพียงตำแหน่งเดียว ความเป็นไปได้ที่คนสองคนจะมีรูปแบบดีเอ็นเอเหมือนกันจะสูงกว่าการวิเคราะห์ STR หลายๆ ตำแหน่ง ปัจจุบันสถาบันนิติเวชตรวจพิสูจน์บุคคลโดยการวิเคราะห์ STR 10 ตำแหน่ง เช่น D3S1358, D21S11, D18S51 และ FGA เป็นต้น จากการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับ miniSTR ของประชาชนในเกาหลี จำนวน 9 ตำแหน่งที่ได้จากตัวอย่าง DNA ที่มีการสลายตัวค่อนข้างสูงของคนเกาหลี 300 คนที่ไม่มีความเกี่ยวข้องกันโดยใช้ PCR 3 ระบบ (Multiplex I: D10S1248, D14S1434 และ D22S1045; Multiplex II: D1S1677, D2S441 และ D4S2364; and Multiplex III: D3S3053, D6S474 และ D20S482) พบว่าข้อมูลของ D10S1248, D2S441, D22S1045, D14S1434, และ D6S474 มีค่าเทียบเท่ากับข้อมูลจาก CODIS STRs ดังนั้น miniSTR สามารถนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์สำหรับการวิเคราะห์ DNA ที่เกิดการสลายตัวในงานทางด้านนิติวิทยาศาสตร์ได้ (Chung *et al.*, 2007) และจากการศึกษาการนำ STR 9 ตำแหน่ง ได้แก่ D3S1358, D5S818, D7S820, D8S1179, D13S317, TH01, VWA, TPOX, LPL มาใช้ในการจำแนกบุคคลของประชากรในภาคเหนือของประเทศไทย พบว่าตำแหน่งของ STR ดังกล่าวสามารถใช้จำแนกบุคคลได้ (Bhoopat, Leaungsiyakul & Steger, 2006) นอกจากนี้จากการศึกษาเกี่ยวกับ STR loci Penta D และ Penta E ซึ่งเป็นข้อมูลกลุ่มตัวอย่างจากภาคเหนือของประเทศไทย ซึ่งได้ออกแบบ primers ใหม่ที่สามารถใช้สำหรับแยกตำแหน่งของ Penta D และ Penta E บน native

polyacrylamide gels พบว่าจากทั้งหมดของ allele ใน allele ที่ 9 และ 18 จะสร้าง Penta D และ Penta E ที่มีผลต่อการจำแนกบุคคล (Bhoopat & Steger, 2004) งานวิจัยนี้จึงมุ่งหมายที่จะใช้เทคนิคพีซีอาร์ที่สามารถพิสูจน์บุคคล จากตัวอย่างเลือดได้อย่างรวดเร็ว และมีประสิทธิภาพ

วัตถุประสงค์

เพื่อใช้เทคนิคพีซีอาร์ในการพิสูจน์บุคคลจากสิ่งส่งตรวจประเภทเลือดจาก Short Tandem Repeats (STRs) 10 ตำแหน่ง

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

1. การเก็บตัวอย่างเลือดคน

ตัวอย่างเลือดคนที่ใช้ในงานวิจัยนี้ มาจากอาสาสมัคร โดยขั้นตอนการเก็บตัวอย่างจะอาศัยผู้ที่มีความรู้ความชำนาญจากนักเทคนิคการแพทย์ในการเก็บตัวอย่างเลือด โดยเลือดที่เก็บจะเติมสารเอทิลีน ไดเอมินเตตระอะเซติก (ethylenediamine tetraacetic acid หรือ EDTA) เป็นสารป้องกันการแข็งตัวของเลือด

2. การเตรียมดีเอ็นเอจากตัวอย่างเลือดโดย Illutra tissue & cells genomicPrep Mini Spin Kit

ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังนี้

1. Homogenization of animal tissue

นำตัวอย่างในปริมาณที่ต้องการใส่ใน Microcentifuge tube ขนาด 1.5 ml จากนั้นเติม PBS buffer ปริมาตร 1 ml แล้ว centrifuge ที่ 16,000g เป็นเวลา 2 นาที นำเอาส่วนของตะกอนเนื้อเยื่อมาทำการเติม PBS buffer ปริมาตร 50 µl ทำการ centrifuge ที่ 2,000g เป็นเวลา 10 นาที

2. Lysis

เติม Lysis buffer type 1 ปริมาตร 50 µl และเติม Proteinase K (30 mg/ml) ปริมาตร 10 µl vortex เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นนำไป incubate ที่อุณหภูมิ 56°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เตรียม pre-heat Elution buffer type 5 ที่อุณหภูมิ 70°C หลังจาก incubate เสร็จแล้วนำไป centrifuge ที่ 2,000g เป็นเวลา 10 วินาที

3. RNA Removal (optional)

เติม RNase A (20 mg/ml) ปริมาตร 5 µl incubate ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 นาที

4. Purification

เติม Lysis buffer type 4 ปริมาตร 500 µl vortex เป็นเวลา 15 วินาที incubate ที่อุณหภูมิ ห้องเป็นเวลา 10 นาที ย้ายตัวอย่างไปยัง mini column จากนั้นนำไป centrifuge ที่ 11,000g เป็นเวลา 1 นาที

5. Wash & Dye

เติม Lysis buffer type 4 ปริมาตร 500 µl vortex เป็นเวลา 15 วินาที centrifuge ที่ 11,000g เป็นเวลา 1 นาที หลังจากนั้นเติม Wash buffer type 6 ปริมาตร 500 µl นำไป centrifuge ที่ 11,000g เป็นเวลา 3 นาที

6. Elution buffer

ย้าย mini column ไปยัง DNase-free microcentifuge tube ขนาด 1.5 ml จากนั้นเติม pre-warmed Elution buffer type 5 แล้ว incubate ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 นาที และ centrifuge ที่ 11,000g เป็นเวลา 1 แบ่งดีเอ็นเอไปตรวจสอบคุณภาพและวัดปริมาณดีเอ็นเอ และเก็บดีเอ็นเอที่เหลือไว้ที่ -20°C เพื่อใช้ในการศึกษาขั้นต่อไป

3. การตรวจเช็ค Genomic DNA ด้วย Agarose gel electrophoresis

ชั่ง Agarose 0.16 กรัม ในขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 มิลลิลิตร เติม 0.5X TAE ปริมาตร 20 ml นำไปให้ความร้อนเพื่อให้ agarose ละลาย จากนั้นเทลงในถาดทิ้งไว้ให้เจลแข็งตัว ประมาณ 45 นาที เทสารละลาย 0.5X TAE buffer ลงในเครื่องแยกแถบดีเอ็นเอ นำเจลไปวาง ดูดสารละลายที่ได้จากการสกัดดีเอ็นเอ ปริมาตร 5 µl ผสมกับ 6X loading dye 1 µl นำส่วนผสมทั้งหมดมา load ลงบนเจล และ load marker (Lamda HindIII) ปริมาตร 3 µl แล้วให้กระแสไฟฟ้า

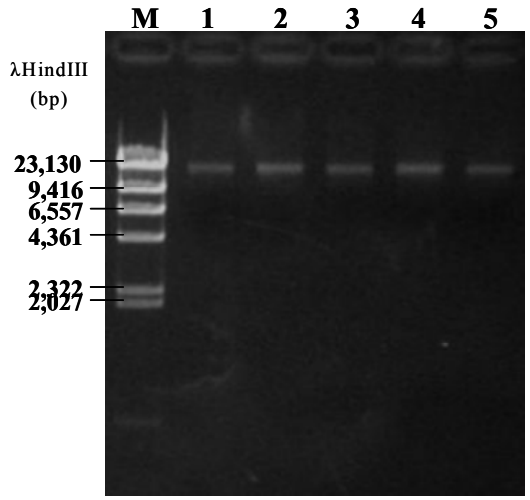
100V เป็นเวลา 30 นาที นำเจลไปย้อมด้วย ethidium bromide เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นนำขึ้นมาล้างด้วยน้ำกลั่น นำเจลที่ได้ไปวิเคราะห์ผลด้วยเครื่องกำเนิดแสง UV transilluminator เพื่อใช้ในการศึกษาในขั้นการทำ PCR ในขั้นตอนต่อไป

4. การศึกษาลายพิมพ์ดีเอ็นเอ (DNA fringerprint) ด้วยเทคนิค PCR

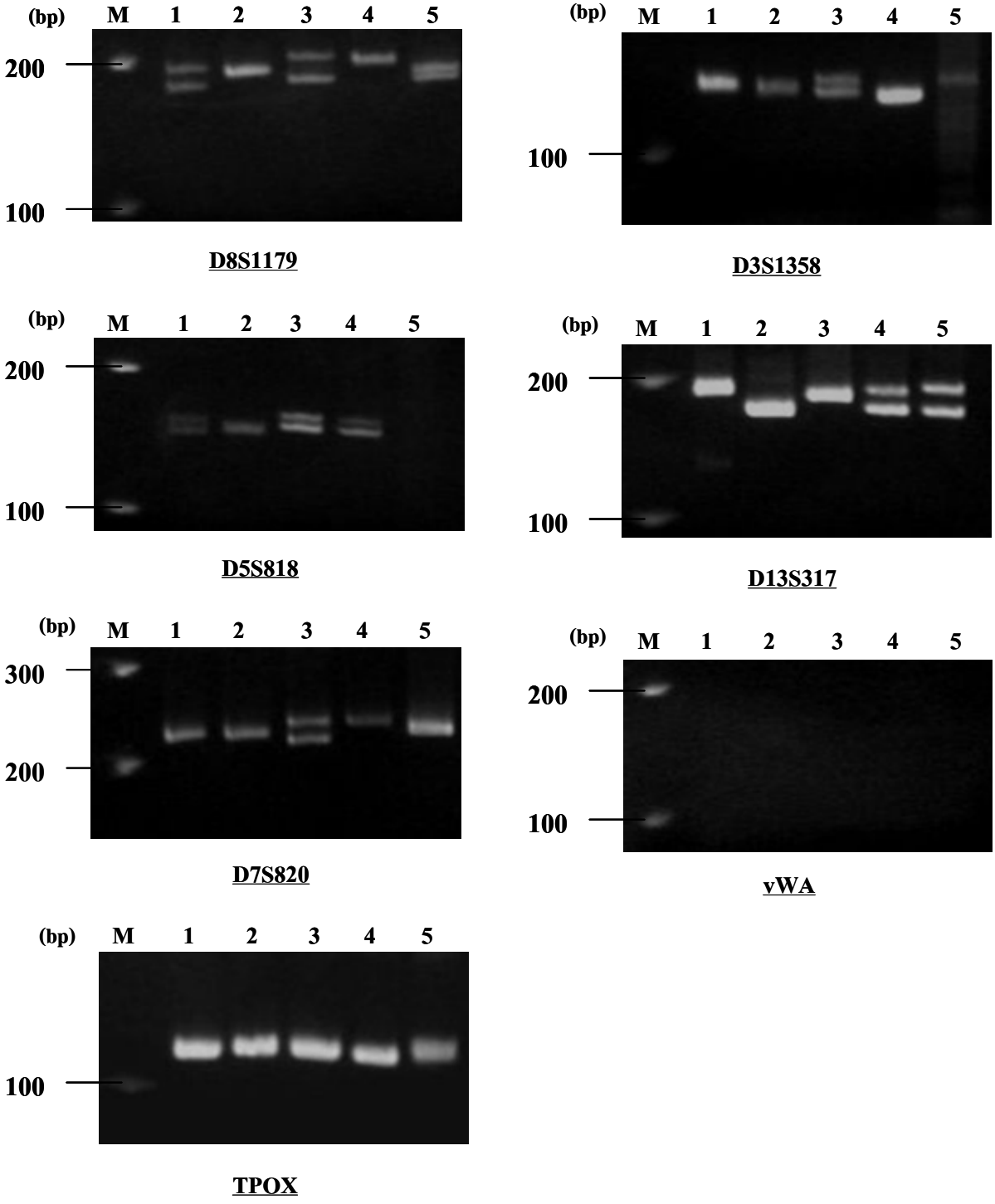
เจือจางตัวอย่างดีเอ็นเอเลือดคนให้มีความเข้มข้น 50 ng/µl นำมาเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอด้วย 10 STR loci (D8S1179, D5S818, D7S820, TPOX, D3S1358, D13S317, vWA, TH01, CSF1PO และ D16S539) เพิ่มปริมาณดีเอ็นเอโดยวิธีพีซีอาร์ ใช้ส่วนผสมในปฏิกิริยารวม 20 µl ประกอบด้วยส่วนผสมต่างๆ คือ แม่แบบดีเอ็นเอ 5 ng, 10 µl Go Taq® Green Master Mix (Promega, USA), ไพรเมอร์ 0.4 µmol และเติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 20 µl จากนั้นนำไปใส่ในเครื่องพีซีอาร์ (Gene Amp® PCR system, 9700) ควบคุมอุณหภูมิที่ตั้งไว้ประกอบด้วย 1) 94°C เป็นเวลา 5 นาที จำนวน 1 รอบ 2) 94°C เป็นเวลา 1 นาที, อุณหภูมิในการ annealing 58°C เป็นเวลา 1 นาทีและ 72°C เป็นเวลา 1 นาที จำนวน 40 รอบ 3) 72°C เป็นเวลา 2 นาทีเมื่อสิ้นสุดการทำพีซีอาร์นำผลผลิตพีซีอาร์ที่ได้มาแยกตามขนาดบน 8% Polyacrylamide gel electrophoresis และย้อมด้วย ethidium bromide โดยใช้ 100 bp DNA ladder เป็น marker

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

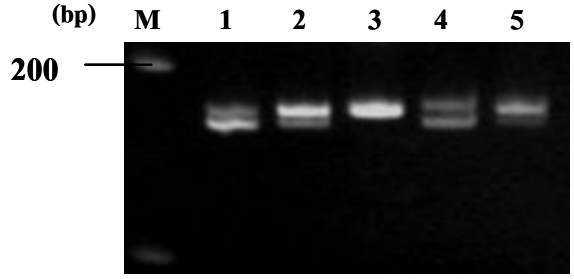
ผลจากการสกัด genomic DNA จากตัวอย่างเลือดอาสาสมัครทั้ง 5 คนด้วย Illutra Tissue & Cells GenomicPrep Mini Spin kit พบว่า genomic DNA ที่ได้มีขนาด 23,000 bp (ภาพที่ 1) จากนั้นนำ genomic DNA ที่ได้ของแต่ละบุคคลเข้าสู่กระบวนการเพิ่มปริมาณ DNA ด้วยเทคนิคพีซีอาร์ ผลการทดลองพบว่ามีไพรเมอร์ 1 คู่ (vWA) ที่ไม่สามารถจับกับ DNA template ของแต่ละบุคคลได้อาจเนื่องจากสภาวะที่ใช้ในการทำ PCR ยังไม่เหมาะต่อการเพิ่มปริมาณ DNA ส่วนไพรเมอร์ ทั้ง 9 คู่ (D8S1179, D5S818, D7S820, TPOX, D3S1358, D13S317, TH01, CSF1PO และ D16S539) สามารถจับกับ DNA template ของแต่ละคนได้ในสภาวะที่กำหนด และขนาดดีเอ็นที่ได้ของแต่ละบุคคลมีขนาดแตกต่างกัน (ภาพที่ 2)



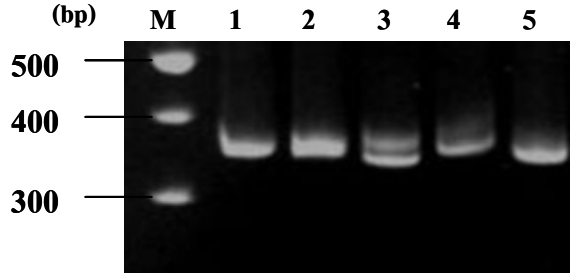
ภาพที่ 1 แถบ genomic DNA ที่สกัดจากตัวอย่างเลือดคนด้วย Illutra Tissue & Cells GenomicPrep Mini Spin kit (M: marker, Lane 1: genomic DNA คนที่ 1, Lane 2: genomic DNA คนที่ 2, Lane 3: genomic DNA คนที่ 3, Lane 4: genomic DNA คนที่ 4, Lane5: genomic DNA คนที่ 5)



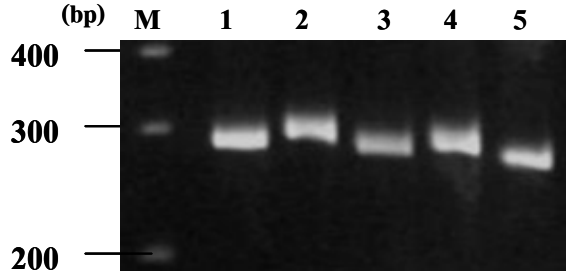
ภาพที่ 2 ลายพิมพ์ดีเอ็นเอของแต่บุคคลกับ 10 STRs loci (M: marker, Lane 1: ลายพิมพ์ดีเอ็นเอ ของคนที่ 1, Lane 2: ลายพิมพ์ดีเอ็นเอของ คนที่ 2, Lane 3: ลายพิมพ์ดีเอ็นเอของคนที่ 3, Lane 4: ลายพิมพ์ดีเอ็นเอของคนที่ 4, Lane 5: ลายพิมพ์ดีเอ็นเอของคนที่ 5)



TH01



CSF1PO



D16S539

ภาพที่ 2 ลายพิมพ์ดีเอ็นเอของแต่บุคคลกับ 10 STRs loci (M: marker, Lane 1: ลายพิมพ์ดีเอ็นเอของคนที่ 1, Lane 2: ลายพิมพ์ดีเอ็นเอของคนที่ 2, Lane 3: ลายพิมพ์ดีเอ็นเอของคนที่ 3, Lane 4: ลายพิมพ์ดีเอ็นเอของคนที่ 4, Lane 5: ลายพิมพ์ดีเอ็นเอของคนที่ 5) (ต่อ)

สรุปผลการวิจัย

จากการสกัดดีเอ็นเอจากตัวอย่างเลือดคนด้วย Illutra Tissue & Cells GenomicPrep Mini Spin Kit พบว่าได้ genomic DNA ที่มีความบริสุทธิ์สูงและขั้นตอนการสกัดใช้ระยะเวลาไม่นาน จากนั้นเมื่อเพิ่มปริมาณ DNA ด้วยเทคนิคพีซีอาร์ด้วย STRs 10 ตำแหน่งนั้น พบว่าสามารถตรวจพิสูจน์บุคคลทั้ง 5 คนได้ว่ามีขนาดของดีเอ็นเอที่แตกต่างต่างกัน ซึ่งผลที่ได้นี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานทางด้านนิติวิทยาศาสตร์ต่อไปได้

ข้อเสนอแนะ

ในขั้นตอนการทำ PCR อาจจะต้องเพิ่มตำแหน่งของ STR และเพิ่มจำนวนตัวอย่างเลือดให้มากขึ้น ตัวอย่างเลือดควรทดลองในสภาพแวดล้อมที่คล้ายคลึงกับสถานที่เกิดเหตุเพื่อนำไปใช้ในงานทางด้านนิติวิทยาศาสตร์ได้ และเปรียบเทียบข้อมูลกับงานของสถาบันนิติเวชวิทยา เพื่อให้มีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้นและใช้เทคนิคในการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีความแม่นยำมากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานส่งเสริมวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ภายใต้โครงการสร้างกำลังคนเพื่อพัฒนาอุตสาหกรรมระดับปริญญาโท (TRF-MAG) ที่ให้การสนับสนุนและทุนอุดหนุนและส่งเสริมการทำวิทยานิพนธ์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น ปีการศึกษา 2553 ขอบคุณ รศ. ดร. ศักดา ดาดวง ในความกรุณา ความเอาใจใส่ ความช่วยเหลือ แนวทางการทำงาน และคำปรึกษาซึ่งจำเป็นยิ่งในการดำเนินการ ทำให้งานวิจัยสามารถสำเร็จลุล่วงมาได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

รัฐ รัตนปริคณน์, วรนาท พราหมณ์กระโทก, สุดหรรษา สืบสมาน, อนุสรณ์ สิทธิรักษ์และอารีย์ ผิวผาย. 2551. ชีววิทยาของมนุษย์และการประยุกต์เชิงนิติวิทยาศาสตร์. ค้นเมื่อ 16 กุมภาพันธ์ 2553, จากเว็บไซต์http://www.ajarnpat.com/data/Project_Ex02.pdf.

วิชัย บุญแสง, อัญชลี ทัศนาขจร, ชัยณรงค์ วงศ์ธีรทรัพย์, นุศรา สิทธิดิลกรันต์และสกล พันธ์ยิ้ม. 2545. ลายพิมพ์ DNA จากสารพันธุกรรมสู่เทคโนโลยีพิสูจน์บุคคล. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ.

วิน เชยชมศรี. [ม.ป.ป.]. ปฏิกิริยาระหว่างแอนติเจนและแอนติบอดี. ค้นเมื่อ16 กุมภาพันธ์ 2553, จากเว็ไซด์ http://pirun.ku.ac.th/~fsciwcc/immune8.pdf.

Chung U., Shin J.K., Park J. M., Kim Y. N., Yang I. W., Cho H. S. and Lee Y.H. 2007. Population data of nine miniSTR loci in Koreans. Forensic Science International. 168: e51-e53.

Bhoopat T. and Steger F. H. 2004. STR loci Penta D and Penta E: data from a Northern Thai population sample. Legal Medicine. 6: 174-177.

Bhoopat T., Leaungsiyakul T. and Steger F. H. 2006. Forensic value of nine STR loci in Northern Thai. Legal Medicine. 8: 198-200.