ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
249520

การพัฒนาแผ่นทดสอบและใช้เทคนิคพีซีอาร์เพื่อระบุบุคคลจากสิ่งส่งตรวจทางนิติวิทยาศาสตร์จำพวกเลือด เส้นผม และน้ำลาย

DEVELOPMENT OF TEST STRIP AND USING OF PCR TECHNIQUE FOR HUMAN IDENTIFICATION FROM FORENSIC SCIENCE SPECIMEN SUCH AS BLOOD, HAIR AND SALIVA

นางสาววราภรณ์ ลีลัน

วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

พ.ศ. 2554

L00253925
ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
249520

การพัฒนาแผ่นทดสอบและใช้เทคนิคพีซีอาร์เพื่อระบุบุคคลจากสิ่งส่งตรวจทางนิติวิทยาศาสตร์จำพวกเลือด เส้นผม และน้ำลาย

DEVELOPMENT OF TEST STRIP AND USING OF PCR TECHNIQUE FOR HUMAN IDENTIFICATION FROM FORENSIC SCIENCE SPECIMEN SUCH AS BLOOD, HAIR AND SALIVA

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ห้องสมุดงานวิจัย

นางสาววราภรณ์ สีสัน

วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

พ.ศ. 2554

การพัฒนาแผ่นทดสอบและใช้เทคนิคพีซีอาร์เพื่อระบุบุคคลจากสิ่งส่งตรวจทางนิติวิทยาศาสตร์จำพวกเลือด เส้นผม และน้ำลาย

นางสาววราภรณ์ สีสัน

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น
พ.ศ. 2554

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

หลักสูตร

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์

ชื่อวิทยานิพนธ์: การพัฒนาแผ่นทดสอบและใช้เทคนิคพีซีอาร์เพื่อระบุบุคคลจากสิ่งส่งตรวจทางนิติวิทยาศาสตร์จำพวกเลือด เส้นผม และน้ำลาย

ชื่อผู้ทำวิทยานิพนธ์: นางสาววราภรณ์ สีสัน

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	อ.ดร.รักฤดี สารธิมา	ประธานกรรมการ
	รศ.ดร. ศักดา คาดวง	กรรมการ
	พ.ต.อ. อาคม เกษร	กรรมการ

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์:

....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เขมิกา ลมไธสง)

....

(รองศาสตราจารย์ ดร. ลำปาง แม่นมาตย์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เกียรติ แสงอรุณ)

คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยขอนแก่น

วราภรณ์ สีสัน. 2554. **การพัฒนาแผ่นทดสอบและใช้เทคนิคพีซีอาร์เพื่อระบุบุคคลจากสิ่งส่งตรวจทางนิติวิทยาศาสตร์จำพวกเลือด เส้นผม และน้ำลาย.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์: ผศ.ดร. เขมิกา ลมไธสง

บทคัดย่อ

249520

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ (1) เพื่อผลิต Anti-human IgG ที่ติดฉลากด้วยเอนไซม์ Alkaline phosphatase เพื่อนำไปใช้ในการพัฒนาแผ่นทดสอบสำหรับใช้ระบุคราบเลือดคน และ (2) เพื่อระบุเอกลักษณ์บุคคลจากวัตถุพยานทางชีวภาพ ได้แก่ เลือด เส้นผม และน้ำลาย โดยใช้เทคนิคพีซีอาร์

การผลิตแอนติบอดีสำหรับนำไปใช้ในแผ่นทดสอบ เริ่มจากการทำบริสุทธิ์ IgG จากซีรัมคน โดยใช้เทคนิค Affinity binding กับ Protein G Sepharose beads หลังจากวิเคราะห์ความบริสุทธิ์ของ IgG บน SDS-PAGE จะกระตุ้นหนูทดลองด้วยสารละลาย Emulsion ของ IgG และ Freud's adjuvant เมื่อนำซีรัมของหนูทดลองมาวิเคราะห์หาปริมาณ Anti-human IgG ด้วยวิธี ELISA และ Western immunoblotting พบว่าหนูทดลองมีการสร้าง Anti-human IgG โดยมีค่าไตเตอร์เท่ากับ 1:10,000 และ 1:1,000 ตามลำดับ จากนั้นทำบริสุทธิ์ Anti-human IgG แล้วนำไปติดฉลากกับเอนไซม์ Alkaline phosphatase โดยใช้ Glutaraldehyde เมื่อวิเคราะห์ความจำเพาะเจาะจง และความไวของ Anti-human IgG ที่ติดฉลากด้วยเอนไซม์กับเลือดคน และเลือดสัตว์ 16 ชนิด ได้แก่ กระต่าย, สุนัข, แมว, หนู, ไก่, เป็ด, นก, แพะ, วัว, แกะ, กบ, หมู, ปลาไหล, ปลานิล, ปลาทับทิม และปลาดุก พบว่าแอนติบอดีเกิดปฏิกิริยากับตัวอย่างเลือดทุกชนิด อย่างไรก็ตามเมื่อตัวอย่างเลือดที่วิเคราะห์มีปริมาณโปรตีนระหว่าง 0.08-0.02 μg Anti-human IgG ที่ติดฉลากด้วยเอนไซม์จะเกิดปฏิกิริยากับเลือดคนเท่านั้น

เมื่อวิเคราะห์ดีเอ็นเอจากเลือด เส้นผม และน้ำลาย ของอาสาสมัคร 5 คน โดยใช้เทคนิคพีซีอาร์เพิ่มปริมาณดีเอ็นเอบริเวณ Short Tandem Repeat (STR) จำนวน 10 ตำแหน่ง ได้แก่ D8S1179, D5S818, D7S820, TPOX, D3S1358, D13S317, vWA, TH01, CSF1PO และ D16S539 แล้ววิเคราะห์ผลผลิตพีซีอาร์แต่ละตำแหน่งบน Polyacrylamide gel พบว่ารูปแบบดีเอ็นเอที่ได้จากตัวอย่างเลือด เส้นผม และน้ำลาย ของอาสาสมัครแต่ละคนเหมือนกัน เมื่อเปรียบเทียบรูปแบบดีเอ็นเอของอาสาสมัครทั้ง 5 คน พบว่าแตกต่างกัน แสดงว่าการวิเคราะห์รูปแบบดีเอ็นเอจาก STR 10 ตำแหน่ง สามารถจำแนกบุคคลได้ และเมื่อเปรียบเทียบรูปแบบดีเอ็นเอของ STR 10 ตำแหน่ง จากตัวอย่างที่ได้จากสถานที่เกิดเหตุกับผู้ต้องสงสัย 5 คน พบว่าสามารถระบุได้ว่าวัตถุพยานทางชีวภาพนั้นเป็นของใคร

Waraporn Sisan. 2011. **Development of Test Strip and Using of PCR Technique for Human Identification from Forensic Science Specimen Such as Blood, Hair and Saliva.** Master of Science Thesis in Forensic Science, Graduate school, Khon Kaen University.

Thesis Advisor: Asst. Prof. Khemika Lomthaisong

ABSTRACT

249520

This research aims (1) to produce Anti-human IgG linked with alkaline phosphatase for further use on developing test strip for human blood stains identification and (2) to identify human identity from biological evidence viz. blood hair and saliva by PCR technique

The production of antibody for test strip started from the purification of IgG from human serum by affinity binding technique with Protein G Sepharose beads. After confirmation of human IgG purification on SDS-PAGE, purified human IgG was subsequently emulsified in Freud's adjuvant. The emulsion was injected into experimental rats in order to stimulate the immune response for Anti-human IgG production. The quantity of Anti-human IgG in the serum of experimental rats which is indicated by titer value was then analyzed using ELISA and Western immunoblotting assay. The results elucidated the production of Anti-human IgG in rat serum with the titer value at $1:10^4$and $1:10^3$ respectively. Anti-human IgG was purified from rat serum. The purified Anti-human IgG was then labeled with alkaline phosphatase by glutaraldehyde. The specificity and sensitivity of Anti-human IgG linked with alkaline phosphatase were examined on human and 16 species of animal's blood viz. rabbit, dog, cat, rat, chicken, duck, bird, goat, cow, sheep, frog, pig, eel, nile tilapia, red tilapia and catfish. All human and animal blood samples reacted with tested antibody. However, when Anti-human IgG linked with alkaline phosphatase was tested on blood samples with protein quantity 0.08 to 0.02 μg, only human blood reacted.

The DNA samples extracted from blood, hair and saliva of 5 volunteers were analyzed by amplifying 10 loci of short tandem repeat (STR) viz. D8S1179, D5S818, D7S820, TPOX, D3S1358, D13S317, vWA, TH01, CSF1PO and D16S539 using PCR technique. The PCR product of each STR locus was then examined on polyacrylamide gel. The DNA profiles from blood, hair and saliva samples of each volunteer were identical. The differences of DNA profiles were found when compared with that of each volunteer indicating the success of using 10 STR loci to

249520

differentiate person. To confirm that STR 10 loci can be used to identify person, the DNA profiles of biological evidence were compared with 5 suspects. The matching of DNA profile between biological evidence and one of the suspects was found suggesting whose belong to the biological evidence.

งานวิทยานิพนธ์นี้ขอมอบส่วนดีให้บุพการีและคณาจารย์

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์เป็นอย่างดีได้ด้วยความช่วยเหลือ และการให้คำปรึกษาจากคณะอาจารย์ที่ปรึกษา ได้แก่ รองศาสตราจารย์ ดร. ศักดา ดาดวง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เขมิกา ลมไธสง คำแนะนำทุกขั้นตอนที่ได้ทำการศึกษารายวิชาวิทยานิพนธ์ การวางแผนการศึกษาทั้งหลักสูตร การออกแบบการทดลอง กระบวนการศึกษาทดลองเพื่อให้ได้คำตอบที่ถูกต้องตามหลักวิชา การสนับสนุนและเปิดโอกาสให้ได้รับทุนในการศึกษาการวิจัย และการนำเสนอผลงานตลอดจนการเขียนรายงานทางวิชาการเพื่อนำเสนอผลงานวิจัย การตรวจสอบ แก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ของงานทุกอย่าง รวมทั้งวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอขอบพระคุณ สำนักประสานงานโครงการทุนวิจัยมหาบัณฑิต สกว. สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และทุนอุดหนุนและส่งเสริมการทำวิทยานิพนธ์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ให้ทุนสนับสนุนการศึกษาวิจัยนี้ ขอขอบพระคุณ ดร. นันทวัน เอื้อวงศ์กูล คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม ที่ให้คำปรึกษาในการทำการทดลอง ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่และบุคลากร ภาควิชาชีวเคมี ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือ และอำนวยความสะดวกในด้านต่างๆ ตลอดการทำวิจัย ขอขอบพระคุณนักศึกษาปริญญาโท นักศึกษาปริญญาเอก ทั้งสาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์ ชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ทุกท่านที่ให้คำแนะนำ ช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจในการศึกษาตลอดมา ขอขอบพระคุณอาจารย์ ดร. รักฤดี สารธิมา และ พ.ต.อ. อาคม เกษร ที่กรุณาเป็นคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

สุดท้ายผลอันจะเป็นประโยชน์ ความดีความดีงามทั้งปวง ที่เกิดขึ้นจากการศึกษาวิทยานิพนธ์นี้ ขอมอบแด่คุณพ่อ คุณแม่ที่เคารพยิ่ง และหากมีข้อบกพร่องประการใดๆ ผู้วิจัยขอน้อมรับด้วยความขอบคุณยิ่ง

วราภรณ์ สีสัน

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
คำอุทิศ	ง
กิตติกรรมประกาศ	จ
สารบัญตาราง	ฌ
สารบัญภาพ	ญ
รายการสัญลักษณ์และคำย่อ	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	3
1.4 สถานที่ทำการวิจัย	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 วัตถุพยานทางนิติวิทยาศาสตร์	4
2.1.1 วัตถุพยานทางชีวภาพประเภทเลือด	4
2.1.2 วัตถุพยานทางชีวภาพประเภทเส้นผม	7
2.1.3 วัตถุพยานทางชีวภาพประเภทน้ำลาย	8
2.2 การตรวจวัตถุพยานทางนิติวิทยาศาสตร์	8
2.2.1 วัตถุพยานประเภทเลือด	8
2.2.2 วัตถุพยานประเภทเส้นผม	12
2.2.3 วัตถุพยานประเภทน้ำลาย	13
2.3 การตรวจพิสูจน์เอกลักษณ์บุคคล	13
2.3.1 ลายพิมพ์ดีเอ็นเอ	14
2.3.2 เทคนิคพีซีอาร์กับการพิสูจน์เอกลักษณ์บุคคล	21

สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
บทที่ 3	วิธีดำเนินการวิจัย	27
3.1	วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมี	27
3.1.1	วัสดุ อุปกรณ์	27
3.1.2	สารเคมี	28
3.2	การเตรียมตัวอย่าง	30
3.2.1	เลือดคนและเลือดสัตว์ชนิดต่างๆ	30
3.2.2	เลือดคน เส้นผม และน้ำลาย	30
3.3	วิธีการทดลอง	30
3.3.1	การหาปริมาณโปรตีนด้วยวิธี Bradford	30
3.3.2	การเตรียม Anti-human IgG	31
3.3.3	การทำบริสุทธิ์ Anti-human IgG	36
3.3.4	การติดฉลาก Anti-human IgG กับเอนไซม์ Alkaline phosphatase	36
3.3.5	การทดสอบความจำเพาะ (Specificity) และความไว (Sensitivity) ของ Anti-human IgG ที่ติดฉลากด้วยเอนไซม์ Alkaline phosphatase โดยใช้เทคนิค Dot blotting	37
3.3.6	การสกัดดีเอ็นเอ	37
3.3.7	การวิเคราะห์ขนาดและความบริสุทธิ์ของดีเอ็นเอที่สกัดได้ด้วยวิธี Agarose gel electrophoresis	40
3.3.8	การหาลายพิมพ์ดีเอ็นเอโดยการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอตรงตำแหน่ง STR ด้วยเทคนิคพีซีอาร์	41
3.3.9	การวิเคราะห์ขนาดของ STR 10 ตำแหน่ง โดยใช้เทคนิค SDS-PAGE	42
3.3.10	การหาลายพิมพ์ดีเอ็นเอจากตัวอย่างผู้ต้องสงสัยและตัวอย่างเลือด เส้นผม และน้ำลายจากสถานที่เกิดเหตุโดยการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอตรงตำแหน่ง STR ด้วยเทคนิคพีซีอาร์ และการวิเคราะห์ขนาดของ STR 10 ตำแหน่งโดยใช้เทคนิค SDS-PAGE	42

สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
บทที่ 4 ผลการทดลอง		43
4.1	ผลการหาปริมาณโปรตีนในเลือดสัตว์	43
4.2	การเตรียม Anti-human IgG	45
4.3	ผลการติดฉลาก Anti-human IgG กับเอนไซม์ Alkaline phosphatase	50
4.4	ผลการทดสอบความจำเพาะ (Specificity) และความไว (Sensitivity) ของ Anti-human IgG ที่ติดฉลากด้วยเอนไซม์ Alkaline phosphatase โดยใช้เทคนิค Dot blotting	51
4.5	ผลการสกัดดีเอ็นเอ	54
4.6	ผลการวิเคราะห์ขนาดของ STR 10 ตำแหน่ง โดยใช้เทคนิค SDS-PAGE	56
บทที่ 5 อภิปรายผลการทดลอง		66
บทที่ 6 สรุปผลการทดลอง		70
เอกสารอ้างอิง		71
ภาคผนวก		75
ภาคผนวก ก	การเตรียมสารเคมีและบัฟเฟอร์สำหรับการทำบริสุทธิ์และการวิเคราะห์ผลอิมมูโนโกลบูลิน จี	76
ภาคผนวก ข	การเตรียมสารเคมีและบัฟเฟอร์สำหรับแอนติบอดีและ Western immunoblotting	82
ภาคผนวก ค	การเตรียมสารเคมีและบัฟเฟอร์สำหรับการสกัดและการวิเคราะห์ผลดีเอ็นเอ	89
ภาคผนวก ง	ลำดับเบสของ Primer	94
การเผยแพร่ผลงานวิทยานิพนธ์		96
ประวัติผู้เขียน		98

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 3.1	ส่วนประกอบของสารผสมสำหรับทำ PCR ของ STR แต่ละตำแหน่ง	41
ตารางที่ 4.1	ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 595 nm ของสารละลายมาตรฐาน BSA	43
ตารางที่ 4.2	ปริมาณโปรตีนของเลือดสัตว์ชนิดต่างๆ	45
ตารางที่ 4.3	ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 405 nm ที่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่าง Human-IgG และ Dilution ต่างๆ ของซีรั่มหนูทดลองหลังจากถูกกระตุ้นครั้งที่ 1	47
ตารางที่ 4.4	ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 405 nm ที่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่าง Human-IgG และ Dilution ต่างๆ ของซีรั่มหนูทดลองหลังจากถูกกระตุ้นครั้งที่ 2	48
ตารางที่ 4.5	รูปแบบดีเอ็นเอที่ได้จากการวิเคราะห์ STR 10 ตำแหน่ง ของอาสาสมัคร 5 คน	58
ตารางที่ 4.6	รูปแบบดีเอ็นเอที่ได้จากการวิเคราะห์ STR 10 ตำแหน่ง ของเลือดจากผู้ต้องสงสัยและจากสถานที่เกิดเหตุ	59

สารบัญภาพ

		หน้า
ภาพที่ 2.1	เซลล์เม็ดเลือดแดง	5
ภาพที่ 2.2	เซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดต่างๆ	6
ภาพที่ 2.3	เกล็ดเลือดและพลาสมา	7
ภาพที่ 2.4	ปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงสีของ Phenolphthalein test	9
ภาพที่ 2.5	ปฏิกิริยารีดอกซ์ของ Leucomalchite green (LMG)	10
ภาพที่ 2.6	ปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงของ Luminol test	10
ภาพที่ 2.7	โครงสร้างของเบสที่พบได้ในดีเอ็นเอ	15
ภาพที่ 2.8	(ก) ลักษณะเกลียวของดีเอ็นเอ (ข) การจับคู่กันของเบสระหว่างดีเอ็นเอ 2 สาย	16
ภาพที่ 2.9	ขั้นตอนการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอด้วยเทคนิคพีซีอาร์	23
ภาพที่ 2.10	โครงสร้างทางเคมีของอะกาโรส แสดงโมเลกุลของ 3,6-anhydrogalactose สลับกับ D-galactose	25
ภาพที่ 2.11	การเกิดพอลิอะครีลาไมด์เจลจากสารตั้งต้นอะครีลาไมด์ และบิสอะครีลาไมด์ โดยอาศัยอนุมูลอิสระเปอร์ซัลเฟต	26
ภาพที่ 3.1	วิธีการเจือจางซีรั่มหนูเป็นลำดับเท่า	34
ภาพที่ 3.2	การประกอบอุปกรณ์สำหรับย้ายโปรตีนจากเจลไปบนแผ่น Nitrocellulose ด้วยกระแสไฟฟ้า	35
ภาพที่ 4.1	กราฟมาตรฐานของ BSA	44
ภาพที่ 4.2	รูปแบบของโปรตีนในซีรั่มของคนที่ผ่านการทำบริสุทธิ์ด้วย Protein G Sepharose bead 1 ครั้ง	46
ภาพที่ 4.3	ผลการทำ Western immunoblotting เพื่อตรวจสอบการสร้าง Anti-human IgG ในหนูทดลองหลังถูกกระตุ้นด้วย Human IgG ครั้งที่ 1	49
ภาพที่ 4.4	ผลการทำ Western immunoblotting เพื่อตรวจสอบการสร้าง Anti-human IgG ในหนูทดลองหลังถูกกระตุ้นด้วย Human IgG ครั้งที่ 3	50

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 4.5	ผลการทำ Western immunoblotting โดยใช้ Anti-human IgG ที่ผ่านการทำบริสุทธิ์จากซีรั่มหนูทดลองแล้วติดฉลากด้วยเอนไซม์ Alkaline phosphatase	51
ภาพที่ 4.6	ผลการทำ Dot blotting ระหว่างเลือดสัตว์หลายๆ ชนิดที่ความเข้มข้นต่างๆ กัน กับ Anti-human IgG ที่ผ่านการทำบริสุทธิ์และติดฉลากด้วยเอนไซม์	53
ภาพที่ 4.7	ดีเอ็นเอที่สกัดได้จากเลือดของอาสาสมัคร 5 คน	54
ภาพที่ 4.8	ดีเอ็นเอที่สกัดได้จากเส้นผมของอาสาสมัคร 5 คน	55
ภาพที่ 4.9	ดีเอ็นเอที่สกัดได้จากน้ำลายของอาสาสมัคร 5 คน	56
ภาพที่ 4.10	ผลการวิเคราะห์ขนาดผลผลิต PCR ที่ได้จากการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอตรงบริเวณ STR 10 ตำแหน่งจากเลือดของอาสาสมัคร 5 คน	60
ภาพที่ 4.11	ผลการวิเคราะห์ขนาดผลผลิต PCR ที่ได้จากการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอตรงบริเวณ STR 10 ตำแหน่งจากเลือดของผู้ต้องสงสัย 5 คน	61
ภาพที่ 4.12	ผลการวิเคราะห์ขนาดผลผลิต PCR ที่ได้จากการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอตรงบริเวณ STR 10 ตำแหน่งจากเส้นผมของอาสาสมัคร 5 คน	62
ภาพที่ 4.13	ผลการวิเคราะห์ขนาดผลผลิต PCR ที่ได้จากการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอตรงบริเวณ STR 10 ตำแหน่งจากเส้นผมของผู้ต้องสงสัย 5 คน	63
ภาพที่ 4.14	ผลการวิเคราะห์ขนาดผลผลิต PCR ที่ได้จากการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอตรงบริเวณ STR 10 ตำแหน่งจากน้ำลายของอาสาสมัคร 5 คน	64
ภาพที่ 4.15	ผลการวิเคราะห์ขนาดผลผลิต PCR ที่ได้จากการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอตรงบริเวณ STR 10 ตำแหน่งจากน้ำลายของผู้ต้องสงสัย 5 คน	65

รายการสัญลักษณ์และคำย่อ

bp	คือ	คู่เบส
°C	คือ	องศาเซลเซียส
Da	คือ	ดาลตัน
DNA	คือ	ดีออกซีไรโบนิวคลีอิก แอซิด
g	คือ	กรัม
kDa	คือ	กิโลดาลตัน
µg	คือ	ไมโครกรัม
µl	คือ	ไมโครลิตร
mA	คือ	มิลลิแอมแปร์
mg	คือ	มิลลิกรัม
ml	คือ	มิลลิลิตร
mM	คือ	มิลลิโมลาร์
M	คือ	โมลาร์
ng	คือ	นาโนกรัม
nm	คือ	นาโนเมตร
%	คือ	เปอร์เซ็นต์
V	คือ	โวลต์