



การศึกษาการดื้อยาเพอร์เมทรินระดับโมเลกุลในเหาจากนักเรียนชั้นประถมศึกษา  
ที่อาศัยในจังหวัดปทุมธานี

MOLECULAR ANALYSIS OF PERMETHRIN RESISTANCE ASSOCIATED  
GENE IN HUMAN HEADLICE COLLECTED FROM PRIMARY  
SCHOOL CHILDREN IN PATHUM THANI PROVINCE

|           |             |
|-----------|-------------|
| บุรฉัตร   | สัมมากิจ    |
| ปาณิสรา   | อำพะสุโร    |
| พรกนก     | จำปีคง      |
| พิมกวิน   | มากสุข      |
| หทัยรัตน์ | อ่อนมาสาย   |
| สิรินทรา  | ถิ่นสิริคุณ |

ภาคินพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเทคนิคการแพทย์  
คณะเทคนิคการแพทย์

มหาวิทยาลัยรังสิต

พ.ศ. 2567



**MOLECULAR ANALYSIS OF PERMETHRIN RESISTANCE ASSOCIATED  
GENE IN HUMAN HEADLICE COLLECTED FROM PRIMARY  
SCHOOL CHILDREN IN PATHUM THANI PROVINCE**

**BURACHAT SAMMAKIT  
PANISARA AMPASURO  
PRONKANOK JAMPEEKHONG  
PIMKAWIN MAKSUK  
HATHAIRAT ONMASAI  
SIRINTRA THINSIRAKUN**

**A TERM PAPER SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF BACHELOR  
OF SCIENCE IN MEDICAL TECHNOLOGY**

**MEDICAL TECHNOLOGY**

**RANGSIT UNIVERSITY**

**2024**

## ภาคินพนธ์เรื่อง

การศึกษาการดื้อยาเพอร์เมทรินระดับโมเลกุลในเหาจาก  
นักเรียนชั้นประถมศึกษาที่อาศัยในจังหวัดปทุมธานี

โดย

บุรณัฏฐ์ สัมมากิจ  
ปาณิสรา อัมพะสุโร  
พรคนก จำปีคง  
พิมกวิน มากสุข  
หทัยรัตน์ อ่อนมาสาย  
สิรินทรา อื่นศิริคุณ

ได้รับพิจารณาให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเทคนิคการแพทย์

เมื่อวันที่ 18 ตุลาคม 2568

(รองศาสตราจารย์ ดร.จิราภรณ์ คุ้มทรัพย์)

กรรมการและที่ปรึกษาร่วมภาคินพนธ์

(รองศาสตราจารย์ ดร.สิริมา กิจวัฒน์ชัย)

กรรมการและที่ปรึกษาร่วมภาคินพนธ์

(ดร.ภูมภัตต์ พุทธิผลวงศ์)

หัวหน้าสาขาวิชาเทคนิคการแพทย์

(ดร.ณัฐนิชา ศุภกรช่วงศ์)

ประธานกรรมการภาคินพนธ์

(ดร.อุทัยพร สิงห์คำอินทร์)

กรรมการและที่ปรึกษาร่วมภาคินพนธ์

(รองศาสตราจารย์เยาวลักษณ์ พิมายนอก)

คณบดีคณะเทคนิคการแพทย์

## กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่อง “การศึกษาการดื้อยาเพอร์เมทรินระดับโมเลกุลในเหาจากนักเรียนชั้นประถมศึกษาที่อาศัยในจังหวัดปทุมธานี” ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความรู้ความสามารถและการสนับสนุนจาก ดร.ณัฐนิชา ศุภกรชวงส์ ที่ได้เสียสละเวลาอันมีค่าในการให้คำปรึกษา คำแนะนำ เสนอแนวคิดให้ความรู้อันเป็นประโยชน์ต่องานวิจัยนี้ เพื่อให้งานวิจัยสมบูรณ์ยิ่งขึ้น พร้อมทั้งยังช่วยพัฒนาการทำงานของผู้วิจัยให้เป็นไปอย่างมีคุณภาพ ทำให้ผู้วิจัยได้รับประสบการณ์ในการทำงานวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร. จิราภรณ์ คุ้ยทรัพย์ รองศาสตราจารย์ ดร.สิริมา กิจวัฒน์ชัย และดร.อุทัยพร สิงห์คำอินทร์ ที่ได้ให้คำแนะนำ เสนอแนวคิด และให้ข้อเสนอแนะอันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการพัฒนา และปรับปรุงงานวิจัยให้มีความสมบูรณ์ทั้งในด้านวิชาการและการนำเสนอ ตลอดจนข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ในการปรับปรุงเนื้อหาและกระบวนการดำเนินงานให้มีความถูกต้องและครบถ้วน

ผู้วิจัยขอขอบคุณโรงเรียนในจังหวัดปทุมธานี ที่ให้ความร่วมมือในการเก็บตัวอย่าง รวมถึงนักเรียนและผู้ปกครอง ที่ให้ความอนุเคราะห์และความร่วมมืออย่างดียิ่งในการเข้าร่วมการวิจัยครั้งนี้

ท้ายที่สุดของความสำเร็จในครั้งนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณทุกท่านที่มีส่วนร่วมในงานวิจัยจนสำเร็จไปได้ด้วยดี ทั้งบุคคลที่ได้กล่าวมาแล้วและยังไม่ได้กล่าวถึง ขอขอบพระคุณ บิดา มารดาที่ให้ชีวิตและสติปัญญา ขอขอบใจเพื่อนๆทุกคนที่คอยให้กำลังใจและความช่วยเหลือทุกอย่างด้วยดีเสมอมา คุณค่าที่เกิดขึ้นจากการศึกษางานวิจัยในครั้งนี้ ขอมอบคุณค่านั้นแต่บิดา มารดา ตลอดจนสมาชิกในครอบครัวทุกคน ที่ให้การสนับสนุนให้ความช่วยเหลือ ความห่วงใย และให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยมาตลอด หากมีสิ่งใดบกพร่องผู้วิจัยขอน้อมรับไว้และขออภัยไว้ ณ โอกาสนี้

บุรฉัตร สัมมากิจ  
ปาณิสรา อำพะสุโร  
พรคนก จำปีคง  
พิมกวิน มากสุข  
หทัยรัตน์ อ่อนมาสาย  
สิรินทรา ถิ่นสิริคุณ

## บทคัดย่อ

6502058, 6502061, 6502065, 6502066,

: สาขาวิชา: เทคนิคการแพทย์

6502069, 6502072

วท.บ. (เทคนิคการแพทย์)

คำสำคัญ : เหาศีรษะ, การดื้อยาเพอร์เมทริน, ยีน *VSSC*, *kdr*

บุรฉัตร สัมมากิจ, ปาณิสรา อำพะสุโร, พรกนก จำปีคง, พิมกวัน มากสุข, หทัยรัตน์ อ่อนมาสาย, สิรินทรา ถิ่นสิริคุณ การศึกษาการดื้อยาเพอร์เมทรินระดับโมเลกุลในเหาจากนักเรียนชั้น ประถมศึกษาที่อาศัยในจังหวัดปทุมธานี

**MOLECULAR ANALYSIS OF PERMETHRIN RESISTANCE ASSOCIATED GENE IN HUMAN HEADLICE COLLECTED FROM PRIMARY SCHOOL CHILDREN IN PATHUM THANI PROVINCE**

อาจารย์ที่ปรึกษา : ดร.ณัฐนิชา ศุภกรชูวงศ์, 34 หน้า

โรคเหาที่ศีรษะ (*Pediculosis capitis*) เป็นปัญหาสาธารณสุขที่พบได้บ่อยในเด็กวัยเรียนทั่วโลก รวมถึงประเทศไทย ปัจจุบันการรักษาเหามักจะใช้ยาหรือแชมพูที่มีส่วนประกอบของยาเพอร์เมทริน อย่างไรก็ตามปัจจุบันเริ่มมีรายงานการดื้อยาเพอร์เมทรินในเหาที่ศีรษะซึ่งทำให้การรักษาโรคเหาที่ศีรษะล้มเหลว การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการกลายพันธุ์แบบ knockdown resistance (*kdr*) ของยีน voltage-sensitive sodium channel (*VSSC*) ที่ตำแหน่ง T917I ซึ่งเกี่ยวข้องกับการดื้อยาเพอร์เมทริน ในเหาที่ศีรษะของนักเรียนชั้นประถมศึกษาใน ตำบลหลักหก จังหวัดปทุมธานี โดยเก็บตัวอย่างเหาที่ศีรษะ จากนักเรียนหญิงชั้นประถมศึกษาในตำบลหลักหก จังหวัดปทุมธานี จำนวน 100 ตัวอย่าง นำมาวิเคราะห์หาการกลายพันธุ์ตำแหน่ง T917I โดยใช้วิธี PCR-RFLP ผลการศึกษาพบอัลลีลที่มีการกลายพันธุ์แบบ T917I ในร้อยละ 48 โดยสามารถแบ่งเป็นจีโนไทป์แบบ wild type (SS) ร้อยละ 41, heterozygous (RS) ร้อยละ 22, และ homozygous resistant (RR) ร้อยละ 37 นอกจากนี้เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการกลายพันธุ์แบบ *kdr* ที่ตำแหน่ง T917I ในเหาที่ศีรษะและการเคยสัมผัสยาเพอร์เมทรินพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดย การศึกษานี้เป็นการศึกษาแรกที่พบยีนดื้อยาของเหาที่ศีรษะในจังหวัดปทุมธานี ดังนั้นการที่พบการดื้อยานี้แสดงให้เห็นว่าควรระมัดระวังการใช้ยาเพอร์เมทรินในประเทศไทย

## ABSTRACT

6502058, 6502061, 6502065, 6502066, : MAJOR: MEDICAL TECHNOLOGY  
6502069, 6502072 B.Sc. (MEDICAL TECHNOLOGY)

**KEY WORD :** Head lice, Permethrin resistance, *VSSC* gene, *kdr*

**BURACHAT SAMMAKIT, PANISARA AMPASURO, PRONKANOK JAMPEEKHONG,  
PIMKAWIN MAKSUK, HATHAIRAT ONMASAI, SIRINTRA THINSIRAKUN**

**MOLECULAR ANALYSIS OF PERMETHRIN RESISTANCE ASSOCIATED GENE IN  
HUMAN HEADLICE COLLECTED FROM PRIMARY SCHOOL CHILDREN IN  
PATHUM THANI PROVINCE**

**THESIS ADVISOR : Dr. NUTNICH SUPHAKHONCHUWON p.34**

Head lice infestation (Pediculosis capitis) is a common public health problem among school-aged children worldwide, including in Thailand. Currently, treatment for head lice often involves the use of medications or shampoos containing permethrin. However, there have been increasing reports of permethrin resistance in head lice, which has led to treatment failures. The objective of this study was investigated knockdown resistance (*kdr*) mutation of the voltage-sensitive sodium channel (*VSSC*) gene at position T917I, which is associated with permethrin resistance in head lice among primary school students in Lak Hok Subdistrict, Pathum Thani Province. A total of 100 head lice samples were collected from students in Lak Hok Subdistrict, Pathum Thani. The polymerase chain reaction–restriction fragment length polymorphism (PCR-RFLP) was used to performed. The results showed that the prevalence of T917I allele (mutation allele) was 48 %. Wild type genotype (SS) was the highest prevalence in this study as showed in 41%, following by heterozygous genotype (RS) 22% and homozygous resistant (RR) genotype 37%, respectively. No statistically significant association between the *kdr* mutations and prevalence of anti-lice drug using was demonstrated. This was the first study that report the anti-lice resistance gene in Pathum Thani. Therefore, the using of anti-lice treatment in Thailand should be concerned

## สารบัญ

|                                             | หน้า |
|---------------------------------------------|------|
| กิตติกรรมประกาศ                             | ก    |
| บทคัดย่อภาษาไทย                             | ข    |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ                          | ค    |
| สารบัญตาราง                                 | ฉ    |
| สารบัญภาพ                                   | ช    |
| บทที่ 1 บทนำ                                | 1    |
| 1.1 ที่มาของปัญหา                           | 1    |
| 1.2 วัตถุประสงค์                            | 2    |
| 1.3 ขอบเขตของการวิจัย                       | 3    |
| 1.4 สมมติฐานการวิจัย                        | 3    |
| 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ               | 3    |
| บทที่ 2 ทบทวนเอกสาร                         | 4    |
| 2.1 เหาสีริยะ                               | 4    |
| 2.2 วงจรชีวิตของเหาสีริยะ                   | 4    |
| 2.3 การติดต่อของเหาสีริยะ                   | 5    |
| 2.4 อาการของโรคเหาสีริยะ                    | 5    |
| 2.5 การตรวจวินิจฉัยโรคเหาสีริยะ             | 5    |
| 2.6 การควบคุมและป้องกันเหาสีริยะ            | 6    |
| 2.7 การรักษาโรคเหาสีริยะ                    | 6    |
| 2.8 การดื้อยารักษาภายนอกในเหาสีริยะ         | 9    |
| 2.9 การศึกษาการดื้อยาเพอร์เมทรินในเหาสีริยะ | 10   |
| 2.10 หลักการ PCR-RFLP                       | 11   |
| 2.11 หลักการ Gel electrophoresis            | 11   |
| 2.12 รายงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง               | 12   |

## สารบัญ (ต่อ)

|                                                                                                                        | หน้า |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| <b>บทที่ 3 ระเบียบวิธีวิจัย</b>                                                                                        | 14   |
| 3.1 การออกแบบการวิจัย                                                                                                  | 14   |
| 3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์                                                                                               | 14   |
| 3.3 สารเคมี และน้ำยาทดสอบ                                                                                              | 15   |
| 3.4 วิธีการทดลอง                                                                                                       | 15   |
| 3.5 การรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล                                                                               | 20   |
| <b>บทที่ 4 ผลการทดลอง</b>                                                                                              | 21   |
| 4.1 การศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมรูปแบบการกลายพันธุ์ของยีน <i>VSSC</i>                                              | 21   |
| 4.2 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการกลายพันธุ์แบบ <i>kdr</i> ที่ตำแหน่ง<br>T917I ในเหาสิริยะและการเคยสัมผัสยาเพอร์เมทริน | 23   |
| <b>บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง</b>                                                                                | 25   |
| <b>บรรณานุกรม</b>                                                                                                      | 27   |
| <b>ประวัติผู้วิจัย</b>                                                                                                 | 31   |



## สารบัญตาราง

| ตารางที่                                                                                                     | หน้า |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 2.1 ตารางแสดงการกลายพันธุ์และความถี่ของยีนคือยาในแต่ละประเทศ                                                 | 12   |
| 3.1 โปรเมอร์ที่ใช้สำหรับยีน voltage-sensitive sodium channel ( <i>VSSC</i> )                                 | 18   |
| 3.2 อุณหภูมิและจำนวนรอบในการเพิ่มจำนวนดีเอ็นเอ<br>ของยีน voltage-sensitive sodium channel ( <i>VSSC</i> )    | 19   |
| 3.3 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์การตัดด้วยเอนไซม์ <i>SspI</i><br>สำหรับตรวจการกลายพันธุ์ T917I ของยีน <i>VSSC</i> | 20   |
| 4.1 แสดงความชุกของการกลายพันธุ์แบบ kdr ที่ตำแหน่ง T917I ในเหาสิริยะ                                          | 23   |
| 4.2 แสดงความชุกของจีโนไทป์ของการกลายพันธุ์แบบ kdr<br>ที่ตำแหน่ง T917I ในเหาสิริยะ                            | 23   |
| 4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการกลายพันธุ์แบบ kdr<br>ที่ตำแหน่ง T917I ในเหาสิริยะและการเคยสัมผัสยาเพอร์เมทริน  | 24   |

## สารบัญรูปภาพ

| รูปที่                                                                                                                       | หน้า |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 2.1 วงจรชีวิตเหา                                                                                                             | 4    |
| 4.1 ตัวอย่างผลการเพิ่มปริมาณสารพันธุกรรมของยีน <i>VSSC</i> ในเหาศีรษะด้วยวิธีพีซีอาร์                                        | 21   |
| 4.2 ตัวอย่างผลการตัดสารพันธุกรรมของเหาศีรษะด้วยเอนไซม์จำเพาะ <i>SspI</i> -HF กับรูปแบบการกลายพันธุ์ T917I ของยีน <i>VSSC</i> | 22   |

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ที่มาของปัญหา

โรคเหาที่ศีรษะ (Pediculosis capitis) เป็นปัญหาสาธารณสุขที่พบได้บ่อยในเด็กวัยเรียนทั่วโลก รวมถึงประเทศไทย โรคเหาที่ศีรษะเกิดจากการติดเชื้อปรสิตที่ชื่อว่า เหาที่ศีรษะ (Pediculus humanus capitis) เป็นปรสิตที่ต้องพึ่งพิงเลือดจากโฮสต์เป็นอาหาร เหาสามารถแพร่กระจายได้ทั้งทางตรงจากการสัมผัสศีรษะและทางอ้อมจากการใช้สิ่งของร่วมกัน เช่น หวี ผ้าเช็ดตัว หรือเสื้อผ้า (Nutanson et al., 2008) โดยวงจรชีวิตของเหาที่ศีรษะจะอยู่บนศีรษะของมนุษย์ตลอดชีวิตของมัน โดยจะดูดกินเลือดของโฮสต์เป็นอาหาร (Di et al., 2012) โรคเหาที่ศีรษะจะตรวจพบทั้งตัวเหาและไข่เหาที่เส้นผมบริเวณท้ายทอยและหลังหู ซึ่งผู้ป่วยโรคเหาที่ศีรษะมักมีอาการคันศีรษะทำให้ส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตและการเรียนของเด็กเป็นอย่างมาก อย่างไรก็ตามผู้ป่วยสามารถเกิดอาการรุนแรงและเกิดภาวะแทรกซ้อนได้ เช่น ผู้ป่วยจะเกาที่ศีรษะจนเกิดแผลและมีตุ่มหนองที่บริเวณศีรษะ หรืออาจเกิดการติดเชื้อแบคทีเรียซ้ำซ้อนได้ (อรุณา ชยางกูร, 2562) ในประเทศไทยมีการรายงานการระบาดของเหาที่ศีรษะความแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ โดยพบความชุกตั้งแต่ร้อยละ 15.1 ถึงร้อยละ 88.4 (Ruankha et al., 2016; Thanyavanich et al., 2009; Rassami & Soonwera, 2012) โดยอุบัติการณ์ของการติดเชื้อเหาในผู้หญิงสูงถึงร้อยละ 50 ในขณะที่พบอุบัติการณ์ในผู้ชายอยู่ร้อยละ 3 (Singhasivanon et al., 2019) นอกจากนี้พบว่าในการศึกษาความชุกของการติดเชื้อเหาที่ศีรษะในจังหวัดปทุมธานี พบความชุกของการติดเชื้อเหาในนักเรียนหญิงระดับก่อนมัธยมศึกษาร้อยละ 68.7 และมีแนวโน้มที่จะเพิ่มสูงขึ้น (Kitvatanachai et al., 2023) ซึ่งในปัจจุบันการรักษาเหาที่ศีรษะนั้นในประเทศไทยได้มีการนำยาเพอร์เมทริน (Permethrin) มาใช้เป็นยาหลักสำหรับโรคเหาที่ศีรษะ โดยยาเพอร์เมทรินจัดเป็นสารออกฤทธิ์ในกลุ่ม pyrethroid ซึ่งยาในกลุ่มนี้จะออกฤทธิ์โดยไปรบกวนกระบวนการเปิดและปิดของ voltage-sensitive sodium channels (VSSC) ทำให้การทำงานของเซลล์ประสาทของตัวเหาช้าลงและทำให้กล้ามเนื้อเหาเป็นอัมพาต ซึ่งอาจเรียกว่า knockdown และเหาที่ศีรษะจะตายในที่สุด (Clark, 2009) อย่างไรก็ตามการใช้ยาเพอร์เมทรินเป็นเวลานานส่งผลให้เกิดปัญหาการดื้อยาชนิดนี้ในหลายพื้นที่ (Hodgdon et al., 2010; Bialek et al., 2011; Marcoux et al., 2010) ซึ่งการพบการดื้อยานี้อาจทำให้ผู้ป่วยรักษาไม่หายและอาจมีอาการรุนแรงขึ้นได้ (Brownell et al., 2020)

ในปัจจุบันนี้การศึกษาการดื้อยาเพอร์เมทรินอาจทำได้โดยศึกษาขึ้นมีความเกี่ยวข้องกับการดื้อยา เพื่อใช้ในการทำนายผลลัพธ์ในการประเมินการดื้อยาของเหาศีรษะหลังจากการใช้ยา โดยเฉพาะการศึกษาขึ้น voltage-sensitive sodium channel (*VSSC*) ซึ่งจากการศึกษาก่อนหน้าพบว่า การกลายพันธุ์ของยีน *VSSC* ทำให้โครงสร้าง *VSSC* เปลี่ยนแปลงไปส่งผลให้ยาเพอร์เมทรินไม่สามารถไปจับได้หรือจับได้ไม่เหมาะสม จึงทำให้เหาศีรษะมีชีวิตรอดอยู่แม้ว่าจะได้รับยาเพอร์เมทริน โดยเฉพาะอย่างยิ่งพบว่า การกลายพันธุ์แบบ T917I เกี่ยวข้องกับการดื้อยาเพอร์เมทริน ซึ่งทำให้ประสิทธิภาพการรักษาโดยการใช้น้ำยาเพอร์เมทรินลดลง (Gellatly et al., 2016 ; Firoozziyan et al., 2017) นอกจากนี้มีรายงานการพบ การกลายพันธุ์แบบ T917I ในผู้ป่วยที่ติดเชื้อแบบรุนแรง ซึ่งเสียชีวิตในเวลาต่อมา (Eremeeva et al., 2025) ปัจจุบันมีการพบการกลายพันธุ์แบบ T917I นี้ในหลายประเทศทั่วโลก เช่น สหรัฐอเมริกา พบการกลายพันธุ์ T917I ร้อยละ 99.6, แคนาดา พบการกลายพันธุ์ T917I ร้อยละ 97.1, ฝรั่งเศส พบการกลายพันธุ์ T917I ร้อยละ 93.5, ญี่ปุ่น พบการกลายพันธุ์ T917I ร้อยละ 60, ซิลี พบการกลายพันธุ์ T917I ร้อยละ 70, เม็กซิโก พบการกลายพันธุ์ T917I ร้อยละ 65.5, ฮอนดูรัส พบการกลายพันธุ์ T917I ร้อยละ 45, และ ตุรกี พบการกลายพันธุ์ T917I ร้อยละ 62.5, (Durand et al., 2007; Yoon et al., 2014; Marcoux et al., 2010; Kasai et al., 2009; Roca-Acevedo et al., 2019; Ponce-Garcia et al., 2017; Larkin et al., 2020) นอกจากนี้ในประเทศไทยพบว่าการรายงานการกลายพันธุ์ T917I ในเหาที่เก็บจากเด็กนักเรียนใน 15 จังหวัดทั่วประเทศ โดยพบอัตราการกลายพันธุ์สูงถึง 31% (Brownell et al., 2020)

ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องศึกษาและประเมินการดื้อยาเพอร์เมทรินโดยการศึกษาหาความชุกของการการกลายพันธุ์ของยีน *VSSC* ในเหาศีรษะที่ตำแหน่ง T917I เพื่อที่จะลดความเสี่ยงการเกิดความรุนแรงของโรคและลดการแพร่ระบาดของเหาศีรษะ โดยจะเป็นประโยชน์ในการป้องกันและการควบคุม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่จังหวัดปทุมธานี ซึ่งยังพบความชุกของเหาศีรษะสูงในพื้นที่ และยังไม่มีความชัดเจนที่จะกำจัดเหาศีรษะให้ลดลง

## 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

เพื่อศึกษาความชุกของการการกลายพันธุ์ของยีน voltage-sensitive sodium channel (*VSSC*) ตำแหน่งที่ T917I ของเหาในนักเรียนชั้นประถมศึกษา จังหวัดปทุมธานี ประเทศไทย

### 1.3 ขอบเขตของการวิจัย

การศึกษานี้เพื่อศึกษาความชุกของการกลายพันธุ์ของยีน voltage-sensitive sodium channel (*VSSC*) ตำแหน่งที่ T917I ในเหาสิริยะ จำนวน 100 ตัวอย่าง ที่เก็บจากนักเรียนในโรงเรียนในตำบลหลักหก จังหวัด ปทุมธานี (โรงเรียนวัดรังสิต โรงเรียนวัดนาวง และโรงเรียนสุลักษณะ)

### 1.4 สมมติฐานการวิจัย

พบความชุกของเหา ที่มียีนคือ ยีน voltage-sensitive sodium channel (*VSSC*) ตำแหน่งที่ T917I ในจังหวัดปทุมธานี

### 1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ

ทราบความชุกของเหาสิริยะที่การกลายพันธุ์ของยีน voltage-sensitive sodium channel (*VSSC*) ตำแหน่งที่ T917I ในจังหวัดปทุมธานี ซึ่งเป็นข้อมูลพื้นฐานในการวางแผน การรักษา การป้องกัน และการควบคุมการแพร่ระบาดของเหาสิริยะได้

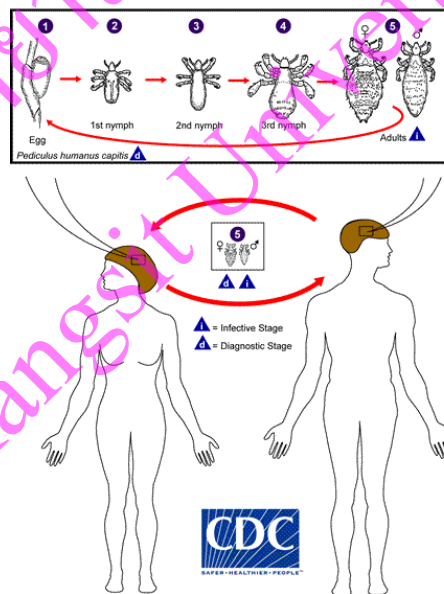
## บทที่ 2

### ทบทวนเอกสาร

#### 2.1 เหาสีรษะ

เหาสีรษะ ( *Pediculus humanus capitis* ) เป็นแมลงดูดเลือดชนิดหนึ่งที่อาศัยการดูดเลือดบนหนังศีรษะเพื่อการดำรงชีวิตทำให้เกิดโรคเหาสีรษะ (Pediculosis capitis )

#### 2.2 วงจรชีวิตของเหาสีรษะ



รูปที่ 2.1 วงจรชีวิตของเหา (CDC, 2024)

โดยปกติเหาสีรษะจะมีอายุเฉลี่ย 28 วัน โดยวงจรชีวิตของเหาสีรษะจะแบ่งได้เป็น 3 ระยะหลัก (ทัตพร อิศสรโชติ, 2023) ดังนี้

1. ระยะไข่ ไข่เหาสีรษะจะเกาะติดกับโคนเส้นผมหรือหนังศีรษะ โดยไข่จะมีลักษณะขนาดเล็ก ประมาณ 4-6 มิลลิเมตร มีระยะเวลาในการฟักตัว 6-9 วัน ภายใต้สภาพแวดล้อมที่เหมาะสม

2. ระยะตัวอ่อน หลังจากฟักตัวออกจากไข่เหาศีรษะจะมีขนาดประมาณ 1.5 มิลลิเมตรและจะเจริญเติบโตอย่างต่อเนื่อง สามารถพัฒนาเป็นตัวเต็มวัยได้ในระยะเวลาประมาณ 7 วัน

3. ระยะตัวเต็มวัย สามารถสืบพันธุ์และวางไข่ได้ โดยเหาศีรษะตัวเมียจะสามารถวางไข่ได้สูงสุด 10 ฟองต่อวัน การเจริญเติบโตตั้งแต่ไข่จนตัวเต็มวัยใช้ระยะเวลาประมาณ 12-14 วัน

## 2.3 การติดต่อของเหาศีรษะ

การติดต่อของเหาศีรษะสามารถติดต่อสู่ผู้อื่นได้ผ่านทางหลายวิธีดังนี้ (HD mall, 2024) ดังนี้

1. การติดต่อจากคนสู่คนโดยตรง มักเกิดการแพร่ระบาดในกลุ่มของนักเรียนหรือบุคคลในครอบครัวที่มีการใกล้ชิดกันทางศีรษะโดยตรง เช่น การเล่นหรือการนอนใกล้กันทำให้เหาศีรษะย้ายจากคนหนึ่งไปอีกคนหนึ่งได้ง่ายจึงมีการแพร่ระบาดเกิดขึ้น (Bangkokhealth, n.d.)

2. การใช้สิ่งของร่วมกัน โดยติดต่อผ่านของใช้ในบ้าน เหาสามารถมีชีวิตอยู่นอกตัวมนุษย์ได้นานประมาณ 1-2 วัน ซึ่งจะสามารถอยู่ได้ตามเสื้อผ้าหรือของใช้ต่างๆ หากจัดเก็บของใช้ที่มีเหาศีรษะหรือไข่เหาศีรษะอยู่ร่วมกับของใช้ชิ้นอื่น อาจทำให้เหาแพร่กระจายไปยังสิ่งของเหล่านั้น และนำไปสู่การติดเหาศีรษะในบุคคลอื่นได้ (Pobpad, n.d)

## 2.4 อาการของโรคเหาศีรษะ

ลักษณะอาการที่สำคัญของโรคเหาศีรษะ คือ มีอาการคันศีรษะ เกิดจากเหาจะคอยกัดและดูดเลือดกินเป็นอาหาร ซึ่งในน้ำลายของเหาศีรษะมีสารระคายเคืองผิวหนังได้ ทำให้เกิดตุ่มคันตรงรอยกัด ส่งผลให้เกิดอาการคันมาก อาจเกาจนหนังศีรษะถลอก อักเสบ และนำไปสู่การติดเชื้อ อาจพบต่อมน้ำเหลืองข้างคอและท้ายทอยโตได้ บางรายมีอาการคันมากตอนกลางคืน ทำให้ส่งผลกระทบต่อการนอนหลับ และส่งผลกระทบต่อชีวิตประจำวัน ทำให้เกิดความอับอายทางสังคม การตีตรา สูญเสียความมั่นใจในตัวเอง มีผลต่อการขาดเรียนของเด็กนักเรียนได้ (จรัสศรี พียาพรรณ และ รัฐพล ดวงทอง, 2560)

## 2.5 การตรวจวินิจฉัยโรคเหาศีรษะ

ในการตรวจวินิจฉัยโรคเหาศีรษะ จะต้องทำการแยกจากภาวะการระคายเคืองบนหนังศีรษะ รังแค ผิวหนังอักเสบ ซึ่งสามารถทำได้ดังนี้

### 2.5.1 การชักประวัติ

ผู้ป่วยมีอาการจะมีอาการคันมาก รวมถึงคนใกล้ชิดเช่น ครอบครัว หรือเพื่อนมีอาการใกล้เคียงกัน หรือพบการระบาดภายในโรงเรียนหรือชุมชน

### 2.5.2 การตรวจร่างกาย

ทำการตรวจบริเวณหนังศีรษะพบตัวเหาศีรษะหรือไข่เหาศีรษะติดที่โคนผม ให้ใช้หวีเสนียด สางผมซ้ำ ๆ เพื่อหาไข่และตัวเหาศีรษะ

### 2.5.3 การตรวจดูด้วยกล้องจุลทรรศน์

โดยนำเส้นผมมาดู พบตัวเหาศีรษะหรือไข่เหาศีรษะ (จรัสศรี พียาพรรณ และ รัฐพล ดวงทอง, 2560)

## 2.6 การควบคุมและป้องกันเหาศีรษะ

เหาบนหนังศีรษะเป็นปัญหาที่สามารถป้องกันได้โดยไม่อยู่ใกล้ชิดกับผู้ที่มีเหา แต่ในเด็ก ไม่สามารถปฏิบัติได้อย่างเคร่งครัด จึงเป็นกลุ่มที่เสี่ยงต่อการติดเหามากที่สุด ซึ่งสามารถใช้วิธีอื่นๆ ในการป้องกัน ได้แก่

2.6.1 หากเป็นเด็ก ผู้ปกครองควรดูแล ไม่ให้อยู่ใกล้ชิดผู้ที่เป็นโรคเหาบนศีรษะ และสอนให้เด็กระมัดระวังตัวจากการใกล้ชิดผู้ที่เป็นโรคเหาศีรษะเพื่อป้องกันการติดต่อ

2.6.2 สระผมให้สะอาดเป็นประจำ หลีกเลี่ยงการใช้ของใช้ส่วนตัวเช่น หวี หมวก หมอน ที่นอน ผ้าห่ม ร่วมกับผู้ที่เป็น โรคเหาศีรษะ

2.6.3 ผู้ปกครองควรดูแลและตรวจดูความสะอาดของเส้นผมและหนังศีรษะเพื่อหาเหาศีรษะ และกำจัดเหาศีรษะ อย่างน้อยสัปดาห์ละ 1 ครั้ง

2.6.4 หากมีบุตรหลานหรือคนในครอบครัวติดโรคเหาศีรษะหากเป็นไปได้ควรให้หยุดเรียน หรือหยุดงานจนกว่าจะหายเพื่อป้องกันไม่ให้โรคเหาศีรษะแพร่กระจายไปยังคนอื่น (Pobpad, n.d.)

## 2.7 การรักษาโรคเหาศีรษะ

ปัจจุบันมีวิธีหลากหลายในการรักษาโรคเหาศีรษะเพื่อกำจัดตัวเหาศีรษะและไข่เหาศีรษะ โดยอาจแบ่งออกเป็น 2 ประเภทดังนี้

### 2.7.1 การรักษาโดยไม่ใช้ยา

การรักษาโรคเหาศีรษะโดยไม่ใช้ยามีหลายวิธีที่สามารถทำได้อย่างปลอดภัยและมีประสิทธิภาพโดยอาศัยการกำจัดตัวเหาศีรษะและไข่เหาศีรษะด้วยวิธีทางกายภาพหรือการใช้ผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติ



1) การสาบผมแบบเปียก เป็นวิธีที่ได้รับการยอมรับและแนะนำอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะในเด็กและผู้ที่ไม่สามารถใช้ยาได้ โดยการสระผมให้เปียก ชโลมครีมนวดผมและหวีด้วยหวีเสนียด สางตั้งแต่โคนผมจรดปลายผม ทำซ้ำทุกๆ 2-3 วัน เป็นระยะเวลาอย่างน้อย 2 สัปดาห์

2) การใช้ความร้อน เป็นการกำจัดเหาศีรษะและไข่เหาศีรษะเป็นอีกวิธีหนึ่งที่ไม่ใช้สารเคมีในการกำจัด โดยใช้เครื่องหนีบผม หนีบผมที่แห้งด้วยความร้อนสูง โดยเน้นบริเวณโคนผมและหนังศีรษะ ทำซ้ำทุกวันหรือวันเว้นวัน เป็นระยะเวลาอย่างน้อย 1-2 สัปดาห์

3) การใช้ผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติ เป็นวิธีที่ได้รับความนิยม แต่ประสิทธิภาพอาจแตกต่างกันไป เช่น น้ำมันมะกอก (Olive Oil) ทำให้เหาศีรษะเคลื่อนไหวย้ายลง ง่ายต่อการสางออก แต่ไม่มีประสิทธิภาพในการฆ่าเหาศีรษะและไข่เหาศีรษะ น้ำส้มสายชู (Vinegar) มีการใช้เพื่อช่วยละลายสารเหนียวที่ยึดเกาะไข่เหาศีรษะกับเส้นผม แต่ไม่มีประสิทธิภาพในการฆ่าเหาศีรษะและไข่เหาศีรษะ

## 2.7.2 การใช้ยาในการรักษา

สำหรับการรักษาโรคเหาศีรษะในประเทศไทย การใช้ยาในการรักษาโรคเหาจะแบ่ง 2 วิธี ได้แก่

1) ยารักษาโรคเหาศีรษะชนิดทาภายนอก (Topical pediculicidal agents) ปัจจุบันมียารักษาโรคเหาชนิดทาภายนอกหลากหลายรูปแบบ เช่น

1.1) ยาเพอร์เมทริน (Permethrin) ในการรักษาเหามักจะใช้ยาเพอร์เมทรินที่มีความเข้มข้น 1% เป็นการรักษามาตรฐานและนิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย โดยวิธีการใช้คือ ทาขี้ผึ้งให้ครอบคลุมบริเวณที่เป็น จากนั้นค่อยล้างออกหลังจากทายาไปแล้วประมาณ 10 นาทีสำหรับการฆ่าเหา ทาขี้ผึ้งเพียงครั้งเดียวและทิ้งไว้ 8 ถึง 14 ชั่วโมง จากนั้นจึงล้างออกด้วยสบู่หรือน้ำเปล่า และให้ทาซ้ำในอีก 2 สัปดาห์ถัดมาถ้ายังปรากฏตัวเหาอยู่ (pharmbma, n.d.) ซึ่งยาเพอร์เมทรินเป็นสารในกลุ่มไพริทรอยด์สังเคราะห์ซึ่งออกฤทธิ์ต่อระบบประสาท (neurotoxic synthetic pyrethroid) โดยรบกวนกระบวนการขนส่งโซเดียมผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ประสาท ส่งผลให้เกิดการดีโพลาไรเซชัน (depolarization) ของเซลล์ประสาท ทำให้การทำงานของเซลล์ประสาทของตัวเหาช้าลงและเป็นอันตรายอย่างรวดเร็ว ซึ่งเหาจะตายในที่สุด (Nanda J. et al., 2024)

1.2) เบนซิล เบนโซเอต (Benzyl Benzoate) วิธีการใช้ยาชนิดนี้ต้องทำความสะอาด-ศีรษะด้วยแชมพูสระผมเพื่อขจัดคราบไขมันและสิ่งสกปรกต่างๆออกให้หมด ล้างศีรษะให้สะอาดแล้วทิงไว้จนผมแห้ง จากนั้นทาขี้ผึ้งให้ทั่วหนังศีรษะ ทิ้งไว้ประมาณ 24 ชั่วโมงแล้วล้างออกด้วยน้ำอุ่น อาจผสมแชมพูสระผมเพื่อความสะดวกของหนังศีรษะ ล้างผม เช็ดด้วยผ้าสะอาดและทิงไว้ให้แห้ง จากนั้นใช้หวีเสนียด ค่อยๆสาบผมเพื่อให้ไข่และตัวเหาหลุดออกมา (อภัย ราษฎร์วิจิตร,

2564) ยาออกฤทธิ์โดยการซึมผ่านโครงสร้างภายนอก (exoskeleton) ของตัวเหา จากนั้นจึงก่อให้เกิดพิษต่อระบบประสาท (neurotoxicity) ซึ่งเป็นการรบกวนการทำงานของระบบประสาท ส่งผลให้เกิดภาวะอัมพาตและนำไปสู่การตายในที่สุด (synapse.patsnap., 2024) (Drugbank, n.d.)

**1.3) มาลาไทออน (Malathion)** ในการรักษาเหามักจะใช้ยามาลาไทออนที่มีความเข้มข้น 0.5% โดยมักใช้ในรูปแบบแชมพู ซึ่งมีฤทธิ์รุนแรง ฆ่าทั้งเหาและไข่เหา โดยยาที่เหมาะสมสำหรับเด็กที่อายุ 6 ปีขึ้นไป มีวิธีการใช้คือ เทแชมพูมาลาไทออนลงบนผมที่แห้งสนิท โดยเริ่มจากบริเวณหนังศีรษะและเส้นผมจนชุ่มทั่วทั้งศีรษะ โดยเฉพาะบริเวณท้ายทอยและหลังใบหู ซึ่งเป็นจุดที่มักพบเหามากที่สุด หลังจากทายาเสร็จ ควรล้างมือทันทีเพื่อป้องกันการสัมผัสยากับส่วนอื่นของร่างกายโดยไม่ตั้งใจ หลังจากทายาแล้วมีข้อควรระวังคือมาลาไทออน ไม่ทนต่อความร้อน ดังนั้นต้องปล่อยผมให้แห้งตามธรรมชาติ และในช่วงที่ทำการรักษาควรหลีกเลี่ยงการเป่าผมด้วยความร้อน หลังจากปล่อยยาทิ้งไว้เป็นเวลา 8 ถึง 12 ชั่วโมง ให้ล้างผมด้วยแชมพูที่ไม่มีส่วนผสมของยา แล้วล้างออกให้สะอาด หากยังพบเหามีชีวิตอยู่หลังจาก 7 ถึง 9 วัน ควรใช้แชมพูมาลาไทออนอีกครั้ง (mayoclinic, n.d.) ซึ่งยามาลาไทออนจะออกฤทธิ์โดยการยับยั้งเอนไซม์อะเซทิลโคลีนเอสเตอเรส (acetylcholinesterase: AchE) ซึ่งเป็นเอนไซม์สำคัญในระบบประสาทของปรสิต เช่น เหาและไร (Jensen M., Whatling P, 2010). ยาจะจับกับเอนไซม์ AchE ที่บริเวณปลายประสาทของปรสิต ทำให้เอนไซม์ไม่สามารถสลายสารสื่อประสาทอะเซทิลโคลีน (acetylcholine) ได้ ส่งผลให้เกิดการสะสมของอะเซทิลโคลีนในช่องว่างระหว่างเซลล์ประสาท (synaptic cleft) นำไปสู่การกระตุ้นเซลล์ประสาท ทำให้เกิดอาการอัมพาตในที่สุด (Gervais J. et al., 2009)

**1.4) คาร์บาริล (carbaryl)** ในการรักษาเหามักจะใช้ยาคาร์บาริลที่มีความเข้มข้น 0.4% โดยมักใช้ในรูปแบบแชมพูโดยวิธีการใช้คือใช้น้ำอุ่นในการชะล้างศีรษะให้เปียกชุ่ม จากนั้นนำผลิตภัณฑ์แชมพูคาร์บาริล สระผมให้ทั่วหนังศีรษะ ขณะสระผม ให้เริ่มนวดจากศีรษะด้านหน้าแล้วไล่ไปจนถึงด้านหลังใบหู ทิ้งแชมพูอยู่บนศีรษะนานเป็นเวลาประมาณ 5 นาทีเป็นอย่างต่ำ แล้วค่อยล้างออกด้วยน้ำเป็นปริมาณมาก จนสะอาดและหมดคราบแชมพู ใช้หวีเสนียดหวีผมเพื่อกำจัดซากเหาและไข่ออกจากหนังศีรษะ อาจต้องใช้คาร์บาริลแชมพูสระผมในวันที่ 1, 3 และ 8 เพื่อกำจัดเหาให้สิ้นซาก (อภิษฎา ราษฎร์วิจิตร, 2560) ทั้งนี้ยาคาร์บาริลจะออกฤทธิ์คล้ายกับยามาลาไทออน โดยเป็นสารที่มีฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะเซทิลโคลีนเอสเตอเรส (Acetylcholinesterase inhibitors) สามารถสร้างผลกระทบต่อระบบการทำงานของสารสื่อประสาทในสัตว์ประเภทแมลงได้อย่างรุนแรง โดยทำให้เกิดอาการอัมพาต ตลอดจนระบบการทำงานของตัวแมลงล้มเหลวและตายลงในที่สุด (อภิษฎา ราษฎร์วิจิตร, 2560)

**1.5) ไดเมทิลโคน (Dimethicone)** ความเข้มข้น 4% (bpac, 2560) มีวิธีการคือ

ใช้โซลิมอลผลิตกันขี้ยาโดเมทิกอนลงบนเส้นผมที่แห้งจากด้านหน้าศีรษะไปถึงด้านหลังหู นวดคลึงหนังศีรษะและผมเบาๆจนเปียกยาทั่วศีรษะ รอเวลาประมาณ 10 นาทีเป็นอย่างต่ำเพื่อให้ยาโดเมทิกอนออกฤทธิ์กับตัวเหา ซึ่งยาโดเมทิกอนนี้มีคุณสมบัติเป็นสารลดแรงตึงผิวที่มีความเหนียวหนืด และสามารถแทรกซึมและเข้าอุดตันในท่อลมของตัวเหา ส่งผลให้เหาขาดอากาศหายใจและตายลง ในที่สุด (อกษ์ ราษฎรวิจิตร, 2560)

#### 1.6) สปินโนแซด (Spinosad) ความเข้มข้น 0.9 % (spinosadrx, n.d.)

มีวิธีการใช้คือ เช่าขวดผลิตกันขี้ยาจนตัวยากระจายตัวทั่วถึง เทผลิตภัณฑ์ลงฝ่ามือแล้วเชโลมไปตามเส้นผมที่แห้ง จนผมเปียกยาทั่วหนังศีรษะ รอเวลาให้ตัวยาออกฤทธิ์ประมาณ 10 นาที จากนั้นใช้น้ำอุ่นล้างผมจนแน่ใจว่าไม่มีตัวยาค้างอยู่ ใช้หวีที่มีลักษณะซี่ถี่หรือที่เรียกกันว่าหวีเสนียด สางและหวีผมเพื่อกำจัดซากเหาและไข่เหาออกให้มากที่สุด เว้นระยะเวลาไปอีก 7 วัน หากตรวจพบเหาหรือไข่เหา ให้ใช้ยานี้เพื่อกำจัดเหาบนหนังศีรษะซ้ำอีกครั้ง (อกษ์ ราษฎรวิจิตร, 2560) ซึ่งยาสปินโนแซดมีกลไกการออกฤทธิ์คือ ตัวยาจะเข้ารบกวนและทำลายระบบประสาทในตัวเหา ทำให้ตัวเหาเกิดสภาพคล้ายเป็นอัมพาต และส่งผลให้ตัวเหาตายลงในที่สุด (อกษ์ ราษฎรวิจิตร, 2560)

2) ยารักษาโรคเหาศีรษะชนิดรับประทาน (oral pediculicidal agents) ใช้รักษาโรคเหาที่มีอาการรุนแรง รักษาโรคเหาในผู้ที่มีข้อห้ามใช้ของยาทาภายนอก หรือ ทนอาการไม่พึงประสงค์ของยาทาภายนอกไม่ได้ หรือใช้ยามาหาชนิดทาภายนอกรักษาแล้วไม่ได้ผล เช่น

2.1) ไอเวอร์แมกติน (Ivermectin) วิธีรับประทานยา ให้รับประทาน 2 ครั้ง ครั้งละ 200 ไมโครกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม โดยรับประทานครั้งที่ 1 แล้วรับประทานซ้ำอีกครั้งในวันที่ 7 (Chosidow O. et al., 2010) ซึ่งยาจะออกฤทธิ์ โดย จับกับ Glutamate gated chloride channels ซึ่งพบในระบบประสาทและกล้ามเนื้อของเหา ทำให้เกิดการไหลเข้าของไอออนคลอไรด์ ส่งผลให้เซลล์ประสาทและกล้ามเนื้อเป็นอัมพาตและทำให้เหาตายในที่สุด (Chosidow O. et al., 2010)

## 2.8 การดื้อยารักษาภายนอกในเหาศีรษะ

ปัจจุบันการรักษาเหาทั่วโลก รวมถึงในประเทศไทย มักนิยมใช้ยาเพอร์เมทรินเป็นเวลานานแรกในการรักษา อย่างไรก็ตามเนื่องจากการใช้ยาเพอร์เมทรินอย่างต่อเนื่องเป็นเวลานาน ทำให้ในปัจจุบันพบปัญหาการดื้อยาของเหาศีรษะที่เพิ่มสูงขึ้นในหลายพื้นที่ (Hodgdon et al., 2010; Bialek et al., 2011; Marcoux et al., 2010) ซึ่งการดื้อยานี้ส่งผลให้การรักษาล้มเหลว ซึ่งอาจนำไปสู่การติดเชื้อที่รุนแรงมากขึ้น นอกจากนี้มีรายงานการพบการดื้อยาของเหาในผู้ป่วยที่มีการติดเชื้อแบบรุนแรง ซึ่งเสียชีวิตในเวลาต่อมา (Eremeeva et al., 2025) ปัจจุบันมีการรายงานการดื้อยาเพอร์เมทริน

ของเหาในหลายพื้นที่ทั่ว เช่น ในประเทศสหรัฐอเมริกา พบการดื้อยาร้อยละ 99.6, ประเทศแคนาดา ร้อยละ 60, ประเทศชิลี พบการดื้อยา ร้อยละ 70, ประเทศเม็กซิโก พบการดื้อยา ร้อยละ 65.5, ประเทศฮอนดูรัส พบการดื้อยา ร้อยละ 45, และ ประเทศตุรกี พบการดื้อยา ร้อยละ 62.5, (Durand et al., 2007; Yoon et al., 2014; Marcoux et al., 2010; Kasai et al., 2009; Roca-Acevedo et al., 2019; Ponce-Garcia et al., 2017; Larkin et al., 2020) นอกจากนี้การศึกษาก่อนหน้าพบว่า การกลายพันธุ์ของยีน voltage-sensitive sodium channel (VSSC) ทำให้โครงสร้างของโปรตีน VSSC เปลี่ยนแปลงไป ส่งผลให้ยาเพอร์เมทรินไม่สามารถไปจับได้หรือจับได้ไม่เหมาะสม จึงทำให้เหาสีรษะมีชีวิตรอดอยู่แม้ว่าจะได้รับยาเพอร์เมทริน เรียกว่า knockdown resistance (kdr) (Brownell et al., 2020) โดยพบว่า การกลายพันธุ์แบบ kdr จำนวน 3 ตำแหน่ง ได้แก่ M815I, T917I, L920F ซึ่งพบการเปลี่ยนแปลงนี้ในยีน  $\alpha$ -subunit ของ ยีน VSSC เกี่ยวข้องกับความไวของยาเพอร์เมทรินในการรักษาเหาสีรษะ ซึ่งทำให้ประสิทธิภาพในการรักษาโดยใช้ยาเพอร์เมทรินลดลง (reduced drug susceptibility) และอาจเกิดการดื้อยาเพอร์เมทรินในที่สุด (drug resistance) การศึกษาก่อนหน้าพบว่าการกลายพันธุ์ M815I และ L920F มักพบร่วมกันกับการกลายพันธุ์ T917I (John, 2010; Kathryn et al., 2020) นอกจากนี้มีรายงานว่าพบการกลายพันธุ์ T917I เพียงตำแหน่งเดียวหรือพบการกลายพันธุ์ T917I ร่วมกับ kdr ตำแหน่งอื่นๆ เกี่ยวข้องกับการดื้อยาเพอร์เมทริน (Samira et al., 2017; Yoon et al., 2014)

## 2.9 การศึกษาการดื้อยาเพอร์เมทรินในเหาสีรษะ

การศึกษากการดื้อยาเพอร์เมทรินของเหาสีรษะสามารถทำได้หลายรูปแบบ อย่างไรก็ตามวิธีมาตรฐานที่ใช้ในการศึกษาการดื้อยาเพอร์เมทรินของเหาสีรษะสามารถแบ่งได้เป็น 2 วิธี คือ

**2.9.1 การทดสอบความเป็นพิษทางชีวภาพ (Toxicity bioassay)** เป็นการทดสอบโดยตรงกับตัวเหา เพื่อประเมินว่ามีความไวของเหาต่อยาเพอร์เมทริน โดยการให้เหาสัมผัสกับยาเพอร์เมทรินในความเข้มข้นต่างๆ แล้วสังเกตอัตราการตายหรือพฤติกรรมการตอบสนองภายในระยะเวลาต่างๆ วิธีนี้อาจจะทำการทดสอบโดยใช้เทคนิค Filter paper contact bioassay ซึ่งให้เหาสัมผัสยาเพอร์เมทรินสารบนกระดาษกรองแล้วสังเกตอัตราการตายหรือพฤติกรรมการตอบสนองภายในระยะเวลาต่างๆ อย่างไรก็ตามวิธีนี้ต้องใช้ตัวอย่างเหาที่ยังมีชีวิตรอดอยู่จำนวนมาก และยากที่จะนำมาใช้ในการศึกษาแบบ Routine ได้ (Burkhart et al., 2000; Yoon et al., 2003)

**2.9.2 การศึกษาระดับโมเลกุล (Molecular study)** เป็นการทดสอบเพื่อประเมินการดื้อยาเพอร์เมทริน ซึ่งวิธีนี้สามารถบอกเหาที่ดื้อยาโดยการตรวจหาการกลายพันธุ์แบบ knock down resistance (kdr) ซึ่งเป็นการตรวจหาการกลายพันธุ์ที่มีการเปลี่ยนแปลงกรดอะมิโนของยีน VSSC โดยเฉพาะอย่างยิ่งการกลายพันธุ์ที่ตำแหน่ง T917I โดยวิธีนี้มีข้อดีคือสามารถตรวจจับการกลายพันธุ์

ที่แม้จะมีการเกิดขึ้นปริมาณน้อยโดยไม่ต้องใช้วิธีการทดสอบที่ซับซ้อนหรือค่าใช้จ่ายสูง วิธีนี้อาจจะทำการทดสอบโดยใช้เทคนิคทางอณูชีววิทยาต่างๆได้ เช่น PCR-RFLP (Polymerase Chain Reaction-Restriction fragment length polymorphism), DNA sequencing, Realtime PCR อย่างไรก็ตามวิธี PCR-RFLP เป็นวิธีที่ง่ายและราคาไม่แพงและสามารถใช้ในการทดสอบหาหาได้อย่างได้

## 2.10 หลักการ Polymerase Chain Reaction – Restriction Fragment Length

### Polymorphism

เทคนิค Polymerase Chain Reaction – Restriction Fragment Length Polymorphism (PCR-RFLP) เป็นเทคนิคทางอณูชีววิทยาที่ใช้สำหรับตรวจสอบความหลากหลายของลำดับดีเอ็นเอ โดยเฉพาะการกลายพันธุ์ในระดับนิวคลีโอไทด์เดี่ยว (point mutation) โดยประกอบด้วยสองขั้นตอนหลัก ได้แก่ การเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอด้วยวิธี PCR และการตัดดีเอ็นเอด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ ในขั้นตอนแรกจะใช้เทคนิค PCR เพื่อเพิ่มปริมาณเฉพาะบริเวณของดีเอ็นเอที่ต้องการตรวจสอบ โดยอาศัยไพรเมอร์ที่ออกแบบให้จำเพาะกับลำดับเป้าหมาย จากนั้นผลิตภัณฑ์ PCR ที่ได้จะถูกนำไปตัดด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ (restriction enzyme) ซึ่งสามารถจำแนกลำดับดีเอ็นเอที่มีความแตกต่างกันเล็กน้อยได้ หากมีการกลายพันธุ์ที่ตำแหน่งเอนไซม์ตัดจำเพาะ เอนไซม์จะไม่สามารถตัดดีเอ็นเอได้ หรือเกิดรูปแบบการตัดที่เปลี่ยนแปลงไปและผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการตัดจะถูกวิเคราะห์ด้วยเทคนิคอิเล็กโตรโฟรีซิส เพื่อแยกชิ้นส่วนดีเอ็นเอตามขนาด ความแตกต่างของขนาดชิ้นส่วนที่ได้จะสะท้อนถึงความแตกต่างของลำดับนิวคลีโอไทด์ในตัวอย่างดีเอ็นเอ ทำให้สามารถจำแนกได้ว่าตัวอย่างนั้นไม่มีการกลายพันธุ์ (wild-type) หรือมีการกลายพันธุ์ (mutant) (Kim Y. et al., 2017)

## 2.11 หลักการ Gel electrophoresis

Gel electrophoresis เป็นเทคนิคพื้นฐานทางอณูชีววิทยาที่ใช้สำหรับแยกชิ้นส่วนของกรดนิวคลีอิก (DNA หรือ RNA) หรือโปรตีน ตามขนาดของโมเลกุล โดยอาศัยหลักการเคลื่อนที่ของโมเลกุลในสนามไฟฟ้าผ่านเนื้อเจลที่มีโครงสร้างเป็นร่างแห มักจะใช้เจลอะกาโรส (agarose gel) เป็นตัวกลางในการแยก โดยโมเลกุลดีเอ็นเอซึ่งมีประจุลบตามธรรมชาติจะเคลื่อนที่จากขั้วลบ (cathode) ไปยังขั้วบวก (anode) เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านเจล อัตราเร็วในการเคลื่อนที่ขึ้นอยู่กับขนาดของโมเลกุลดีเอ็นเอ โดยโมเลกุลที่มีขนาดเล็กกว่าจะเคลื่อนที่ผ่านรูพรุนของเจลได้ง่ายและเร็วกว่าชิ้นส่วนที่มีขนาดใหญ่ หลังจากรันไฟฟ้าเป็นเวลาที่เหมาะสม จะสามารถสังเกตตำแหน่งของชิ้นส่วนดีเอ็นเอที่แยกออกจากกันได้ด้วยการย้อมสีด้วยสารเรืองแสง เช่น ethidium bromide หรือสารอื่นที่สามารถจับกับดีเอ็นเอและมองเห็นได้ภายใต้แสง UV ลักษณะของแถบดีเอ็นเอที่ได้จะช่วย

ในการวิเคราะห์ขนาดและปริมาณของดีเอ็นเอ รวมถึงใช้ยืนยันผลจากการตัดด้วยเอนไซม์หรือการเพิ่มปริมาณด้วย PCR ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Sambrook & Russell, 2001)

## 2.12 รายงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

**2.12.1 สถานการณ์การดื้อยาเพอร์เมทรินระดับโมเลกุลในทั่วโลก** ปัจจุบันมีการศึกษาดื้อยาเพอร์เมทรินระดับโมเลกุลทั่วโลก โดยเป็นการศึกษาการกลายพันธุ์แบบ knockdown resistance (kdr) ของยีน voltage-sensitive sodium channel (VSSC) จากการศึกษาก่อนหน้านี้พบว่ามีการกลายพันธุ์หลายตำแหน่งที่เกี่ยวข้องกับการดื้อยาเพอร์เมทริน ได้แก่ T917I, L920F, T929I และ L932F (Hodgdon et al., 2014; Mohammadi et al. 2023) นอกจากนี้ยังมีการศึกษาการกลายพันธุ์แบบ knockdown resistance (kdr) ในหลายประเทศทั่วโลก เช่น สหรัฐอเมริกา อิสราเอล ออสเตรเลีย อังกฤษ ตุรกี อิหร่าน สอนคูร์ส และมาดากัสการ์ (ตารางที่ 1) อย่างไรก็ตามในบางประเทศ เช่น ประเทศอิสราเอล พบการกลายพันธุ์แบบ knockdown resistance (kdr) ร้อยละ 100 ซึ่งบ่งชี้ว่ายาเพอร์เมทรินรวมถึงยาในกลุ่มไพรีทรอยด์มีประสิทธิภาพลดลง และไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในพื้นที่นี้

ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงการกลายพันธุ์และความถี่ของยีนดื้อยาในแต่ละประเทศ

| ประเทศ                               | การกลายพันธุ์แบบ kdr ที่พบ | ความถี่ของการกลายพันธุ์แบบ kdr | แหล่งอ้างอิง             |
|--------------------------------------|----------------------------|--------------------------------|--------------------------|
| สหรัฐอเมริกา                         | T917I                      | 99.6%                          | Hodgdon et al. 2014      |
| อิสราเอล ออสเตรเลีย อังกฤษ และ ตุรกี | T917I และ L920F            | 100%                           | Mohammadi et al. 2023    |
| อิหร่าน                              | T917I, และ L920F           | 58%                            | Sayyadi et al. 2023      |
| สอนคูร์ส                             | T917I และ L920F            | 45-50%                         | Larkin, K. et al. 2020   |
| มาดากัสการ์                          | T917I และ L920F            | 70%                            | Delaunay, C. et al. 2019 |

**2.12.2 สถานการณ์การดื้อยาเพอร์เมทรินระดับโมเลกุลในประเทศไทย** ปัจจุบันประเทศไทย การศึกษาดื้อยาเพอร์เมทรินระดับโมเลกุลยังมีไม่มากนัก โดย Brownell et al., 2020 ได้ทำการศึกษาในเหาศีรษะจาก 15 จังหวัด ใน 6 ภูมิภาคของประเทศไทย ได้แก่ เชียงใหม่ เชียงราย พิชญ์โลก,

ขอนแก่น อุดรธานี หนองบัวลำภู นครราชสีมา บุรีรัมย์ สระแก้ว สุพรรณบุรี กาญจนบุรี สมุทรปราการ ระยอง นครศรีธรรมราช สงขลา ซึ่งพบการกลายพันธุ์แบบ Knockdown resistance (kdr) ที่ตำแหน่ง T917I ร้อยละ 31 และเมื่อพิจารณาจีโนไทป์พบ SS (Homozygous susceptible) ร้อยละ 60 พบ RS (Heterozygous resistance) ร้อยละ 22.3, พบ RR (Homozygous resistance) ร้อยละ 17.96 โดยภาคใต้ พบการกลายพันธุ์สูงที่สุด ร้อยละ 54 (Brownell et al., 2020) นอกจากนี้ Brownell et al., 2020 ได้ทำการศึกษาในจังหวัดนนทบุรี ซึ่งพบการกลายพันธุ์แบบ Knockdown resistance (kdr) ที่ตำแหน่ง T917I ร้อยละ 63.2 และผู้ป่วยมีอัตราการหายป่วย (cure rate) เพียงร้อยละ 5 เท่านั้น (Brownell et al., 2024) อย่างไรก็ตามยังไม่มีการศึกษาในจังหวัดปทุมธานี

มหาวิทยาลัยรังสิต  
Rangsit University



### บทที่ 3

#### ระเบียบวิธีการวิจัย

##### 3.1 การออกแบบการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยประยุกต์ในสาขาวิชาปรสิตวิทยาและอนุชีววิทยาโดยใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงทดลอง เพื่อศึกษาลักษณะทางพันธุกรรมของเหาศีรษะในพื้นที่บริเวณ ต.หลักหก จ.ปทุมธานี

##### 3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

###### 3.2.1 เครื่องมือ

- |                                          |                       |
|------------------------------------------|-----------------------|
| 1) PCR machine                           | Bio-rad, USA          |
| 2) Microcentrifuge                       | Thermoscientific, USA |
| 3) Mupid-EXU Gel Electrophoresis System. | Advance, Japan        |
| 4) Microscope                            | Olympus, Japan        |

###### 3.2.2 อุปกรณ์

- |                                               |                 |
|-----------------------------------------------|-----------------|
| 1) Microcentrifuge tube 0.2,0.6,1.5 มิลลิลิตร | Axygen, Germany |
| 2) Pipette Tips 1000,200,10 ไมโครลิตร         | Axygen, Germany |
| 3) กระดาษสีขาว                                |                 |
| 4) เข็มเย็บแมลง                               |                 |
| 5) หัวเสียนียด                                |                 |



### 3.3 สารเคมี และน้ำยาทดสอบ

#### 3.3.1 สารเคมีในการทดสอบ

|                                        |                                               |
|----------------------------------------|-----------------------------------------------|
| 1) Agarose gel                         | Vivantis, Malaysia                            |
| 2) RedSafe™                            | iNtRON Biotechnology,<br>South Korea          |
| 3) ThermoScientific Taq DNA polymerase | Thermo Fisher Scientific,<br>Waltham, MA, USA |
| 4) dNTP set                            | Bioline, Germany                              |
| 5) Genomic DNA mini kit (Tissue)       | Geneaid, Taiwan                               |
| 6) UltraPure DNAase, RNAse-Free        | Invitrogen, USA                               |
| 7) 10X Tris-Borate-EDTA (TBE) Buffer   | Vivantis, Malaysia                            |
| 8) Primers                             | Macrogen, South Korea                         |
| 9) Restriction enzyme, <i>SseI</i>     | Thermo Fisher Scientific,<br>Waltham, MA, USA |

### 3.4 วิธีการทดลอง

#### 3.4.1 กลุ่มตัวอย่าง

- 1) การคำนวณกลุ่มตัวอย่าง

$$n = \frac{(Z_{\alpha/2})^2 P(1-P)}{d^2}$$

โดย n = ขนาดตัวอย่าง

$Z_{\alpha/2}$  = ค่าความเชื่อมั่นที่ 95%

P = Prevalence rate

d = ค่าความผิดพลาดที่ยอมรับได้

โดยจากการศึกษาก่อนหน้านี้พบความชุกของยีนพบเชื้อเหาศีรษะในเหาศีรษะของประเทศไทย ในปี 2563 ร้อยละ 31.3% (Brownell et al., 2020) โดยที่ความเชื่อมั่น 95% และค่าความผิดพลาดที่ยอมรับได้ 10% ทำให้คำนวณขนาดตัวอย่างได้เป็น 82 ตัวอย่าง เพื่อป้องกันความผิดพลาด

อันอาจเกิดจากขั้นตอนดำเนินการวิจัยเช่นไม่สามารถเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอได้ ไม่สามารถวิเคราะห์ผลได้ ทางผู้วิจัยจึงคำนวณเพิ่มประมาณจำนวนตัวอย่างเป็น 100 ตัวอย่าง และเก็บรักษาโดยใช้รหัสการวิจัยและไม่สามารถเชื่อมโยงถึงผู้ป่วยได้

## 2) การเก็บตัวอย่าง

การศึกษาในครั้งนี้จะทำการเก็บหาศีรษะจากนักเรียนชั้นประถมศึกษา โรงเรียนตำบลหลักหก จังหวัดปทุมธานี ที่มีอายุระหว่าง 7-12 ปี จำนวนตัวอย่างเป็น 100 ตัวอย่าง โดยได้รับความยินยอมจากผู้ปกครองและนักเรียน โดยมีเกณฑ์การคัดเข้าและมีเกณฑ์การคัดเข้าและเกณฑ์การคัดออกดังนี้

**เกณฑ์การคัดเข้า (Inclusion criteria) ได้แก่**

นักเรียนหญิงชั้นประถมศึกษาในโรงเรียน ตำบลหลักหก จังหวัดปทุมธานี (โรงเรียนวัดนาวง โรงเรียนวัดรังสิต และ โรงเรียนสุลักขณะ) ที่มีอายุระหว่าง 7-12 ปี โดยได้รับความยินยอมจากผู้ปกครองและนักเรียน ในการตรวจหาและเก็บหาศีรษะ

**เกณฑ์การคัดออก (Exclusion criteria) ได้แก่**

นักเรียนหญิงชั้นประถมศึกษาในโรงเรียน ตำบลหลักหก จังหวัดปทุมธานี (โรงเรียนวัดนาวง โรงเรียนวัดรังสิต และ โรงเรียนสุลักขณะ) ที่มีอายุระหว่าง 7-12 ปี โดยได้รับความยินยอมจากผู้ปกครองและนักเรียน ที่ไม่ยินยอมในการตรวจหาและเก็บหาศีรษะ

### 3.4.2 การทดสอบที่ใช้งานวิจัย

#### 1) การเก็บตัวอย่างหาศีรษะ

ในการเก็บตัวอย่างหาศีรษะ จะทำตรวจหาหาศีรษะในเด็กนักเรียนหญิงชั้นประถมศึกษาที่ผู้ปกครองให้ความยินยอม จำนวน 1 ครั้ง โดยแบ่งผมเป็น 10 ส่วน ใช้การสังเกตตัวหาศีรษะ ในระยะตัวเต็มวัย ตัว nymph ที่โคนผม หากพบหาศีรษะจะใช้หวีเสนียดหวีลงบนกระดาษขาว แล้วทำการเก็บในหลอดขนาด 5 มิลลิลิตร ที่มี 70% แอลกอฮอล์ โดยจะแยกเก็บเฉพาะตัวเต็มวัยเท่านั้น ซึ่งตัวอย่างจะถูกเก็บจนกว่าจะนำมาใช้ต่อไป

#### 2) การสกัดสารพันธุกรรม (DNA)

ทำการสกัดสารพันธุกรรมจากหาด้วยชุดสกัด Genomic DNA Mini Kit (Tissue) โดยปฏิบัติตามคู่มือมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

##### 2.1) การย่อยเนื้อเยื่อ (Tissue Dissociation)

2.1.1) นำหาระยะตัวเต็มวัย ใส่หลอดไมโครเซนทริฟิวจ์ 1.5 มิลลิลิตร

2.1.2) ใช้ Micropestle บดเนื้อเยื่อให้เป็นเนื้อเดียวกัน

2.1.3) เติม GT Buffer 200 ไมโครลิตร และ Proteinase K 20 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันแล้วบดต่อ

2.1.4) นำไปอุ่นที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 30 นาที (โดยจะต้องนำหลอดออกมาผสมให้เข้ากันแบบ invert ทุกๆ 5 นาที)

## 2.2) การสลายเซลล์ (Lysis)

2.2.1) เติม GBT Buffer 200 ไมโครลิตร แล้วทำการผสมสารให้เข้ากันโดยใช้ vortex ประมาณ 5 วินาที

2.2.2) ทำการอุ่นที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลาอย่างน้อย 20 นาที เพื่อให้แน่ใจว่าส่วนบนใส โดยระหว่างการอุ่นให้นำหลอดออกมาผสมให้เข้ากันแบบ invert ทุกๆ 5 นาที หากมีชั้นเนื้อที่ไม่ละลายน้ำ ให้ปั่นเหวี่ยงเป็นเวลา 2 นาทีที่ 14-16,000 x g จากนั้นย้ายส่วนบนไปยังหลอดเซนทริฟิวจ์ขนาดขนาด 1.5 มล. หลอดใหม่ นอกจากนี้ให้อุ่นบัฟเฟอร์ที่อุณหภูมิ 60°C สำหรับขั้นตอนการ wash โดยใช้ปริมาตร 200 ไมโครลิตรต่อตัวอย่าง

2.2.3) หากต้องการ DNA แบบไม่มี RNA ปนเปื้อน ให้เติม Rnase A (10 mg/ml) 4  $\mu$ l แล้วตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5 นาที

## 2.3) การจับกันของ DNA (DNA binding)

2.3.1) เติม absolute ethanol 200 ไมโครลิตรแล้วทำการผสมสารให้เข้ากันโดยการใช้ vortex เป็นเวลา 10 วินาที

2.3.2) หากพบตะกอนปรากฏให้ใช้ไมโครปิเปตต์ดูดออกให้มากที่สุด

2.3.3) นำสารละลายที่ได้ทั้งหมด ใส่ลงใน GS Column แล้ว ปั่นเหวี่ยงที่ 14,000 x g เป็นเวลา 2 นาที

2.3.4) ทิ้งส่วน collecting tube ไป แล้วนำคอลัมน์วางลงใน collecting tube อันใหม่

## 2.4) การล้าง (Wash)

2.4.1) เติม W1 Buffer 400 ไมโครลิตร ลงใน GS Column ปั่นเหวี่ยงที่ 14,000-16,000 x g นาน 30 วินาที แล้วทิ้งส่วนที่เป็นของเหลวใน collecting tube จากนั้นใส่ GS Column กลับไปใน collecting tube

2.4.2) เติม Wash Buffer 600 ไมโครลิตร (ที่เติม Ethanol แล้ว) ลงใน GS Column แล้วปั่นเหวี่ยงที่ 14,000-16,000 x g นาน 30 วินาที

2.4.3) ทิ้งของเหลวที่ไหลผ่านออก แล้วปั่นเหวี่ยงที่ 14,000-16,000 x g นาน 3 นาที เพื่อให้คอลัมน์แห้งสนิท

## 2.5) การแยกสาร DNA ด้วยวิธีการละลายล้าง (DNA Elution)

2.5.1) นำ GS Column ที่แห้งแล้วใส่ลงในหลอดไมโครเซนทริฟิวชันขนาด

1.5 มิลลิลิตร

2.5.2) เติม pre-heated elution buffer 100 ไมโครลิตร หรือ TE Buffer ลงบริเวณกึ่งกลางเมมเบรนของคอลัมน์

2.5.3) ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5 นาที

2.5.4) ปั่นเหวี่ยงที่  $14,000\text{--}16,000 \times g$  นาน 30 วินาที

2.5.5) เก็บ DNA ไว้ที่  $-20^{\circ}\text{C}$  จนกว่าจะนำมาใช้

3) การเพิ่มปริมาณสารพันธุกรรมด้วยวิธีพีซีอาร์ (Polymerase chain reaction: PCR)

ในการเตรียมส่วนผสมสำหรับปฏิกิริยาปริมาตรรวม 10 ไมโครลิตร ประกอบด้วย 1X Taq Buffer with KCL,  $\text{MgCl}_2$  1 มิลลิโมลาร์, dNTP 0.3 ไมโครโมลาร์, ไพรมเมอร์ Kdr-F และ Kdr-R 0.3 ไมโครโมลาร์, และ Taq DNA polymerase 2.5 ยูนิตต่อมิลลิลิตร และดีเอ็นเอตัวอย่าง 1.5 ไมโครลิตร โดยลำดับเบสของไพรมเมอร์ที่ใช้ในปฏิกิริยาอ้างอิงตามการศึกษาก่อนหน้านี้ (Durand et al., 2007) ปรากฏดังตารางที่ 3.2 จากนั้นนำไปเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอ โดยใช้อุณหภูมิและจำนวนรอบที่ระบุดังตารางที่ 3.2 และใช้น้ำกลั่นเป็น negative control

ตารางที่ 3.1 ไพรมเมอร์ที่ใช้สำหรับยีน voltage-sensitive sodium channel (VSSC)

| ยีน  | Forward primer             | Reverse primer             |
|------|----------------------------|----------------------------|
| VSSC | 5' AAATCGTGGCCAACGTTAAA 3' | 5' TGAATCCATTCACCGCATAA 3' |

**ตารางที่ 3.2** อุณหภูมิและจำนวนรอบในการเพิ่มจำนวนดีเอ็นเอของยีน voltage-sensitive sodium channel (*VSSC*)

| ยีน         | Amplified condition        |
|-------------|----------------------------|
| <i>VSSC</i> | 95 องศาเซลเซียส; 5 นาที    |
|             | 94 องศาเซลเซียส; 1 นาที    |
|             | 56 องศาเซลเซียส; 30 วินาที |
|             | 72 องศาเซลเซียส; 1 นาที    |
|             | 72 องศาเซลเซียส; 5 นาที    |
|             | 35 รอบ                     |

4) การตรวจสอบสารพันธุกรรมที่ได้จากการเพิ่มปริมาณด้วยวิธีเจลอิเล็กโทรโฟรีซิส (Gel electrophoresis)

นำดีเอ็นเอตัวอย่างที่ทำการเพิ่มปริมาณแล้วมาทำการวิเคราะห์ด้วยวิธี อะกาโรส เจล โดยใช้ 1.2% อะกาโรสเจลผสม Red safe ที่ความต่างศักย์ 100 โวลต์ เป็นเวลา 30 นาที ดูแถบดีเอ็นเอที่เกิดขึ้นภายใต้แสงอัลตราไวโอเล็ต เพื่อตรวจสอบว่ามีดีเอ็นเอจากการเพิ่มปริมาณด้วยวิธีพีซีอาร์ และมีปริมาณเพียงพอต่อการนำไปตัดด้วยเอนไซม์จำเพาะ

5) การตัดด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะเพื่อตรวจหาการกลายพันธุ์

ในการตรวจหาการกลายพันธุ์ T917I ซึ่งเป็นการกลายพันธุ์แบบ Single Nucleotide Polymorphism ซึ่งเปลี่ยนจากเบส C เป็น T โดยนำ PCR product ที่ได้ทำการตรวจสอบแล้วไปตัดด้วยเอนไซม์จำเพาะ *SspI*-HF โดยส่วนผสมสำหรับปฏิกิริยาปริมาตรรวม 20 ไมโครลิตร ประกอบด้วย 1X rCutSmart™ Buffer, เอนไซม์ *SspI*-HF 1 ยูนิตต่อมิลลิลิตร และ PCR product 5 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปไว้ที่อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 16 ชั่วโมง

6) การตรวจสอบผลของสารพันธุกรรมที่ได้จากการตัดด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ

ทำการวิเคราะห์ผลของการตัดด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะกับรูปแบบการกลายพันธุ์ T917I ของยีน *VSSC* โดยเมื่อเพิ่มจำนวน DNA ด้วยวิธี PCR จะได้ 332 คู่เบส เมื่อนำมาตัดด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะคือ *SspI*-HF พบว่าหากไม่มีการกลายพันธุ์ (wild type) เอนไซม์จะไม่สามารถตัดสาย DNA ได้ทำให้ได้ความยาวของสาย DNA คงเดิม คือ 332 คู่เบส แต่หากพบการกลายพันธุ์ เอนไซม์จะสามารถตัดสาย DNA ได้ทำให้มีความยาว 261 คู่เบส และ 71 คู่เบส

**ตารางที่ 3.3** ตารางแสดงผลการวิเคราะห์การตัดด้วยเอนไซม์ *SspI* สำหรับตรวจการกลายพันธุ์ T917I ของยีน *VSSC*

| ตำแหน่งการ<br>กลายพันธุ์ | เอนไซม์         | ขนาดของPCR<br>product (คู่เบส) | ผลหลังการตัดด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ<br>(คู่เบส) |                 |
|--------------------------|-----------------|--------------------------------|----------------------------------------------|-----------------|
|                          |                 |                                | Wildtype (คู่เบส)                            | Mutatio(คู่เบส) |
| T917I                    | <i>SspI</i> -HF | 332                            | 332                                          | 261+71          |

### 3.5 การรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

#### 3.5.1 การวิเคราะห์ผลของการกลายพันธุ์ที่ตำแหน่ง T917I

ในการวิเคราะห์การกลายพันธุ์ที่ตำแหน่ง T917I จะทำการรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลความชุกของการกลายพันธุ์โดยใช้โปรแกรม Microsoft excel และ SPSS version 16 โดยรายงานผลในรูปแบบอัลลีล (allele) และ จีโนไทป์ (genotype)

#### 3.5.2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการกลายพันธุ์แบบ kdr ที่ตำแหน่ง T917I ในเหาตีรยะ และการเคยสัมผัสยาเพอร์เมทริน

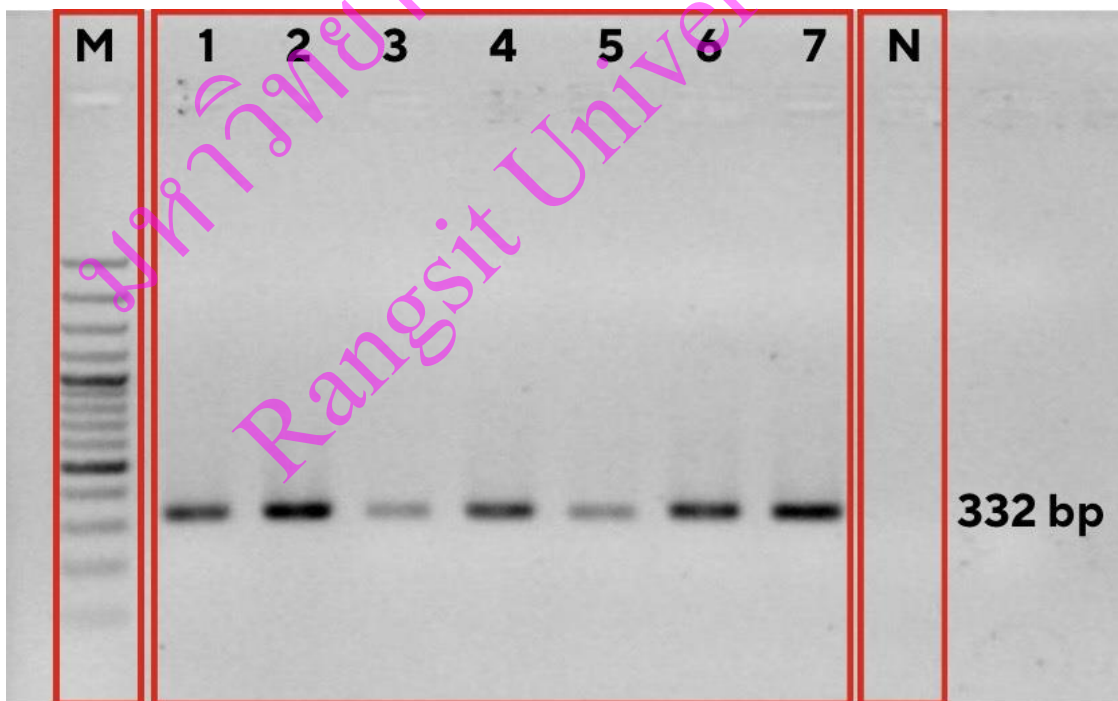
ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการกลายพันธุ์แบบ kdr ที่ตำแหน่ง T917I ในเหาตีรยะและประวัติการเคยสัมผัสยาเพอร์เมทริน จะทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ Chi-square จากโปรแกรม SPSS version 16

## บทที่ 4

### ผลการทดลอง

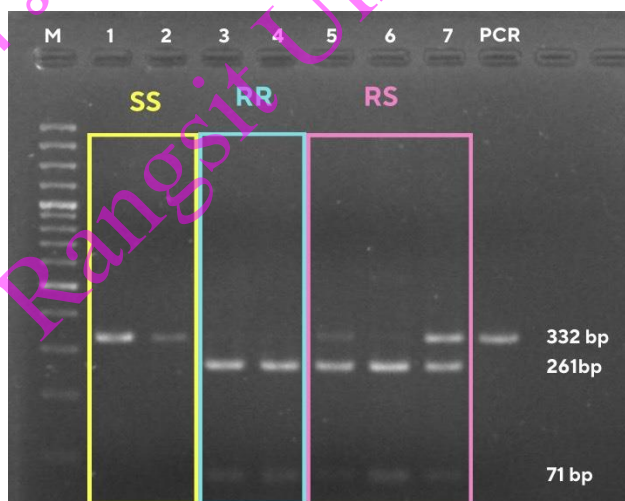
#### 4.1 การศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมรูปแบบการกลายพันธุ์ของยีน *VSSC*

ในการศึกษานี้ทำการศึกษาคัดลอกยีน *VSSC* ระดับโมเลกุลในเหาจากนักเรียนชั้นประถมศึกษาในตำบลหลักหก จังหวัดปทุมธานี จำนวน 100 ตัวอย่าง โดยศึกษาการกลายพันธุ์แบบ Knockdown resistance (*kdr*) ที่ตำแหน่ง T917I โดยวิธี PCR-RFLP พบว่าสามารถเพิ่มด้วยวิธีพีซีอาร์ ได้ร้อยละ 100 (100/100 ตัวอย่าง) โดยพบแถบผลิตภัณฑ์พีซีอาร์ (PCR product) ที่มีขนาดประมาณ 332 คู่เบส (bp) ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ตัวอย่างผลการเพิ่มปริมาณสารพันธุกรรมของยีน *VSSC* ในเหาที่ระบุด้วยวิธีพีซีอาร์  
Lane M คือ DNA marker, Lane 2-8 คือ ตัวอย่างเหา , Lane N คือ Negative control

และเมื่อนำผลิตภัณฑ์พีซีอาร์ ดังกล่าวมาตัดด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ *SspI*-HF โดยหากพบแถบผลิตภัณฑ์อาร์เอฟแอลพี (RFLP product) ขนาด 332 คู่เบส (bp) แสดงว่าไม่พบการกลายพันธุ์แบบ T917I (wildtype allele :S) อย่างไรก็ตามหากพบแถบผลิตภัณฑ์อาร์เอฟแอลพี (RFLP product) ขนาด 261 คู่เบส (bp) และ 71 คู่เบส (bp) แสดงว่าพบการกลายพันธุ์แบบ T917I (Mutant allele :R) ดังรูปที่ 4.2 โดยพบอัลลีลแบบไม่มีการกลายพันธุ์ ร้อยละ 52 (52/100) และพบอัลลีลที่มีการกลายพันธุ์แบบ T917I ร้อยละ 48 (48/100) ดังตารางที่ 4.1 และเมื่อพิจารณาจีโนไทป์ สามารถแบ่งได้ออกเป็น 3 จีโนไทป์ (genotype) ได้แก่ homozygous susceptible หรือ wild type genotype (SS) ซึ่งพบแถบผลิตภัณฑ์อาร์เอฟแอลพี ขนาด 332 คู่เบส, homozygous resistant หรือ mutant genotype (RR) ซึ่งพบแถบผลิตภัณฑ์อาร์เอฟแอลพี ขนาด 261 คู่เบส และ heterozygous genotype (RS) ซึ่งพบแถบผลิตภัณฑ์อาร์เอฟแอลพี ขนาด 332 คู่เบส 261 คู่เบส และ 71 คู่เบส (bp) ดังรูปที่ 4.2 โดยการศึกษาพบจีโนไทป์ (genotype) ทั้ง 3 แบบ ซึ่งพบแบบ wildtype genotype มากสุดร้อยละ 41 (41/100) รองลงมาคือ mutant genotype ร้อยละ 37 (37/100) และ Heterozygous genotype ร้อยละ 22 (22/100) ตามลำดับตารางที่ 4.1



รูปที่ 4.2

ตัวอย่างผลการตัดสารพันธุกรรมของเหาสิริษะด้วยเอนไซม์จำเพาะ *SspI* -HF กับรูปแบบการกลายพันธุ์ T917I ของยีน *VSSC* Lane M คือ DNA marker, Lane 2-3 คือ wild type , Lane 4-5 คือ homozygous , Lane 6-8 คือ heterozygous , Lane PCR คือแถบผลิตภัณฑ์แบบไม่ตัด ( uncut PCR product) ของ การตรวจการกลายพันธุ์ T917I



ตารางที่ 4.1 แสดงความชุกของอัลลีลการกลายพันธุ์แบบ kdr ที่ตำแหน่ง T917I ในเหาศีรษะ

| ประเภทของอัลลีล kdr ที่ตำแหน่ง T917I | ความชุกของอัลลีล (ร้อยละ) |
|--------------------------------------|---------------------------|
| Wildtype allele (S)                  | 104 (52)                  |
| Mutant allele (R)                    | 96 (48)                   |
| รวม                                  | 200 (100)                 |

ตารางที่ 4.2 แสดงความชุกของจีโนไทป์ของกลายพันธุ์แบบ kdr ที่ตำแหน่ง T917I ในเหาศีรษะ

| ประเภทของจีโนไทป์ kdr ที่ตำแหน่ง T917I | ความชุกของจีโนไทป์ (ร้อยละ) |
|----------------------------------------|-----------------------------|
| Wildtype genotype (SS)                 | 41 (41)                     |
| Mutant genotype (RR)                   | 37 (37)                     |
| Heterozygous genotype (RS)             | 22 (22)                     |
| รวม                                    | 100 (100)                   |

#### 4.2 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการกลายพันธุ์แบบ kdr ที่ตำแหน่ง T917I ในเหาศีรษะและการเคยสัมผัสยาเพอร์เมทริน

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการกลายพันธุ์แบบ kdr ที่ตำแหน่ง T917I ในเหาศีรษะและผลจากการเคยสัมผัสยาเพอร์เมทรินพบว่า ความชุกของอัลลีลที่พบการกลายพันธุ์ T917I ในเหาศีรษะของผู้ป่วยที่เคยสัมผัสยาเพอร์เมทรินมีค่าสูงกว่าที่ไม่เคยสัมผัสยาเพอร์เมทรินสองเท่า อย่างไรก็ตามไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของจีโนไทป์ทั้ง 3 แบบ ได้แก่ SS RS และ RR ในเหาศีรษะของผู้ป่วยที่เคยสัมผัสยาเพอร์เมทรินและไม่เคยสัมผัสยาเพอร์เมทริน พบว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการกลายพันธุ์แบบ kdr ที่ตำแหน่ง T917I ในเหาศีรษะ และการเคยสัมผัสยาเพอร์เมทริน

|                                   | ความชุกของเหาในการเคยสัมผัสยาเพอร์เมทริน (ร้อยละ) |           |            |
|-----------------------------------|---------------------------------------------------|-----------|------------|
|                                   | ไม่เคย                                            | เคย       | รวม        |
| <b>อัลลีล (ร้อยละ)</b>            |                                                   |           |            |
| <b>Wildtype allele (S)</b>        | 29 (14.5)                                         | 75 (37.5) | 104 (52.0) |
| <b>Mutant allele (R)</b>          | 27 (13.5)                                         | 69 (34.5) | 96 (48.0)  |
| <b>รวม</b>                        | 56 (28.0)                                         | 144 (72)  | 200 (100)  |
| <b>จีโนไทป์ (ร้อยละ)</b>          |                                                   |           |            |
| <b>Wildtype genotype (SS)</b>     | 11 (11.0)                                         | 30 (30.0) | 41 (41.0)  |
| <b>Mutant genotype (RR)</b>       | 10 (10.0)                                         | 27 (27.0) | 37 (37.0)  |
| <b>Heterozygous genotype (RS)</b> | 7 (7.0)                                           | 15 (15.0) | 22 (22.0)  |
| <b>รวม</b>                        | 28 (28.0)                                         | 72 (72.0) | 100 (100)  |

## บทที่ 5

### สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

การศึกษานี้เป็นการศึกษาการดื้อยาเพอร์เมทรินระดับโมเลกุลในเหาจากนักเรียนชั้นประถมศึกษา อายุระหว่าง 7-12 ปี ที่อาศัยใน ตำบลหลักหก จังหวัดปทุมธานี โดยพบการกลายพันธุ์แบบ knockdown resistance (kdr) ที่ตำแหน่ง T917I พบความชุกของอัลลีลร้อยละ 48 และเมื่อพิจารณาจีโนไทป์ พบความชุกของจีโนไทป์แบบ SS (Homozygous susceptible หรือ Wild type) มากที่สุดคือ ร้อยละ 41 รองลงมาคือจีโนไทป์ RR (Homozygous resistance หรือ Mutant) ร้อยละ 37 และจีโนไทป์ RS (Heterozygous resistance) ร้อยละ 22 ตามลำดับ โดยผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าความชุกของการดื้อยาเพอร์เมทรินในเหาที่เก็บจากนักเรียน ตำบลหลักหก จังหวัดปทุมธานีนี้มีค่าต่ำ ซึ่งผลของการศึกษานี้คล้ายกับการศึกษาก่อนหน้านี้ในประเทศไทย ซึ่งพบกลายพันธุ์ T917I ในเหาที่เก็บจากเด็กนักเรียนใน 15 จังหวัดทั่วประเทศเพียง ร้อยละ 31 (Brownell et al., 2020) โดยการศึกษานี้เป็นการศึกษาแรกที่รายงานการพบการกลายพันธุ์แบบ knockdown resistance (kdr) ที่ตำแหน่ง T917I ในจังหวัดปทุมธานี เมื่อเปรียบเทียบกับหลายพื้นที่ทั่วโลกโดยเฉพาะในแถบอเมริกา และยุโรป พบว่าความชุกของการกลายพันธุ์ T917I ในประเทศไทยนี้มีค่าต่ำกว่า โดย สหรัฐอเมริกา พบการกลายพันธุ์ T917I ร้อยละ 99.6 (Hodgdon et al., 2014) ประเทศอิสราเอล ออสเตรเลีย อังกฤษ และ ตุรกี ร้อยละ 100 (Mohammadi et al., 2023) ซึ่งการพบอุบัติการณ์การเกิดการกลายพันธุ์แบบ knockdown resistance (kdr) อาจเป็นผลมาจาก ในหลายปีมานี้มีการใช้ยาเพอร์เมทรินหรือ ยาในกลุ่มไพรีทรอยด์ ในการรักษาเหาอย่างแพร่หลาย รวมถึงการมีการใช้ยาที่ไม่เหมาะสมซึ่งอาจทำให้เกิดการรักษาล้มเหลว การติดเชื้อซ้ำได้ และเชื้ออาจสามารถพัฒนาให้ดื้อยาได้ (Ruankham W. et al., 2016; Rassami W. et al., 2012)

เมื่อทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการกลายพันธุ์แบบ kdr ในเหาศีรษะและการเคยสัมผัสยาเพอร์เมทริน พบว่าไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตามพบว่าความชุกของอัลลีลที่พบการกลายพันธุ์ T917I ในเหาศีรษะของผู้ป่วยที่เคยสัมผัสยาเพอร์เมทรินมีค่าสูงกว่าที่ไม่เคยสัมผัสยาเพอร์เมทรินสองเท่า ดังนั้นจะเห็นได้ว่าควรระมัดระวังในการใช้ยากำจัดเหา หรือ แชมพูกำจัดเหาที่มีส่วนผสมของยาเพอร์เมทริน ซึ่งยาหรือแชมพูเหล่านี้สามารถหาซื้อได้ง่ายตามร้าน

ขายยาทั่วไป และมีการใช้ยาหรือแอมพูเหล่านี้ไม่เหมาะสม หรือไม่ถูกวิธีทำให้การรักษาล้มเหลว และเชื่ออาจสามารถพัฒนาให้ดีขึ้นได้

อย่างไรก็ตามในการศึกษาการดื้อยาเพอร์เมทรินนี้ควรมีการศึกษาโดยวิธีทางชีวเคมี

(Biochemical method) ร่วมกับวิธีทางอณูชีววิทยา (Molecular method) (Durand R. et al., 2007; Thomas DR. et al., 2006) ซึ่งในการศึกษานี้ได้ทำการศึกษาการดื้อยาเพอร์เมทรินโดยวิธีทาง อณูชีววิทยา โดยเฉพาะการกลายพันธุ์ที่ตำแหน่ง T917I ใช้วิธี PCR-RFLP ซึ่งเป็นวิธีทางอณูชีววิทยาที่ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวาง มีราคาที่ไม่สูงมาก และใช้เวลาน้อย นอกจากนี้การศึกษาก่อนหน้าพบว่ากลายพันธุ์บางตำแหน่งในยีน VSSC ที่สัมพันธ์กับการดื้อยาเพอร์เมทรินได้แก่ M815I T929I และ L932F (Brownell et al., 2020) ซึ่งมีการพบว่าการกลายพันธุ์ทั้งสามตำแหน่งนี้มักเกิดพร้อมกัน จึงมักพบการศึกษา T929I เพียงตำแหน่งเดียว (Yoon et al., 2003) อย่างไรก็ตาม ควรมีการศึกษาการกลายพันธุ์ M815I และ L932F รวมถึงการศึกษาการดื้อยาทางชีวเคมีเพิ่มเติมเพื่อป้องกันหรือลดการดื้อยาเพอร์เมทรินในเหา

## บรรณานุกรม

*A comprehensive survey of permethrin resistance in human head louse populations from northwest Iran: Ex vivo and molecular monitoring of knockdown resistance alleles | Parasites & Vectors | Full Text.* (ม . ป . ป . ) . ที่ บ ค น 28 เมษายน 2025, จ าก

<https://parasitesandvectors.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13071-023-05652-0>

Abbasi, E., Daliri, S., Yazdani, Z., Mohseni, S., Mohammadyan, G., Seyed Hosseini, S. N., & Haghighi, R. N. (2023). Evaluation of resistance of human head lice to pyrethroid insecticides: A meta-analysis study. *Heliyon*, 9(6), e17219. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e17219>

*An Efficient PCR-RFLP Method for the Rapid Identification of Korean Pyropia Species.* (ม.ป.ป.). ที่ บ ค น 28 เมษายน 2025, จ าก [https://www.mdpi.com/1420-3049/22/12/2182?utm\\_source](https://www.mdpi.com/1420-3049/22/12/2182?utm_source)

Brownell, N., Sunantaraporn, S., Phadungsaksawasdi, K., Seatamano, N., Kongdachalart, S., Phumee, A., & Siriyasatien, P. (2020). Presence of the knockdown resistance (kdr) mutations in the head lice (*Pediculus humanus capitis*) collected from primary school children of Thailand. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, 14(12), e0008955. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0008955>

Brownell, N., Sunantaraporn, S., Seatamano, N., Kumtornrut, C., & Siriyasatien, P. (2024). The association between knockdown resistance and treatment outcome of 1% permethrin lotion in head lice infestations in Nonthaburi province, Thailand. *Archives of Dermatological Research*, 316(10), 684. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0008955>

CDC - DPDx—Pediculosis. (ม . ป . ป . ) . ที่ บ ค น 28 เมษายน 2025, จ าก <https://www.cdc.gov/dpdx/pediculosis/index.html>

Clark, J. M. (2009). Determination, mechanism and monitoring of knockdown resistance in permethrin-resistant human head lice, *Pediculus humanus capitis*. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 12(1), 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2008.10.007>

Daborn, P., McCart, C., Woods, D., & ffrench-Constant, R. H. (2004). Detection of insecticide resistance-associated mutations in cat flea *Rdl* by TaqMan-allele specific amplification. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 79(1), 25–30. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2004.02.001>

Di Campli, E., Di Bartolomeo, S., Delli Pizzi, P., Di Giulio, M., Grande, R., Nostro, A., & Cellini, L. (2012). Activity of tea tree oil and nerolidol alone or in combination against *Pediculus capitis* (head lice) and its eggs. *Parasitology Research*, 111(5), 1985–1992. <https://doi.org/10.1007/s00436-012-3045-0>

Duke, S. O., & Gressel, J. (2010). Weed genomics advance: A commentary. *Pest Management Science*, 66(10), 1041–1041. <https://doi.org/10.1002/ps.1980>

Durand, R., Bouvresse, S., Andrianantoanirina, V., Berenger, J. M., Brun, S., Izri, A., & Chosidow, O. (2007). Insecticide resistance in head lice: clinical, parasitological and genetic aspects. *Clinical Microbiology and Infection*, 13(7), 730–732. <https://doi.org/10.1111/j.1469-0691.2007.01717.x>

Durand, R., Millard, B., Bouges-Michel, C., Bruel, C., Bouvresse, S., & Izri, A. (2007). Detection of pyrethroid resistance gene in head lice in schoolchildren from Bobigny, France. *Journal of Medical Entomology*, 44(5), 796–798. [https://doi.org/10.1603/0022-2585\(2007\)44%255B796:doprgi%255D2.0.co;2](https://doi.org/10.1603/0022-2585(2007)44%255B796:doprgi%255D2.0.co;2)

*First evidence of the mutations associated with pyrethroid resistance in head lice (Phthiraptera: Pediculidae) from Honduras | Parasites & Vectors | Full Text.* (ม.ป.ป.). สืบค้น 28 เมษายน 255, จาก [https://parasitesandvectors.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13071-020-04183-2?utm\\_source](https://parasitesandvectors.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13071-020-04183-2?utm_source)

*Head Lice Management Guidelines—UC IPM.* (ม.ป.ป.). สืบค้น 28 เมษายน 255, จาก [https://ipm.ucanr.edu/PMG/PESTNOTES/pn7446.html?utm\\_source](https://ipm.ucanr.edu/PMG/PESTNOTES/pn7446.html?utm_source)

*How to treat lice as kids return back to school—The 95p remedy is already sitting in your kitchen | The Sun.* (ม.ป.ป.). สืบค้น 28 เมษายน 255, จาก [https://www.thesun.co.uk/fabulous/30316758/how-treat-lice-natural-remedies/?utm\\_source](https://www.thesun.co.uk/fabulous/30316758/how-treat-lice-natural-remedies/?utm_source) <https://doi.org/10.1007/s00403-024-03428-9>

Kitvatanachai, S., Kritsiriwutthinan, K., Taylor, A., & Rhongbuttsri, P. (2023). Head Lice Infestation in Pre-High School Girls, Lak Hok Suburban Area, Pathum Thani Province, in Central Thailand. *Journal of Parasitology Research*, 2023(1), 8420859. <https://doi.org/10.1155/2023/8420859>

*Knockdown Resistance Allele Frequencies in North American Head Louse (Anoplura: Pediculidae) Populations—PMC.* (ม.ป.ป.). สืบค้น 28 เมษายน 255, จาก [https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4007213/?utm\\_source](https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4007213/?utm_source)

Lee, S. H., Yoon, K.-S., Williamson, M. S., Goodson, S. J., Takano-Lee, M., Edman, J. D., Devonshire, A. L., & Marshall Clark, J. (2000). Molecular Analysis of *kdr*-like Resistance in Permethrin-

Resistant Strains of Head Lice, *Pediculus capitis*. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 66(2), 130–143. <https://doi.org/10.1006/pest.1999.2460>

*Malathion (topical route)*—*Mayo Clinic*. (ม.ป.ป.). สืบค้น 28 เมษายน 2025, จาก <https://www.mayoclinic.org/drugs-supplements/malathion-topical-route/description/drg-20067289>

Molecular Survey for Pathogens and Markers of Permethrin Resistance in Human Head Lice (Phthiraptera: Pediculidae) from Madagascar | Request PDF. (ม . ป . ป . ) *ResearchGate*. <https://doi.org/10.1645/18-146>

Nanda, J., Patel, P., & Juergens, A. L. (2025). Permethrin. ใน *StatPearls*. StatPearls Publishing. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK553150/>

*Oral Ivermectin versus Malathion Lotion for Difficult-to-Treat Head Lice* | *New England Journal of Medicine*. (ม . ป . ป . ) . สืบค้น 28 เมษายน 2025, จาก <https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJMoa0905471>

PDF Prevalence and factors of head lice infestation among primary school students in Northern Thailand. (ม.ป.ป.). *ResearchGate*. [https://doi.org/10.1016/S2222-1808\(16\)61129-5](https://doi.org/10.1016/S2222-1808(16)61129-5)

*Permethrin 1% cream (HECIN LICE KILLER CREAM)*. (ม.ป.ป.). สืบค้น 23 เมษายน 2025, จาก <http://www.pharmbma.com/drug-list/p/389-permethrin-1-cream>

Rassani, W., & Soonwera, M. (2012). Epidemiology of pediculosis capitis among schoolchildren in the eastern area of Bangkok, Thailand. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 2(11), 901–904. [https://doi.org/10.1016/S2221-1691\(12\)60250-0](https://doi.org/10.1016/S2221-1691(12)60250-0)

Ruankham, W., Winyangkul, P., & Bunchu, N. (2016). Prevalence and factors of head lice infestation among primary school students in Northern Thailand. *Asian Pacific Journal of Tropical Disease*, 6(10), 778–782. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2222180816611295?via%3Dihub>

Sparks, T. C., Anzeveno, P. B., Martynow, J. G., Gifford, J. M., Hertlein, M. B., Worden, T. V., & Kirst, H. A. (2000). The Application of Artificial Neural Networks to the Identification of New Spinosoids with Improved Biological Activity toward Larvae of *Heliothis virescens*. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 67(3), 187–197. <https://doi.org/10.1006/pest.2000.2490>

*Spinosad Topical Suspension 0.9%*—*Official Site*. (ม.ป.ป.). สืบค้น 28 เมษายน 2025, จาก <https://www.spinosadx.com/>

Thomas, D. R., McCarroll, L., Roberts, R., Karunaratne, P., Roberts, C., Casey, D., Morgan, S., Touhig, K., Morgan, J., Collins, F., & Hemingway, J. (2006). Surveillance of insecticide resistance in head

lice using biochemical and molecular methods. *Archives of Disease in Childhood*, 91(9), 777.  
<https://adc.bmj.com/content/91/9/777>

*Treatment for Lice: Cleaning Lice From Combs, Clothing, and Other Items*. (ม.ป.ป.). สืบค้น 23  
 เมษายน 2025, จาก [https://www.webmd.com/skin-problems-and-treatments/lice\\_treatment](https://www.webmd.com/skin-problems-and-treatments/lice_treatment)

การรักษาเหา. (2017, กุมภาพันธ์ 24). Pobpad. <https://www.pobpad.com/การรักษาเหา>  
 คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล. (ม.ป.ป.). สืบค้น 23 เมษายน 2025, จาก  
<https://www.si.mahidol.ac.th/th/healthdetail.asp?aid=1092#>

คาร์บาริล Carbaryl—หาหมอ.com. (ม.ป.ป.). สืบค้น 28 เมษายน 2025, จาก  
<https://haamor.com/%E0%B8%84%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B9%8C%E0%B8%9A%E0%B8.%B2%E0%B8%A3%E0%B8%B4%E0%B8%A5>

เบนซิลเบนโซเอต Benzyl benzoate—หาหมอ.com. (ม.ป.ป.). สืบค้น 28 เมษายน 2025, จาก  
<https://haamor.com/%E0%B9%80%E0%B8%9A%E0%B8%99%E0%B8%8B%E0%B8%B4%E0%B8%A5%E0%B9%80%E0%B8%9A%E0%B8%99%E0%B9%82%E0%B8%8B%E0%B9%80%E0%B8%AD%E0%B8%95>

ยารักษาโรคเหา Head lice medications—หาหมอ.com. (ม.ป.ป.). สืบค้น 28 เมษายน 2025, จาก  
<https://haamor.com/%E0%B8%A2%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%B1%E0%B8%81%E0%B8%A9%E0%B8%B2%E0%B9%82%E0%B8%A3%E0%B8%84%E0%B9%80%E0%B8%AB%E0%B8%B2>

โรคเหา —BDMS Health Research Center. (2021, กันยายน 6)  
<https://www.bangkokhealth.com/articles/%e0%b9%82%e0%b8%a3%e0%b8%84%e0%b9%80%e0%b8%ab%e0%b8%b2/>

สปิโนซาด Spinosad—หาหมอ.com. (ม.ป.ป.). สืบค้น 28 เมษายน 2025, จาก  
<https://haamor.com/%E0%B8%AA%E0%B8%9B%E0%B8%B4%E0%B8%99%E0%B9%82%E0%B8%99%E0%B9%81%E0%B8%8B%E0%B8%94#article105>

เหา (Head Lice)—อาการ, สาเหตุ, การรักษา—Pobpad. (ม.ป.ป.). สืบค้น 23 เมษายน 2025, จาก  
<https://www.pobpad.com/%E0%B9%80%E0%B8%AB%E0%B8%B2>

เหา อาการ สาเหตุ และการรักษา—Hello Khunmor. (ม.ป.ป.). สืบค้น 23 เมษายน 2025, จาก  
<https://hellokhunmor.com/สุขภาพผิว/การดูแลเส้นผมและหนังศีรษะ/เหา-อาการ-สาเหตุ-การรักษา/>

เหา. (2017, กุมภาพันธ์ 24). Pobpad. <https://www.pobpad.com/เหา>



## ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล                      บรรณัตร์ สัมมากิจ  
 วันเดือนปีเกิด              13 กันยายน 2545  
 สถานที่เกิด                  ปทุมธานี  
 ที่อยู่ปัจจุบัน              98/9 หมู่ที่ 7 ตำบลคลองสอง อำเภอกลองหลวง จังหวัดปทุมธานี  
 ประวัติการศึกษา            สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้น พ.ศ. 2561  
                                          จากโรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัยรังสิต จังหวัดปทุมธานี  
                                          สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย พ.ศ. 2564  
                                          จากโรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัยรังสิต จังหวัดปทุมธานี  
 ปัจจุบัน                      นักศึกษาเทคนิคการแพทย์ ชั้นปีที่ 4 มหาวิทยาลัยรังสิต

## ประวัติผู้วิจัย

|                 |                                                                                                                                                                                           |
|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ชื่อ-สกุล       | ปาณิสรา อำพะสุโร                                                                                                                                                                          |
| วันเดือนปีเกิด  | 19 กันยายน 2545                                                                                                                                                                           |
| สถานที่เกิด     | ปทุมธานี                                                                                                                                                                                  |
| ที่อยู่ปัจจุบัน | 85/57 หมู่ 2 ตำบลบางพูน อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี                                                                                                                                        |
| ประวัติการศึกษา | สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้น พ.ศ. 2561<br>จากโรงเรียนหอวัง ปทุมธานี จังหวัดปทุมธานี<br>สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย พ.ศ. 2564<br>จากโรงเรียนหอวัง ปทุมธานี จังหวัดปทุมธานี |
| ปัจจุบัน        | นักศึกษาเทคนิคการแพทย์ ชั้นปีที่ 4 มหาวิทยาลัยรังสิต                                                                                                                                      |

## ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล           พรกนก จำปีคง  
 วันเดือนปีเกิด    9 ตุลาคม พ.ศ. 2546  
 สถานที่เกิด       สงขลา  
 ที่อยู่ปัจจุบัน     5/26/1 ถนนสระเกษ ตำบลบ่อทราย อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา  
 ประวัติการศึกษา   สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้น พ.ศ. 2561  
                           จากโรงเรียนเทศบาล 5 (วัดหัวป้อมนอก) จังหวัดสงขลา  
                           สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย พ.ศ. 2564  
                           จากโรงเรียนวรนาธิ์เฉลิม จังหวัดสงขลา  
 ปัจจุบัน           นักศึกษาเทคนิคการแพทย์ ชั้นปีที่ 4 มหาวิทยาลัยรังสิต

## ประวัติผู้วิจัย

|                 |                                                                                                                                                                                                         |
|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ชื่อ-สกุล       | พิมกวิน มากสุข                                                                                                                                                                                          |
| วันเดือนปีเกิด  | 14 กุมภาพันธ์ 2546                                                                                                                                                                                      |
| สถานที่เกิด     | ปทุมธานี                                                                                                                                                                                                |
| ที่อยู่ปัจจุบัน | 408 ถนนช่างอากาศอุทิศ ตำบลคอนเมือง เขตคอนเมือง<br>จังหวัดกรุงเทพมหานคร                                                                                                                                  |
| ประวัติการศึกษา | สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้น พ.ศ. 2561<br>จากโรงเรียนพระหฤทัยคอนเมือง จังหวัดกรุงเทพมหานคร<br>สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย พ.ศ. 2564<br>จากโรงเรียนพระหฤทัยคอนเมือง จังหวัดกรุงเทพมหานคร |
| ปัจจุบัน        | นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาเทคนิคการแพทย์ ชั้นปีที่ 4 มหาวิทยาลัยรังสิต                                                                                                                                  |

## ประวัติผู้วิจัย

|                 |                                                                                                                                                                                        |
|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ชื่อ-สกุล       | หทัยรัตน์ อ่อนมาสาย                                                                                                                                                                    |
| วันเดือนปีเกิด  | 29 ธันวาคม 2546                                                                                                                                                                        |
| สถานที่เกิด     | ชุมพร                                                                                                                                                                                  |
| ที่อยู่ปัจจุบัน | 347 หมู่ 19 ตำบลรับร่อ อำเภอท่าแซะ จังหวัดชุมพร                                                                                                                                        |
| ประวัติการศึกษา | สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้น พ.ศ. 2562<br>จากโรงเรียนประชานิคม 4 จังหวัดชุมพร<br>สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย พ.ศ. 2565<br>จากโรงเรียนปรางศิลาทองศึกษา จังหวัดกำแพงเพชร |
| ปัจจุบัน        | นักศึกษาเทคนิคการแพทย์ ชั้นปีที่ 4 มหาวิทยาลัยรังสิต                                                                                                                                   |

## ประวัติผู้วิจัย

|                 |                                                                                                                                                                                               |
|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ชื่อ-สกุล       | สิรินทรา ถิ่นศิริคุณ                                                                                                                                                                          |
| วันเดือนปีเกิด  | 28 กรกฎาคม พ.ศ. 2548                                                                                                                                                                          |
| สถานที่เกิด     | ชลบุรี                                                                                                                                                                                        |
| ที่อยู่ปัจจุบัน | 25/1 ม.3 ตำบลสองคลอง อำเภอบางปะกง จังหวัดฉะเชิงเทรา                                                                                                                                           |
| ประวัติการศึกษา | สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้น พ.ศ. 2562<br>จากโรงเรียนเรียนมารดานฤมล จังหวัดฉะเชิงเทรา<br>สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย พ.ศ. 2565<br>จากโรงเรียนเรียนมารดานฤมล จังหวัดฉะเชิงเทรา |
| ปัจจุบัน        | นักศึกษาเทคนิคการแพทย์ ชั้นปีที่ 4 มหาวิทยาลัยรังสิต                                                                                                                                          |