การเปรียบเทียบลักษณะจำเพาะของเส้นผมระหว่างผู้ชายไทยชาติพันธุ์มาเลย์และผู้ชายไทยชาติพันธุ์จีน

Comparisons of Thai Malay and Thai Chinese Male Head - Hair Characteristics

ทวีภรณ์ คีรีคช

Thaweeporn Keereekoch

ว
เลขหมู QP88.3 ท56 2553 ฉ.1
Bib Key 324958
12 ก.ค. 2553

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
For the Degree of Master of Science in Forensic Science
Prince of Songkla University
2553

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ การเปรียบเทียบลักษณะจำเพาะของเส้นผมระหว่างผู้ชายไทยชาติพันธุ์มาเลย์และผู้ชายไทยชาติพันธุ์จีน

ผู้เขียน นางสาวทวีภรณ์ คีรีคช

สาขาวิชา นิติวิทยาศาสตร์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วราภรณ์ พรหมวิกร)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

.....

(นายแพทย์วิระชัย สมัย)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ

(แพทย์หญิงคุณหญิงพรทิพย์ โรจนสุนันท์)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วราภรณ์ พรหมวิกร)

.....กรรมการ

(นายแพทย์วิระชัย สมัย)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิซาอุดะห์ ระเด่นอาหมัด)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.เกริกชัย ทองหนู)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อวิทยานิพนธ์ การเปรียบเทียบลักษณะจำเพาะของเส้นผมระหว่างผู้ชายไทยชาติพันธุ์มาเลย์และผู้ชายไทยชาติพันธุ์จีน
ผู้เขียน นางสาวทวีภรณ์ คีรีคช
สาขาวิชา นิติวิทยาศาสตร์
ปีการศึกษา 2552

บทคัดย่อ

ปัจจุบันยังไม่มีการใช้ประโยชน์วัตถุพยานประเภทเส้นผมในการจำแนกกลุ่มชาติพันธุ์ต่าง ๆ ในประเทศไทย วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้จึงทำเพื่อเปรียบเทียบลักษณะจำเพาะของเส้นผมผู้ชาย จำนวน 100 เส้น ระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์กับกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีน กลุ่มละ 10 คน และสร้างสมการจำแนกกลุ่มชาติพันธุ์จากตัวอย่างเส้นผมด้วยวิธี discriminant analysis ผลการศึกษาด้วย LM, SEM และ TEM พบว่ามีลักษณะของเส้นผม 9 ใน 16 ลักษณะที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์ในระดับความเชื่อมั่น 95 – 99% โดยเส้นผมผู้ชายไทยเชื้อสายมาเลย์มีค่าความกว้างของ cuticle scale ค่า medulla index และค่า scale index มากกว่าของผู้ชายไทยเชื้อสายจีน แต่มีค่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นผม ความหนาของชั้น cuticle จำนวน cuticle scale ต่อความยาวเส้นผม 100 ไมโครเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางหน้าตัดที่กว้างที่สุด เส้นผ่านศูนย์กลางหน้าตัดที่แคบที่สุด และค่าพื้นที่หน้าตัด น้อยกว่าของผู้ชายไทยเชื้อสายจีน ในการศึกษานี้มีเพียง 3 ลักษณะ ได้แก่ ความหนาของชั้น cuticle จำนวน cuticle scale ต่อความยาวเส้นผม 100 ไมโครเมตร และค่าพื้นที่หน้าตัดที่สามารถนำมาสร้างสมการจำแนกกลุ่มชาติพันธุ์ได้ สมการจำแนกกลุ่มชาติพันธุ์ 2 สมการที่ได้มีความแม่นยำในการพยากรณ์เฉลี่ยร้อยละ 70 และเมื่อนำไปใช้กับตัวอย่างเส้นผมจริงพบว่าสามารถพยากรณ์กลุ่มชาติพันธุ์ได้ถูกต้องเฉลี่ยร้อยละ 80 ผลการศึกษาในครั้งนี้สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการตรวจพิสูจน์วัตถุพยานประเภทเส้นผม ซึ่งจะมีประโยชน์อย่างมากในการจำแนกกลุ่มผู้ต้องสงสัยในคดีที่เกิดขึ้นในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ เนื่องจากการจำแนกกลุ่มชาติพันธุ์จากวัตถุพยานประเภทเส้นผมโดยการสังเกตด้วยตาเปล่าทำได้ยาก แต่การจำแนกด้วยลักษณะจำเพาะของเส้นผมมีโอกาสจำแนกกลุ่มชาติพันธุ์ได้ถูกต้องมากกว่า และการใช้สมการจำแนกกลุ่มชาติพันธุ์ช่วยให้ขั้นตอนการตรวจสอบง่าย รวดเร็ว และให้ผลแม่นยำอย่างน้อยร้อยละ 70 ซึ่งนับว่าเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการตรวจสอบกลุ่มชาติพันธุ์จากตัวอย่างเส้นผม และนับว่าเป็นการสร้างมาตรฐานใหม่ให้กับการพิสูจน์ทางนิติวิทยาศาสตร์ในประเทศไทย

Thesis Title	Comparisons of Thai Malay and Thai Chinese Male Head - Hair Characteristics
Author	Thaweeporn Keereekoch
Major Program	Forensic Science
Academic Year	2009

ABSTRACT

The use of hair characteristics for determination of ethnicity in Thailand has not been previously reported. The aim of this study was therefore to compare hair characteristics between, 10 each, Thai Malay and Thai Chinese males (n = 100) and to formulate discriminant function equations for ethnicity determination from hair samples. It was found that 9 of 16 characteristics, examined using LM, SEM and TEM, showed statistically significant differences between these 2 groups at the confidence of 95 – 99%. The cuticle scale width, medulla index and scale index were significantly greater in Thai Malay hairs. The hair diameter, cuticle layer thickness, number of cuticle scale per 100 μm hair length, cross section maximum diameter, cross section minimum diameter and cross section area were found to be significantly greater in Thai Chinese hairs. Two discriminant function equations formulate from 3 variables including the cuticle thickness, number of cuticle scale per 100 μm hair length and cross section area. These 2 equations could give 70% overall accuracy on ethnic prediction. The trial of ethnicity determination from hair samples using the 2 equations gave 80% overall accuracy. The results can be useful for forensic investigation, especially for ethnicity determination in the crime cases emerging in the 3 southernmost provinces of Thailand. As, it is difficult to distinguish ethnicity from hair samples by eyes, but it makes more sense to determine ethnicity from hair samples under microscopic observation. The using of discriminant function equations provides easier, faster, and more validated results in predicting ethnicity from hair samples, and could give at least 70% accuracy, which helps to raise a higher standard in forensic investigation in Thailand.

กิตติกรรมประกาศ

กราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วราภรณ์ พรหมวิกร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักเป็นอย่างสูง ที่กรุณาอบรมสั่งสอนพร้อมทั้งมอบความรู้ คำปรึกษาทางด้านการศึกษา การค้นคว้าวิจัย คำแนะนำในการแก้ปัญหาต่าง ๆ และตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ของวิทยานิพนธ์ รวมถึงการมอบประสบการณ์ที่ดีมากมายทั้งด้านการเรียนและการดำเนินชีวิต ขอขอบพระคุณ นายแพทย์วิระชัย สมัย อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมที่กรุณาให้คำปรึกษาและคำแนะนำต่าง ๆ ในการศึกษา รวมทั้งช่วยตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณ แพทย์หญิงคุณหญิงพรทิพย์ โรจนสุนันท์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิซาอูดะห์ ระเด่นอาหมัด กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำและตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ อาสาสมัครทุกท่านที่เห็นคุณค่างานวิจัยนี้ และสละเส้นผมเพื่อให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วง ขอขอบพระคุณ คณาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทความรู้ คุณปิยากร บุญยัง ที่ให้คำปรึกษา ความช่วยเหลือด้านการทำวิจัย และสอนเทคนิคการศึกษาภายใต้กล้อง LM, SEM และ TEM คุณพัชรี อำรุง สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้คำแนะนำในการเตรียมตัวอย่างเพื่อศึกษาภายใต้กล้อง TEM จนสามารถทำได้สำเร็จ

ขอขอบคุณ หลักสูตรนิติวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ และบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่สนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัยเพื่อวิทยานิพนธ์จนงานวิจัยนี้สำเร็จ และภาควิชากายวิภาคศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ ที่อนุเคราะห์อุปกรณ์เครื่องมือต่าง ๆ และสถานที่ทำการวิจัย

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ ครอบครัวและญาติผู้ใหญ่ทุกท่าน ที่ให้การอบรมเลี้ยงดูมาเป็นอย่างดี ส่งเสริมโอกาสทางการศึกษา ให้ความช่วยเหลือในทุก ๆ ด้าน และเป็นกำลังใจที่ดีมาโดยตลอดจนประสบความสำเร็จในการศึกษาครั้งนี้ ตลอดจนขอบคุณพี่ ๆ เพื่อน ๆ และน้อง ๆ ทุกคนที่ให้คำปรึกษาด้านการเรียน คอยให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจเสมอมา

ทวีภรณ์ คีรีคช

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(3)
Abstract	(4)
กิตติกรรมประกาศ	(5)
สารบัญ	(6)
รายการตาราง	(9)
รายการภาพประกอบ	(14)
คำย่อ	(16)
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 บทนำต้นเรื่อง	1
1.2 การตรวจเอกสาร	2
1.2.1 กลุ่มชาติพันธุ์	2
1.2.2 เส้นผมและขน	4
1) โครงสร้างของเส้นผม	4
2) องค์ประกอบทางเคมีของเส้นผม	8
3) วัฏจักรการเจริญของเส้นผม	11
4) สีผม	12
5) เส้นผมกับงานทางนิติวิทยาศาสตร์	13
6) การตรวจพิสูจน์เส้นผม	13
1.2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	20
1.3 วัตถุประสงค์	24
บทที่ 2 วิธีการวิจัย	
2.1 ตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา	26
2.2 สารเคมี	26
2.3 อุปกรณ์และเครื่องมือ	27
2.4 วิธีดำเนินการ	29
2.4.1 การเก็บตัวอย่างเส้นผม	29
2.4.2 การเตรียมตัวอย่างเส้นผมเบื้องต้น	29
2.4.3 การฟอกสีเส้นผม	29

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.4.4 การเตรียมแผ่นสไลด์เส้นผมเพื่อศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	30
2.4.5 การเตรียมตัวอย่างเส้นผมเพื่อศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด	30
2.4.6 การเตรียมตัวอย่างเส้นผมเพื่อศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน	31
2.4.7 การวัดขนาดตัวอย่างเส้นผมภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	32
2.4.8 การศึกษาลักษณะจำเพาะวิทยาของเส้นผมภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	35
2.4.9 การศึกษาลักษณะจำเพาะของเส้นผมภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน	35
2.4.10 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	37
2.4.11 การวิเคราะห์จำแนกกลุ่ม (Discriminant analysis)	38
บทที่ 3 ผลการศึกษา	
3.1 การระบุระยะเวลาที่เหมาะสมของการฟอกสีผม	40
3.2 การระบุตำแหน่งบนเส้นผมที่เหมาะสม	45
3.3 การระบุบริเวณบนศีรษะที่เหมาะสม	55
3.4 การเปรียบเทียบลักษณะจำเพาะของเส้นผมระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์และกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีนภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	69
3.5 การเปรียบเทียบลักษณะจำเพาะของเส้นผมระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์และกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีนภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน	73
3.6 การจำแนกกลุ่มชาติพันธุ์จากตัวอย่างเส้นผมด้วยวิธี discriminant analysis	76
3.7 การทดสอบการใช้สมการจำแนกกลุ่มชาติพันธุ์	83
บทที่ 4 อภิปรายผลการศึกษา	85
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษา	95

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
รายการเอกสารอ้างอิง	97
ภาคผนวก ก หนังสือรับรองโครงการวิจัย	102
ภาคผนวก ข ข้อมูลลักษณะจำเพาะของเส้นผมภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	104
ประวัติผู้เขียน	113

รายการตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	การจำแนกกลุ่มเชื้อชาติและกลุ่มชาติพันธุ์	3
1.2	กรดอะมิโนที่เป็นองค์ประกอบของเส้นผมมนุษย์	10
1.3	การเปรียบเทียบลักษณะเส้นผมมนุษย์กับขนสัตว์	14
1.4	ปริมาณกรดอะมิโนที่เป็นองค์ประกอบของเส้นผมในกลุ่มเชื้อชาติต่าง ๆ	18
1.5	ลักษณะเส้นผมของกลุ่มเชื้อชาติต่าง ๆ	19
1.6	สรุปผลการศึกษาความแตกต่างของลักษณะจำเพาะของเส้นผมกลุ่มชาติพันธุ์ต่าง ๆ ในอดีต	25
2.1	รายชื่อสารเคมีที่ใช้ในการศึกษา	26
2.2	รายชื่ออุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา	27
2.3	เกณฑ์การให้คะแนนลักษณะเชิงคุณภาพของเส้นผม	36
3.1	การเปรียบเทียบลักษณะเชิงคุณภาพของเส้นผมส่วนต้น ส่วนกลาง และส่วนปลายของกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์	47
3.2	การเปรียบเทียบลักษณะเชิงคุณภาพของเส้นผมส่วนต้น ส่วนกลาง และส่วนปลายของกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีน	48
3.3	การเปรียบเทียบลักษณะเชิงคุณภาพของเส้นผมส่วนต้นระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์และกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีน	50
3.4	การเปรียบเทียบลักษณะเชิงคุณภาพของเส้นผมส่วนกลางระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์และกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีน	51
3.5	การเปรียบเทียบลักษณะเชิงคุณภาพของเส้นผมส่วนปลายระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์และกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีน	52
3.6	การเปรียบเทียบลักษณะเชิงปริมาณของเส้นผมส่วนต้น ส่วนกลาง และส่วนปลายของกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์	53
3.7	การเปรียบเทียบลักษณะเชิงปริมาณของเส้นผมส่วนต้น ส่วนกลาง และส่วนปลายของกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีน	53
3.8	การเปรียบเทียบลักษณะเชิงปริมาณของเส้นผมส่วนต้น ส่วนกลาง และส่วนปลายระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์และกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีน	54

รายการตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
3.9	การเปรียบเทียบลักษณะเชิงคุณภาพของเส้นผมส่วนต้นจากศีรษะบริเวณด้านหน้า กลางศีรษะ ท้ายทอย ขมับซ้ายและขมับขวาของกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์	56
3.10	การเปรียบเทียบลักษณะเชิงคุณภาพของเส้นผมส่วนต้นจากศีรษะบริเวณด้านหน้า กลางศีรษะ ท้ายทอย ขมับซ้ายและขมับขวาของกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีน	57
3.11	การเปรียบเทียบลักษณะเชิงคุณภาพของเส้นผมส่วนต้นจากศีรษะด้านหน้าระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์และกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีน	59
3.12	การเปรียบเทียบลักษณะเชิงคุณภาพของเส้นผมส่วนต้นจากกลางศีรษะระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์และกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีน	60
3.13	การเปรียบเทียบลักษณะเชิงคุณภาพของเส้นผมส่วนต้นจากศีรษะบริเวณท้ายทอยระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์และกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีน	61
3.14	การเปรียบเทียบลักษณะเชิงคุณภาพของเส้นผมส่วนต้นจากศีรษะบริเวณขมับซ้ายระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์และกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีน	62
3.15	การเปรียบเทียบลักษณะเชิงคุณภาพของเส้นผมส่วนต้นจากศีรษะบริเวณขมับขวาระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์และกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีน	63
3.16	การเปรียบเทียบลักษณะเชิงคุณภาพของเส้นผมส่วนต้นรวมทุกบริเวณบนศีรษะระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์และกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีน	64
3.17	การเปรียบเทียบลักษณะเชิงปริมาณของเส้นผมส่วนต้นจากศีรษะบริเวณด้านหน้า กลางศีรษะ ท้ายทอย ขมับซ้ายและขมับขวาของกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์	66

รายการตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
3.18	การเปรียบเทียบลักษณะเชิงปริมาณของเส้นผมส่วนต้นจากศีรษะบริเวณด้านหน้า กลางศีรษะ ท้ายทอย ขมับซ้ายและขมับขวาของกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีน	66
3.19	การเปรียบเทียบลักษณะเชิงปริมาณของเส้นผมส่วนต้นจากศีรษะบริเวณด้านหน้า กลางศีรษะ ท้ายทอย ขมับซ้ายและขมับขวาระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์กับกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีน	67
3.20	การเปรียบเทียบลักษณะเชิงปริมาณของเส้นผมส่วนต้นรวมทุกบริเวณบนศีรษะระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์กับกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีน	68
3.21	การเปรียบเทียบลักษณะเชิงคุณภาพของเส้นผมระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์กับกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีนภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	70
3.22	การเปรียบเทียบลักษณะเชิงปริมาณของเส้นผมระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์กับกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีนภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	71
3.23	การเปรียบเทียบลักษณะเชิงปริมาณของเส้นผมระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์กับกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีนภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด	75
3.24	การเปรียบเทียบลักษณะเชิงปริมาณของผมเส้นเดียวกันที่วัดได้จากกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงและกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด	75
3.25	การเปรียบเทียบลักษณะเชิงปริมาณของผมเส้นเดียวกันที่วัดได้จากกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงและกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน	76
3.26	การทดสอบแจกแจงปกติหลายตัวแปร	77
3.27	การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของทั้ง 7 ตัวแปรระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์ ครั้งที่ 1	78
3.28	การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของทั้ง 5 ตัวแปรระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์ ครั้งที่ 2	78

รายการตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
3.29	การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของทั้ง 4 ตัวแปรระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์ ครั้งที่ 3	79
3.30	การทดสอบความเท่ากันของเมทริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมทั้ง 4 ตัวแปร	79
3.31	การทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างทั้ง 4 ตัวแปรภายในกลุ่มชาติพันธุ์	80
3.32	การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของทั้ง 3 ตัวแปรระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์	80
3.33	การทดสอบความเท่ากันของเมทริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมทั้ง 3 ตัวแปร	81
3.34	การทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างทั้ง 3 ตัวแปรภายในกลุ่มชาติพันธุ์	81
3.35	ค่าสัมประสิทธิ์ของสมการแสดงคุณสมบัติของกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์และกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีน	82
3.36	เปอร์เซ็นต์ความถูกต้องของการพยากรณ์กลุ่มชาติพันธุ์จากตัวอย่างเส้นผมทั้งหมดที่ใช้ศึกษา (100 เส้น)	83
3.37	ความหนาของชั้น cuticle จำนวน cuticle scale ต่อความยาวเส้นผม 100 ไมโครเมตร และค่าพื้นที่หน้าตัดเส้นผมที่สุ่มมาจากบริเวณต่าง ๆ บนศีรษะของอาสาสมัครกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์และกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีน	84
3.38	ผลการพยากรณ์กลุ่มชาติพันธุ์โดยใช้สมการจำแนกกลุ่มชาติพันธุ์	84
4.1	เปรียบเทียบผลการศึกษานี้กับผลการศึกษาในคนเอเชียที่ผ่านมา	92
ข.1	ลักษณะเชิงคุณภาพของเส้นผมกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์	105
ข.2	ลักษณะเชิงปริมาณของเส้นผมกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์	107
ข.3	ลักษณะเชิงคุณภาพของเส้นผมกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีน	109
ข.4	ลักษณะเชิงปริมาณของเส้นผมกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีน	111

รายการภาพประกอบ

ภาพที่		หน้า
1.1	ส่วนของเส้นผมและรากผม	5
1.2	โครงสร้างของ cuticle cell ในเส้นผมมนุษย์	6
1.3	โครงสร้างเส้นผม	9
1.4	วัฏจักรการเจริญของเส้นผม	12
1.5	สีของเส้นผมตามธรรมชาติ	13
1.6	การวัดความกว้างของ cuticle scale	16
1.7	ลักษณะเส้นผมของกลุ่มเชื้อชาติต่าง ๆ	19
2.1	ภาพถ่าย ocular micrometer และ stage micromete	33
2.2	ภาพถ่ายการเทียบขนาดของ ocular micrometer กับขนาดของ stage micrometer ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยายของเลนส์ใกล้วัตถุ x10	33
2.3	ภาพถ่ายการเทียบขนาดของ ocular micrometer กับขนาดของ stage micrometer ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยายของเลนส์ใกล้วัตถุ x40	34
3.1	ภาพถ่ายเส้นผมส่วนต้นเส้นที่ 1 และ 2 ที่ฟอกสีด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และแอมโมเนียในอัตราส่วน 1:1 เป็นเวลา 0 – 17.5 นาที	41
3.2	ภาพถ่ายเส้นผมส่วนกลางเส้นที่ 1 และ 2 ที่ฟอกสีด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และแอมโมเนียในอัตราส่วน 1:1 เป็นเวลา 0 – 17.5 นาที	43
3.3	ภาพถ่ายเส้นผมส่วนปลายเส้นที่ 1 และ 2 ที่ฟอกสีด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และแอมโมเนียในอัตราส่วน 1:1 เป็นเวลา 0 – 17.5 นาที	44
3.4	ภาพถ่ายเส้นผมของกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์และกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีนที่ศึกษาด้วยเทคนิค wet mount, dry mount และ cross section ภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	72
3.5	ภาพถ่ายเส้นผมของกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์และกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีนที่ศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน	74

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4.1	สมบัติทางเคมีของกรดอะมิโน	86
4.2	ปฏิกิริยาการทำลายพันธะไดซัลไฟด์	86
4.3	ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นผมกับตัวแปรอื่น ๆ	89

คำย่อ

Ab	ลักษณะของ medulla แบบไม่มี medulla
Bl	สีดำ
C	ค่า contingency coefficient
CD	จำนวน cuticle scale ต่อความยาวเส้นผม 100 ไมโครเมตร
Ch	กลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีน
CLT	ความหนาของชั้น cuticle
Con	ลักษณะของ medulla แบบต่อเนื่อง
CSA	ค่าพื้นที่หน้าตัดของเส้นผม
Cu	cuticle
CW	ความกว้างของ cuticle scale
Cx	cortex
D_1	เส้นผ่านศูนย์กลางหน้าตัดที่กว้างที่สุด
D_2	เส้นผ่านศูนย์กลางหน้าตัดที่แคบที่สุด
DB	สีน้ำตาลเข้ม
Dc	ลักษณะของ medulla แบบไม่ต่อเนื่อง
D_h	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นผม
Dis	การกระจายตัวของ cortical pigment หนาแน่นทั่วทั้งชั้น cortex
D_m	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง medulla
F	ตำแหน่งศีรษะด้านหน้า
HI	ค่า hair index
LB	สีน้ำตาลอ่อน
LM	กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง
LT	ตำแหน่งขมับซ้าย
M	ตำแหน่งกลางศีรษะ
Ma	กลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์
Me	medulla
Mf	macrofibril
MI	ค่า medulla index
O	ตำแหน่งท้ายทอย
OM	ocular micrometer

คำย่อ (ต่อ)

RT	ตำแหน่งขมับขวา
SEM	กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด
SI	ค่า scale index
SM	stage micrometer
TC	การกระจายตัวของ cortical pigment หนาแน่นไปทางด้านชั้น cuticle
TEM	กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน
TOS	การกระจายตัวของ cortical pigment หนาแน่นไปทางด้านเดียว
TM	การกระจายตัวของ cortical pigment หนาแน่นไปทางด้านชั้น medulla

บทที่ 1

บทนำ

1.1 บทนำต้นเรื่อง

ประชากรใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ประกอบด้วยกลุ่มชาติพันธุ์ที่สำคัญ 3 กลุ่มอาศัยอยู่ร่วมกัน คือ กลุ่มชาติพันธุ์ไทย กลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีน และกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์ เนื่องจากเส้นผมเป็นวัตถุพยานสำคัญที่พบอยู่เสมอเมื่อมีคดีเกิดขึ้น ดังนั้นเมื่อมีคดีเกิดขึ้นในพื้นที่ดังกล่าว จึงมีโอกาสพบวัตถุพยานประเภทเส้นผมจากทั้ง 3 กลุ่มชาติพันธุ์ตกอยู่ในสถานที่เกิดเหตุ

เส้นผมเป็นวัตถุพยานที่สามารถเชื่อมโยงผู้กระทำผิดและเหยื่อเข้ากับสถานที่เกิดเหตุได้ โดยการตรวจสอบลักษณะทางกายภาพและชีวภาพของเส้นผมที่ตกอยู่ในที่เกิดเหตุเปรียบเทียบกับเส้นผมของผู้ต้องสงสัย เพื่อนำมาซึ่งการจับกุมผู้กระทำผิด การตรวจสอบลักษณะจำเพาะของเส้นผมมักเป็นการตรวจพิสูจน์เบื้องต้น (presumptive test) ที่จะต้องกระทำก่อนการตรวจพิสูจน์ลายพิมพ์ดีเอ็นเอ การตรวจพิสูจน์เบื้องต้นที่มีประสิทธิภาพสูงจะสามารถนำไปสู่การสรุปหาตัวผู้กระทำผิดได้ แม้ว่าการวิเคราะห์ดีเอ็นเอของเส้นผมนั้นเป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องกระทำในขั้นตอนถัดจากการตรวจพิสูจน์เบื้องต้น เพราะให้ความแม่นยำสูงในการระบุผู้กระทำผิด แต่ก็ไม่เหมาะในการใช้งานกับวัตถุพยานจำนวนมาก เนื่องจากมีวิธีการที่ซับซ้อนราคาแพง และต้องใช้เวลาในการวิเคราะห์ 2 - 3 วัน ดังนั้นหากการตรวจพิสูจน์เบื้องต้นมีประสิทธิภาพสูงจะทำให้การคลี่คลายคดีทำได้ง่าย รวดเร็วขึ้น และประหยัดงบประมาณ

ด้วยเหตุที่เส้นผมของผู้ที่มีชาติพันธุ์ต่างกันจะมีองค์ประกอบทางชีวเคมีที่คล้ายคลึงกัน แต่ลักษณะจำเพาะของเส้นผมจะไม่เหมือนกัน จึงสามารถใช้ลักษณะจำเพาะจำแนกกลุ่มชาติพันธุ์ได้ ในอดีตมีการศึกษาเปรียบเทียบลักษณะจำเพาะของเส้นผมระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์ต่าง ๆ ในโลก พบว่ารูปร่างหน้าตัดกับความหยักของเส้นผมกลุ่มชาติพันธุ์ Bosjemans ปาปัว และแอฟริกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับกลุ่มชาติพันธุ์โพลีนีเซีย มาเลย์ ธิเบต ไทย ญี่ปุ่น อินเดียนแดง และเอสกิโม (Pruner, 1863) ขนาดและรูปร่างหน้าตัดของเส้นผมผู้ชายกลุ่มชาติพันธุ์จีน อินเดีย ยุโรปตะวันตก และแอฟริกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (Vernal, 1961) จำนวน cuticle scale ต่อความยาวเส้นผม 100 ไมโครเมตร จำนวนของชั้น cuticle และความหนาของชั้น cuticle มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างเส้นผมผู้หญิงกลุ่มชาติพันธุ์เกาหลีกับยุโรป (Kim *et al.*, 2006) รายงานการศึกษาความแตกต่างของ

ลักษณะจำเพาะของเส้นผมในกลุ่มคนเอเชียมีน้อยมาก และยังไม่พบรายงานการศึกษาลักษณะจำเพาะของเส้นผมในกลุ่มชาติพันธุ์ต่าง ๆ ของประเทศไทยแต่อย่างใด

ดังนั้นการศึกษานี้จึงทำการเปรียบเทียบลักษณะจำเพาะของเส้นผมผู้ชายระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์และกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีน ที่มีภูมิลำเนาอยู่ในจังหวัดปัตตานี ยะลา และนราธิวาส เพื่อค้นหาลักษณะจำเพาะที่แตกต่างระหว่างทั้ง 2 กลุ่มชาติพันธุ์ และนำลักษณะจำเพาะดังกล่าวมาสร้างสมการจำแนกกลุ่มชาติพันธุ์ เพื่อใช้พยากรณ์กลุ่มชาติพันธุ์ให้กับตัวอย่างเส้นผม และสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการตรวจพิสูจน์วัตถุพยานประเภทเส้นผมเพื่อจำแนกกลุ่มผู้ต้องสงสัยในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ได้ ซึ่งนับว่าเป็นการสร้างมาตรฐานใหม่ให้กับการพิสูจน์ทางนิติวิทยาศาสตร์ในประเทศไทย

1.2 การตรวจเอกสาร

1.2.1 กลุ่มชาติพันธุ์

ปัจจุบันนี้มนุษย์ที่อาศัยอยู่บนโลกมีลักษณะที่แตกต่างกันไป ความแตกต่างที่เกิดขึ้นอาจเป็นสิ่งที่มองเห็นได้ด้วยตา (phenotype) เช่น สีผิว เส้นผม หัวกะโหลก รูปร่างของใบหน้า และขนาดร่างกาย หรืออาจเป็นสิ่งที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตา (genotype) เช่น กลุ่มเลือด ลักษณะด้อย (recessive trait) ที่มีอยู่ในยีน เป็นต้น จึงมีการแบ่งมนุษย์ออกเป็นกลุ่ม ๆ ตามกลุ่มเชื้อชาติและกลุ่มชาติพันธุ์

กลุ่มเชื้อชาติ (Racial group) หมายถึง กลุ่มคนที่มีลักษณะทางกายภาพที่คล้ายคลึงกัน เช่น ลักษณะรูปพรรณ สีผิว เส้นผม และตา กลุ่มเชื้อชาติในโลกแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มหลัก คือ กลุ่มเชื้อชาติคนผิวขาว (Caucasoid) ส่วนใหญ่อาศัยอยู่ในทวีปยุโรป กลุ่มเชื้อชาติคนผิวเหลือง (Mongoloid) ส่วนใหญ่อาศัยอยู่ในทวีปเอเชีย และกลุ่มเชื้อชาติคนผิวดำ (Negroid) ส่วนใหญ่อาศัยอยู่ในทวีปแอฟริกา (อมรา, 2541) กลุ่มคนเชื้อชาติหนึ่ง ๆ จะประกอบด้วยกลุ่มชาติพันธุ์ที่หลากหลาย (ตารางที่ 1.1)

กลุ่มชาติพันธุ์ (Ethnic group) หมายถึง กลุ่มคนที่เชื่อว่ามีการสืบเชื้อสายมาจากบรรพบุรุษเดียวกัน มีวัฒนธรรม ขนบธรรมเนียม ประเพณี ภาษา และความเชื่อเหมือนกัน ตัวอย่างกลุ่มชาติพันธุ์ ได้แก่ กลุ่มชาติพันธุ์ไทย กลุ่มชาติพันธุ์จีน กลุ่มชาติพันธุ์มาเลย์ กลุ่มชาติพันธุ์ลาว และกลุ่มชาติพันธุ์พม่า เป็นต้น (อมรา, 2541)

ตารางที่ 1.1 การจำแนกกลุ่มเชื้อชาติและกลุ่มชาติพันธุ์

กลุ่มเชื้อชาติ	กลุ่มชาติพันธุ์
1. คนผิวขาว (Caucasoid)	ผิวเนื้อของคนกลุ่มนี้มีสีขาวไปจนถึงสีแทน แบ่งย่อยเป็น 1. อารยัน เช่น กลุ่มชาติพันธุ์กรีก อินเดียตอนเหนือ 2. แฮมาติก เช่น กลุ่มชาติพันธุ์อียิปต์โบราณ 3. เซมาติก เช่น กลุ่มชาติพันธุ์บาบิโลเนีย อาสซิเรีย ซึ่งอาจแบ่งย่อยเป็น กลุ่มนอร์ติก (อาศัยอยู่ตอนเหนือของยุโรปแถบสแกนดิเนเวีย) กลุ่มแอลป์ (อาศัยอยู่ตอนกลางของยุโรปเรื่อยไปจนถึงอิหร่าน) และกลุ่มเมดิเตอเรเนีย (อาศัยอยู่ตอนใต้ของยุโรปแถบทะเลเมดิเตอเรเนียน
2. คนผิวเหลือง (Mongoloid)	ผิวเนื้อคนกลุ่มนี้มีสีเหลืองไปจนถึงคล้ำ ใบหน้าแบนกว้าง ดวงตาสีดำมีทั้งชั้นเดียวและสองชั้น แบ่งย่อยเป็น 1. มองโกลอยด์ เป็นกลุ่มชาติพันธุ์ที่อาศัยอยู่แถบเอเชียตะวันออกเฉียงเหนือ เช่น จีน ธิเบต มองโกเลีย 2. อินเดียนแดง เป็นกลุ่มชาติพันธุ์อาศัยอยู่แถบทวีปอเมริกาทั้งตอนเหนือและตอนใต้ 3. เอสกิโม เป็นกลุ่มชาติพันธุ์อาศัยอยู่แถบเหนือสุดของทวีปอเมริกา รัฐอลาสกาและตอนเหนือ 4. มาลายัน เป็นกลุ่มชาติพันธุ์อาศัยอยู่แถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เช่น มาเลย์ ไทย ชวา บาหลี
3. คนผิวดำ (Negroid)	ผิวเนื้อคนกลุ่มนี้มีสีน้ำตาลแก่ไปจนถึงดำคล้ำ จมูกแบน ผมหยิก ริมฝีปากหนา โหนกคิ้วยื่นออกมา ดางสั้น แบ่งย่อยเป็น 1. แอฟริกัน เป็นกลุ่มชาติพันธุ์อาศัยอยู่ในทวีปแอฟริกา 2. ปิกมี่ เป็นกลุ่มชาติพันธุ์ที่มีรูปร่างเตี้ยกว่า 140 เซนติเมตร หรืออาจเป็นพวกคนแคระที่อาศัยอยู่ตามลุ่มน้ำคองโกในทวีปแอฟริกา ส่วนอีกกลุ่มหนึ่งอาศัยอยู่ที่แหลมมาลายูและบางเกาะในมหาสมุทรแปซิฟิก 3. คนผิวดำที่อาศัยอยู่ตามเกาะต่าง ๆ ในมหาสมุทรแปซิฟิก เช่น พวกปาปัวนิวกินี หมู่เกาะเมลานีเซีย

ที่มา: ดัดแปลงจาก ดำรง, 2540. ความแตกต่างระหว่างมนุษย์ปัจจุบัน. หน้า 5 – 6 [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://e-book.ram.edu/e-book/a/AN113/an113_07/an113_07_01.htm (วันที่สืบค้น 7 มกราคม 2553).

กลุ่มชาติพันธุ์ในประเทศไทย ปัจจุบันประเทศไทยมีประชากรประมาณ 64 ล้านคน (กรมการปกครอง, 2552) ประกอบด้วยกลุ่มชาติพันธุ์ต่าง ๆ อาศัยอยู่ร่วมกันมากกว่า 30 กลุ่มชาติพันธุ์ โดยแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มชาติพันธุ์หลัก คือ กลุ่มชาติพันธุ์ไทย 75% กลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีน 14%กลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์ 3% และชนกลุ่มน้อย 8% ได้แก่ ชาวเขาเผ่าต่าง ๆ

ประชากรในภาคใต้ประกอบด้วยกลุ่มชาติพันธุ์ที่สำคัญ 3 กลุ่มอาศัยอยู่ร่วมกัน คือ กลุ่มชาติพันธุ์ไทย กลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีน และกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์ (เอกวิทย์, 2540) โดยประชากรใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ประมาณ 79% เป็นกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์ (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2543ก, 2534ข, 2534ค; รัตติยา, 2548) ทำให้ประชากรส่วนใหญ่ใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้จะมีลักษณะหน้าตาที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะ โดยมีผิวสีคล้ำ ตาโต ใบหน้าค่อนข้างกลม และเส้นผมค่อนข้างหยักศกซึ่งมีความแตกต่างจากประชากรในภาคอื่น ๆ

1.2.2 เส้นผมและขน (Hair)

เส้นผมและขนประกอบด้วยเส้นใยเคอราตินที่มีความยืดหยุ่น ซึ่งพัฒนามาจากผิวหนัง เส้นผมและขนจัดเป็นลักษณะเฉพาะของผิวหนังในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม มีหน้าที่ทำให้ร่างกายอบอุ่น พรางตาเพื่อป้องกันการจู่โจมจากศัตรู และรับรู้การสัมผัส ร่างกายของคนมีเส้นผมและขนประมาณ 5,000,000 เส้น กระจายอยู่ทั่วร่างกาย ยกเว้นบริเวณฝ่ามือ ฝ่าเท้า และอวัยวะเพศ จากจำนวนดังกล่าวคิดเป็นเส้นผมประมาณ 150,000 เส้น (Orentreich, 1969) เส้นผมและขนมีขนาดและรูปร่างต่าง ๆ กัน ขึ้นอยู่กับตำแหน่งและชนิดของเส้นผมและขน รวมทั้งอายุ เพศ สารอาหารที่ได้รับ และฮอร์โมนของแต่ละคน โดยมีความยาวตั้งแต่ 1 มิลลิเมตรไปจนถึงน้อยกว่า 1.5 เมตร และมีความหนา 0.05 - 0.5 มิลลิเมตร (Brash, 1951)

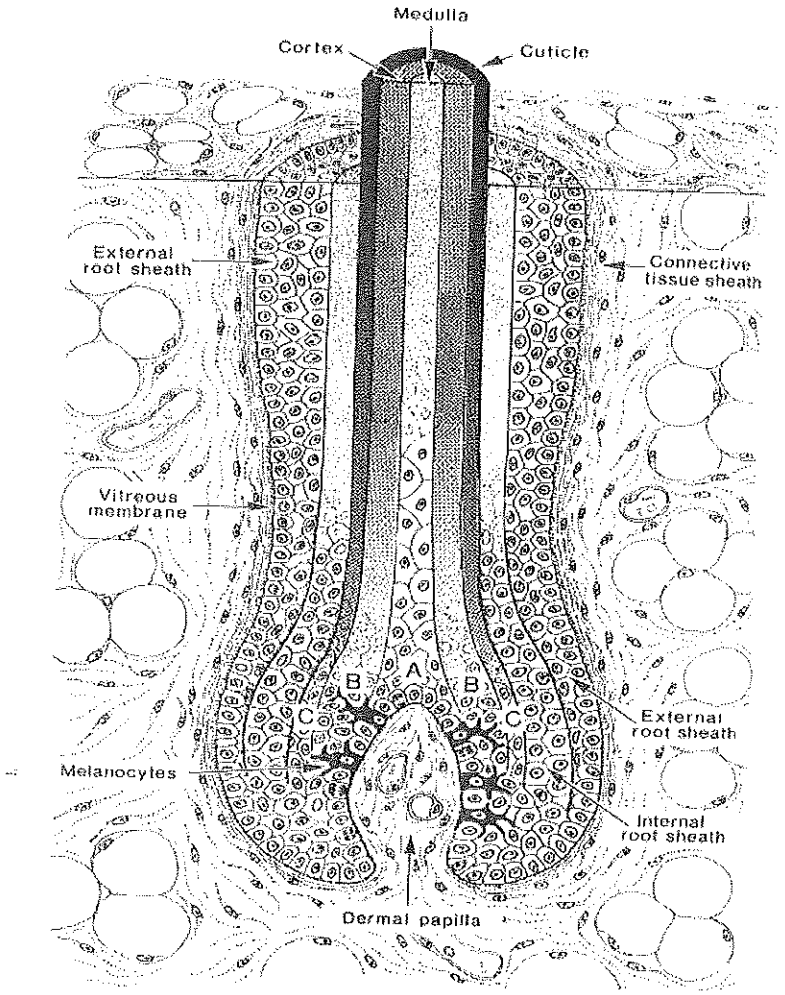
1) โครงสร้างของเส้นผม

เส้นผมของมนุษย์ประกอบด้วย 2 ส่วนคือ ตัวเส้นผม และรากผม (ภาพที่ 1.1)

1.1) ตัวเส้นผม (Hair shaft)

เป็นส่วนของเส้นผมที่อยู่นอกหนังศีรษะ ประกอบด้วยเซลล์ที่ตายแล้ว ไม่มีเส้นเลือดและเส้นประสาทมาเลี้ยง โครงสร้างภายในของตัวเส้นผมประกอบด้วยเซลล์เรียงตัวกัน 3 ชั้น เรียงจากชั้นในมาชั้นนอกดังนี้

1.1.1) ชั้นเมดัลลา (Medulla) เป็นชั้นในสุดและเป็นแกนกลางของเส้นผม ประกอบด้วยเคอราตินชนิดอ่อน เซลล์มีการเสื่อมอย่างรวดเร็ว การเรียงตัวของเซลล์จึงมีช่องอากาศสอดแทรกทำให้เห็นเป็นสีดำ รูปร่างและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของ medulla ค่อนข้างแตกต่างกัน (Leon, 1972) ส่วนใหญ่ medulla จะมีลักษณะแบบไม่ต่อเนื่องตลอด



ภาพที่ 1.1 ส่วนของเส้นผมและรากผม

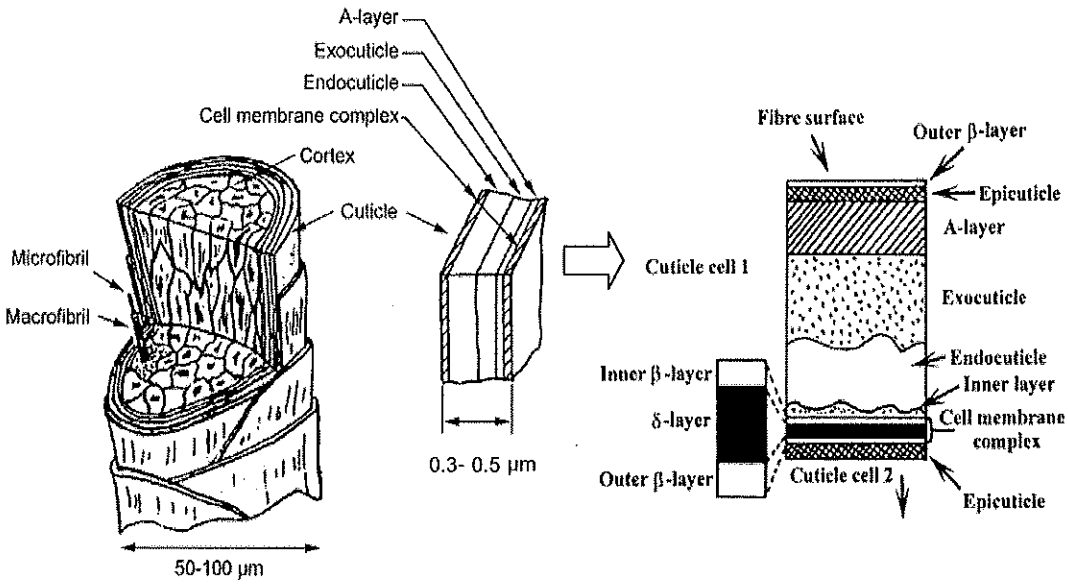
ที่มา: Fawcett, 1994. Skin. In: Bloom and Fawcett, a text book of histology, 12th Ed. Chapman and Hall: New York. Figure 22, page 544.

ความยาวของเส้นผม และมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 10 – 20 ไมโครเมตร (L'OREAL, n.d.)

1.1.2) ชั้นคอร์เทกซ์ (Cortex) เป็นชั้นกลางและเป็นส่วนประกอบหลักของเส้นผมประกอบด้วยเซลล์ที่ตายแล้วอัดกันแน่น เซลล์จะมีลักษณะคล้ายกระสวยยาวต่อเนื่องกัน เซลล์ยาวประมาณ 100 ไมโครเมตรและหนาประมาณ 1 - 6 ไมโครเมตร (Wei *et al.*, 2005) ระหว่างเซลล์จะพบเม็ดสีเมลานิน (melanin pigments) แทรกอยู่ มีองค์ประกอบที่สำคัญอีกชนิด คือ เคอราตินชนิดแข็ง ซึ่งเป็นโปรตีนที่ไม่ละลายน้ำ นอกจากนี้ประกอบด้วยสารอื่น ๆ เช่น กรดอะมิโน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน โปรตีน สารประกอบอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ และแร่ธาตุบางชนิด เช่น ฟอสฟอรัส โลหะต่าง ๆ ที่ถูกขับออกจากร่างกาย เช่น สารหนู ตะกั่ว และเหล็ก เป็นต้น

1.1.3) ชั้นคิวทิเคิล (Cuticle) เป็นชั้นนอกสุดของเส้นผมประกอบด้วยเซลล์ที่มีลักษณะแบนเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมจัตุรัสเรียงตัวซ้อนเหลื่อมกันจากโคนสู่ปลาย โดยซ้อนเหลื่อมกันประมาณ 5/6 ของความยาวเซลล์ทำให้เกิดเป็นรูปร่าง เรียกว่า ลายเปลือกหรือเกล็ดผม (scale) ทำหน้าที่ปกป้องโครงสร้างภายในชั้นอื่น ๆ ของเส้นผม ชั้นคิวทิเคิลประกอบด้วย scale หนาประมาณ 5 – 10 ชั้นโดยเซลล์แต่ละชั้นหนาประมาณ 0.3 - 0.5 ไมโครเมตร ยาวประมาณ 50 ไมโครเมตร ความยาวเฉลี่ยของส่วนที่มองเห็นเท่ากับ 5 - 10 ไมโครเมตร (Bhushan and Chen, 2006)

เมื่อตัด cuticle cell ตามขวางจะพบว่าประกอบด้วยชั้นบาง ๆ หลายชั้น (ภาพที่ 1.2) ได้แก่ ชั้น epicuticle เป็นชั้นนอกสุดของ cuticle scale ประกอบด้วยกรดอะมิโนซิสตีน (cystine) ในปริมาณมาก ด้านนอกของชั้นนี้มีชั้นกรดไขมัน (outer β-layer) เคลือบอยู่ ซึ่งประกอบด้วยกรดไขมันอิ่มตัว 18-methyleicosanoic acid (18-MEA) โดย 18-MEA จับกับชั้น epicuticle ด้วยพันธะโควาเลนต์ (Breakspear *et al.*, 2005) การมีฟิล์มไขมันเคลือบทำให้เส้นผมมีลักษณะไม่ชอบน้ำและมีความลื่น ถัดเข้ามาเป็นชั้น A-layer ชั้น exocuticle และชั้น endocuticle ซึ่งจะเรียงซ้อนกันจากด้านนอกมาด้านใน โดยแต่ละชั้นจะมีความทนทาน



ภาพที่ 1.2 โครงสร้างของ cuticle cell ในเส้นผมมนุษย์

ที่มา: ดัดแปลงจาก Torre and Bhushan, 2006. Investigation of scale effects and directionality dependence on friction and adhesion of human hair using AFM and macroscale friction test apparatus. Ultramicroscopy. Figure 1, page 721; Walfram, 2003. Human hair: a unique physicochemical composite. Journal of the American Academy of Dermatology. Figure 4, page S107.

ต่อการถูกทำลายไม่เท่ากัน เนื่องจากภายในประกอบด้วยกรดอะมิโนซิสตีนไม่เท่ากัน คือ ประมาณ 30, 15 และ 3% ตามลำดับ (Wei *et al.*, 2005; Wei and Bhushan, 2006) กรดอะมิโนซิสตีนเกิดจากกรดอะมิโนซิสเตอีน (cysteine) สองโมเลกุลจับกันด้วยพันธะไดซัลไฟด์ (disulfide bond) การมีปริมาณซิสตีนมากแสดงว่ามีปริมาณพันธะไดซัลไฟด์มาก ซึ่งส่งผลให้มีความทนทานมาก ดังนั้นชั้น A-layer จึงมีความทนทานมาก ขณะที่ชั้น endocuticle จะมีความทนทานน้อย และมีชั้น inner layer เป็นชั้นในสุดของ cuticle scale นอกจากนี้มี cell membrane complex (CMC) ทำหน้าที่เชื่อมระหว่าง cuticle กับ cortical cell โดย CMC ประกอบด้วย 3 ชั้นย่อย คือ ชั้น δ-layer เป็นชั้นกลางที่มีโปรตีนและ polysaccharide เป็นองค์ประกอบ และชั้นไขมันอีก 2 ชั้น คือ ชั้น inner β-layer เป็นชั้นกรดไขมันที่เคลือบอยู่ด้านใน และชั้น outer β-layer เป็นชั้นกรดไขมันที่เคลือบอยู่ด้านนอก

1.2) รากผม (Hair root)

เป็นส่วนของเส้นผมที่ฝังตัวอยู่ในหนังศีรษะ ส่วนใหญ่ประกอบด้วยเซลล์ที่มีชีวิตทำหน้าที่สร้างเนื้อผมหรือตัวเส้นผมให้ยาวออกไป ทำให้นิยมเรียกว่าหน่อผม (hair follicle) ที่ปลายสุดของรากผมมีลักษณะป่องออกเรียกว่ากระเปาะผม (hair bulb) ตรงกลางเป็นโพรงเรียกว่าเดอร์มอลแปบพิลลา (dermal papilla) ซึ่งประกอบด้วยเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่จับกันอย่างหลวม ๆ มีเซลล์สร้างเส้นใย (fibroblast cell) และหลอดเลือดขนาดเล็กจำนวนมาก เซลล์ส่วนใหญ่ภายในกระเปาะผมที่อยู่รอบ ๆ เดอร์มอลแปบพิลลาเรียกว่าแฮร์เมทริกซ์ (hair matrix) ซึ่งประกอบด้วยเซลล์เมทริกซ์ (matrix cell) มีหน้าที่แบ่งเซลล์สร้างเส้นผมให้ยาวยื่นขึ้นมาในรูขุมขน จนเปิดออกสู่ผิวหนังเห็นเป็นเส้นผม และมีเซลล์เมลาโนไซท์ (melanocytes) สำหรับสร้างเม็ดสีเมลานินซึ่งเป็นรงควัตถุที่ทำให้เกิดสีผม โครงสร้างภายในของรากผมประกอบด้วยเซลล์ที่เรียงตัวกัน 5 ชั้น เรียงจากชั้นในมาชั้นนอกดังนี้

1.2.1) ชั้นเมดัลลา

1.2.2) ชั้นคอร์เทกซ์

1.2.3) ชั้นคิวทิเคิล

โครงสร้างภายในรากผมทั้ง 3 ชั้น คือ ชั้นเมดัลลา ชั้นคอร์เทกซ์ และชั้นคิวทิเคิลจะมีลักษณะเช่นเดียวกันกับโครงสร้างภายในของตัวเส้นผมที่กล่าวมาแล้วข้างต้น

1.2.4) ชั้นปลอกรากชั้นใน (Inner root sheath) เป็นส่วนที่สร้างมาจากแฮร์เมทริกซ์เป็นกลุ่มเซลล์เรียงซ้อนกันบาง ๆ ห่อหุ้มหน่อผมไว้ ชั้นปลอกรากชั้นในประกอบด้วย 3 ชั้นย่อย คือ (1) ชั้นคิวทิเคิลของชั้นปลอกรากผมชั้นใน (cuticle of inner root sheath) ซึ่งเป็นชั้นในสุดประกอบด้วยเซลล์ที่มีลักษณะแบนและเรียงซ้อนเหลื่อมกันเป็นชั้น ๆ (imbricated) (2) ชั้นฮักซเลย์ (huxley's layer) เป็นเซลล์ที่มีลักษณะแบนเรียงกันประมาณ 2 - 3 ชั้น ภายในเซลล์มี trichohyaline granules สีชมพูสดซึ่งมีลักษณะโดยทั่วไป

เหมือนกับ keratohyaline granules ที่พบในเซลล์ของชั้นหนังแท้ และ (3) ชั้นเฮนเลย์ (henle's layer) เป็นชั้นนอกสุด มีลักษณะเป็นเซลล์ชั้นเดียว

1.2.5) ชั้นปลอกรากผมชั้นนอก (Outer root sheath) เป็นชั้นนอกสุด ประกอบด้วยเซลล์หนา 1 – 2 ชั้น ล้อมรอบชั้นปลอกรากชั้นในโดยจะอยู่ติดกับชั้นเฮนเลย์ ชั้นปลอกรากผมชั้นนอกแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนที่อยู่เหนือท่อของต่อมเหงื่อ (sebaceous grand) จะเกิดกระบวนการสังเคราะห์เคอราติน (keratinization) และมีการสร้าง keratohyaline granules ส่วนกลางตั้งแต่บริเวณท่อต่อมเหงื่อจนถึงคอกระเปาะผมจะมีการสร้าง trichohyaline granules แต่ไม่สร้าง keratohyaline granules และส่วนล่างรอบ ๆ กระเปาะผมจะไม่เกิดกระบวนการสังเคราะห์เคอราติน

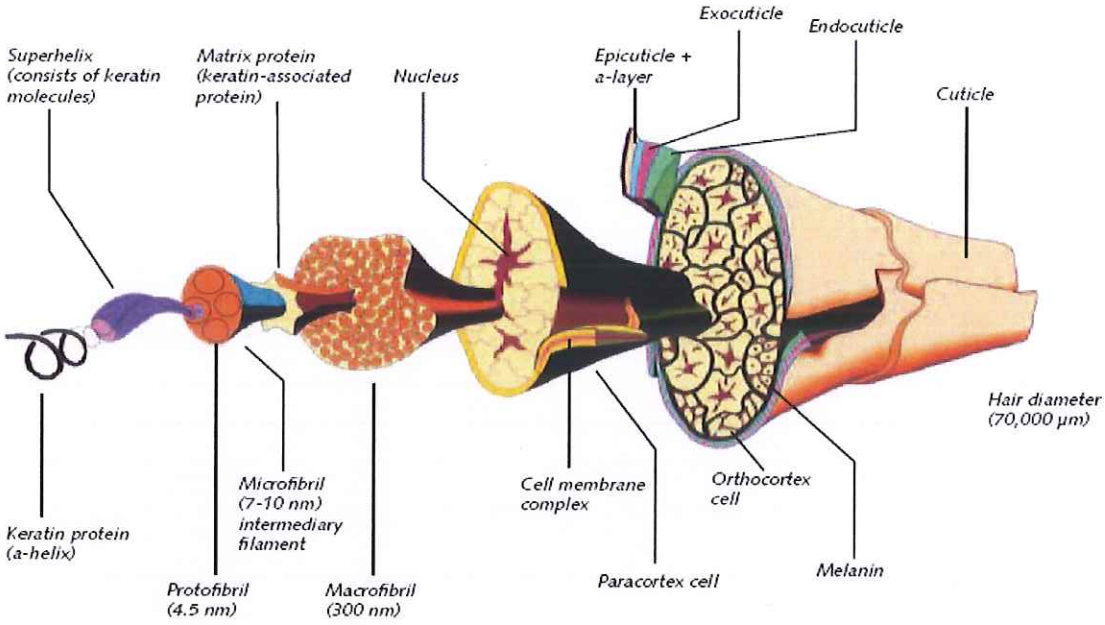
2) องค์ประกอบทางเคมีของเส้นผม (Chemical composition of hair)

วราภรณ์ (2551) กล่าวว่า เส้นผมประกอบด้วยองค์ประกอบทางเคมีดังนี้

2.1) เคอราติน (Keratin)

เคอราตินเป็นองค์ประกอบหลักของเส้นผมประมาณ 85% ทำหน้าที่ให้ความยืดหยุ่นและแข็งแรงแก่เส้นผม เคอราตินเป็นโปรตีนที่มีโครงสร้างแบบทุติยภูมิประกอบด้วยกรดอะมิโน (amino acid) มากกว่า 20 ชนิดเชื่อมต่อกันด้วยพันธะเปปไทด์ (peptide bond) ระหว่างคาร์บอนอะตอมของกรดอะมิโนตัวแรกกับไนโตรเจนอะตอมของกรดอะมิโนตัวถัดไป ทำให้เกิดเป็นสายโพลิเปปไทด์ (polypeptide chain) ที่มีการบิดเป็นเกลียวอัลฟา (α-helix) ในเกลียวอัลฟาสายเปปไทด์จะม้วนตัวเป็นเกลียวแบบเวียนขวา (right-hand helix) โดยที่หนึ่งรอบของเกลียวอัลฟาประกอบด้วยกรดอะมิโน 3.6 ตัว และมีระยะห่างระหว่างเกลียวอัลฟาเท่ากับ 5.4 Å การบิดเป็นเกลียวอัลฟาเกิดจากการสร้างพันธะไฮโดรเจน (hydrogen bond) ระหว่างหมู่คาร์บอนิล (carbonyl group, C=O) และหมู่อิมิโด (imido group, -NH-) ในสายโพลิเปปไทด์ และพันธะไดซัลไฟด์

เส้นผมแต่ละเส้นประกอบด้วยเกลียวอัลฟาของเคอราติน 3 - 4 เส้นประกบและบิดกันเป็นเกลียวชนิดวนซ้าย (left-hand) เรียกว่าโปรโตไฟบริล (protofibril) ซึ่งเสถียรอยู่ด้วยพันธะไดซัลไฟด์ โดยโปรโตไฟบริล 11 เส้น (มี 2 เส้นอยู่ตรงกลางและมี 9 เส้นล้อมรอบ) ประกอบกันเป็นเส้นใยที่มีขนาดใหญ่ขึ้นเรียกว่าไมโครไฟบริล (microfibril) ไมโครไฟบริลประมาณ 100 เส้นจะยึดติดกันเป็นกลุ่มทรงกระบอกและฝังอยู่ในโปรตีนเมทริกซ์ (matrix protein) เรียกว่าแมโครไฟบริล (macrofibril) มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.1 – 0.4 ไมโครเมตร ซึ่งจะเรียงตัวยาวต่อกันตลอดความยาวเส้นผม (ภาพที่ 1.3) โดยแมโครไฟบริลหลาย ๆ เส้นจะประกอบขึ้นเป็นเซลล์ ดังนั้นเส้นผมจึงประกอบด้วยสายโพลิเปปไทด์จำนวนมากที่อยู่รวมกันยึดกันด้วยพันธะไฮโดรเจนและพันธะไดซัลไฟด์ และยึดกันแน่นในโปรตีน



ภาพที่ 1.3 โครงสร้างเส้นผม

ที่มา: WELLA Professionals. n.d. Interesting facts about the topic of hair. Figure 12, page 7. www.wellaprofessionals.co.uk/reference/to_download_5010_0_sl.pdf (accessed 9/26/09).

เมทริกซ์ที่มีกรดอะมิโนซิสเตอีนในปริมาณสูง

เคอราตินที่พบภายในเส้นผมเป็นเคอราตินชนิดแข็ง (hard keratin) ซึ่งเป็นโปรตีนชนิดไม่ละลายน้ำ ส่วนใหญ่ประกอบด้วยกรดอะมิโนซิสทีน (ตารางที่ 1.2) ซึ่งกรดอะมิโนซิสตีนเกิดจากกรดอะมิโนซิสเตอีน 2 โมเลกุลจับกันด้วยพันธะไดซัลไฟด์ ซึ่งเป็นพันธะโควาเลนต์ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาออกซิเดชันระหว่างหมู่ไธออล (thiol group, -SH) ของกรดอะมิโนซิสเตอีน 2 โมเลกุล พันธะไดซัลไฟด์เป็นพันธะที่แข็งแรงจึงทำให้เส้นผมมีความแข็งแรงและทนทานมากระดับหนึ่ง แต่ส่วนใหญ่แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโปรตีนในเส้นผมบริเวณอื่น ๆ เป็นการจับกันด้วยถูกทำลายได้ง่ายด้วยความร้อนและน้ำ เช่น พันธะไฮโดรเจน แรงดึงดูดระหว่างขั้ว (salt interaction) และแรงแวนเดอร์วาลส์ (van der Waal interaction) จึงทำให้เกิดการเปราะและหักของเส้นผมได้หากได้รับความร้อนและน้ำ รวมทั้งสารเคมีที่ใช้สำหรับการดัด ยืด และทำสี (Walfram, 2003)

2.2) น้ำ (Water)

เป็นองค์ประกอบเส้นผมประมาณ 7% ทำให้เส้นผมมีความชุ่มชื้นตามธรรมชาติ โดยเส้นผมที่อุณหภูมิห้องจะมีน้ำประมาณ 12%

ตารางที่ 1.2 กรดอะมิโนที่เป็นองค์ประกอบของเส้นผมมนุษย์

ชนิดกรดอะมิโน	สูตรโครงสร้าง	ปริมาณในเส้นผม	
		g/100g	μmole/g
Alanine	$CH_3CH(NH_2)COOH$	3.07	345
Arginine	$NH_2C(=NH)NH(CH_2)_3CH(NH_2)COOH$	8.29	476
Aspartic acid	$HOOCCH_2CH(NH_2)COOH$	5.52	425
Cysteine	$HSCH_2CH(NH_2)COOH$	17.08	1,422
Glutamic acid	$HOOCCH_2CH_2CH(NH_2)COOH$	13.02	885
Glycine	NH_2CH_2COOH	3.84	512
Histidine	$C_6H_9N_3O_2$	0.96	62
Isoleucine	$CH_3CH_2CH(CH_3)CH(NH_2)COOH$	2.78	212
Leucine	$(CH_3)_2CHCH_2CH(NH_2)COOH$	6.08	464
Lysine	$NH_2(CH_2)_4CH(NH_2)COOH$	2.60	178
Methionine	$CH_3SCH_2CH_2CH(NH_2)COOH$	-	-
Phenylalanine	$C_6H_5CH_2CH(NH_2)COOH$	2.36	143
Proline	$C_5H_9NO_2$	8.67	753
Serine	$HOCH_2CH(NH_2)COOH$	8.94	851
Threonine	$CH_3CH(OH)CH(NH_2)COOH$	6.45	542
Tryptophan	$C_{11}H_{12}N_2O_2$	-	-
Tyrosine	$p\text{-}HOC_6H_4CH_2CH(NH_2)COOH$	2.28	126
Valine	$CH_3CH_2CH(NH_2)COOH$	5.73	490

ที่มา: ดัดแปลงจาก Leon, 1972. Structural aspects of keratin fibers. Journal of the Society of Cosmetic Chemists. Table 1 - 2, pages 428 - 429.

2.3) ไขมัน (Lipid)

เป็นองค์ประกอบเส้นผมประมาณ 3% ทำหน้าที่เคลือบและปกป้องการระเหยของน้ำออกจากเส้นผม ประกอบด้วย คอเลสเตอรอล (cholesterol) กรดไขมัน (fatty acid) เซเรมายด์ (ceramide) เซเรโบรไซด์ (cerebroside) และไขมันมีขั้ว (polar lipid)

2.4) สารอาหารต่าง ๆ (Nutrients)

เป็นองค์ประกอบเส้นผมประมาณ 0.3 – 0.9% ประกอบด้วย กรดอะมิโน โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และสารประกอบอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ

2.5) แร่ธาตุ (Elements)

แร่ธาตุที่เป็นองค์ประกอบของเส้นผม ได้แก่ คาร์บอนประมาณ 45% ออกซิเจนประมาณ 28% ไนโตรเจนประมาณ 15% ไฮโดรเจประมาณ 7% กำมะถันประมาณ 5% และพบแร่ธาตุปริมาณน้อยที่มีความจำเป็น เช่น เหล็กประมาณ 20 – 220 ppm สังกะสีประมาณ 190 ppm ทองแดงประมาณ 10 – 20 ppm และไอโอดีนประมาณ 0.6 ppm (WELLA Professionals, n.d.)

3) วัฏจักรการเจริญของเส้นผม (Hair growth cycle)

เส้นผมมีรูปแบบการเจริญอย่างเป็นแบบแผน คือ มีระยะการเจริญเติบโตสลับด้วยระยะพักไปตลอดจนสิ้นอายุไข อัตราการเจริญของเส้นผมขึ้นอยู่กับตำแหน่งและชนิดของเส้นผมและขน รวมทั้งอายุ เพศ สารอาหารที่ได้รับ และฮอร์โมนของแต่ละคน เส้นผมมีอัตราการงอกประมาณ 0.35 มิลลิเมตรต่อวัน หรือประมาณ 1 เซนติเมตรต่อเดือน (Pelfini, 1969) การเจริญของเส้นผมประกอบด้วยระยะย่อยดังนี้ (ภาพที่ 1.4)

3.1) ระยะแอนนาเจน (Anagen)

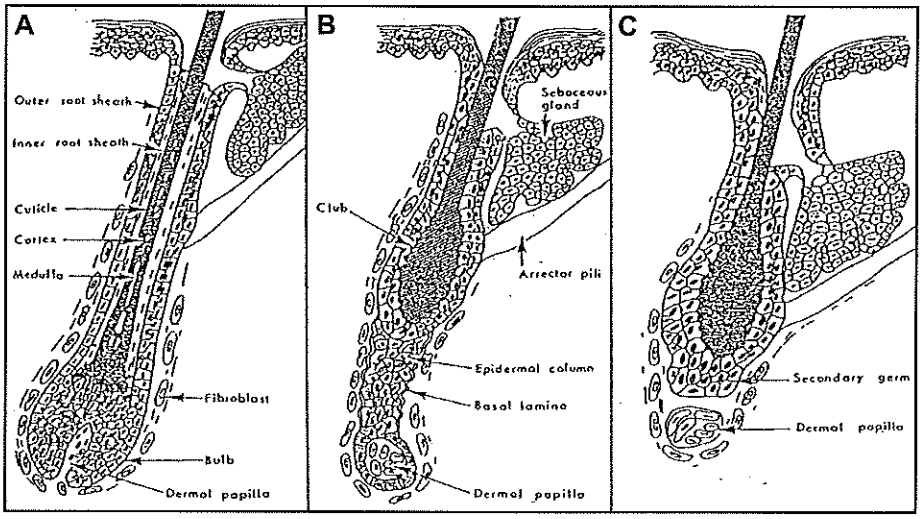
เป็นระยะที่เส้นผมมีการเจริญเติบโต โดยเซลล์เมทริกซ์ที่อยู่ในหน่อผม ได้รับการกระตุ้นการเจริญจากเดอร์มอลแปบพิลลาจึงเคลื่อนที่มารอบ ๆ เดอร์มอลแปบพิลลาและแบ่งตัวอย่างรวดเร็วทำให้เกิดเป็นเส้นผมยืดยาวออกไป เซลล์ใหม่แต่ละชุดจะผลักเซลล์เก่าเคลื่อนขึ้นไปยังชั้นบนของผิวหนัง ในช่วงท้ายของระยะนี้เซลล์เมทริกซ์จะเริ่มแบ่งตัวช้าลง เส้นผมจะอยู่ในระยะนี้นานที่สุดประมาณ 6 – 10 ปี โดย 80% ของเส้นผมบนศีรษะจะอยู่ในระยะนี้

3.2) ระยะคาตาเจน (Catagen)

เป็นระยะที่ต่อจากระยะแอนนาเจน เซลล์รากผมหยุดการแบ่งเซลล์ เซลล์ชั้นบนของรากผมเริ่มตายและมีการสร้างและสะสมเคอราติน (เพื่อให้เส้นผมมีความยืดหยุ่นและแข็งแรง) จึงทำให้รากผมสั้น มีขนาดเล็กลง และมีการเปลี่ยนรูปร่างจากลักษณะกระเปาะเป็นทรงกระบอง (club shape) รากผมเริ่มเคลื่อนที่ขึ้นข้างบน ทำให้รากผมตื้นขึ้น เริ่มขาดเลือดมาเลี้ยงรากผม ทำให้เกิดการหลุดร่วงของเส้นผมได้ง่าย เส้นผมอยู่ในระยะนี้ประมาณ 2 – 3 สัปดาห์ โดย 1% ของเส้นผมบนศีรษะจะอยู่ในระยะนี้

3.3) ระยะเทโลเจน (Telogen)

เป็นระยะที่รากผมหยุดการเจริญอย่างสิ้นเชิง เส้นผมอยู่ในระยะนี้ประมาณ 2 – 4 เดือน ประมาณ 19% ของเส้นผมบนศีรษะจะอยู่ในระยะนี้ หลังจากนั้นเส้นผมจะหลุดร่วงไปตามธรรมชาติ โดยมีเส้นผมหลุดร่วงประมาณ 50 – 100 เส้นต่อวัน



ภาพที่ 1.4 วัฏจักรการเจริญของเส้นผม ประกอบด้วย ระยะ anagen (A) ระยะ catagen (B) และระยะ telogen (C)

ที่มา: Ebling, 1980. The physiology of hair growth. Cosmetic Science. 2: 181 - 232.

หลังระยะเทโลเจนจะเกิดระยะแอนนาเจนอีกครั้ง โดยเซลล์ที่อยู่ต่ำกว่าหน่อผมเดิมจะเจริญล้อมรอบเดอร์มอลแปบพิลลาเดิมไว้ จากนั้นก็จะเริ่มสร้างเป็นหน่อผมใหม่ และเซลล์เมลาโนไซท์ที่อยู่ในเดอร์มอลแปบพิลลาก็จะเริ่มสร้างเม็ดสีเมลานินให้กับเส้นผม การงอกใหม่เกิดขึ้น 20 – 30 รอบต่อตำแหน่ง แต่อาจเกิดการสูญเสียเส้นผมเป็นการถาวรโดยไม่มีการงอกใหม่ได้ หากได้รับปัจจัยที่ทำลายเส้นผม เช่น การได้รับรังสี และพันธุกรรม เป็นต้น

4) สีผม (Hair color)

สีผมถูกกำหนดด้วยเม็ดสีเมลานินซึ่งสร้างมาจากเซลล์เมลาโนไซท์ที่เจริญอยู่ที่เดอร์มอลแปบพิลลา ส่วนใหญ่จะพบเม็ดสีเมลานินสะสมอยู่ในชั้นคอร์เทกซ์ เม็ดสีเมลานินแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ ยูเมลานิน (eumelanin) เม็ดสีชนิดนี้เกิดจากการอัดตัวกันแน่นของกรดอะมิโนไทโรซีน (tyrosine) มีลักษณะค่อนข้างรีขนาดประมาณ 0.35 x 1 ไมโครเมตร ทำให้เส้นผมมีสีน้ำตาลถึงสีดำ และฟีโอเมลานิน (phaeomelanin) เม็ดสีชนิดนี้เกิดจากการอัดตัวกันแน่นของกรดอะมิโนไทโรซีนและกรดอะมิโนซิสเตอีน มีลักษณะค่อนข้างกลมขนาดประมาณ 0.2 x 0.7 ไมโครเมตร ทำให้เส้นผมมีสีบลอนด์ถึงสีแดง (Swift, 1977) ความแตกต่างของสีผมเกิดจากชนิด จำนวน และความหนาแน่นของเม็ดสีเมลานินที่ต่างกันของแต่ละบุคคล หากเซลล์เมลาโนไซท์ไม่สร้างเม็ดสีเมลานินหรือสร้างน้อยลงจะไม่เกิดสีผม ทำให้เกิดผมหงอกหรือผมขาว (white/gray hair)

สีของเส้นผมตามธรรมชาติแบ่งเป็น 12 ระดับ โดยเรียงตามลำดับจากสีผมที่เข้มมากที่สุด (สีดำ) ไปยังสีผมที่อ่อนที่สุด (สีบลอนด์อ่อนมาก ๆ) (ภาพที่ 1.5)

ภาพที่ 1.5 สีของเส้นผมตามธรรมชาติ

ที่มา: Natural Hair Color Level. n.d. http://www.killerstrands.blogspot.com (accessed 7/22/07)

5) เส้นผมกับงานทางนิติวิทยาศาสตร์ (Hair in Forensic Work))

เส้นผมจัดเป็นวัตถุพยานทางชีวภาพที่สำคัญอย่างหนึ่งในทางนิติวิทยาศาสตร์ เนื่องจากเส้นผมมีความคงทน ไม่เน่าเปื่อย สามารถนำมาใช้ในการตรวจสอบได้แม้ว่าจะถูกเก็บไว้เป็นระยะเวลานาน (Chang *et al.*, 2005; Chang *et al.*, 2006) เส้นผมมีอัตรางอกคงที่ มีองค์ประกอบทางชีวเคมีที่สามารถตรวจสอบได้ทั้งลักษณะภายนอกหรือภายในเส้นผม รวมทั้งวัตถุพยานประเภทเส้นผมมักจะพบอยู่เสมอเมื่อมีคดีต่าง ๆ เกิดขึ้น เพราะเส้นผมถูกเคลื่อนย้ายได้ง่ายระหว่างที่มีการสัมผัสร่างกายกัน ดังนั้นการตรวจพิสูจน์เส้นผมจึงสามารถเชื่อมโยงผู้กระทำผิดและเหยื่อเข้ากับสถานที่เกิดเหตุได้

6) การตรวจพิสูจน์เส้นผม (Identification of hair)

การตรวจพิสูจน์เส้นผมเพื่อที่จะทราบว่าเส้นผมเป็นของใคร มีความสัมพันธ์หรือเกี่ยวข้องกับคดีหรือไม่ โดยหลักในการตรวจพิสูจน์เส้นผมประกอบด้วย การพิสูจน์ว่าเป็นเส้นผม การพิสูจน์ว่าเป็นเส้นผมคน และการพิสูจน์ว่าเป็นเส้นผมของใคร

6.1) การพิสูจน์ว่าเป็นเส้นผม

โดยการแยกความแตกต่างระหว่างเส้นผมและเส้นใย ในบางครั้งการตรวจโดยตาเปล่าไม่สามารถแยกเส้นผมและเส้นใยออกจากกันได้ ต้องอาศัยการตรวจด้วยกล้องจุลทรรศน์ ถ้าเป็นเส้นใยมาจากพืชจะต้องพบโครงสร้างที่เป็นเซลลูโลส ขณะที่ถ้าเป็นเส้นใยสังเคราะห์จะมีลักษณะโปร่งใส ถ้าเป็นเส้นผมจะต้องตรวจพบชั้นต่าง ๆ ของเส้นผม ได้แก่ ชั้นคิวทิเคิล ชั้นคอร์เทกซ์ และชั้นเมดัลลา

6.2) การพิสูจน์ว่าเป็นเส้นผมคน

โดยการแยกความแตกต่างระหว่างเส้นผมมนุษย์และขนสัตว์ ปกติแล้วเส้นผมมนุษย์สามารถแยกออกจากขนสัตว์ต่าง ๆ ได้ง่าย โดยมีความแตกต่างที่สำคัญระหว่างเส้นผมมนุษย์และขนสัตว์ดังแสดงในตารางที่ 1.3 แต่ในบางสภาพที่เส้นผมถูกตัดเป็นส่วน หรือผ่านการแช่ในสารฟอกสี อาจทำให้ไม่สามารถแยกความแตกต่างได้ด้วยตาเปล่า ต้องอาศัยการตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์ ลักษณะเส้นผมของมนุษย์มีดังนี้ มีขอบของเส้นผมเรียบไม่พบรอยหยัก หรือปุ่ม มีลักษณะหน้าตัดของเส้นผมคนจะเป็นรูปกลมหรือรีเล็กน้อยแล้วแต่เชื้อชาติ มีเมดัลลาแคบ ขนาดประมาณ 1/3 ของความกว้างของเส้นผม ถ้าดูตามยาวอาจพบเป็นทางยาว ๆ และพบได้เป็นช่วง ๆ ไม่ต่อเนื่อง ลักษณะของเมดัลลาจะไม่เป็นเนื้อเดียวกัน มีค่า medulla index น้อยกว่า 0.3 มีคอร์เทกซ์กว้าง บริเวณขอบของคอร์เทกซ์จะพบเม็ดสีเมลานินกระจายอยู่รอบ ๆ มีเกล็ดผมลักษณะเหมือนกระเบื้องซ้อนกันเป็นชั้น ๆ ตั้งแต่รากถึงปลาย (วิโรจน์, 2532)

ตารางที่ 1.3 การเปรียบเทียบลักษณะเส้นผมมนุษย์กับขนสัตว์

ลักษณะ	เส้นผมมนุษย์	ขนสัตว์
1. สี	สม่ำเสมอ	ไม่สม่ำเสมอ
2. คอร์เทกซ์	กว้าง มีขนาดกว้างกว่าเมดัลลา	แคบ มีขนาดเล็กกว่าเมดัลลา
3. การกระจายของเม็ดสีเมลานิน	หนาแน่นไปทางชั้นคิวทิเคิล	หนาแน่นไปทางชั้นเมดัลลา
4. เมดัลลา	กว้าง < 1/3 ของเส้นผม มีลักษณะไม่สม่ำเสมอ ส่วนใหญ่มีแบบไม่ต่อเนื่อง	กว้าง > 1/3 ของเส้นผม ส่วนใหญ่มีแบบต่อเนื่อง
5. ค่า medulla index	< 0.3	≥ 0.3
6. เกล็ดผม	imbricated ตั้งแต่รากถึงปลาย	มีความหลากหลายตาม species

ที่มา: Robertson, 1999. Forensic and microscopic examination of human hair. In: Forensic examination of hair. Table 2.1, page 80.

6.3) การพิสูจน์ว่าเป็นเส้นผมของใคร

การตรวจพิสูจน์นี้มีประโยชน์มากในรูปคดี เพื่อจะพิสูจน์ว่าเส้นผมมีความเกี่ยวข้องในคดีอย่างไร และเป็นพยานหลักฐานที่ช่วยอธิบายถึงพฤติกรรมที่เกิดขึ้นในคดี การพิสูจน์ว่าเป็นเส้นผมของใครนั้นจำเป็นต้องวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ชีวเคมี และโครงสร้างของเส้นผม วิธีการตรวจว่าเป็นเส้นผมของใครมีดังนี้

6.3.1) การตรวจลักษณะโครงสร้างของเส้นผมภายใต้กล้องจุลทรรศน์

การศึกษาโครงสร้างของเส้นผมสามารถทำได้ภายใต้กล้องจุลทรรศน์หลายชนิด เช่น กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (LM) กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน (TEM) กล้องจุลทรรศน์แบบ x-ray photoelectron กล้องจุลทรรศน์แบบ lateral force กล้องจุลทรรศน์แบบ confocal และกล้องจุลทรรศน์แบบ atomic force (Tomes *et al*., 2007) แต่การตรวจพิสูจน์โครงสร้างของเส้นผมในห้องปฏิบัติการทางนิติวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่มักจะศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง โดยศึกษาลักษณะต่าง ๆ ของเส้นผมมีดังนี้

- การเปรียบเทียบลักษณะภายนอกของเส้นผมด้วยเทคนิค dry mounts เช่น การศึกษาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ลักษณะของเกล็ดผม สีผม ลักษณะของรากและปลายผม ความเสียหายที่เกิดกับผม ลักษณะเนื้อผม และลักษณะพิเศษต่าง ๆ ของเส้นผม

- การเปรียบเทียบลักษณะภายในของเส้นผมด้วยเทคนิค wet mount เช่น การศึกษาการกระจายตัวของ pigment granule และลักษณะของเมดัลลา ในการศึกษาบางครั้งจำเป็นต้องฟอกสีผมด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (hydrogen peroxide) เพื่อให้สามารถมองเห็นโครงสร้างภายในเส้นผมได้อย่างชัดเจน

- ค่า scale count คือ การนับจำนวนของ cuticle scale ต่อความยาวเส้นผม 100 ไมโครเมตร

- ค่า scale index คือ การวัดขนาดสัมพัทธ์ของ cuticle scale โดยคำนวณจากสูตร

$$\text{ค่า scale index} = \frac{\text{ความกว้างของ scale} \times 100}{\text{เส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นผมที่ใหญ่ที่สุด}}$$

- ค่าเปอร์เซ็นต์ของ medulla คือ การคิดเปอร์เซ็นต์ของเมดัลลาที่ปรากฏ โดยแบ่งลักษณะของเมดัลลาออกเป็น 3 แบบ คือ เมดัลลาแบบต่อเนื่อง เมดัลลาแบบไม่ต่อเนื่อง และไม่มีเมดัลลา

- ค่า medulla index เป็นการตรวจเปรียบเทียบขนาดของเมดัลลา โดยคำนวณจากสูตร

$$\text{ค่า medulla index} = \frac{\text{เส้นผ่านศูนย์กลางของเมดัลลา}}{\text{เส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นผม}}$$

- ลักษณะตามขวาง (cross section) เป็นการตรวจสอบรูปร่างของเส้นผมและโครงร่างของเมดัลลาเมื่อตัดขวาง การวัดความหนาของเมดัลลา คอร์เทกซ์ และคิวทิเคิล การวัดการกระจายตัวและตำแหน่งของ pigment granules การวัดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นผมโดยจะวัดเส้นผ่านศูนย์กลางหน้าตัดที่กว้างที่สุด (D_1) และเส้นผ่าน

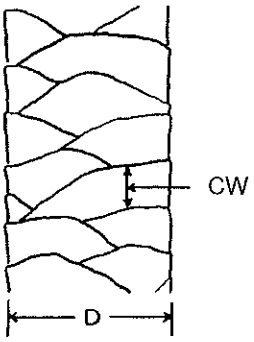
ศูนย์กลางหน้าตัดที่แคบที่สุด (D_2) การคำนวณรูปร่างของเส้นผมโดยใช้ค่า hair index ซึ่งคำนวณได้จากสูตร

$$\text{ค่า hair index} = \frac{D2}{D1} \times 100$$

ถ้าค่า hair index เท่ากับ 50 จะมีรูปร่างหน้าตัดของเส้นผมแบน และถ้าค่า hair index เท่ากับ 100 รูปร่างหน้าตัดของเส้นผมจะเป็นวงกลม

การศึกษาค่าพื้นที่หน้าตัดของเส้นผม โดยคำนวณจากสูตร

$$\text{ค่าพื้นที่หน้าตัด} = \frac{D1xD2}{4} \times \pi$$



ภาพที่ 1.6 การวัดความกว้างของ cuticle scale (CW)
ที่มา: ดัดแปลงจาก Brown, 1942. The microscopy of mamalian hair for anthropologist. Proceedings of the American Philosophical Society. Figure 4, page 252.

6.3.2) การตรวจเพศในเส้นผม ซึ่งประกอบด้วย

- การตรวจดูลักษณะของเส้นผม โดยปกติผู้หญิงจะมีเส้นผมยาว ขนาดเล็ก เป็นมัน ตอนปลายโดยมากจะแตก ในผู้ชายจะมีลักษณะสั้นกว่า หยาบกระด้าง ปลายตัดตรง การตรวจโดยวิธีนี้ไม่สามารถบอกได้แน่ชัดเป็นเพียงหลักฐานสนันสนุน
- การตรวจหา X-Chromatin จากเซลล์บริเวณรากผม โดย X-Chromatin จะย้อมติดสี Cresol violet หรือ Orecin และมีลักษณะกลมรีติดกับผนังเซลล์ ในผู้หญิงจะพบ 51 – 77% ในผู้ชายจะพบ 0 – 4% (Schmidt, 1967)
- การตรวจหา Y-Chromosome ในเส้นผมหรือเซลล์บริเวณรากผม โดยการย้อมด้วยสี Quinacrine mustard หรือ Quinacrine hydrochloride จะพบ Y-Chromosome เป็นสารเรืองแสง ในผู้ชายจะพบ 56 - 98% ในเซลล์รากผม และ 37 - 74% ในคอร์เทกซ์ ในผู้หญิงจะพบ 0 - 4% ในเซลล์รากผม และ 0 - 12% ในคอร์เทกซ์ (วิโรจน์, 2529)

6.3.3) การตรวจอายุจากเส้นผม ลักษณะของเส้นผมจะสามารถบอกอายุของเจ้าของเส้นผมได้ โดยการตรวจลักษณะต่าง ๆ ดังนี้

- การตรวจขนาดของเส้นผม เส้นผมเด็กจะมีขนาดเล็ก อ่อนนุ่ม ละเอียด ตอนปลายจะเรียวไม่แตก ขนาดของรากผมและปลายผมจะใกล้เคียงกัน
- การตรวจลักษณะเกล็ดผม ผู้ใหญ่มีลักษณะลายเปลือกเป็นแบบ Irregular anular เด็กจะเป็นแบบ Anular
- การตรวจค่า medulla index ในคนสูงอายุจะมีค่า medulla index เพิ่มขึ้น และผมหงอกจะมีค่า medulla index สูงกว่าผมสีดำ (Longia, 1966)

6.3.4) การตรวจหาหมู่เลือดและหมู่เอนไซม์

- การตรวจหาหมู่เลือดในเส้นผม มีการศึกษาหาหมู่เลือดในเส้นผมหลายวิธี แต่วิธีที่ได้ผลดีที่สุด คือ absorption elution (Wybrandt and Chisum, 1971)
- การตรวจหาหมู่เอนไซม์ในเส้นผม ภายในเส้นผมสามารถตรวจหาหมู่เอนไซม์ได้ โดยวิธีแยกด้วยกระแสไฟฟ้า (electrophoresis) เอนไซม์ที่สามารถแยกได้จากเส้นผม ได้แก่ Phosphoglucomutase, Adenylate kinase, Adenosine deaminase, Esterase-D, α-L Fucosinase และ Glyoxalase เป็นต้น นอกจากนี้สามารถแยกเอนไซม์ acid phosphstase ได้จากเส้นผมที่มีราก แต่ไม่สามารถแยกจากเส้นผมได้โดยตรง (Twibell and Whiterhead, 1978)

6.3.5) การตรวจหาปริมาณของธาตุต่าง ๆ ในเส้นผม

การตรวจนี้เป็นการหาปริมาณของธาตุต่าง ๆ ในเส้นผมที่พบ แล้วนำมาเปรียบเทียบว่าเป็นของใคร วิธีการตรวจค่อนข้างซับซ้อนและมีข้อด้อย คือ ธาตุต่าง ๆ ที่พบอาจไม่ได้อยู่ภายในเส้นผม แต่เกิดจากการปนเปื้อนจากภายนอก วิธีที่ใช้ตรวจ ได้แก่ neutron activation analysis (NAA), gamma ray spectra, non frame atomic absorption spectrophotometry และ frame atomic absorption spectrophotometry เป็นต้น ปริมาณธาตุต่าง ๆ ในเส้นผมของแต่ละคนจะแตกต่างกัน เนื่องจากสารอาหารที่ได้รับของแต่ละคนจึงสามารถนำมาใช้ในการตรวจพิสูจน์เปรียบเทียบแหล่งที่มาของเส้นผมได้ (Forslev, 1966)

6.3.6) การตรวจเชื้อชาติจากเส้นผม

แม้ว่าผู้ที่มีกลุ่มเชื้อชาติแตกต่างกันจะมีกรดอะมิโนที่เป็นองค์ประกอบของเส้นผมคล้ายคลึงกันดังแสดงในตารางที่ 1.4 แต่ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเส้นผมจะไม่เหมือนกัน (ตารางที่ 1.5) ดังนั้นการตรวจพิสูจน์ผมจากกล้องจุลทรรศน์สามารถแยกกลุ่มเชื้อชาติหนึ่งออกจากกลุ่มเชื้อชาติอื่น ๆ ได้ และพบว่าเส้นผมสามารถแยกแยะเชื้อชาติได้ดีกว่าเส้นขนจากส่วนอื่น ๆ ของร่างกาย (Deedric, 2000) โดยเส้นผมแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มหลัก ๆ ตามกลุ่มเชื้อชาติต่าง ๆ ดังนี้

ตารางที่ 1.4 ปริมาณกรดอะมิโนที่เป็นองค์ประกอบของเส้นผมในกลุ่มเชื้อชาติต่าง ๆ (μM/g)

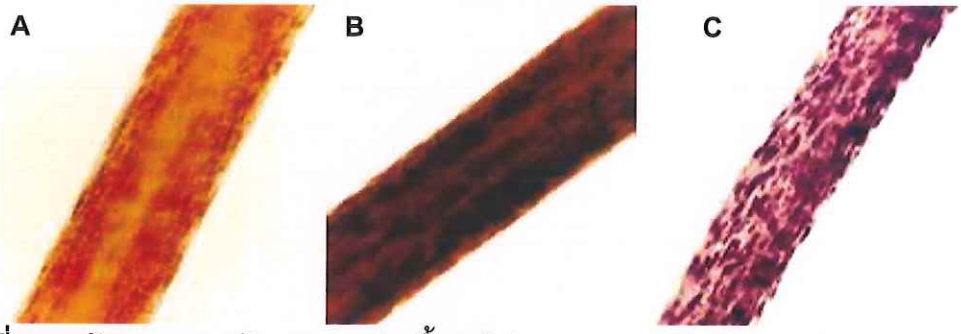
ชนิดกรดอะมิโน	คนยุโรป	คนเอเชีย	คนแอฟริกัน
Alanine	345 - 475	370 - 415	370 - 509
Arginine	466 - 534	492 -510	482 - 540
Aspartic acid	407 - 455	456 - 500	436 - 452
Cysteic acid	22 - 58	35 - 41	10 - 30
½ Cystine	1,268 - 1,608	1,175 - 1,357	1,310 - 1,420
Glutamic acid	868 - 1,053	1,026 - 1,082	915 - 1,017
Glycine	450 - 544	454 - 498	467 - 542
Histidine	56 - 70	57 - 63	60 - 85
Isoleucine	188 - 255	205 - 244	224 - 282
Leucine	442 - 558	515 - 546	484 - 573
Lysine	178 - 220	182 - 196	198 - 236
Methionine	8 - 54	21 - 37	6 - 42
Phenylalanine	124 - 150	129 - 143	139 - 181
Proline	588 - 753	615 - 683	642 - 697
Serine	851 - 1,076	986 - 1,101	672 - 1,130
Threonine	542 - 654	568 - 593	580 - 618
Tyrosine	126 - 194	131 - 170	179 - 202
Valine	405 - 542	421 - 493	442 - 573

ที่มา: Walfram, 2003. Human hair: a unique physicochemical composite. Journal of the American Academy of Dermatology. Table 1, page S109.

เส้นผมของกลุ่มเชื้อชาติ Caucasoid หรือคนยุโรป มีลักษณะละเอียดถึงหยาบปานกลาง ส่วนใหญ่ตรง หรือเป็นลอน สีที่แสดงออกมาอยู่ในช่วงบลอนด์น้ำตาลถึงดำ หน้าตัดของเส้นผมมีความหลากหลายตั้งแต่กลมถึงรูปไข่ เส้นผมมีขนาดละเอียดถึงปานกลาง มีการกระจายของ pigment granules อย่างสม่ำเสมอ (ภาพที่ 1.7 A)

เส้นผมของกลุ่มเชื้อชาติ Mongoloid หรือคนเอเชีย มีลักษณะหยาบ ยาวตรง หน้าตัดของเส้นผมกลมกว่า และมีคิวทิเคิลหนากว่ากลุ่มเชื้อชาติอื่น ๆ เมดัลลาเป็นแบบต่อเนื่องและกว้าง ชั้นคอร์เทกซ์มี pigment granules ขนาดใหญ่กว่ากลุ่มเชื้อชาติ Caucasoid และมักปรากฏเป็นกลุ่ม ๆ อยู่ในเส้นผม ลักษณะของ pigment ที่ปรากฏค่อนข้างแดง (ภาพที่ 1.7 B)

เส้นผมของกลุ่มเชื้อชาติ Negroid หรือคนแอฟริกัน มีลักษณะสั้นเป็นลอน หรือหยิกมาก หน้าตัดของเส้นผมแบน pigment granules มีขนาดใหญ่กว่าที่พบในกลุ่มเชื้อชาติอื่น ๆ เป็นกลุ่มเชื้อชาติที่มีขนาดและรูปร่างเส้นผมความแตกต่างกัน มีความหนาแน่นของ pigment ในเส้นผมมาก ทำให้เส้นผมมีสีดำ เส้นผมของกลุ่มเชื้อชาตินี้มีเส้นผ่านศูนย์กลางที่หลากหลาย เนื่องจากหน้าตัดของเส้นผมมีลักษณะแบนตามธรรมชาติ อาจเกิดการบิดตัวของเส้นผมที่วางอยู่บนกล้องจุลทรรศน์ และเส้นผมมักมีรอยแตก (ภาพที่ 1.7 C)



ภาพที่ 1.7. ลักษณะของเส้นผมของกลุ่มเชื้อชาติต่าง ๆ (A) Caucasian, (B) Mongoloid และ (C) Negroid

ที่มา: ดัดแปลงจาก Deedrick, 2000. Hairs, fibers, crime, and evidence. Forensic Science Communications. Figures 12 - 14, pages 7 - 8.

ตารางที่ 1.5 ลักษณะเส้นผมของกลุ่มเชื้อชาติต่าง ๆ

ลักษณะ	คนยุโรป	คนเอเชีย	คนแอฟริกัน
รูปร่าง	ค่อนข้างรี	ค่อนข้างกลม	รีถึงแบน
D_1, D_2 (μm)	74, 47	92, 71	89, 44
จำนวน cuticle scale	6-7	5-6	6-7
ความหนา cuticle scale (μm)	0.3-0.5	0.3-0.5	0.3-0.5
ค่า hair index	63.51	77.17	49.44
ค่าพื้นที่หน้าตัด (μm^2)	2,731.61	5,130.22	3,075.62

ที่มา: ดัดแปลงจาก Torre, and Bhushan, 2006. Investigation of scale effects and directionality dependence on friction and adhesion of human hair using AFM and macroscale friction test apparatus. Ultramicroscopy. Table 1, page 721.

สำนักทรัพยากรการเรียนรู้คุณหญิงหลง อรรถกระวีสุนทร

1.2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในอดีตมีการศึกษาเปรียบเทียบลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเส้นผมระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์ต่าง ๆ ในโลกดังนี้

Pruner (1863) ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างรูปร่างหน้าตัดกับความหยักของเส้นผมในกลุ่มชาติพันธุ์ต่าง ๆ พบว่าเส้นผมที่มีความหยักมากขึ้นจะมีลักษณะหน้าตัดเส้นผมที่รีมากขึ้น ขณะที่เส้นผมที่มีความตรงจะมีลักษณะหน้าตัดเส้นผมกลม และพบว่าเส้นผมกลุ่มชาติพันธุ์ Bosjemans ปาปัว และแอฟริกันมีรูปร่างหน้าตัดบางและแบนมากที่สุด ขณะที่เส้นผมกลุ่มชาติพันธุ์โพลีนีเซีย มาเลย์ ธิเบต ไทย ญี่ปุ่น อินเดียนแดง และเอสกิโมมีรูปร่างหน้าตัดกลมมากที่สุด นอกจากนี้ Pruner ยังได้ทำการศึกษาลักษณะเมดัลลาในเส้นผมจำนวน 122 กลุ่มชาติพันธุ์ทั่วโลก ทำให้จำแนกลักษณะของเมดัลลาออกเป็น 3 แบบ คือ แบบต่อเนื่อง แบบไม่ต่อเนื่อง และแบบไม่มีเมดัลลา และพบว่าลักษณะของเมดัลลามีความสัมพันธ์กับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นผม โดยกลุ่มชาติพันธุ์ที่มีเส้นผมขนาดเล็กมักจะไม่มีเมดัลลา และกลุ่มชาติพันธุ์ที่มีเส้นผมขนาดใหญ่มากขึ้นลักษณะของเมดัลลาก็จะเป็นแบบต่อเนื่องเพิ่มขึ้น

Hausman (1925) ทำการศึกษาลักษณะของ cuticle scale ในเส้นผมจำนวน 94 กลุ่มชาติพันธุ์ใน 5 กลุ่มเชื้อชาติทั่วโลก ได้แก่ (1) European Race ประกอบด้วย กลุ่มชาติพันธุ์ South Mediteranean และ North Mediteranean (2) African Race ประกอบด้วย กลุ่มชาติพันธุ์ Negrillo, Negro และ Negroid (3) Asiatic หรือ Mongolian Race ประกอบด้วย กลุ่มชาติพันธุ์ Sinitic และ Sibiric (4) American Race ประกอบด้วย กลุ่มชาติพันธุ์ Northern, Central และ Southern (5) Oceanic Race ประกอบด้วย กลุ่มชาติพันธุ์ Negritic, Malayic และ Australic พบว่าความกว้างของ cuticle scale มีความสัมพันธ์กับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นผม โดยกลุ่มชาติพันธุ์ที่มีเส้นผมขนาดใหญ่มักจะมีความกว้างของ cuticle scale น้อย และกลุ่มชาติพันธุ์ที่มีเส้นผมขนาดเล็กลงจะมีความกว้างของ cuticle scale เพิ่มมากขึ้นDuggins and Trotter (1959) ทำการศึกษาค่าพื้นที่หน้าตัด ค่า hair index และค่าเปอร์เซ็นต์ของ medulla ของเส้นผมผู้หญิงกลุ่มชาติพันธุ์ต่าง ๆ พบว่าเส้นผมกลุ่มชาติพันธุ์อินเดียมีค่าเท่ากับ 5,000 - 5,200 μm^2, 74 - 77 และ 32 - 49% เส้นผมกลุ่มชาติพันธุ์ไทยมีค่าเท่ากับ 5,200 μm^2, 81.80 และ 68% ตามลำดับ และเส้นผมกลุ่มชาติพันธุ์จีนมีค่าเท่ากับ 6,000 μm^2, 79.66 และ 30% ตามลำดับ

Vernall (1961) ทำการเปรียบเทียบขนาดและรูปร่างหน้าตัดของเส้นผมจากผู้ชายระหว่าง 4 กลุ่มชาติพันธุ์ ประกอบด้วย จีน อินเดีย ยุโรปตะวันตก และแอฟริกัน โดยเก็บเส้นผมจำนวน 30 เส้น จากตำแหน่งท้ายทอยของผู้ชายอายุ 20-30 ปี จำนวน 86 คน (จีน 20 คน อินเดีย 26 คน ยุโรปตะวันตก 21 คน และแอฟริกัน 19 คน)

ผลการศึกษาค่าเส้นผ่านศูนย์กลางหน้าตัดที่กว้างที่สุด พบว่าผู้ชายกลุ่มชาติพันธุ์แอฟริกันมีค่ามากที่สุด กลุ่มชาติพันธุ์ยุโรปตะวันตกมีค่าน้อยที่สุด โดยกลุ่มชาติพันธุ์ยุโรปตะวันตกมีค่าน้อยกว่ากลุ่มชาติพันธุ์อื่นอย่างมีนัยสำคัญ (กลุ่มชาติพันธุ์จีน = 94.28 ± 3.05 μm กลุ่มชาติพันธุ์อินเดีย = 92.94 ± 1.93 μm)

ผลการศึกษาค่าเส้นผ่านศูนย์กลางหน้าตัดที่แคบที่สุด พบว่าผู้ชายกลุ่มชาติพันธุ์จีนมีค่ามากที่สุด (76.97 ± 2.12 μm) กลุ่มชาติพันธุ์ยุโรปตะวันตกมีค่าน้อยที่สุด โดยทุกกลุ่มชาติพันธุ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ยกเว้นกลุ่มชาติพันธุ์ยุโรปตะวันตกและแอฟริกันมีค่าไม่แตกต่างกัน (กลุ่มชาติพันธุ์อินเดีย = 66.49 ± 1.54 μm)

ผลการศึกษาค่าพื้นที่หน้าตัด พบว่าผู้ชายกลุ่มชาติพันธุ์จีนมีค่ามากที่สุด (5,816.9 ± 407.2 μm^2) กลุ่มชาติพันธุ์ยุโรปตะวันตกมีค่าน้อยที่สุด โดยกลุ่มชาติพันธุ์ยุโรปตะวันตกมีค่าน้อยกว่ากลุ่มชาติพันธุ์อื่นอย่างมีนัยสำคัญ กลุ่มชาติพันธุ์แอฟริกันมีค่าน้อยกว่ากลุ่มชาติพันธุ์จีนอย่างมีนัยสำคัญ ($p = 0.05 - 0.01$) ส่วนกลุ่มชาติพันธุ์อินเดีย (4,993.5 ± 202.6 μm^2) มีค่าไม่แตกต่างจากกลุ่มชาติพันธุ์จีนและกลุ่มชาติพันธุ์แอฟริกัน

ผลการศึกษาค่า hair index พบว่าผู้ชายกลุ่มชาติพันธุ์จีนมีลักษณะหน้าตัดกลมมากที่สุด (82.64 ± 1.17) กลุ่มชาติพันธุ์แอฟริกันมีลักษณะหน้าตัดแบนที่สุด โดยทุกกลุ่มชาติพันธุ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ยกเว้นกลุ่มชาติพันธุ์อินเดีย (72.92 ± 1.12) และกลุ่มชาติพันธุ์ยุโรปตะวันตกไม่แตกต่างกัน

เมื่อเปรียบเทียบความแปรปรวนของเส้นผม พบว่าเส้นผมแต่ละคนแม้ว่าจะมีความแปรปรวนมาก และความแปรปรวนมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบระหว่างบุคคลกลุ่มชาติพันธุ์เดียวกัน แต่ความแปรปรวนนี้จะมีค่ามากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบระหว่างบุคคลที่อยู่ต่างกลุ่มชาติพันธุ์กัน

Banerjee (1962) ทำการศึกษาลักษณะของ medulla และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นผมจำนวน 1,295 เส้นจาก 4 กลุ่มเชื้อชาติ ประกอบด้วย Australoid (ผู้ชาย 5 คน ประกอบด้วย กลุ่มชาติพันธุ์ Oraon 2 คน และ Karda 3 คน ผู้หญิงกลุ่มชาติพันธุ์ Karda 2 คน) Mundari (ผู้ชาย 3 คน ประกอบด้วย กลุ่มชาติพันธุ์ Munda 1 คน และ Santal 2 คน) Mongoloid (ผู้ชายกลุ่มชาติพันธุ์จีน 1 คน) และ Negrito (ผู้ชายกลุ่มชาติพันธุ์ Onge 1 คน) โดยตัดเส้นผมมาจากบริเวณกลางศีรษะทุกคน คนละ 100 เส้น ยกเว้นผู้หญิง Kadar 1 คนที่มีลักษณะเส้นผม 2 แบบ จะตัดเส้นผมจากบริเวณศีรษะด้านหน้าและท้ายทอยบริเวณละ 100 เส้น จากนั้นเปรียบเทียบลักษณะของเส้นผมแต่ละคน

ผลการศึกษาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นผม พบว่าผู้ชาย Munda ที่มีผมตรงมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นผมมากที่สุด และเด็กผู้ชาย Kadar ที่มีเส้นผมหยิกมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นผมน้อยที่สุด (ผู้ชายกลุ่มชาติพันธุ์จีน = 116.30 ± 19.10 μm)

ผลการศึกษาลักษณะของ medulla พบว่าคนส่วนใหญ่มีลักษณะของ medulla ทั้ง 3 แบบ ยกเว้นเด็กผู้ชาย Kadar ที่มีเส้นผมหยิกที่เส้นผมทั้งหมดไม่มี medulla ลักษณะของ medulla ที่พบส่วนใหญ่จะเป็นแบบไม่มี medulla เส้นผมของผู้ชาย Onge และผู้หญิง Kadar ที่มีผม 2 แบบมีลักษณะของ medulla แบบไม่มี medulla มากกว่าแบบไม่ต่อเนื่อง โดยพบว่าเส้นผมจากบริเวณศีรษะด้านหน้าไม่มี medulla มากกว่าเส้นผมจากบริเวณท้ายทอย และพบว่าเส้นผมของทุกคนจะมีลักษณะของ medulla แบบไม่ต่อเนื่องมากกว่าแบบต่อเนื่อง ยกเว้นผู้ชาย Munda ที่มี medulla ทั้ง 2 แบบใกล้เคียงกัน (เส้นผมผู้ชายกลุ่มชาติพันธุ์จีนจำนวน 95 เส้น: ไม่มีเมดัลลา 6 เส้น เมดัลลาแบบไม่ต่อเนื่อง 62 เส้น เมดัลลาแบบต่อเนื่อง 27 เส้น และมีเปอร์เซนต์ของเมดัลลาเท่ากับ 93.7%)

เมื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะของ medulla กับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นผม พบว่าเส้นผมที่ไม่มี medulla จะมีขนาดเล็กที่สุด และเส้นผมที่มี medulla แบบต่อเนื่องจะมีขนาดใหญ่ที่สุด

Kerley and Rosen (1973) ทำการศึกษาค่าพื้นที่หน้าตัดของเส้นผมและค่า hair index ในกลุ่มชาติพันธุ์ Hawaiian โดยเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์ Hawaiian ดั้งเดิมกับลูกผสมอีก 3 กลุ่มที่มีเชื้อสาย Hawaiian พบว่าค่าพื้นที่หน้าตัดของเส้นผมกลุ่มชาติพันธุ์ Hawaiian ดั้งเดิมมีค่ามากที่สุด และค่าพื้นที่หน้าตัดของเส้นผมจะลดลงในกลุ่มลูกผสมที่มีเปอร์เซ็นต์เชื้อสาย Hawaiian ลดลง ในกลุ่มที่มีเปอร์เซ็นต์เชื้อสาย Hawaiian ดั้งเดิมน้อยกว่า 50% จะมีค่าพื้นที่หน้าตัดใกล้เคียงกับกลุ่มชาติพันธุ์อื่น ๆ นั่นคือค่าพื้นที่หน้าตัดของเส้นผมจะถูกเหนี่ยวนำโดยยีนในกลุ่มชาติพันธุ์อื่น ๆ ที่ผสมอยู่ ทำให้ค่าพื้นที่หน้าตัดของเส้นผมมีค่าลดลง ส่วนค่า hair index พบว่าไม่มีความสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์เชื้อสาย Hawaiian

เมื่อเปรียบเทียบค่าพื้นที่หน้าตัดของเส้นผมและค่า hair index ในกลุ่มชาติพันธุ์ Hawaiian ดั้งเดิม กับกลุ่มชาติพันธุ์อื่น ๆ ที่มีการรายงานไว้ พบว่ากลุ่มชาติพันธุ์ Hawaiian มีค่าพื้นที่หน้าตัด (6,380.7 ± 1,881.0 μm^2) มากกว่าของกลุ่มชาติพันธุ์จีน (5,816.9 ± 407.2 μm^2) ส่วนค่า hair index พบว่ากลุ่มชาติพันธุ์ Hawaiian มีค่าใกล้เคียงกับกลุ่มชาติพันธุ์ยุโรปตะวันตก

Pacini *et al.* (1983) ทำการศึกษาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นผม ความสูงของ scale ความกว้างของ scale จำนวน scale และค่า scale index จากคนอายุ 20 ปีที่มีสุขภาพแข็งแรง ภายใต้กล้อง SEM โดยแบ่งเป็นอาสาสมัครผมสีบลอนด์และผมสีดำ (ผู้ชาย 50 คนและผู้หญิง 50 คน) พบว่า (1) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นผมและรูปแบบของ cuticle scale ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างเส้นผมสีบลอนด์กับเส้นผมสีดำ และระหว่างเส้นผมผู้ชายและเส้นผมผู้หญิง (2) ความกว้างของ cuticle scale จะแปรผกผันกับจำนวนของ cuticle scale (3) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นผมจะแปรผกผันกับความกว้างของ cuticle scale และจะแปรผันตามกับจำนวนและความสูงของ cuticle scale

Lindelöf *et al.* (1988) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างรูปร่างหน้าตัดของเส้นผมกับการสร้างเส้นผมของ hair follicle ที่ทำให้เส้นผมมีลักษณะตรง หยัก หรือหยิก โดยการตัด section ตัวอย่าง hair follicle ของคน 10 คน จาก 3 กลุ่มเชื้อชาติ ทำการศึกษาภายใต้กล้อง LM และ SEM แล้วใช้คอมพิวเตอร์สร้างภาพ 3 มิติ เพื่อแสดงลักษณะของ follicle ที่จะควบคุมการสร้างเส้นผม ผลการศึกษาพบว่าคนแอฟริกันมี hair follicle เป็นเกลียว ขณะที่คนเอเชียมี hair follicle ตรง ส่วนคนยุโรปมี hair follicle ที่ค่อนข้างหลากหลาย แม้ว่าคนยุโรปมี hair follicle ตรงก็อาจจะสร้างเส้นผมที่มีหน้าตัดรีได้

Lamb and Tucker (1994) อธิบายเกี่ยวกับการตรวจพิสูจน์เส้นผม เพื่อที่จะหาคนร้ายในคดีข่มขืน เมื่อตรวจสอบเส้นผมที่ติดอยู่ที่ตัวเหยื่อจากคดีที่เกิดขึ้น 4 คดี พบว่าคนร้ายทั้ง 4 คดีเป็นผู้ชายชาติพันธุ์ Afro-Caribbean ในช่วง 1 เดือนหลังจากเกิดคดีที่ 3 ตำรวจได้ตัวผู้ต้องสงสัยมา 120 คน โดย 2 คนปฏิเสธที่จะให้ตัวอย่างเส้นผม จึงมีตัวอย่างเส้นผมจากผู้ต้องสงสัยทั้งหมด 118 คน จากนั้นจึงทำการเปรียบเทียบลักษณะเส้นผมของคนร้ายกับตัวอย่างเส้นผมจากผู้ต้องสงสัย 118 คน โดยการคัดเลือกตัวอย่างเส้นผมจากการเปรียบเทียบสีผมโดยใช้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยายต่ำและใช้แสงแบบเล็กน้อย (incident lighting) และแยกเส้นผมที่มีลักษณะแตกต่างจากคนร้ายออกไปได้ 73 เส้น คิดเป็น 61.8% และเมื่อเปรียบเทียบโดยใช้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยายสูงและใช้แสงแบบส่องผ่าน (transmitted light) ทำการตรวจสอบสีของเส้นผม ขนาด ความหนาแน่น และการกระจายตัวของ pigment granule พบว่าสามารถคัดแยกตัวอย่างเส้นผมที่แตกต่างจากคนร้ายออกไปได้อีก 34 เส้น คิดเป็น 24.8% ทำให้เหลือเส้นผมของผู้ต้องสงสัยอยู่เพียง 11 เส้น คิดเป็น 9.3% ทำให้สามารถสืบสวนคดีได้ง่ายขึ้น

Khumalo *et al.* (2000) เปรียบเทียบโครงสร้างเส้นผมคนแอฟริกัน คนยุโรป และเอเชียภายใต้กล้อง LM และ SEM พบว่าเส้นผมคนแอฟริกันมีโครงสร้างม้วนแน่นคล้ายสปริง เส้นผมส่วนใหญ่จะพันกันเป็นปม และมีการแตกของเส้นผมมากกว่ากลุ่มเชื้อชาติอื่น ๆ

Franbourg *et al.* (2003) ทำการศึกษาและเปรียบเทียบค่าเส้นผ่านศูนย์กลางที่กว้างที่สุด ค่าเส้นผ่านศูนย์กลางที่แคบที่สุด ค่าพื้นที่หน้าตัด และค่า hair index ของเส้นผมระหว่างคนแอฟริกัน (กลุ่มชาติพันธุ์ฝรั่งเศสหรืออเมริกา) 14 คน คนเอเชีย (กลุ่มชาติพันธุ์จีนหรือญี่ปุ่น) 4 คน และคนยุโรป (กลุ่มชาติพันธุ์แคนนาดาหรือยุโรป) 11 คน พบว่า (1) คนเอเชียมีขนาดพื้นที่หน้าตัดใหญ่ที่สุด ส่วนคนแอฟริกันและคนยุโรปจะใกล้เคียงกัน (2) คนแอฟริกันมีรูปร่างหน้าตัดเส้นผมแบนมากที่สุด (hair index < 60%) ขณะที่คนเอเชียมีรูปร่างหน้าตัดเส้นผมทรงกลมที่สุด (hair index ≈ 82%) และคนยุโรปจะมีรูปร่างหน้าตัดเส้นผมค่อนข้างรีถึงกลม (hair index ≈ 76%) (3) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์ พบว่าคนแอฟริกันมีความแปรปรวนของพื้นที่หน้าตัดเส้นผมมากที่สุด (≈ 8%) แสดงถึงความไม่สม่ำเสมอของพื้นที่หน้าตัดตลอดความยาวเส้นผม (4) เมื่อเปรียบเทียบภายในกลุ่ม พบว่าคนแอฟริกันมีความแปรปรวนของ

รูปร่างหน้าตัดเส้นผมมากที่สุด (≈ 13%) และคนยุโรปมีความแปรปรวนของพื้นที่หน้าตัดเส้นผมมากที่สุด (≈ 26%)

Takahashi *et al.* (2006) ทำการเปรียบเทียบจำนวนชั้นและความกว้างของ cuticle ของเส้นผมคนเอเชียและคนยุโรปกลุ่มละ 200 เส้น ภายใต้กล้อง AFM พบว่าเส้นผมของคนเอเชียมีจำนวนชั้นย่อยของ cuticle และความกว้างของ cuticle scale มากกว่าเส้นผมของคนยุโรป ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Kim *et al.* (2006) ที่ทำการศึกษาความแตกต่างของชั้น cuticle ระหว่างผู้หญิงกลุ่มชาติพันธุ์เกาหลี (20 คน) และยุโรป (8 คน) ที่มีอายุระหว่าง 20 - 29 ปี โดยศึกษาภายใต้กล้อง SEM และ TEM พบว่ารูปร่างหน้าตัด ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางหน้าตัดที่กว้างที่สุด จำนวน cuticle scale ต่อความยาวเส้นผม 100 ไมโครเมตร ความหนาของชั้น cuticle และจำนวนของชั้นย่อยของ cuticle มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์

การตรวจกลุ่มชาติพันธุ์นอกจากจะตรวจได้จากเส้นผมแล้ว เส้นขนจากส่วนอื่น ๆ ของร่างกายก็สามารถนำมาตรวจกลุ่มชาติพันธุ์ได้ เช่น การศึกษาของ Na *et al.* (2006) ที่เปรียบเทียบลักษณะของขนตาของผู้หญิงกลุ่มชาติพันธุ์เกาหลี (20 คน) และยุโรป (10 คน) ที่มีอายุ 20-29 ปี ภายใต้กล้อง LM, SEM และ TEM ผลการศึกษาพบว่า (1) ผู้หญิงกลุ่มชาติพันธุ์เกาหลีมีจำนวนขนตาและมุมงอน้อยกว่าของกลุ่มชาติพันธุ์ยุโรปในทุกบริเวณที่ทำการตรวจ (2) ผู้หญิงกลุ่มชาติพันธุ์เกาหลีมีขนตาตรงเป็นทรงกระบอกมากกว่า มีหน้าตัดของขนตาของลักษณะค่อนข้างกลมกว่า มีความหนาของขนตา จำนวนของ cuticle scale ต่อความยาวขนตา 100 ไมโครเมตร และจำนวนชั้นย่อยของ cuticle มากกว่าขนตาของผู้หญิงกลุ่มชาติพันธุ์ยุโรป (3) ขนตาของทั้ง 2 กลุ่มชาติพันธุ์มีความยาว ลักษณะ cuticle ความหนาของชั้น cuticle และความหนาของชั้นย่อยของ cuticle ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

1.3 วัตถุประสงค์

1.3.1 เพื่อเปรียบเทียบลักษณะจำเพาะของเส้นผมผู้ชายระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์และกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีน

1.3.2 เพื่อสร้างสมการจำแนกกลุ่มชาติพันธุ์จากลักษณะจำเพาะของตัวอย่างเส้นผมด้วยวิธี discriminant analysis

ตารางที่ 1.11 สรุปผลการศึกษาความแตกต่างของลักษณะจำเพาะของเส้นผมกลุ่มชาติพันธุ์ต่าง ๆ ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1959 - 2006

ลักษณะที่ศึกษา	กลุ่มชาติพันธุ์							
	อินเดีย	ไทย	จีน	ญี่ปุ่น	เกาหลี	ฮาวาย	ยุโรป	แอฟริกัน
1. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นผม (μm)	-	-	M: 116.30±1.96[3]	89.78±7.12[6] M: 88.43±6.93[6] F: 91.14±7.40[6]	-	-	-	M: 82.85±1.05[3]
2. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง medulla (μm)	-	-	-	-	-	-	-	-
3. ความหนาของชั้น cuticle (μm)	-	-	-	-	F: 3.77±0.95[8]	-	F: 2.11±0.61[7]	-
4. ความหนาของชั้นย่อยของ cuticle (μm)	-	-	-	-	F: 0.55±0.11[8]	-	F: 0.52±0.06[7]	-
5. จำนวนชั้นย่อยของ cuticle	-	-	-	-	F: 6.67±0.53[8]	-	F: 4.56±1.29[7]	-
6. จำนวน cuticle scale/ความยาว 100 μm	-	-	-	12.73±0.68[8] M: 12.39±0.62[6] F: 13.07±0.57[6]	F: 13.56±0.81[8]	-	F: 11.56±1.42[7]	-
7. ความกว้างของ cuticle scale (μm)	-	-	-	-	-	-	-	-
8. เส้นผ่านศูนย์กลางหน้าตัดที่กว้างที่สุด (μm)	M: 92.94±1.93[2]	-	M: 94.28±3.05[2] 86±1[7]	86±1[7]	F: 91.07±10.27[8]	-	M: 81.94±2.47[2] 80±1[6] F: 64.72±10.09[7]	M: 98.23±2.45[2] 98±2[6]
9. เส้นผ่านศูนย์กลางหน้าตัดที่แคบที่สุด (μm)	M: 66.49±1.54[2]	-	M: 76.79±2.12[2] 70±1[7]	70±1[7]	-	-	M: 56.74±1.33[2] 60±1[6]	M: 58.52±1.87[2] 55±2[6]
10. ค่า medulla index (%)	-	21.1[5] M: 21.3[5] F: 22.1[5]	-	20.80±1.74[6] M: 19.97±1.62[6] F: 21.63±1.50[6]	-	-	-	-
11. ค่า scale index	-	-	-	-	F: 2.24±0.31[6]	-	F: 2.15±0.33[7]	-
12. ค่า hair index	74[1] 77[1] M: 72.92±1.12[2]	81.8[1] 78.98[5] M: 77.23[5] F: 80.73[5]	79.66[1] M: 82.64±1.17[2] 82±4[7]	79.70±5.77[6] M: 78.83±5.96[6] F: 80.56±5.75[6] 82±4[7]	-	74.0±2.4[4]	M: 71.16±1.41[2] 76±4[6]	48.47[1] 55.0[1] M: 59.96±1.07[2] 57±3[6]
13. ค่าพื้นที่หน้าตัด (μm^2)	5,000[1] 5,200[1] M: 4,993.5±202.6[2]	5,200[1] 6,261.3[5] M: 6,518.0[5] F: 6,004.6[5]	6,000[1] M: 5,816.9±407.2[2] 4,804±159[7]	4,804±159[7]	-	6,380.7±1,881.0[4]	M: 3,786.5±185.9[2] 3,857±132[6]	3,300[1] M: 4,648.9±255.8[2] 4,274±215[6]

หมายเหตุ M หมายถึง ผู้ชาย F หมายถึง ผู้หญิง

Duggins and Trotter (1959)[1]; Vernall (1961)[2]; Banerjee (1962)[3]; Kerley and Rosen (1973)[4], Janyawattiwong (1987)[5]; Sato (2002)[6]; Franbourg *et al.* (2003)[7] และ Kim *et al.* (2006)[8]

บทที่ 2

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการศึกษา

2.1 ตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา

ตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา คือ เส้นผมผู้ชายกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์และกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีน โดยเก็บเส้นผมจากอาสาสมัครชายไทยอายุ 20 ปีขึ้นไปที่มีภูมิลำเนาอยู่ใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ ได้แก่ จังหวัดปัตตานี ยะลา และนราธิวาส เกณฑ์คัดเลือกอาสาสมัครกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์พิจารณาจากลักษณะทางกายภาพที่ปรากฏ คือ ตากลมโตสองชั้น ผิวคล้ำ ผมค่อนข้างหยักศก มีบิดามารดาสืบเชื้อสายมาจากชาวมาเลย์ และนับถือศาสนาอิสลาม และเกณฑ์คัดเลือกอาสาสมัครกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีนพิจารณาจากลักษณะทางกายภาพที่ปรากฏ คือ ตาขนาดเล็กชั้นเดียว ผิวขาว ผมค่อนข้างตรง มีบิดามารดาสืบเชื้อสายมาจากชาวจีน และไม่นับถือศาสนาอิสลาม การศึกษานี้ได้ผ่านการพิจารณาและเห็นชอบจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยที่ทดลองในมนุษย์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ เลขที่หนังสือ วท/จธ/50/10-2 (ภาคผนวก ก) และได้รับความยินยอมจากอาสาสมัครทุกคน โดยมีการลงนามเป็นลายลักษณ์อักษรในใบยินยอมเข้าร่วมโครงการ

2.2 สารเคมี

สารเคมีที่ใช้ในการศึกษามีรายชื่อดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 รายชื่อสารเคมีที่ใช้ในการศึกษา

	สารเคมี	ยี่ห้อ
1.	Acetic acid (CH_3COOH)	J.T.Baker
2.	Acetone (C_3H_6O)	QReC
3.	Ammonia (NH_3)	MERCK
4.	Disodium tetraborate ($Na_2B_4O_7.10H_2O$)	CARLO ERBA
5.	Dodecenyl succinic anhydride (DDSA)	EMS
6.	Epon-812	EMS
7.	Ethanol (C_2H_5OH)	MERCK

8.	Glutaraldehyde ($C_5H_8O_2$)	Fluka
9.	Hydrogen peroxide (H_2O_2)	ไฮโดรเย่น สหการ
10.	Lead nitrate ($Pb(No_3)_2$)	EMS
11.	Methanol (CH_3OH)	J.T.Baker
12.	Nadic methyl anhydride (NMA)	EMS
13.	Osmium tetroxide (OsO_4)	EMS
14.	Paraformaldehyde $(CH_2O)_n$	EMS
15.	Permount	Fisher
16.	Propylene oxide (C_3H_6O)	SERVA
17.	Sodium citrate ($C_6H_5Na_3O_7$)	EMS
18.	Sodium hydroxide (NaOH)	BDH
19.	Sodium phosphate dibasic ($Na_2HPO_4.2H_2O$)	CARLO ERBA
20.	Sodium phosphate monobasic ($NaH_2PO_4.2H_2O$)	CARLO ERBA
21.	2,3,6-tridimehylamino methyl phenol (DMP-30)	EMS
22.	Toluidine blue	Fluka
23.	Uranyl acetate	EMS
24.	Xylene ($C_6H_4(CH_3)_2$)	LAB-SCA

2.3 อุปกรณ์และเครื่องมือ

อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษามีรายชื่อดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 รายชื่ออุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

	อุปกรณ์และเครื่องมือ	ยี่ห้อ	รุ่น	ประเทศผู้ผลิต
1.	กระจกปิดสไลด์ (cover slip)	Menzel-glaser	ไม่ระบุ	เยอรมัน
2.	กระดาษกรอง no.1 (filter paper)	Whatman	ไม่ระบุ	อังกฤษ
3.	กระดาษเคลือบไข (wax laminated paper)	ไม่ระบุ	ไม่ระบุ	ไทย
4.	กล่องเก็บสไลด์ (microscope slide box)	S.C.C.	ไม่ระบุ	จีน
5.	กาว (glue)	UHU	Glue pen	อังกฤษ
6.	จานรองเคลือบขี้ผึ้ง (bee wax-coated plate)	Pyrex	ไม่ระบุ	สหรัฐอเมริกา

7.	ซองจดหมาย (envelope)	Tesco	ไม่ระบุ	ไทย
8.	ด้ายใยสังเคราะห์ (dull rayon yarn)	ไม่ระบุ	ไม่ระบุ	ออสเตรเลีย
9.	เทปกาว (adhesive tape)	Kyoto	ไม่ระบุ	ญี่ปุ่น
10.	เทปใส (clear adhesive tape)	3M	ไม่ระบุ	ไทย
11.	นาฬิกาจับเวลา (timer)	Canon	CT-20	จีน
12.	เบ้าฝังตัวอย่าง (embedding mold)	Pelco	ไม่ระบุ	สหรัฐอเมริกา
13.	ใบมีดโกน (razor blade)	Gillette	Super thin	สหรัฐอเมริกา
14.	ใบมีดผ่าตัด (surgical blade)	Gowllands	ไม่ระบุ	อังกฤษ
15.	ปากคีบ (forcep)	Biologie	Dumostar	สวิตเซอร์แลนด์
16.	แผ่นรองตัวอย่าง TEM (grid)	EMS	200 Mesh copper	สหรัฐอเมริกา
17.	ภาชนะรองรับแผ่นเนื้อเยื่อ thick section (boat)	Leica	ไม่ระบุ	ออสเตรเลีย
18.	มีดแก้ว (glass knife)	Leica	ไม่ระบุ	ออสเตรเลีย
19.	มีดเพชร (diamond knife)	Drukker	Standard Ultraknife45°	เนเธอร์แลนด์
20.	ไมโครมิเตอร์ (micrometer)	Olympus	ไม่ระบุ	ญี่ปุ่น
21.	แท่นวางตัวอย่าง SEM (stub)	EMS	ไม่ระบุ	สหรัฐอเมริกา
22.	สไลด์แก้ว (glass slide)	SAIL	ไม่ระบุ	จีน
23.	สไลด์โลหะ (metal slide)	ไม่ระบุ	ไม่ระบุ	ออสเตรเลีย
24.	กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (light microscope, LM)	Olympus	CH2	ญี่ปุ่น
25.	กล้องจุลทรรศน์ที่มีระบบบันทึกภาพดิจิตอล (microscope with digital photomicrography)	Olympus	BX51 DP11	ญี่ปุ่น
26.	กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (scanning electron microscope, SEM)	JEOL	JSM-5800 LV	ญี่ปุ่น
27.	กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน (transmission electron microscope, TEM)	JEOL	JEM-2010 LV	ญี่ปุ่น
28.	กล้องถ่ายภาพดิจิตอล (digital camera)	Canon	IXUS 86015	ญี่ปุ่น
29.	เครื่องเขย่า (orbital shaker)	Stuart	SSM1	อังกฤษ

30.	เครื่องฉาบผิวด้วยโลหะ(sputter coater)	Polaron	SC 7640	อังกฤษ
31.	เครื่องตัดเนื้อเยื่อบางพิเศษ (ultramicrotome)	Leica	MTXL	ออสเตรเลีย
32.	เครื่องทำมีดแก้ว (glass knife maker)	Leica	EMKMR2	ออสเตรเลีย
33.	ตู้ควบคุมความชื้น (desiccator)	Sanplatec	ไม่ระบุ	ญี่ปุ่น
34.	ตู้ดูดควัน (fume hood)	Coptair	ไม่ระบุ	ฝรั่งเศส
35.	ตู้อบ (oven)	Memmert	UNB500	ไอร์แลนด์
36.	แท่นให้ความร้อน (hot plate)	Stuart	CB162	อังกฤษ

2.4. วิธีดำเนินการ

2.4.1 การเก็บตัวอย่างเส้นผม

เก็บตัวอย่างเส้นผมจากอาสาสมัครกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์และกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีนกลุ่มละ 10 คน โดยการถอนเส้นผมให้ติดรากผมจากศีรษะ 5 บริเวณ คือ ด้านหน้า กลางศีรษะ ท้ายทอย ขมับซ้าย และขมับขวา บริเวณละ 5 เส้น ทำให้ได้ตัวอย่างเส้นผมจากอาสาสมัครคนละ 25 เส้น ตัวอย่างเส้นผมถูกเก็บไว้ในซองจดหมายแยกตามบริเวณต่าง ๆ บนศีรษะของแต่ละคน ซองจดหมายที่มีตัวอย่างเส้นผมถูกเก็บรักษาไว้ในตู้ที่ควบคุมความชื้นไม่เกิน 50%

2.4.2 การเตรียมตัวอย่างเส้นผมเบื้องต้น

ล้างทำความสะอาดเส้นผมทั้งเส้น โดยแช่ในสารละลายอีเธอร์และเอธานอลในอัตราส่วน 1:1 ปริมาตร 10 มิลลิลิตร เป็นเวลา 2 นาที แล้วซับเส้นผมให้แห้งด้วยกระดาษกรอง กำหนดความยาวจากปลายรากผมขึ้นมา 13, 29 และ 45 มิลลิเมตร จากนั้นตัดเส้นผมแต่ละตำแหน่งให้มีความยาว 8 มิลลิเมตร ทำให้ได้ตัวอย่างเส้นผมเพื่อใช้ในศึกษา 3 ท่อน คือ ส่วนต้น ส่วนกลาง และส่วนปลายตามลำดับ

2.4.3 การฟอกสีเส้นผม

แช่เส้นผมในสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และแอมโมเนียในอัตราส่วน 1:1 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เป็นเวลา 2.5 - 5 นาที ขึ้นกับความเข้มของสีเส้นผม จากนั้นล้างเส้นผมด้วยน้ำกลั่นปริมาตร 1 มิลลิลิตร จำนวน 2 ครั้ง และซับให้แห้งด้วยกระดาษกรอง

2.4.4 การเตรียมแผ่นสไลด์เส้นผมเพื่อศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง

1) เทคนิค wet mount

ใช้เพื่อศึกษาลักษณะที่ปรากฏตามความยาวของเส้นผม โดยเตรียมตัวอย่างเส้นผมเบื้องต้นตามข้อ 2.4.2 และฟอกสีเส้นผมตามข้อ 2.4.3 วางเส้นผมลงบนสไลด์แก้ว แล้วหยด permount บนเส้นผมและปิดทับ permount ด้วยกระจกปิดสไลด์ เก็บรักษาแผ่นสไลด์เส้นผมในกล่องสไลด์ และนำไปศึกษาตามข้อ 1) ในข้อ 2.4.8

2) เทคนิค dry mount

ใช้เพื่อศึกษาลวดลายของเกล็ดผม (cuticle scale) โดยเตรียมตัวอย่างเส้นผมเบื้องต้นตามข้อ 2.4.2 และฟอกสีเส้นผมตามข้อ 2.4.3 แล้ววางเส้นผมลงบนสไลด์แก้ว และปิดทับเส้นผมด้วยเทปใส ตามวิธีการของ Brown (1942) เก็บรักษาแผ่นสไลด์เส้นผมในกล่องสไลด์ และนำไปศึกษาตามข้อ 2) ในข้อ 2.4.8

3) เทคนิค cross section

ใช้เพื่อศึกษาลักษณะที่ปรากฏตามหน้าตัดของเส้นผม โดยเตรียมตัวอย่างเส้นผมเบื้องต้นตามข้อ 2.4.2 และฟอกสีเส้นผมตามข้อ 2.4.3 จากนั้นนำด้ายใยสังเคราะห์ยาว 1 เซนติเมตร จำนวน 2 เส้นที่เคลือบด้วยกาวพันรอบตัวอย่างเส้นผม จากนั้นสอดเส้นผมที่พันด้วยด้ายใยสังเคราะห์ใส่เข้าไปในช่องของสไลด์โลหะ ใช้ใบมีดโกนตัดตัวอย่างตามขวางทั้งด้านบนและด้านล่างของสไลด์ จะได้แผ่นเส้นผมตัดตามขวาง แล้วหยด permount บนหน้าตัดของเส้นผมและปิดทับ permount ด้วยกระจกปิดสไลด์ ตามวิธีการของ Brunner and Coman (1974) เก็บรักษาแผ่นสไลด์เส้นผมในกล่องสไลด์ และนำไปศึกษาตามข้อ 3) ในข้อ 2.4.8

2.4.5 การเตรียมตัวอย่างเส้นผมเพื่อศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

เตรียมตัวอย่างเส้นผมเบื้องต้นตามข้อ 2.4.2 จากนั้นตัดเส้นผมเป็นท่อนสั้น ๆ ขนาด 2 มิลลิเมตร แล้ววางตัวอย่างทั้งแนวตั้งและแนวนอนบนเทปกาวบน stub นำตัวอย่างไปฉาบผิวด้วยทอง (gold coating) โดยใช้เครื่อง sputter coater เลือกโปรแกรมอัตโนมัติ ใช้เวลาในการฉาบผิว 100 วินาที เก็บรักษาตัวอย่างที่ฉาบผิวด้วยทองแล้วไว้ในตู้ที่ควบคุมความชื้นไม่เกิน 50% ระหว่างรอนำไปศึกษาตามข้อ 2.4.9

2.4.6 การเตรียมตัวอย่างเส้นผมเพื่อการศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน

เตรียมตัวอย่างเส้นผมเบื้องต้นตามข้อ 2.4.2 หลังจากนั้นรักษาสภาพของโปรตีนในเส้นผม (primary fixiation) โดยแช่ในสารละลาย 4% (v/v) glutaraldehyde ใน 0.1 M phosphate buffer solution pH 7.2 (0.2 M sodium phosphate monobasic, 0.2 M sodium phosphate dibasic) ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ล้างตัวอย่างด้วย 0.1 M phosphate buffer solution pH 7.2 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร จำนวน 3 ครั้ง รักษาสภาพไขมันในเส้นผม (secondary fixation) โดยแช่ในสารละลาย 2% (w/v) osmium tetroxide ใน 0.1 M phosphate buffer solution pH 7.2 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร วางบนเครื่องเขย่า เขย่าที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ล้างตัวอย่างด้วย 0.1 M phosphate buffer solution pH 7.2 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร จำนวน 3 ครั้ง

ขจัดน้ำออกจากตัวอย่าง (dehydration) โดยแช่ใน 10%, 30%, 50% และ 70% ethanol ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เป็นเวลา 20 นาที ตามลำดับ แล้วแช่ใน 95% และ 100% ethanol ปริมาตร 1 มิลลิลิตร จำนวน 2 ครั้ง ๆ ละ 20 นาที ตามลำดับ และแช่ใน propylene oxide ปริมาตร 1 มิลลิลิตร จำนวน 2 ครั้ง ๆ ละ 20 นาที เพื่อเข้าแทนที่ ethanol จากนั้นนำตัวกลางเข้าแทนที่ (infiltration) โดยแช่ใน embedding mixture [mixture 1 (epon-812 ปริมาตร 62 มิลลิลิตร, DDSA ปริมาตร 100 มิลลิลิตร), mixture 2 (epon-812 ปริมาตร 100 มิลลิลิตร, NMA ปริมาตร 90 มิลลิลิตร), DMP-30 ปริมาตร 7 มิลลิลิตร]/propylene oxide (1:1) ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เป็นเวลา 2 ชั่วโมง แช่ใน embedding mixture/propylene oxide (2:1) ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เป็นเวลา 3 ชั่วโมง หรือข้ามคืน และแช่ใน embedding mixture ปริมาตร 1 มิลลิลิตร จำนวน 3 ครั้ง ๆ ละ 4 ชั่วโมง โดยวางบนเครื่องเขย่า เขย่าที่อุณหภูมิห้องจนครบเวลาทุกขั้นตอน แล้วจึงวางตัวอย่างใน embedding mold ที่มี embedding mixture และทำให้แข็ง (polymerization) โดยวางไว้ในตู้อบอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

แกะบล็อกตัวอย่าง (TEM block) ออกจาก embedding mold และนำมาใส่ในที่จับบล็อกตัวอย่างยึดให้แน่น และนำมาประกอบเข้ากับเครื่อง ultramicrotome นำมีดแก้วมาประกอบเข้ากับฐานรองมีด แล้วนำมาประกอบกับเครื่อง ultramicrotome ตัดแต่งหน้าบล็อกตัวอย่าง (trimming) ด้วยมีดแก้วจนถึงตัวอย่างเส้นผม และใช้ใบมีดผ่าตัดตัดพลาสติกส่วนเกินออก และตกแต่งให้หน้าบล็อกเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู เพื่อกำหนดตำแหน่งของตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา จากนั้นใช้มีดแก้วตัดตัวอย่างแบบ thick section ซึ่งมีความหนา 400 นาโนเมตร ให้ตกลงไปใน boat ตักแผ่นเนื้อเยื่อ thick section มาลอยในหยดน้ำกลั่นบนสไลด์ วางสไลด์บนแท่นให้ความร้อนอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เพื่อระเหยน้ำออกจากแผ่นเนื้อเยื่อ thick section จนแห้ง

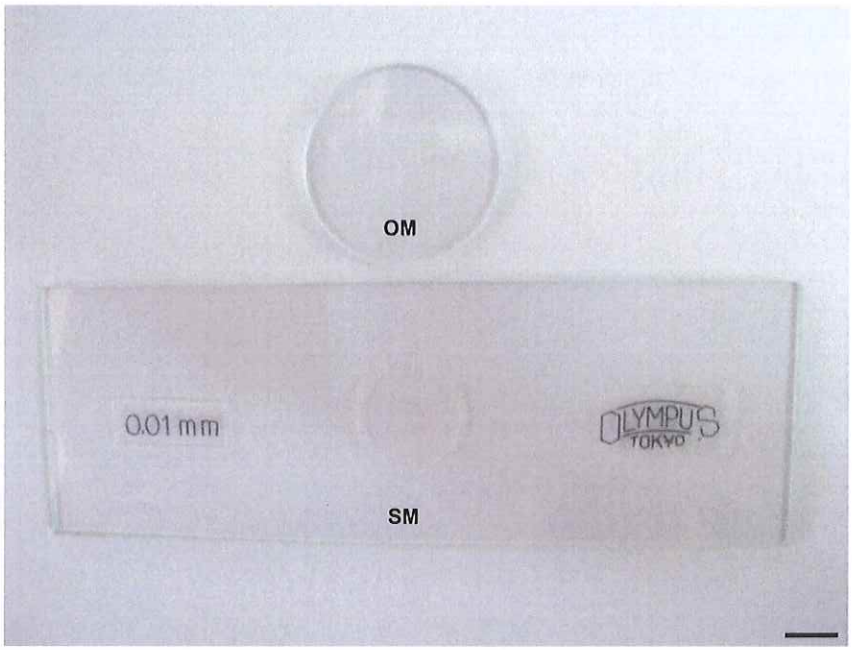
ย้อมสีสไลด์เนื้อเยื่อ thick section ด้วยสารละลาย 0.5% toluidine blue [0.5% (w/v) toluidine blue และ 0.5% (w/v) disodium tetraborate] โดยหยดให้ท่วมเนื้อเยื่อ วางสไลด์บนแท่นให้ความร้อนอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส รอจนขอบหยดสีเป็นสีเงินจึงชะล้างหยดสีออกด้วยน้ำกลั่น จากนั้นทำตัวอย่างให้แห้งบนแท่นให้ความร้อนอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส หยด permount บนแผ่นเนื้อเยื่อ thick section และปิดทับ permount ด้วยกระจกปิดสไลด์ ศึกษาสไลด์เนื้อเยื่อภายใต้กล้อง LM เพื่อตรวจดูบริเวณที่จะนำไปศึกษาภายใต้กล้อง TEM เมื่อได้บริเวณที่ต้องการศึกษาแล้ว ตัดแต่งหน้าบล็อกเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมูอีกครั้งด้วยมีดแก้ว เพื่อกำหนดตำแหน่งของตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา

จากนั้นใช้มีดเพชรตัดตัวอย่างแบบ thin section ซึ่งมีความหนา 90 นาโนเมตร ใช้ grid เลือกตักแผ่นเนื้อเยื่อ thin section ที่สะท้อนแสงเป็นสีทองในน้ำ แสดงว่าตัวอย่างมีความหนาใกล้เคียง 90 นาโนเมตร ซับแผ่นเนื้อเยื่อ thin section ให้แห้งด้วยการวาง grid บนกระดาษกรอง

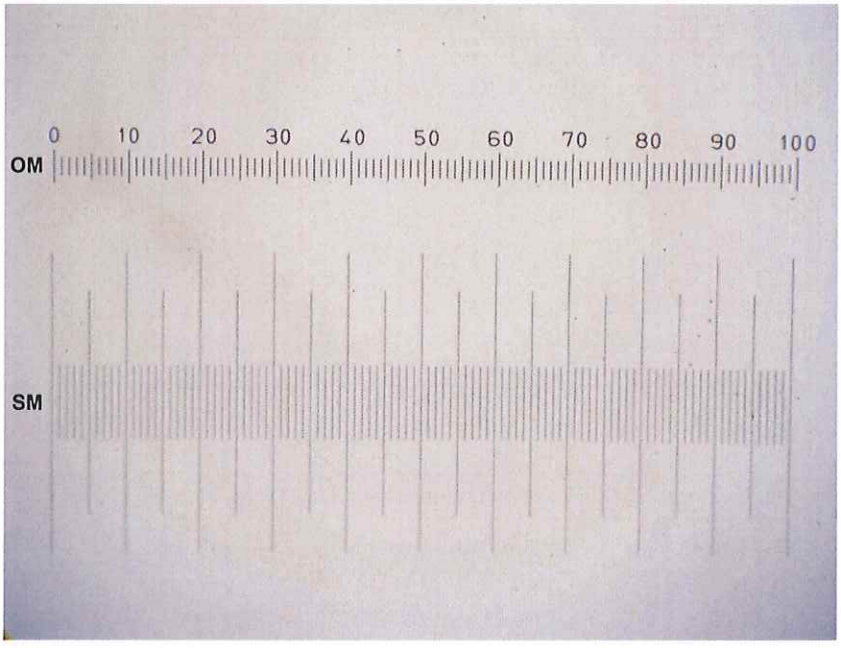
ย้อมสีแผ่นเนื้อเยื่อ thin section ด้วยสารละลาย 5% (w/v) uranyl acetate ใน 70% methanol โดยจัดวางแผ่นกระดาษเคลือบไขในจานรองที่เคลือบด้วยขี้ผึ้ง หยด uranyl acetate บนแผ่นกระดาษไข 1 หยดต่อ 1 grid นำ grid ที่มีแผ่นเนื้อเยื่อ thin section มาลอยบนผิวของ uranyl acetate โดยให้ด้านที่มีแผ่นเนื้อเยื่อคว่ำลง ใช้ภาชนะทึบแสงครอบจานเป็นเวลา 7.5 นาที ชะล้าง grid ด้วยน้ำกลั่นต้มสุก และซับแผ่นเนื้อเยื่อ thin section ให้แห้งด้วยการวาง grid บนกระดาษกรอง จากนั้นย้อมสีด้วยสารละลาย lead citrate [2.66% (w/v) lead nitrate, 3.52% (w/v) sodium citrate และ 4% (w/v) sodium hydroxide] เป็นเวลา 7.5 นาที ขณะย้อมสีวาง sodium hydroxide 2 - 3 เกล็ดไว้ใกล้ ๆ ตัวอย่างเพื่อช่วยดูด CO_2 ในอากาศ ชะล้าง grid และซับแผ่นเนื้อเยื่อ thin section ให้แห้งเช่นเดียวกับการย้อมสีข้างต้น เก็บรักษาตัวอย่างไว้ในตู้ที่ควบคุมความชื้นไม่เกิน 50% ระหว่างรอนำไปศึกษาตามข้อ 2.4.10

2.4.7 การวัดขนาดตัวอย่างเส้นผมภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง

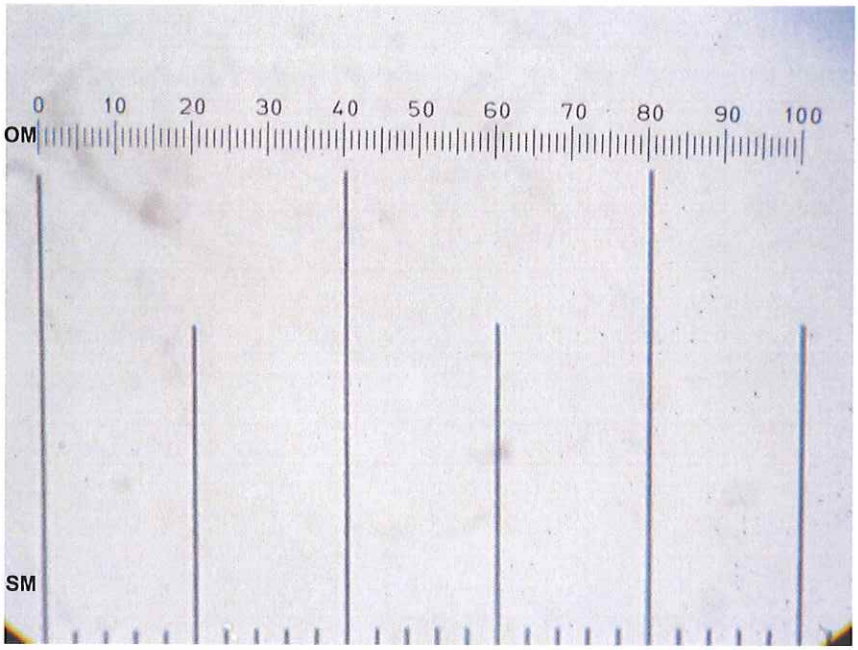
การวัดขนาดตัวอย่างเส้นผมภายใต้กล้อง LM ต้องอาศัยไมโครมิเตอร์เป็นอุปกรณ์ประกอบ ไมโครมิเตอร์มี 2 ชนิด คือ ocular micrometer และ stage micrometer ดังภาพที่ 2.1 โดย ocular micrometer ซึ่งประกอบอยู่กับเลนส์ใกล้ตา (eye piece) จะมีสเกลจำนวน 100 ช่องที่มีขนาดเท่ากัน ความกว้างของแต่ละช่องต้องเทียบจาก stage micrometer ซึ่งมีสเกลจำนวน 100 ช่องที่มีขนาดเท่ากันเช่นกัน โดยความยาวทั้ง 100 ช่องเท่ากับ 1 มิลลิเมตร ทำให้แต่ละช่องบน stage micrometer มีความกว้างเท่ากับ 10 ไมโครเมตร



ภาพที่ 2.1 ภาพถ่าย ocular micrometer (OM) และ stage micrometer (SM) ถ่ายด้วยกล้องถ่ายภาพดิจิตอล (Canon IXUS 86015) สเกลมีความยาวเท่ากับ 5 mm



ภาพที่ 2.2 ภาพถ่ายการเทียบขนาดของ ocular micrometer (OM) กับขนาดของ stage micrometer (SM) ถ่ายด้วยกล้องถ่ายภาพดิจิตอล (Canon IXUS 86015) ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ (Olympus CH2) ที่กำลังขยายของเลนส์ใกล้วัตถุ x10



ภาพที่ 2.3 ภาพถ่ายการเทียบขนาดของ ocular micrometer (OM) กับขนาดของ stage micrometer (SM) ถ่ายด้วยกล้องถ่ายภาพดิจิตอล (Canon IXUS 86015) ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ (Olympus CH2) ที่กำลังขยายของเลนส์ใกล้วัตถุ x40

การเทียบขนาดของ ocular micrometer กับขนาดของ stage micrometer ทำภายใต้กล้อง LM โดยจัดแนวของสเกลเส้นแรกบน ocular และ stage micrometer ซ้อนกันให้สนิท จากนั้นหาตำแหน่งที่สเกลของ ocular และ stage micrometer ซ้อนกันสนิทอีกครั้ง นับจำนวนช่องของ ocular micrometer ที่ซ้อนกันสนิทกับ stage micrometer แล้วคำนวณความกว้างแต่ละช่องของ ocular micrometer โดยเทียบจาก stage micrometer การเทียบขนาดของ ocular micrometer จะทำใหม่ในแต่ละกำลังขยายของเลนส์ใกล้วัตถุ (x4, x10, x40 และ x100) และเรียกค่าที่คำนวณได้ว่า "ค่า calibration factor"

การวัดขนาดของวัตถุที่ต้องการศึกษา จะใช้การนับจำนวนช่องของ ocular micrometer ที่ตกครอบคลุมความกว้างของวัตถุและนำจำนวนช่องที่นับได้มาคูณกับค่า calibration factor

ตัวอย่างการวัดขนาดเส้นผม เมื่อใช้เลนส์ใกล้วัตถุกำลังขยาย x40 ดังภาพที่ 2.3 พบว่า ocular micrometer 20 ช่อง ซ้อนกันสนิทกับ stage micrometer 5 ช่อง ดังนั้น 1 ช่องของ ocular micrometer จะมีขนาดเท่ากับ stage micrometer 0.25 ช่อง ซึ่งมีขนาดความกว้างเท่ากับ 2.5 ไมโครเมตร (1 ช่อง = 10 ไมโครเมตร) ดังนั้นเมื่อใช้เลนส์ใกล้วัตถุกำลังขยาย x40 จะมีค่า calibration factor เท่ากับ 2.5 ไมโครเมตร จากนั้นใช้ ocular micrometer วัดขนาดเส้น

ผ่านศูนย์กลางเส้นผม ถ้านับ ocular micrometer ได้ 40 ช่อง ดังนั้นเส้นผมมีเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 40 x 2.5 ไมโครเมตร = 100 ไมโครเมตร

2.4.8 การศึกษาลักษณะจำเพาะของเส้นผมภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง

1) เทคนิค wet mount

เทคนิค wet mount ใช้ศึกษาลักษณะจำเพาะของเส้นผม 9 ลักษณะ ประกอบด้วย การศึกษาลักษณะเชิงคุณภาพ 5 ลักษณะ ได้แก่ สีของชั้น cortex สีของ cortical pigment สีของ medulla การกระจายตัวของ cortical pigment และลักษณะของ medulla โดยให้คะแนนคุณลักษณะที่พบตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ในตารางที่ 2.3 และใช้ศึกษาลักษณะเชิงปริมาณ 4 ลักษณะ ได้แก่ ค่าที่ได้จากการวัด 3 ค่า (ประกอบด้วย ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นผม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง medulla และความหนาของชั้น cuticle) และค่าที่ได้จากการคำนวณ 1 ค่า คือ ค่า medulla index (คำนวณจากอัตราส่วนของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง medulla ต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นผม)

2) เทคนิค dry mount

เทคนิค dry mount ใช้ศึกษาลักษณะเชิงปริมาณของเส้นผม 3 ลักษณะ ได้แก่ ค่าที่ได้จากการวัด 2 ค่า (ประกอบด้วย จำนวน cuticle scale ต่อความยาวเส้นผม 100 ไมโครเมตร และความกว้างของ cuticle scale) และค่าที่ได้จากการคำนวณ 1 ค่า คือ ค่า scale index (คำนวณจากอัตราส่วนของความกว้างของ cuticle scale ต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นผม)

3) เทคนิค cross section

เทคนิค cross section ใช้ศึกษาลักษณะเชิงปริมาณของเส้นผม 4 ลักษณะ แบ่งเป็น ค่าที่ได้จากการวัด 2 ค่า (ได้แก่ เส้นผ่านศูนย์กลางหน้าตัดด้านที่กว้างที่สุด (D_1) และเส้นผ่านศูนย์กลางหน้าตัดด้านที่แคบที่สุด (D_2)) และค่าที่ได้จากการคำนวณ 2 ค่า (ได้แก่ ค่า hair index (คำนวณจากอัตราส่วนของ D_2 ต่อ D_1) และค่าพื้นที่หน้าตัด (คำนวณจากสูตร $(D_1 \times D_2 / 4) \pi$))

2.4.9 การศึกษาลักษณะจำเพาะของเส้นผมภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน

กล้อง SEM ใช้ศึกษาลักษณะเชิงปริมาณของเส้นผม 7 ลักษณะ ได้แก่ ค่าที่ได้จากการวัดเส้นผมตามยาว 3 ค่า (ได้แก่ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นผม จำนวน cuticle scale ต่อความยาวเส้นผม 100 ไมโครเมตร และความกว้างของ cuticle scale) ค่าที่ได้จากการคำนวณเส้นผมตามยาว 1 ค่า คือ ค่า scale index และค่าที่ได้จากการวัดเส้นผมตามขวาง 3 ค่า

(ได้แก่ ความหนาของชั้น cuticle จำนวนชั้นย่อยของ cuticle และความหนาของชั้นย่อยของ cuticle) เพื่อเป็นยืนยันความถูกต้องของการศึกษาลักษณะจำเพาะของเส้นผมด้วยเทคนิค dry mount ภายใต้กล้อง LM

กล้อง TEM ใช้ศึกษาลักษณะเชิงปริมาณของเส้นผม 3 ลักษณะ ได้แก่ ความหนาของชั้น cuticle จำนวนชั้นย่อยของ cuticle และความหนาของชั้นย่อยของ cuticle เพื่อเป็นยืนยันความถูกต้องของการศึกษาลักษณะจำเพาะของเส้นผมภายใต้กล้อง LM และ SEM

ตารางที่ 2.3 เกณฑ์การให้คะแนนลักษณะเชิงคุณภาพของเส้นผม

ลักษณะเชิงคุณภาพของเส้นผม	ลักษณะที่ปรากฏ	คะแนน
1. สีของชั้น cortex	Black (Bl)	1
	Dark Brown (DB)	2
	Medium Brown (MB)	3
	Light Brown (LB)	4
2. สีของ cortical pigment	Black (Bl)	1
	Dark Brown (DB)	2
	Medium Brown (MB)	3
	Light Brown (LB)	4
3. การกระจายตัวของ cortical pigment	Distributed (Dis)	1
	Towards Cuticle (TC)	2
	Towards Medulla (TM)	3
	To One Side (TOS)	4
4. สีของ medulla	Black (Bl)	1
	Dark Brown (DB)	2
	Medium Brown (MB)	3
	Light Brown (LB)	4
5. ลักษณะของ medulla	Absent (Ab)	1
	Discontinuous (Dc)	2
	Continuous (Con)	3

2.4.10 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

เป็นการวิเคราะห์เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะจำเพาะของเส้นผมกับตำแหน่งบนเส้นผมและบริเวณบนศีรษะ และเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติของลักษณะจำเพาะของเส้นผมระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์กับกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีน โดยใช้โปรแกรม SPSS version 11 และ Microsoft Excel version 2007 ในการวิเคราะห์ตามเงื่อนไขดังนี้

1) การวิเคราะห์ลักษณะเชิงคุณภาพของเส้นผม

ใช้โปรแกรม SPSS และสถิติ Chi-square test เพื่อวิเคราะห์ 3 ประเด็น คือ

1.1) การวิเคราะห์เพื่อหาความสัมพันธ์ของลักษณะเชิงคุณภาพของเส้นผม 5 ลักษณะ (ได้แก่ สีของชั้น cortex สีของ cortical pigment สีของ medulla การกระจายตัวของ cortical pigment และลักษณะของ medulla) ที่กำหนดไว้ในตารางที่ 2.3 กับตำแหน่งต่าง ๆ บนเส้นผม ได้แก่ เส้นผมส่วนต้น ส่วนกลาง และส่วนปลาย (n = 15) โดยเปรียบเทียบทั้งภายในกลุ่มชาติพันธุ์และระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์

1.2) การหาความสัมพันธ์ของลักษณะเชิงคุณภาพของเส้นผมทั้ง 5 ลักษณะกับบริเวณต่าง ๆ บนศีรษะ ได้แก่ ด้านหน้า กลางศีรษะ ท้ายทอย ขมับซ้าย และขมับขวา (n = 9) โดยเปรียบเทียบทั้งภายในกลุ่มชาติพันธุ์และระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์

1.3) การหาความสัมพันธ์ของลักษณะเชิงคุณภาพของเส้นผมทั้ง 5 ลักษณะกับกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์และกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีน (n = 50)

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรลักษณะเชิงคุณภาพ 2 ตัว ใช้สถิติทดสอบ Pearson Chi-square (χ^2) เพื่อแสดงความสัมพันธ์หรือไม่สัมพันธ์กัน และใช้ค่า Contingency coefficient (C) เพื่อแสดงระดับความสัมพันธ์ กำหนดระดับค่าความเชื่อมั่น 95% ($\alpha = 0.05$)

2) การวิเคราะห์ลักษณะเชิงปริมาณของเส้นผม

ใช้โปรแกรม SPSS และสถิติ one-way ANOVA เพื่อวิเคราะห์ 2 ประเด็น คือ

2.1) การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของลักษณะเชิงปริมาณของเส้นผม 3 ลักษณะ (ได้แก่ ค่า medulla index ค่า hair index และค่าพื้นที่หน้าตัด) ที่วัดได้จากเส้นผมส่วนต้น ส่วนกลาง และส่วนปลาย (n = 15) โดยเปรียบเทียบภายในกลุ่มชาติพันธุ์เดียวกัน

2.2) การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของลักษณะเชิงปริมาณของเส้นผม 5 ลักษณะ (ได้แก่ จำนวน cuticle scale ต่อความยาวเส้นผม 100 ไมโครเมตร ความกว้างของ cuticle scale ค่า medulla index ค่า hair index และค่าพื้นที่หน้าตัด) ที่วัดได้จากตำแหน่งต่างๆ บนศีรษะ ได้แก่ ด้านหน้า กลางศีรษะ ท้ายทอย ขมับซ้าย และขมับขวา (n = 9) โดยเปรียบเทียบภายในกลุ่มชาติพันธุ์เดียวกัน กำหนดระดับค่าความเชื่อมั่น 95% ($\alpha = 0.05$)

ใช้โปรแกรม Microsoft Excel และสถิติ student's t-test (one-tailed) หรือใช้โปรแกรม SPSS และสถิติ Mann-Whitney U test เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของลักษณะเชิงปริมาณของเส้นผม 11 ลักษณะ (ได้แก่ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นผม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง medulla ความหนาของชั้น cuticle จำนวน cuticle scale ต่อความยาวเส้นผม 100 ไมโครเมตร ความกว้างของ cuticle scale เส้นผ่านศูนย์กลางหน้าตัดที่กว้างที่สุด เส้นผ่านศูนย์กลางหน้าตัดที่แคบที่สุด ค่า medulla index ค่า scale index ค่า hair index และค่าพื้นที่หน้าตัด) ระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์กับกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีน (n = 50) กำหนดระดับค่าความเชื่อมั่น 95% (α = 0.05)

2.4.11 การวิเคราะห์จำแนกกลุ่ม (Discriminant analysis)

ใช้โปรแกรม SPSS เพื่อวิเคราะห์ discriminant analysis ของลักษณะจำเพาะของเส้นผมจากกล้อง LM ที่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์กับกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีนใช้ตัวอย่างเส้นผมทั้งหมด 100 เส้น (n = 100) แบ่งเป็น 50 เส้นต่อกลุ่มชาติพันธุ์ กำหนดระดับค่าความเชื่อมั่น 95% (α = 0.05)

มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์จำแนกกลุ่มชาติพันธุ์จากตัวอย่างเส้นผม โดยการสร้างสมการจำแนกกลุ่มชาติพันธุ์ (สมการที่ 2.1) ซึ่งเป็นสมการความถดถอยเชิงพหุที่แสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรกลุ่มชาติพันธุ์ (D) กับตัวแปรลักษณะจำเพาะต่างๆ ของเส้นผม ($X_1, X_2, ..., X_p$) ในรูปสมการเชิงเส้น ตามสมการที่ 2.1 คือ

$$\hat{D} = a + b_1X_1 + b_2X_2 + ... + b_pX_p \quad \text{---------- (2.1)}$$

โดยที่ $\hat{D}$ ค่าประมาณของกลุ่มชาติพันธุ์

a เป็นค่าประมาณของ β_0

$b_1, b_2, ..., b_p$ เป็นค่าประมาณของ $\beta_1, \beta_2, ..., \beta_p$

$X_1, X_2, ..., X_p$ (ลักษณะจำเพาะต่างๆ ของเส้นผม) เป็นตัวแปรอิสระหรือตัวแปรจำแนกกลุ่ม; $p \geq 1$

เมื่อนำข้อมูล $\hat{D}$ และ $X_1, X_2, ..., X_p$ ของตัวอย่างเส้นผมทั้งหมด 100 เส้นมาวิเคราะห์ discriminant analysis ด้วยโปรแกรม SPSS จึงสร้างสมการได้ 2 สมการ คือ สมการจำแนกกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์ (สมการที่ 2.2) และสมการจำแนกกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีน (สมการที่ 2.3) ดังนี้

สมการจำแนกกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์

$$\hat{D}_{TM} = a_{TM} + b_{1TM}X_1 + b_{2TM}X_2 + \ldots + b_{pTM}X_p \text{ ----- (2.2)}$$

สมการจำแนกกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีน

$$\hat{D}_{TC} = a_{TC} + b_{1TC}X_1 + b_{2TC}X_2 + \ldots + b_{pTC}X_p \text{ ----- (2.3)}$$

ขั้นตอนสุดท้าย คือ การตรวจสอบความถูกต้องของสมการจำแนกกลุ่มชาติพันธุ์ ซึ่งประกอบด้วยผลการประเมินจาก 2 วิธี คือ วิธี original และวิธี cross validated

วิธี original เป็นการคำนวณโดยใช้ข้อมูลเส้นผมทั้งหมด (100 เส้น) เพื่อสร้างสมการจำแนกกลุ่มชาติพันธุ์ (สมการที่ 2.2 และ 2.3) ใช้สมการดังกล่าวพยากรณ์กลุ่มชาติพันธุ์ พร้อมกับตรวจสอบความถูกต้องของการพยากรณ์ให้กับเส้นผมทีละเส้นจนครบ 100 เส้น

และวิธี cross validated เป็นการคำนวณโดยใช้ข้อมูลเส้นผม n – 1 เส้น (99 เส้น) เพื่อสร้างสมการจำแนกกลุ่มชาติพันธุ์ ใช้สมการดังกล่าวพยากรณ์กลุ่มชาติพันธุ์ พร้อมกับตรวจสอบความถูกต้องของการพยากรณ์ให้กับเส้นผมที่เหลือไว้อีก 1 เส้น

บทที่ 3

ผลการศึกษา

3.1 การระบุระยะเวลาที่เหมาะสมของการฟอกสีเส้นผม

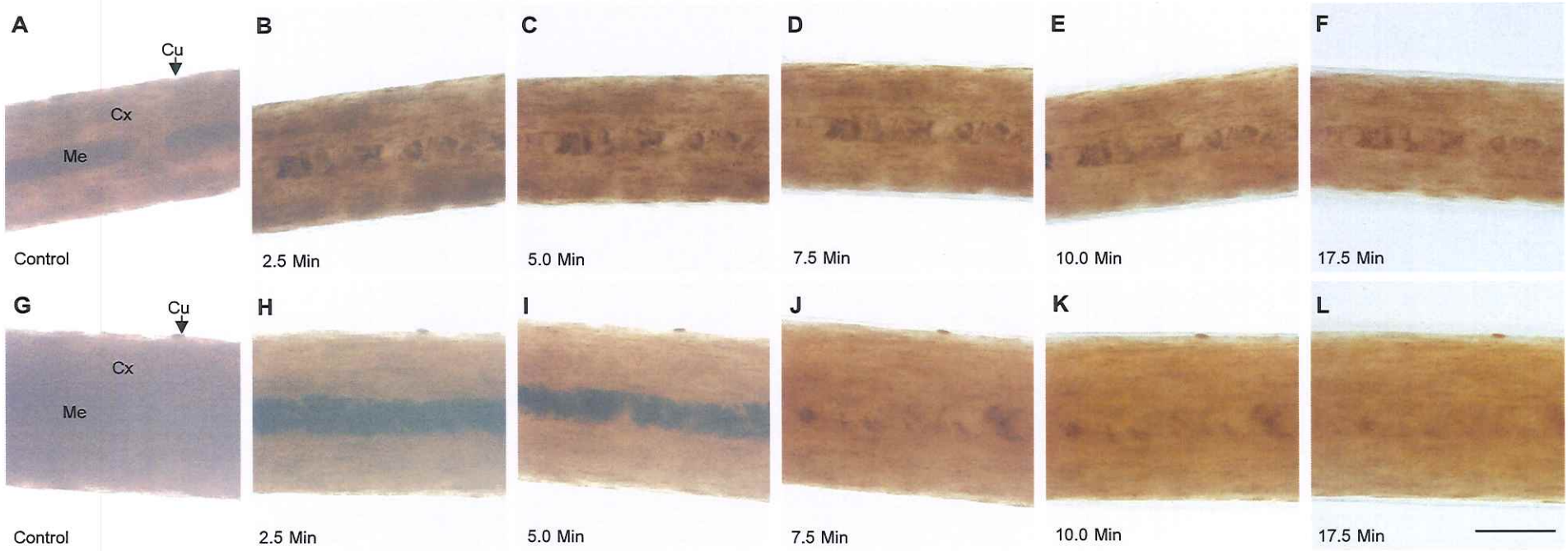
การฟอกสีเส้นผมทำเพื่อให้เส้นผมมีสีจางลง และสามารถมองเห็นโครงสร้างภายในเส้นผมได้ชัดเจน โดยใช้เส้นผมกลุ่มชาติพันธุ์ละ 1 เส้น ศึกษาเส้นผมทั้งส่วนต้น ส่วนกลาง และส่วนปลาย เพื่อหาระยะเวลาที่เหมาะสมของการฟอกสีด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และแอมโมเนียในอัตราส่วน 1:1 ทำการฟอกสีเส้นผมเป็นเวลา 17.5 นาที สังเกตการเปลี่ยนแปลงลักษณะและสีของเส้นผมทุก ๆ 2.5 นาที ผลการศึกษามีดังนี้

3.1.1 การฟอกสีเส้นผมส่วนต้น

เมื่อพิจารณาสีผมตามเกณฑ์สีเส้นผมตามธรรมชาติทั้ง 12 ระดับ (ภาพที่ 1.5) พบว่าผมเส้นที่ 1 (มาจากกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์) ที่ไม่ผ่านการฟอกสี (ภาพที่ 3.1 A) มี cortical pigment สีน้ำตาลเข้ม (ระดับ 3) มีการกระจายตัวของ cortical pigment หนาแน่นค่อนไปทางด้านชั้น cuticle ชั้น medulla มีสีดำและมีลักษณะไม่ต่อเนื่อง ขอบเขตของชั้น medulla ไม่ค่อยชัดเจน เนื่องจากสีของ pigment ค่อนข้างเข้ม ขณะที่ผมเส้นที่ 2 (มาจากกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีน) ที่ไม่ผ่านการฟอกสี (ภาพที่ 3.1 G) มี cortical pigment สีน้ำตาลเข้ม (ระดับ 3) มีการกระจายตัวของ cortical pigment หนาแน่นและสม่ำเสมอตลอดความยาวของเส้นผม และไม่เห็นชั้น medulla

เมื่อฟอกสีผมเป็นเวลา 2.5 นาที พบว่าเส้นผมทั้ง 2 เส้นมีการเปลี่ยนแปลงภายในชั้น cortex อย่างชัดเจน คือ สีของ cortical pigment จางลง กลายเป็นสีน้ำตาลที่อ่อนลง (ระดับ 4) จึงทำให้ชั้น cortex มีสีน้ำตาลอ่อนลง เมื่อสังเกตบริเวณชั้น medulla ของผมเส้นที่ 1 (ภาพที่ 3.1 B) พบว่าชั้น medulla ส่วนใหญ่ถูกฟอกสีจางหายไป ขณะที่ผมเส้นที่ 2 (ภาพที่ 3.1 H) พบว่าลักษณะ ขอบเขต และสีของชั้น medulla เห็นได้ชัดเจน โดย medulla มีสีดำและมีลักษณะแบบต่อเนื่อง

ผมเส้นที่ 1 เมื่อใช้เวลาในการฟอกสีนานขึ้นเป็น 5.0, 7.5, 10.0 และ 17.5 นาที (ภาพที่ 3.1 C, D, E, F) พบว่าเส้นผมมีสีของ cortical pigment และสีของชั้น cortex จางลงกลายเป็นสีน้ำตาลอ่อนลง (ระดับ 5 - 7) ตามระยะเวลาในการฟอกสีที่เพิ่มขึ้น ลักษณะ ขอบเขต และสีของ medulla มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับเส้นผมฟอกสี 2.5 นาที หรือแทบจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อใช้เวลาในการฟอกสีนานขึ้นมากกว่า 2.5 นาที



ภาพที่ 3.1 ภาพถ่ายเส้นผมส่วนต้นถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์ (Olympus, BX51 DP11) ฟอกสีผมเส้นที่ 1 (A - F) และผมเส้นที่ 2 (G – L) ด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และแอมโมเนียในอัตราส่วน 1:1 เป็นเวลา 0, 2.5, 5.0, 7.5, 10.0 และ 17.5 นาที (Cu = Cuticle, Cx = Cortex, Me = medulla) ทุกภาพมีกำลังขยายเท่ากัน และสเกลมีความยาวเท่ากับ 50 µm

ขณะที่ผมเส้นที่ 2 เมื่อฟอกสีเป็นเวลา 5.0 นาที พบว่ามีสีของ cortical pigment และสีของชั้น cortex เป็นสีน้ำตาลอ่อนลง (ระดับ 4 - 5) ซึ่งสีอ่อนกว่าการใช้เวลาฟอกสี 2.5 นาที เมื่อสังเกตบริเวณชั้น medulla (ภาพที่ 3.1 I) พบว่า medulla บางส่วนจะถูกฟอกสีจางหายไป

เมื่อใช้เวลาฟอกสี 7.5 นาที พบว่ามีสีของ cortical pigment และสีของชั้น cortex เป็นสีน้ำตาลอ่อนลง (ระดับ 5 - 6) ซึ่งสีอ่อนกว่าการใช้เวลาฟอกสี 5.0 นาที เมื่อสังเกตบริเวณชั้น medulla (ภาพที่ 3.1 J) พบว่า medulla ส่วนใหญ่จะถูกฟอกสีจางหายไป

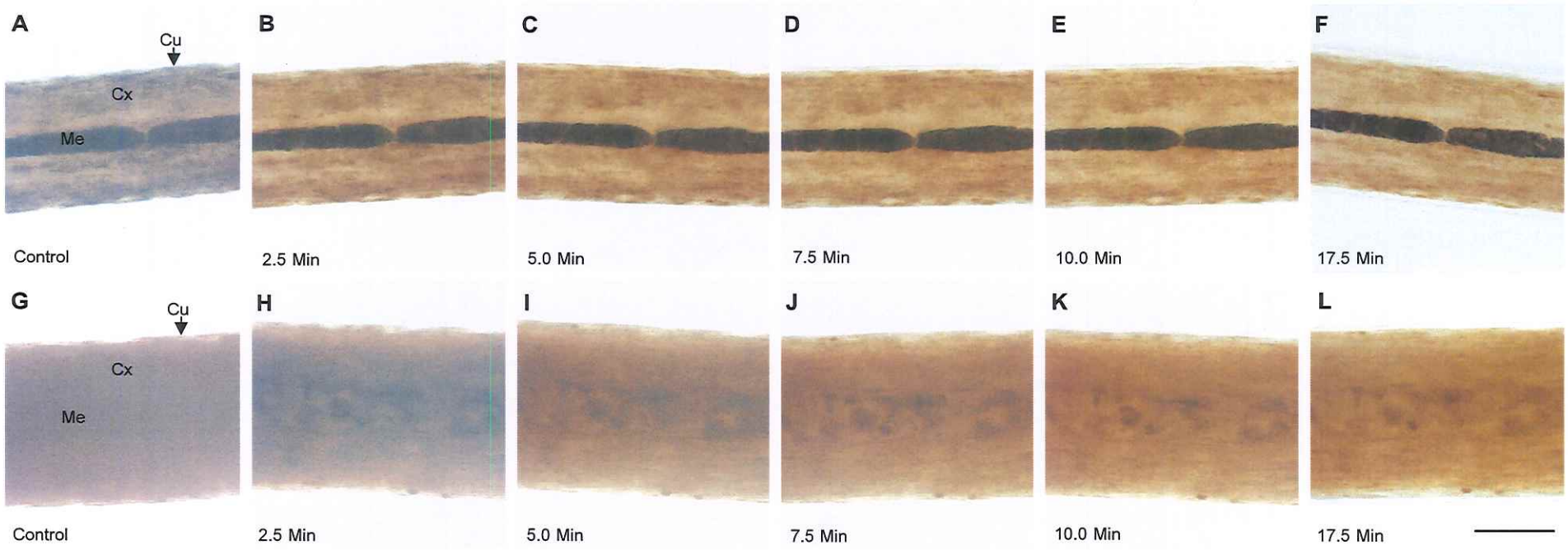
จากนั้นเมื่อใช้เวลาในการฟอกสีนานขึ้นเป็น 10.0 และ 17.5 นาที (ภาพที่ 3.1 K - L) พบว่ามีสีของ cortical pigment และสีของชั้น cortex จางลง กลายเป็นสีน้ำตาลอ่อนลง (ระดับ 6 - 7) ตามระยะเวลาในการฟอกสีที่เพิ่มขึ้น แต่ลักษณะ ขอบเขต และสีของ medulla มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับเส้นผมที่ฟอกสี 7.5 นาที หรือแทบจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อใช้เวลาในการฟอกสีนานขึ้นมากกว่า 7.5 นาที

3.1.2 การฟอกสีเส้นผมส่วนกลางและส่วนปลาย

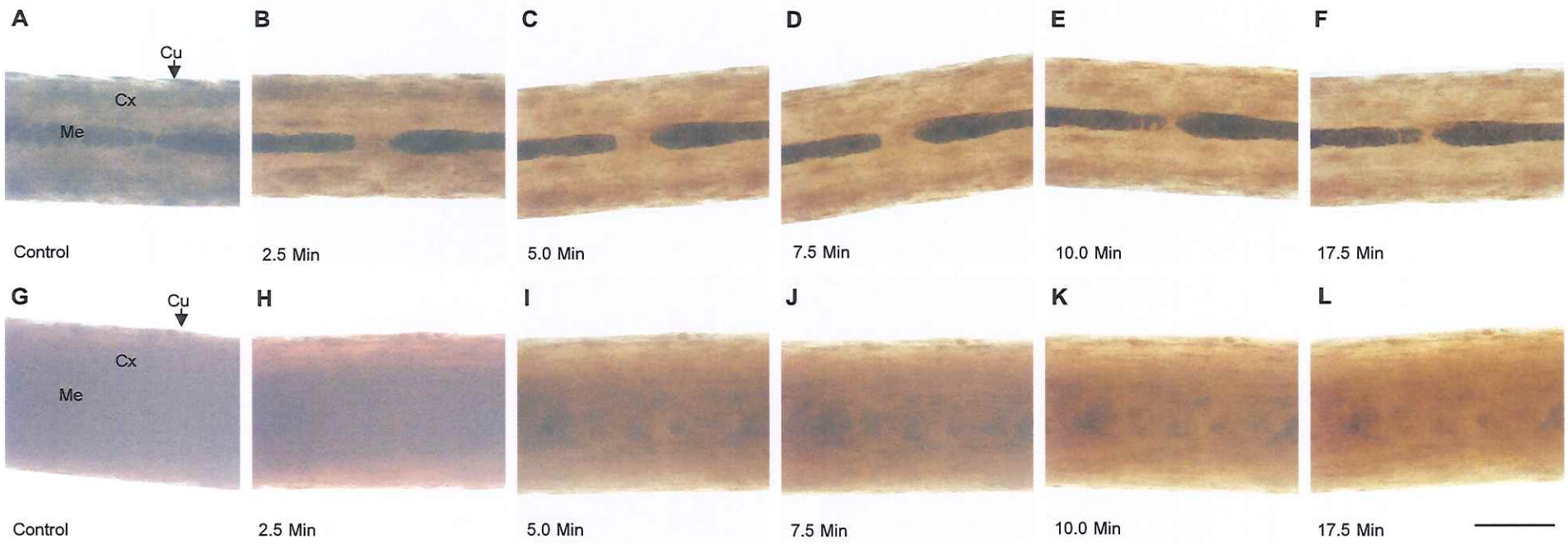
เมื่อพิจารณาสีผมตามเกณฑ์สีเส้นผมตามธรรมชาติทั้ง 12 ระดับ (ภาพที่ 1.5) พบว่าผมเส้นที่ 1 (มาจากกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์) ทั้งส่วนกลาง (ภาพที่ 3.2 A) และส่วนปลาย (ภาพที่ 3.3 A) ที่ไม่ผ่านการฟอกสี มี cortical pigment สีดำ (ระดับ 1) มีการกระจายตัวของ cortical pigment หนาแน่นค่อนไปทางด้านชั้น cuticle ชั้น medulla มีสีดำและมีลักษณะไม่ต่อเนื่อง ขอบเขตของชั้น medulla ไม่ค่อยชัดเจน เนื่องจากสีของ pigment ค่อนข้างเข้ม ขณะที่ผมเส้นที่ 2 (มาจากกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีน) ทั้งส่วนกลาง (ภาพที่ 3.2 G) และส่วนปลาย (ภาพที่ 3.3 G) ที่ไม่ผ่านการฟอกสีมี cortical pigment สีน้ำตาลเข้ม (ระดับ 3) มีการกระจายตัวของ cortical pigment หนาแน่นและสม่ำเสมอตลอดความยาวของเส้นผม และไม่เห็นชั้น medulla

เมื่อฟอกสีผมเป็นเวลา 2.5 นาที พบว่าผมเส้นที่ 1 มีการเปลี่ยนแปลงภายในชั้น cortex อย่างชัดเจน คือ สีของ cortical pigment จางลง กลายเป็นสีน้ำตาลที่อ่อนลง (ระดับ 4) จึงทำให้ชั้น cortex มีสีน้ำตาลอ่อนลง เมื่อสังเกตบริเวณชั้น medulla ของเส้นผมส่วนกลาง (ภาพที่ 3.2 B) และส่วนปลาย (ภาพที่ 3.3 B) พบว่าเห็นลักษณะ ขอบเขต และสีของชั้น medulla ได้ชัดเจน โดย medulla มีสีดำและมีลักษณะไม่ต่อเนื่อง ขณะที่ผมเส้นที่ 2 พบว่า cortical pigment มีสีจางลง (ระดับ 4) จึงทำให้ชั้น cortex มีสีน้ำตาลอ่อนลง เมื่อสังเกตบริเวณชั้น medulla ของเส้นผมส่วนกลาง (ภาพที่ 3.2 H) และส่วนปลาย (ภาพที่ 3.3 H) พบว่าไม่เห็นชั้น medulla

ผมเส้นที่ 1 เมื่อใช้เวลาในการฟอกสีนานขึ้นเป็น 5.0, 7.5, 10.0 และ 17.5 นาที พบว่าเส้นผมส่วนกลาง (ภาพที่ 3.2 C – F) และส่วนปลาย (ภาพที่ 3.3 C – F) มีสีของ cortical pigment และสีของชั้น cortex จางลง กลายเป็นสีน้ำตาลอ่อนลง (ระดับ 5 - 7) ตามระยะเวลาในการฟอกสีที่เพิ่มขึ้น ลักษณะ ขอบเขต และสีของ medulla มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากเมื่อ



ภาพที่ 3.2 ภาพถ่ายเส้นผมส่วนกลางถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์ (Olympus, BX51 DP11) ฟอกสีผมเส้นที่ 1 (A - F) และผมเส้นที่ 2 (G – L) ด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และแอมโมเนียในอัตราส่วน 1:1 เป็นเวลา 0, 2.5, 5.0, 7.5, 10.0 และ 17.5 นาที (Cu = Cuticle, Cx = Cortex, Me = medulla) ทุกภาพมีกำลังขยายเท่ากัน และสเกลมีความยาวเท่ากับ 50 µm



ภาพที่ 3.3 ภาพถ่ายเส้นผมส่วนปลายถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์ (Olympus, BX51 DP11) ฟอกสีผมเส้นที่ 1 (A - F) และผมเส้นที่ 2 (G – L) ด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และแอมโมเนียในอัตราส่วน 1:1 เป็นเวลา 0, 2.5, 5.0, 7.5, 10.0 และ 17.5 นาที (Cu = Cuticle, Cx = Cortex, Me = medulla) ทุกภาพมีกำลังขยายเท่ากัน และสเกลมีความยาวเท่ากับ 50 µm

เปรียบเทียบกับเส้นผมฟอกสี 2.5 นาที หรือแทบจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อใช้เวลาในการฟอกสีนานขึ้นมากกว่า 2.5 นาที

ขณะที่ผมเส้นที่ 2 เมื่อฟอกสีเป็นเวลา 5.0 นาที พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงภายในชั้น cortex อย่างชัดเจน คือ สีของ cortical pigment และสีของชั้น cortex เป็นสีน้ำตาลอ่อนลง (ระดับ 4 - 5) ซึ่งสีอ่อนกว่าการใช้เวลาฟอกสี 2.5 นาที เมื่อสังเกตบริเวณชั้น medulla ของเส้นผมส่วนกลาง (ภาพที่ 3.2 I) และส่วนปลาย (ภาพที่ 3.3 I) เห็นลักษณะของ medulla ได้ชัดเจนขึ้น ซึ่งพบว่าไม่มี medulla

จากนั้นเมื่อใช้เวลาในการฟอกสีนานขึ้นเป็น 7.5, 10.0 และ 17.5 นาที พบว่าเส้นผมส่วนกลาง (ภาพที่ 3.2 J – L) และส่วนปลาย (ภาพที่ 3.3 J – L) มีสีของ cortical pigment และสีของชั้น cortex จางลง กลายเป็นสีน้ำตาลอ่อนลง (ระดับ 6 - 7) ตามระยะเวลาในการฟอกสีที่เพิ่มขึ้น แต่ลักษณะ ขอบเขต และสีของ medulla มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับเส้นผมที่ฟอกสี 7.5 นาที หรือแทบจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อใช้เวลาในการฟอกสีนานขึ้นมากกว่า 7.5 นาที

สรุปได้ว่าระยะเวลาที่เหมาะสมในการฟอกสี คือ 2.5 - 5 นาทีขึ้นกับความเข้มและการกระจายตัวของ cortical pigment ในเส้นผม โดยผมเส้นที่ 1 มีสีอ่อนและมีการกระจายตัวของ cortical pigment หนาแน่นน้อยกว่าผมเส้นที่ 2 จึงใช้ระยะเวลาในการฟอกสีน้อยกว่าประมาณไม่เกิน 2.5 นาที ขณะที่ผมเส้นที่ 2 ใช้ระยะเวลาในการฟอกสีประมาณ 2.5 - 5.0 นาที สิ่งที่ควรระวังในการฟอกสีเส้นผม คือ การใช้ระยะเวลาในการฟอกสีเส้นผมนานเกินไปจะส่งผลให้ medulla บางส่วนจะถูกฟอกสีจางหายไป อาจทำให้เกิดความผิดพลาดในการศึกษาลักษณะขอบเขต และสีของ medulla ได้ ดังนั้นหากเส้นผมที่นำมาศึกษามีสีเข้มจนไม่สามารถสังเกตเห็นชั้น medulla ได้ควรทำการศึกษาสีของ cortical pigment สีของชั้น cortex และการกระจายตัวของ cortical pigment ก่อน จากนั้นจึงฟอกสีเส้นผมเพื่อให้สีของ cortical pigment และสีของชั้น cortex จางลง ทำให้สามารถสังเกตเห็นลักษณะ ขอบเขต และสีของ medulla ได้ชัดเจนขึ้น

3.2 การระบุตำแหน่งบนเส้นผมที่เหมาะสม

การศึกษานี้เป็นการศึกษาเบื้องต้น เพื่อระบุตำแหน่งของเส้นผมที่มีลักษณะจำเพาะที่ไม่แตกต่างกันภายในกลุ่มชาติพันธุ์ และมีความเหมาะสมที่จะเป็นตัวแทนกลุ่มชาติพันธุ์ในการศึกษาครั้งนี้

ทำการศึกษาตัวอย่างเส้นผมจากอาสาสมัครกลุ่มชาติพันธุ์ละ 3 คน โดยใช้เส้นผมจากศีรษะทั้ง 5 บริเวณ คือ ด้านหน้า กลางศีรษะ ท้ายทอย ขมับซ้าย และขมับขวา บริเวณละ 1 เส้น รวมเป็น 15 เส้นต่อกลุ่มชาติพันธุ์ โดยเส้นผมแต่ละเส้นจะแบ่งเป็น ส่วนต้น ส่วนกลาง และส่วนปลาย ทำให้ได้ตัวอย่างเส้นผมที่ใช้ศึกษาตำแหน่งละ 15 ท่อนต่อกลุ่มชาติพันธุ์ ยกเว้น

เส้นผมส่วนปลายของทั้งสองกลุ่มชาติพันธุ์มีเพียง 13 ท่อน เนื่องจากมีตัวอย่างเส้นผมกลุ่มชาติพันธุ์ละ 2 เส้นที่มีความยาวน้อยกว่า 45 มิลลิเมตร (n = 43) จากนั้นศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเส้นผมทั้งลักษณะเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณดังนี้

3.2.1 การศึกษาลักษณะเชิงคุณภาพของเส้นผม

ทำการศึกษาลักษณะเชิงคุณภาพ 5 ลักษณะ (ได้แก่ สีของชั้น cortex สีของ cortical pigment สีของ medulla ลักษณะของ medulla และการกระจายตัวของ cortical pigment) บนเส้นผมส่วนต้น ส่วนกลาง และส่วนปลาย ด้วยเทคนิค wet mount ภายใต้กล้อง LM โดยให้คะแนนคุณลักษณะที่พบตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ในตารางที่ 2.3 จากนั้นคำนวณหาความถี่และร้อยละของแต่ละคุณลักษณะ รวมทั้งหาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะเชิงคุณภาพกับตำแหน่งต่าง ๆ บนเส้นผม โดยทำการศึกษาความสัมพันธ์ทั้งภายในและระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์ด้วยสถิติ Chi-square test ดังนี้

1) การศึกษาภายในกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์

ผลการศึกษาลักษณะเชิงคุณภาพของเส้นผมภายในกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์แสดงในตารางที่ 3.1 และเมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะเชิงคุณภาพของเส้นผมกับตำแหน่งบนเส้นผม พบว่าลักษณะเชิงคุณภาพ 2 ใน 5 ลักษณะ ได้แก่ สีของชั้น cortex และการกระจายตัวของ cortical pigment มีความสัมพันธ์กับตำแหน่งบนเส้นผมอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ($\chi^2 = 6.652$, $df = 2$, $p = 0.036$) ในระดับความสัมพันธ์ไม่มาก ($C = 0.366$) โดยตำแหน่งเส้นผมส่วนปลายมีสีของชั้น cortex เป็นสี DB และมีการกระจายตัวของ cortical pigment เป็นแบบ TC มากกว่าเส้นผมตำแหน่งอื่น ๆ ในขณะที่ลักษณะเชิงคุณภาพอีก 3 ลักษณะ ได้แก่ สีของ cortical pigment สีของ medulla และลักษณะของ medulla ไม่มีความสัมพันธ์ทางสถิติกับตำแหน่งบนเส้นผม

2) การศึกษาภายในกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีน

ผลการศึกษาลักษณะเชิงคุณภาพของเส้นผมภายในกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีนแสดงในตารางที่ 3.2 และเมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะเชิงคุณภาพของเส้นผมกับตำแหน่งบนเส้นผม พบว่าลักษณะเชิงคุณภาพ 3 ใน 5 ลักษณะ ได้แก่ สีของชั้น cortex สีของ cortical pigment และการกระจายตัวของ cortical pigment มีความสัมพันธ์กับตำแหน่งบนเส้นผมอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ($\chi^2 = 6.745$, $df = 2$, $p = 0.036$) ในระดับความสัมพันธ์ไม่มาก ($C = 0.368$) โดยตำแหน่งเส้นผมส่วนปลายมีสีของชั้น cortex กับสีของ cortical pigment เป็นสี DB และมีการกระจายตัวของ cortical pigment เป็นแบบ TC มากกว่าเส้นผมตำแหน่งอื่น ๆ ในขณะที่ลักษณะเชิงคุณภาพอีก 2 ลักษณะ ได้แก่ สีของ medulla และลักษณะของ medulla ไม่มีความสัมพันธ์ทางสถิติกับตำแหน่งบนเส้นผม

ตารางที่ 3.1 การเปรียบเทียบลักษณะเชิงคุณภาพของเส้นผมส่วนต้น ส่วนกลาง และส่วนปลายของกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์

ตำแหน่งบนเส้นผม	สีของชั้น cortex			สีของ cortical pigment			สีของ medulla			ลักษณะของ medulla			การกระจายตัวของ cortical pigment		
	ลักษณะ	จำนวน	ร้อยละ	ลักษณะ	จำนวน	ร้อยละ	ลักษณะ	จำนวน	ร้อยละ	ลักษณะ	จำนวน	ร้อยละ	ลักษณะ	จำนวน	ร้อยละ
ส่วนต้น (n = 15)	BI	6	40.0	BI	15	100.0	BI	8	100.0	Ab	7	46.7	Dis	6	40.0
	DB	9	60.0	DB	0	0.0	DB	0	0.0	Dc	8	53.3	TC	9	60.0
	LB	0	0.0	LB	0	0.0	LB	0	0.0	Con	0	0.0	TM	0	0.0
ส่วนกลาง (n = 15)	BI	8	53.3	BI	15	100.0	BI	9	100.0	Ab	6	40.0	Dis	8	53.3
	DB	7	46.7	DB	0	0.0	DB	0	0.0	Dc	9	60.0	TC	7	46.7
	LB	0	0.0	LB	0	0.0	LB	0	0.0	Con	0	0.0	TM	0	0.0
ส่วนปลาย (n = 13)	BI	1	7.7	BI	13	100.0	BI	8	100.0	Ab	5	38.5	Dis	1	7.7
	DB	12	92.3	DB	0	0.0	DB	0	0.0	Dc	8	61.5	TC	12	92.3
	LB	0	0.0	LB	0	0.0	LB	0	0.0	Con	0	0.0	TM	0	0.0
$\chi^2/\chi^2_{1-\alpha}$ ที่องศาอิสระ	6.652/5.991			–			–			0.225/5.991			6.652/5.991		
df	2			–			–			2			2		
p-value	0.036*			–			–			0.893			0.036*		
C	0.366			–			–			0.072			0.366		

หมายเหตุ

1. BI หมายถึง สีดำ, DB หมายถึง สีน้ำตาลเข้ม, LB หมายถึง สีน้ำตาลอ่อน
2. Ab หมายถึง แบบไม่มี medulla, DC หมายถึง แบบ medulla ไม่ต่อเนื่อง, Con หมายถึง แบบ medulla ต่อเนื่อง
3. Dis หมายถึง การกระจายตัวหนาแน่นทั่วทั้งชั้น cortex, TC หมายถึง การกระจายตัวหนาแน่นไปทางด้านชั้น cuticle, TM หมายถึง การกระจายตัวหนาแน่นไปทางด้านชั้น medulla
4. χ^2 หรือ ค่า Pearson Chi-square แสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรเชิงคุณภาพ 2 ตัวจากการคำนวณ, $\chi^2_{1-\alpha}$ ที่องศาอิสระ หมายถึง ค่า χ^2 ที่องศาอิสระจากตารางการแจกแจง χ^2
5. df หรือ องศาอิสระของการทดสอบ
6. * หมายถึง ลักษณะเชิงคุณภาพที่ทดสอบมีความสัมพันธ์กับบริเวณบนศีรษะ เมื่อทดสอบด้วยสถิติ Chi-square test ($p < 0.05$)
7. C หรือ ค่า Contingency coefficient แสดงระดับความสัมพันธ์
8. - หมายถึง ไม่สามารถคำนวณทางสถิติได้

ตารางที่ 3.2 การเปรียบเทียบลักษณะเชิงคุณภาพของเส้นผมส่วนต้น ส่วนกลาง และส่วนปลายของกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีน

ตำแหน่งบนเส้นผม	สีของชั้น cortex			สีของ cortical pigment			สีของ medulla			ลักษณะของ medulla			การกระจายตัวของ cortical pigment		
	ลักษณะ	จำนวน	ร้อยละ	ลักษณะ	จำนวน	ร้อยละ	ลักษณะ	จำนวน	ร้อยละ	ลักษณะ	จำนวน	ร้อยละ	ลักษณะ	จำนวน	ร้อยละ
ส่วนต้น (n = 15)	BI	6	40.0	BI	6	40.0	BI	12	100.0	Ab	3	20.0	Dis	6	40.0
	DB	9	60.0	DB	9	60.0	DB	0	0.0	Dc	6	40.0	TC	9	60.0
	LB	0	0.0	LB	0	0.0	LB	0	0.0	Con	6	40.0	TM	0	0.0
ส่วนกลาง (n = 15)	BI	3	20.0	BI	3	20.0	BI	11	100.0	Ab	4	26.7	Dis	3	20.0
	DB	12	80.0	DB	12	80.0	DB	0	0.0	Dc	10	66.7	TC	12	80.0
	LB	0	0.0	LB	0	0.0	LB	0	0.0	Con	1	6.7	TM	0	0.0
ส่วนปลาย (n = 13)	BI	0	0.0	BI	0	0.0	BI	9	100.0	Ab	4	30.8	Dis	0	0.0
	DB	13	100.0	DB	13	100.0	DB	0	0.0	Dc	8	61.5	TC	13	100.0
	LB	0	0.0	LB	0	0.0	LB	0	0.0	Con	1	7.7	TM	0	0.0
$\chi^2/\chi^2_{1-\alpha}$ ที่องศาอิสระ	6.745/5.991			6.745/5.991			-			7.063/9.488			6.745/5.991		
df	2			2			-			4			2		
p-value	0.036*			0.036*			-			0.133			0.036*		
C	0.368			0.368			-			0.376			0.368		

หมายเหตุ

1. BI หมายถึง สีดำ, DB หมายถึง สีน้ำตาลเข้ม, LB หมายถึง สีน้ำตาลอ่อน
2. Ab หมายถึง แบบไม่มี medulla, DC หมายถึง แบบ medulla ไม่ต่อเนื่อง, Con หมายถึง แบบ medulla ต่อเนื่อง
3. Dis หมายถึง การกระจายตัวหนาแน่นทั่วทั้งชั้น cortex, TC หมายถึง การกระจายตัวหนาแน่นไปทางด้านชั้น cuticle, TM หมายถึง การกระจายตัวหนาแน่นไปทางด้านชั้น medulla
4. χ^2 หรือ ค่า Pearson Chi-square แสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรเชิงคุณภาพ 2 ตัวจากการคำนวณ, $\chi^2_{1-\alpha}$ ที่องศาอิสระ หมายถึง ค่า χ^2 ที่องศาอิสระจากตารางการแจกแจง χ^2
5. df หรือ องศาอิสระของการทดสอบ
6. * หมายถึง ลักษณะเชิงคุณภาพที่ทดสอบมีความสัมพันธ์กับบริเวณบนศีรษะ เมื่อทดสอบด้วยสถิติ Chi-square test ($p < 0.05$)
7. C หรือ ค่า Contingency coefficient แสดงระดับ
8. - หมายถึง ไม่สามารถคำนวณทางสถิติได้

3) การศึกษาระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์เบื้องต้น

3.1) เส้นผมส่วนต้น

ผลการศึกษาลักษณะเชิงคุณภาพของเส้นผมส่วนต้นระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์ แสดงในตารางที่ 3.3 และเมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะเชิงคุณภาพบนเส้นผมส่วนต้นกับกลุ่มชาติพันธุ์ พบว่าลักษณะเชิงคุณภาพ 2 ใน 5 ลักษณะ มีความสัมพันธ์กับกลุ่มชาติพันธุ์อย่างมีนัยสำคัญ ได้แก่ สีของ cortical pigment (χ^2 = 12.857, df = 1, p = 0.001) ในระดับความสัมพันธ์ปานกลาง (C = 0.548) และลักษณะของ medulla (χ^2 = 7.886, df = 1, p = 0.023) ในระดับความสัมพันธ์ไม่มาก (C = 0.456) โดยเส้นผมส่วนต้นของกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์มี cortical pigment เป็นสี DB เท่านั้น และมีลักษณะของ medulla 2 แบบ คือ Ab และ Dc ขณะที่เส้นผมส่วนต้นของกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีนมี cortical pigment ทั้งสี BI กับ DB และมีลักษณะของ medulla 3 แบบ คือ Ab, Dc และ Con ในขณะที่ลักษณะเชิงคุณภาพอีก 3 ลักษณะ ได้แก่ สีของชั้น cortex สีของ medulla และการกระจายตัวของ cortical pigment ไม่มีความสัมพันธ์ทางสถิติกับกลุ่มชาติพันธุ์

3.2) เส้นผมส่วนกลาง

ผลการศึกษาลักษณะเชิงคุณภาพของเส้นผมส่วนกลางระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์ แสดงในตารางที่ 3.4 และเมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะเชิงคุณภาพบนเส้นผมส่วนกลางกับกลุ่มชาติพันธุ์ พบว่าลักษณะเชิงคุณภาพ 1 ใน 5 ลักษณะ มีความสัมพันธ์กับกลุ่มชาติพันธุ์อย่างมีนัยสำคัญ คือ สีของ cortical pigment (χ^2 = 20.000, df = 1, p = 0.000) ในระดับความสัมพันธ์ปานกลางถึงค่อนข้างมาก (C = 0.632) โดยเส้นผมส่วนกลางของกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์มี cortical pigment สี BI เท่านั้น ขณะที่เส้นผมส่วนกลางของกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีนมี cortical pigment 2 สี คือ BI และ DB ในขณะที่ลักษณะเชิงคุณภาพอีก 4 ลักษณะ ได้แก่ สีของชั้น cortex สีของ medulla ลักษณะของ medulla และการกระจายตัวของ cortical pigment ไม่มีความสัมพันธ์ทางสถิติกับกลุ่มชาติพันธุ์

3.3) เส้นผมส่วนปลาย

ผลการศึกษาลักษณะเชิงคุณภาพของเส้นผมส่วนปลายระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์ แสดงในตารางที่ 3.5 และเมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะเชิงคุณภาพบนเส้นผมส่วนปลายกับกลุ่มชาติพันธุ์ พบว่าลักษณะเชิงคุณภาพ 1 ใน 5 ลักษณะ มีความสัมพันธ์กับกลุ่มชาติพันธุ์อย่างมีนัยสำคัญ คือ สีของ cortical pigment (χ^2 = 26.000, df = 1, p = 0.000) ในระดับความสัมพันธ์ค่อนข้างมาก (C = 0.707) โดยเส้นผมส่วนปลายของกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์มี cortical pigment สี BI เท่านั้น ขณะที่เส้นผมส่วนปลายของกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีนมี cortical pigment สี DB เท่านั้น ในขณะที่ลักษณะเชิงคุณภาพอีก 4 ลักษณะ ได้แก่ สีของชั้น cortex สีของ medulla ลักษณะของ medulla และการกระจายตัวของ cortical pigment ไม่มีความสัมพันธ์ทางสถิติกับกลุ่มชาติพันธุ์

ตารางที่ 3.3 การเปรียบเทียบลักษณะเชิงคุณภาพของเส้นผมส่วนต้นระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์กับกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีน

กลุ่มชาติพันธุ์ไทย	สีของชั้น cortex			สีของ cortical pigment			สีของ medulla			ลักษณะของ medulla			การกระจายตัวของ cortical pigment		
	ลักษณะ	จำนวน	ร้อยละ	ลักษณะ	จำนวน	ร้อยละ	ลักษณะ	จำนวน	ร้อยละ	ลักษณะ	จำนวน	ร้อยละ	ลักษณะ	จำนวน	ร้อยละ
เชื้อสายมาเลย์ (n = 15)	BI	6	40.0	BI	15	100.0	BI	8	100.0	Ab	7	46.7	Dis	6	40.0
	DB	9	60.0	DB	0	0.0	DB	0	0.0	Dc	8	53.3	TC	9	60.0
	LB	0	0.0	LB	0	0.0	LB	0	0.0	Con	0	0.0	TM	0	0.0
เชื้อสายจีน (n = 15)	BI	6	40.0	BI	6	40.0	BI	12	100.0	Ab	3	20.0	Dis	6	40.0
	DB	9	60.0	DB	9	60.0	DB	0	0.0	Dc	6	40.0	TC	9	60.0
	LB	0	0.0	LB	0	0.0	LB	0	0.0	Con	6	40.0	TM	0	0.0
$\chi^2/\chi^2_{1-\alpha}$ ที่องศาอิสระ	0.000/3.841			12.857/3.841			–			7.886/5.991			0.000/3.841		
df	1			1			–			2			1		
p-value	1.000			0.001**			–			0.023*			1.000		
C	0.000			0.548			–			0.456			0.000		

หมายเหตุ

1. BI หมายถึง สีดำ, DB หมายถึง สีน้ำตาลเข้ม, LB หมายถึง สีน้ำตาลอ่อน
2. Ab หมายถึง แบบไม่มี medulla, DC หมายถึง แบบ medulla ไม่ต่อเนื่อง, Con หมายถึง แบบ medulla ต่อเนื่อง
3. Dis หมายถึง การกระจายตัวหนาแน่นทั่วทั้งชั้น cortex, TC หมายถึง การกระจายตัวหนาแน่นไปทางด้านชั้น cuticle, TM หมายถึง การกระจายตัวหนาแน่นไปทางด้านชั้น medulla
4. χ^2 หรือ ค่า Pearson Chi-square แสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรเชิงคุณภาพ 2 ตัวจากการคำนวณ, $\chi^2_{1-\alpha}$ ที่องศาอิสระ หมายถึง ค่า χ^2 ที่องศาอิสระจากตารางการแจกแจง χ^2
5. df หรือ องศาอิสระของการทดสอบ
6. *, ** หมายถึง ลักษณะเชิงคุณภาพที่ทดสอบมีความสัมพันธ์กับบริเวณบนศีรษะ เมื่อทดสอบด้วยสถิติ Chi-square test ($p < 0.05$) และ ($p < 0.01$) ตามลำดับ
7. C หรือ ค่า Contingency coefficient แสดงระดับความสัมพันธ์
8. - หมายถึง ไม่สามารถคำนวณทางสถิติได้

ตารางที่ 3.4 การเปรียบเทียบลักษณะเชิงคุณภาพของเส้นผมส่วนกลางระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์กับกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีน

กลุ่มชาติพันธุ์ไทย	สีของชั้น cortex			สีของ cortical pigment			สีของ medulla			ลักษณะของ medulla			การกระจายตัวของ cortical pigment		
	ลักษณะ	จำนวน	ร้อยละ	ลักษณะ	จำนวน	ร้อยละ	ลักษณะ	จำนวน	ร้อยละ	ลักษณะ	จำนวน	ร้อยละ	ลักษณะ	จำนวน	ร้อยละ
เชื้อสายมาเลย์ (n = 15)	BI	8	53.5	BI	15	100.0	BI	9	100.0	Ab	6	40.0	Dis	8	53.5
	DB	7	46.7	DB	0	0.0	DB	0	0.0	Dc	9	60.0	TC	7	46.7
	LB	0	0.0	LB	0	0.0	LB	0	0.0	Con	0	0.0	TM	0	0.0
เชื้อสายจีน (n = 15)	BI	3	20.0	BI	3	20.0	BI	11	100.0	Ab	4	26.7	Dis	3	20.0
	DB	12	80.0	DB	12	80.0	DB	0	0.0	Dc	10	66.7	TC	12	80.0
	LB	0	0.0	LB	0	0.0	LB	0	0.0	Con	1	6.7	TM	0	0.0
$\chi^2/\chi^2_{1-\alpha}$ ที่องศาอิสระ	3.589/3.841			20.000/3.841			-			1.453/5.991			3.589/3.841		
df	1			1			-			2			1		
p-value	0.058			0.000**			-			0.700			0.058		
C	0.327			0.632			-			0.215			0.327		

หมายเหตุ

1. BI หมายถึง สีดำ, DB หมายถึง สีน้ำตาลเข้ม, LB หมายถึง สีน้ำตาลอ่อน
2. Ab หมายถึง แบบไม่มี medulla, DC หมายถึง แบบ medulla ไม่ต่อเนื่อง, Con หมายถึง แบบ medulla ต่อเนื่อง
3. Dis หมายถึง การกระจายตัวหนาแน่นทั่วทั้งชั้น cortex, TC หมายถึง การกระจายตัวหนาแน่นไปทางด้านชั้น cuticle, TM หมายถึง การกระจายตัวหนาแน่นไปทางด้านชั้น medulla
4. χ^2 หรือ ค่า Pearson Chi-square แสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรเชิงคุณภาพ 2 ตัวจากการคำนวณ, $\chi^2_{1-\alpha}$ ที่องศาอิสระ หมายถึง ค่า χ^2 ที่องศาอิสระจากตารางการแจกแจง χ^2
5. df หรือ องศาอิสระของการทดสอบ
6. ** หมายถึง ลักษณะเชิงคุณภาพที่ทดสอบมีความสัมพันธ์กับบริเวณบนศีรษะ เมื่อทดสอบด้วยสถิติ Chi-square test ($p < 0.01$)
7. C หรือ ค่า Contingency coefficient แสดงระดับความสัมพันธ์
8. - หมายถึง ไม่สามารถคำนวณทางสถิติได้

ตารางที่ 3.5 การเปรียบเทียบลักษณะเชิงคุณภาพของเส้นผมส่วนปลายระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์กับกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีน

กลุ่มชาติพันธุ์ไทย	สีของชั้น cortex			สีของ cortical pigment			สีของ medulla			ลักษณะของ medulla			การกระจายตัวของ cortical pigment		
	ลักษณะ	จำนวน	ร้อยละ	ลักษณะ	จำนวน	ร้อยละ	ลักษณะ	จำนวน	ร้อยละ	ลักษณะ	จำนวน	ร้อยละ	ลักษณะ	จำนวน	ร้อยละ
เชื้อสายมาเลย์ (n = 13)	BI	1	7.7	BI	13	100.0	BI	8	100.0	Ab	5	38.5	Dis	1	7.7
	DB	12	92.3	DB	0	0.0	DB	0	0.0	Dc	8	61.5	TC	12	92.3
	LB	0	0.0	LB	0	0.0	LB	0	0.0	Con	0	0.0	TM	0	0.0
เชื้อสายจีน (n = 13)	BI	0	0.0	BI	0	0.0	BI	9	100.0	Ab	4	30.8	Dis	0	0.0
	DB	13	100.0	DB	13	100.0	DB	0	0.0	Dc	8	61.5	TC	13	100.0
	LB	0	0.0	LB	0	0.0	LB	0	0.0	Con	1	7.7	TM	0	0.0
$\chi^2/\chi^2_{1-\alpha}$ ที่องศาอิสระ	1.040/3.841			26.000/3.841			-			1.111/5.991			1.040/3.841		
df	1			1			-			2			1		
p-value	1.000			0.000*			-			1.000			1.000		
C	0.196			0.707			-			0.202			0.196		

หมายเหตุ

1. BI หมายถึง สีดำ, DB หมายถึง สีน้ำตาลเข้ม, LB หมายถึง สีน้ำตาลอ่อน
2. Ab หมายถึง แบบไม่มี medulla, DC หมายถึง แบบ medulla ไม่ต่อเนื่อง, Con หมายถึง แบบ medulla ต่อเนื่อง
3. Dis หมายถึง การกระจายตัวหนาแน่นทั่วทั้งชั้น cortex, TC หมายถึง การกระจายตัวหนาแน่นไปทางด้านชั้น cuticle, TM หมายถึง การกระจายตัวหนาแน่นไปทางด้านชั้น medulla
4. χ^2 หรือ ค่า Pearson Chi-square แสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรเชิงคุณภาพ 2 ตัวจากการคำนวณ, $\chi^2_{1-\alpha}$ ที่องศาอิสระ หมายถึง ค่า χ^2 ที่องศาอิสระจากตารางการแจกแจง χ^2
5. df หรือ องศาอิสระของการทดสอบ
6. ** หมายถึง ลักษณะเชิงคุณภาพที่ทดสอบมีความสัมพันธ์กับบริเวณบนศีรษะ เมื่อทดสอบด้วยสถิติ Chi-square test ($p < 0.01$)
7. C หรือ ค่า Contingency coefficient แสดงระดับความสัมพันธ์
8. - หมายถึง ไม่สามารถคำนวณทางสถิติได้

3.2.2 การศึกษาลักษณะเชิงปริมาณของเส้นผม

ทำการศึกษาลักษณะเชิงปริมาณ 3 ลักษณะ (ได้แก่ ค่า medulla index ค่า hair index และค่าพื้นที่หน้าตัด) บนเส้นผมส่วนต้น ส่วนกลาง และส่วนปลาย ด้วยเทคนิค wet mount, dry mount และ cross section ภายใต้กล้อง LM และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของลักษณะเชิงปริมาณที่วัดได้จากตำแหน่งต่าง ๆ บนเส้นผม โดยเปรียบเทียบภายในกลุ่มชาติพันธุ์เดียวกันด้วยสถิติ one-way ANOVA และเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์ด้วยสถิติ student's t-test

1) การศึกษาภายในกลุ่มชาติพันธุ์เดียวกัน

ผลการศึกษาลักษณะเชิงปริมาณของเส้นผมกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์และกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีนที่วัดได้จากตำแหน่งต่าง ๆ บนเส้นผมแสดงในตารางที่ 3.6 และ 3.7 ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบลักษณะเชิงปริมาณทั้ง 3 ลักษณะที่วัดได้จากตำแหน่งต่าง ๆ บนเส้นผม พบว่าเส้นผมทั้ง 3 ตำแหน่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติของค่า medulla index ค่า hair index และค่าพื้นที่หน้าตัด

ตารางที่ 3.6 การเปรียบเทียบลักษณะเชิงปริมาณของเส้นผมส่วนต้น ส่วนกลาง และส่วนปลายของกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์

ตำแหน่งบนเส้นผม	ค่า medulla index (%)	ค่า hair index	ค่าพื้นที่หน้าตัด (μm^2)
ส่วนต้น (n = 15)	18.9 ± 5.1	72.3 ± 12.3	6,719.2 ± 1,173.3
ส่วนกลาง (n = 15)	19.3 ± 4.2	72.8 ± 12.5	6,814.1 ± 1,163.9
ส่วยปลาย (n = 13)	22.9 ± 3.3	70.7 ± 10.9	6,852.4 ± 1,186.2
p-value	0.142	0.895	0.953

หมายเหตุ ทดสอบด้วยสถิติ one-way ANOVA ($p < 0.05$)

ตารางที่ 3.7 การเปรียบเทียบลักษณะเชิงปริมาณของเส้นผมส่วนต้น ส่วนกลาง และส่วนปลายของกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีน

ตำแหน่งบนเส้นผม	ค่า medulla index (%)	ค่า hair index	ค่าพื้นที่หน้าตัด (μm^2)
ส่วนต้น (n = 15)	17.4 ± 5.5	68.6 ± 8.2	8,557.7 ± 2,202.7
ส่วนกลาง (n = 15)	19.0 ± 4.8	69.3 ± 9.6	8,431.5 ± 2,130.6
ส่วยปลาย (n = 13)	20.2 ± 3.1	67.3 ± 9.8	8,948.4 ± 2,207.2
p-value	0.407	0.848	0.812

หมายเหตุ ทดสอบด้วยสถิติ one-way ANOVA ($p < 0.05$)

2) การศึกษาระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์เบื้องต้น

ผลการศึกษาลักษณะเชิงปริมาณของเส้นผมส่วนต้น ส่วนกลาง และส่วนปลายระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์แสดงในตารางที่ 3.8 และเมื่อเปรียบเทียบลักษณะเชิงปริมาณของเส้นผมส่วนต้นระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์ พบว่าลักษณะเชิงปริมาณ 1 ใน 3 ลักษณะ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์ ($p < 0.05$) คือ ค่าพื้นที่หน้าตัด โดยเส้นผมของกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์มีค่าพื้นที่หน้าตัดน้อยกว่าของกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีน ในขณะที่ลักษณะเชิงปริมาณอีก 2 ลักษณะ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์ ได้แก่ ค่า medulla index และค่า hair index

ตารางที่ 3.8 การเปรียบเทียบลักษณะเชิงปริมาณของเส้นผมส่วนต้น ส่วนกลาง และส่วนปลายระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์กับกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีน

ตำแหน่งบนเส้นผม	กลุ่มชาติพันธุ์ไทย	ค่า medulla index (%)	ค่า hair index	ค่าพื้นที่หน้าตัด (μm^2)
ส่วนต้น (n = 15)	เชื้อสายมาเลย์	18.9 ± 5.1	72.3 ± 12.3	6,719.2 ± 1,173.3
	เชื้อสายจีน	17.4 ± 5.5	68.6 ± 8.2	8,557.7± 2,202.7
	p-value	0.560	0.351	0.008**
ส่วนกลาง (n = 15)	เชื้อสายมาเลย์	19.3 ± 4.2	72.8 ± 12.5	6,814.1 ± 1,163.9
	เชื้อสายจีน	19.0 ± 4.8	69.3 ± 9.6	8,431.5 ± 2,130.6
	p-value	0.873	0.397	0.015*
ส่วนปลาย (n = 13)	เชื้อสายมาเลย์	22.9 ± 3.3	70.7 ± 10.9	6,852.4 ±1,186.2
	เชื้อสายจีน	20.2 ± 3.1	67.3 ± 9.8	8,948.4 ± 2,207.2
	p-value	0.105	0.409	0.007**

หมายเหตุ

* หมายถึง ข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์ เมื่อทดสอบด้วยสถิติ student's t-test ($p < 0.05$)

** หมายถึง ข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์ เมื่อทดสอบด้วยสถิติ student's t-test ($p < 0.01$)

สรุปได้ว่าเส้นผมทั้ง 3 ท่อนมีลักษณะเชิงปริมาณไม่แตกต่างกันในทั้ง 2 กลุ่มชาติพันธุ์ แต่เส้นผมส่วนปลายจะมีลักษณะเชิงคุณภาพ 2 - 3 ลักษณะ ที่แตกต่างจากเส้นผมท่อนอื่น ๆ ในทั้ง 2 กลุ่มชาติพันธุ์ ได้แก่ สีของชั้น cortex (สีของ cortical pigment) และการกระจายตัวของ cortical pigment ทำให้เส้นผมส่วนปลายไม่เหมาะที่จะใช้เป็นตัวแทนกลุ่ม

ชาติพันธุ์ในการศึกษาครั้งนี้ นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์เบื้องต้นโดยใช้ข้อมูลชุดนี้ พบว่าเส้นผมส่วนต้นมีตัวแปรที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์มากกว่าเส้นผมส่วนอื่น ดังนั้นเส้นผมส่วนต้นจึงมีความเหมาะสมที่จะใช้เป็นตัวแทนกลุ่มชาติพันธุ์มากที่สุด จึงเลือกใช้เส้นผมส่วนต้นสำหรับการศึกษาในขั้นตอนต่อไป

3.3 การระบุบริเวณบนศีรษะที่เหมาะสม

การศึกษานี้เป็นการศึกษาเบื้องต้น เพื่อระบุบริเวณบนศีรษะที่มีลักษณะจำเพาะของเส้นผมไม่แตกต่างกันภายในกลุ่มชาติพันธุ์ และมีความเหมาะสมที่จะเป็นตัวแทนกลุ่มชาติพันธุ์ในการศึกษาครั้งนี้

ทำการศึกษาตัวอย่างเส้นผมจากอาสาสมัครกลุ่มชาติพันธุ์ละ 3 คน โดยใช้เส้นผมส่วนต้นจากศีรษะทั้ง 5 บริเวณ คือ ด้านหน้า กลางศีรษะ ท้ายทอย ขมับซ้าย และขมับขวา บริเวณละ 3 เส้น ทำให้ได้ตัวอย่างเส้นผมที่ใช้ศึกษาบริเวณละ 9 ตัวอย่างต่อกลุ่มชาติพันธุ์ (n = 45) จากนั้นศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเส้นผมทั้งลักษณะเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณดังนี้

3.3.1 การศึกษาลักษณะเชิงคุณภาพของเส้นผม

ทำการศึกษาลักษณะเชิงคุณภาพ 5 ลักษณะ (ได้แก่ สีของชั้น cortex สีของ cortical pigment สีของ medulla ลักษณะของ medulla และการกระจายตัวของ cortical pigment) บนเส้นผมส่วนต้น จากศีรษะบริเวณด้านหน้า กลางศีรษะ ท้ายทอย ขมับซ้าย และขมับขวา ด้วยเทคนิค wet mount ภายใต้กล้อง LM โดยให้คะแนนคุณลักษณะที่พบตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ในตารางที่ 2.3 จากนั้นคำนวณหาความถี่และร้อยละของแต่ละคุณลักษณะ รวมทั้งหาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะเชิงคุณภาพกับบริเวณต่าง ๆ บนศีรษะ โดยทำการศึกษาความสัมพันธ์ทั้งภายในและระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์ด้วยสถิติ Chi-square test ดังนี้

1) การศึกษาภายในกลุ่มชาติพันธุ์เดียวกัน

ผลการศึกษาลักษณะเชิงคุณภาพของเส้นผมภายในกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์และกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีนแสดงในตารางที่ 3.9 และ 3.10 ตามลำดับ และเมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะเชิงคุณภาพของเส้นผมกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์และกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีนกับบริเวณต่าง ๆ บนศีรษะ พบว่าเส้นผมจากทั้ง 5 บริเวณบนศีรษะไม่มีความสัมพันธ์ทางสถิติกับลักษณะเชิงคุณภาพใด ๆ เลย

ตารางที่ 3.9 การเปรียบเทียบลักษณะเชิงคุณภาพของเส้นผมส่วนต้นจากศีรษะบริเวณด้านหน้า กลางศีรษะ ท้ายทอย ขมับซ้าย และขมับขวาของกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์

บริเวณบนศีรษะ	สีของชั้น cortex			สีของ cortical pigment			สีของ medulla			ลักษณะของ medulla			การกระจายตัวของ cortical pigment		
	ลักษณะ	จำนวน	ร้อยละ	ลักษณะ	จำนวน	ร้อยละ	ลักษณะ	จำนวน	ร้อยละ	ลักษณะ	จำนวน	ร้อยละ	ลักษณะ	จำนวน	ร้อยละ
ด้านหน้า (n = 9)	BI	1	11.1	BI	8	88.9	BI	6	100.0	Ab	3	33.3	Dis	2	22.2
	DB	7	77.8	DB	1	11.1	DB	0	0.0	Dc	6	66.7	TC	7	77.8
	LB	1	11.1	LB	0	0.0	LB	0	0.0	Con	0	0.0	TM	0	0.0
กลางศีรษะ (n = 9)	BI	4	44.4	BI	9	100.0	BI	7	100.0	Ab	2	22.2	Dis	6	66.7
	DB	5	55.6	DB	0	0.0	DB	0	0.0	Dc	7	77.8	TC	2	22.2
	LB	0	0.0	LB	0	0.0	LB	0	0.0	Con	0	0.0	TM	1	11.1
ท้ายทอย (n = 9)	BI	1	11.1	BI	9	100.0	BI	7	100.0	Ab	2	22.2	Dis	4	44.4
	DB	8	88.9	DB	0	0.0	DB	0	0.0	Dc	7	77.8	TC	4	44.4
	LB	0	0.0	LB	0	0.0	LB	0	0.0	Con	0	0.0	TM	1	11.1
ขมับซ้าย (n = 9)	BI	4	44.4	BI	9	100.0	BI	7	100.0	Ab	2	22.2	Dis	6	66.7
	DB	5	55.6	DB	0	0.0	DB	0	0.0	Dc	7	77.8	TC	2	22.2
	LB	0	0.0	LB	0	0.0	LB	0	0.0	Con	0	0.0	TM	1	11.1
ขมับขวา (n = 9)	BI	3	33.3	BI	9	100.0	BI	5	100.0	Ab	4	44.4	Dis	5	55.6
	DB	6	66.7	DB	0	0.0	DB	0	0.0	Dc	5	55.6	TC	3	33.3
	LB	0	0.0	LB	0	0.0	LB	0	0.0	Con	0	0.0	TM	1	11.1
χ^2 / $\chi^2_{1-\alpha}$ ที่องศาอิสระ	8.635/15.507			4.091/9.488			-			1.731/9.488			8.213/15.507		
df	8			4			-			4			8		
p-value	0.398			1.000			-			0.895			0.425		
C	0.401			0.289			-			0.192			0.393		

หมายเหตุ

1. BI หมายถึง สีดำ, DB หมายถึง สีน้ำตาลเข้ม, LB หมายถึง สีน้ำตาลอ่อน
2. Ab หมายถึง แบบไม่มี medulla, DC หมายถึง แบบ medulla ไม่ต่อเนื่อง, Con หมายถึง แบบ medulla ต่อเนื่อง
3. Dis หมายถึง การกระจายตัวหนาแน่นทั่วทั้งชั้น cortex, TC หมายถึง การกระจายตัวหนาแน่นไปทางด้านชั้น cuticle, TM หมายถึง การกระจายตัวหนาแน่นไปทางด้านชั้น medulla
4. χ^2 หรือ ค่า Pearson Chi-square แสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรเชิงคุณภาพ 2 ตัวจากการคำนวณ, $\chi^2_{1-\alpha}$ ที่องศาอิสระ หมายถึง ค่า χ^2 ที่องศาอิสระจากตารางการแจกแจง χ^2
5. df หรือ องศาอิสระของการทดสอบ
6. * หมายถึง ลักษณะเชิงคุณภาพที่ทดสอบมีความสัมพันธ์กับบริเวณบนศีรษะ เมื่อทดสอบด้วยสถิติ Chi-square test ($p < 0.05$)
7. C หรือ ค่า Contingency coefficient แสดงระดับความสัมพันธ์
8. - หมายถึง ไม่สามารถคำนวณทางสถิติได้

ตารางที่ 3.10 การเปรียบเทียบลักษณะเชิงคุณภาพของเส้นผมส่วนต้นจากศีรษะบริเวณด้านหน้า กลางศีรษะ ท้ายทอย ขมับซ้าย และขมับขวาของกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีน

บริเวณบนศีรษะ	สีของชั้น cortex			สีของ cortical pigment			สีของ medulla			ลักษณะของ medulla			การกระจายตัวของ cortical pigment		
	ลักษณะ	จำนวน	ร้อยละ	ลักษณะ	จำนวน	ร้อยละ	ลักษณะ	จำนวน	ร้อยละ	ลักษณะ	จำนวน	ร้อยละ	ลักษณะ	จำนวน	ร้อยละ
ด้านหน้า (n = 9)	BI	1	11.1	BI	5	55.6	BI	8	100.0	Ab	1	11.1	Dis	2	22.2
	DB	7	77.8	DB	4	44.4	DB	0	0.0	Dc	3	33.3	TC	5	55.6
	LB	1	11.1	LB	0	0.0	LB	0	0.0	Con	5	55.6	TM	2	22.2
กลางศีรษะ (n = 9)	BI	3	33.3	BI	6	66.7	BI	7	100.0	Ab	2	22.2	Dis	4	44.4
	DB	4	44.4	DB	3	33.3	DB	0	0.0	Dc	4	44.4	TC	3	33.3
	LB	2	22.2	LB	0	0.0	LB	0	0.0	Con	3	33.3	TM	2	22.2
ท้ายทอย (n = 9)	BI	2	22.2	BI	6	66.7	BI	8	100.0	Ab	1	11.1	Dis	4	44.4
	DB	5	55.6	DB	3	33.3	DB	0	0.0	Dc	7	77.8	TC	5	55.6
	LB	2	22.2	LB	0	0.0	LB	0	0.0	Con	1	11.1	TM	0	0.0
ขมับซ้าย (n = 9)	BI	3	33.3	BI	7	77.7	BI	9	100.0	Ab	0	0.0	Dis	4	44.4
	DB	5	55.6	DB	2	22.2	DB	0	0.0	Dc	5	55.6	TC	5	55.6
	LB	1	11.1	LB	0	0.0	LB	0	0.0	Con	4	44.4	TM	0	0.0
ขมับขวา (n = 9)	BI	0	0.0	BI	4	44.4	BI	8	100.0	Ab	1	11.1	Dis	3	33.3
	DB	7	77.7	DB	5	55.6	DB	0	0.0	Dc	4	44.4	TC	6	66.7
	LB	2	22.2	LB	0	0.0	LB	0	0.0	Con	4	44.4	TM	0	0.0
$\chi^2/\chi^2_{1-\alpha}$ ที่องศาอิสระ	5.813/15.507			2.458/9.488			-			6.706/15.507			8.575/15.507		
df	8			4			-			8			8		
p-value	0.709			0.777			-			0.613			0.392		
C	0.338			0.228			-			0.360			0.400		

หมายเหตุ

1. BI หมายถึง สีดำ, DB หมายถึง สีน้ำตาลเข้ม, LB หมายถึง สีน้ำตาล
2. Ab หมายถึง แบบไม่มี medulla, DC หมายถึง แบบ medulla ไม่ต่อเนื่อง, Con หมายถึง แบบ medulla ต่อเนื่อง
3. Dis หมายถึง การกระจายตัวหนาแน่นทั่วทั้งชั้น cortex, TC หมายถึง การกระจายตัวหนาแน่นไปทางด้านชั้น cuticle, TM หมายถึง การกระจายตัวหนาแน่นไปทางด้านชั้น medulla
4. χ^2 หรือ ค่า Pearson Chi-square แสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรเชิงคุณภาพ 2 ตัวจากการคำนวณ, $\chi^2_{1-\alpha}$ ที่องศาอิสระ หมายถึง ค่า χ^2 ที่องศาอิสระจากตารางการแจกแจง χ^2
5. df หรือ องศาอิสระของการทดสอบ
6. * หมายถึง ลักษณะเชิงคุณภาพที่ทดสอบมีความสัมพันธ์กับบริเวณบนศีรษะ เมื่อทดสอบด้วยสถิติ Chi-square test ($p < 0.05$)
7. C หรือ ค่า Contingency coefficient แสดงระดับความสัมพันธ์
8. - หมายถึง ไม่สามารถคำนวณทางสถิติได้

2) การศึกษาระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์เบื้องต้น

2.1) บริเวณศีรษะด้านหน้าและขมับซ้าย

ผลการศึกษาลักษณะเชิงคุณภาพของเส้นผมบริเวณศีรษะด้านหน้าและขมับซ้ายระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์แสดงในตารางที่ 3.11 และ 3.14 ตามลำดับ และเมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะเชิงคุณภาพของเส้นผมบริเวณศีรษะด้านหน้าและขมับซ้ายกับกลุ่มชาติพันธุ์ พบว่าลักษณะเชิงคุณภาพ 1 ใน 5 ลักษณะมีความสัมพันธ์กับกลุ่มชาติพันธุ์อย่างมีนัยสำคัญ คือ ลักษณะของ medulla (χ^2 = 7.000, df = 2, p = 0.031) ในระดับความสัมพันธ์ปานกลาง (C = 0.529) และ (χ^2 = 6.333, df = 2, p = 0.042) ในระดับความสัมพันธ์ปานกลาง (C = 0.510) ตามลำดับ โดยเส้นผมบริเวณศีรษะด้านหน้าของกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์พบลักษณะของ medulla 2 แบบ คือ Ab และ Dc ขณะที่กลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีนพบ 3 แบบ คือ Ab, Dc และ Con เส้นผมบริเวณขมับซ้ายของกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์พบลักษณะของ medulla 2 แบบ คือ Ab และ Dc ขณะที่กลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีนพบ 2 แบบ คือ Dc และ Con ในขณะที่ลักษณะเชิงคุณภาพอีก 4 ลักษณะ ได้แก่ สีของชั้น cortex สีของ medulla ลักษณะของ medulla และการกระจายตัวของ cortical pigment ไม่มีความสัมพันธ์ทางสถิติกับกลุ่มชาติพันธุ์

2.2) บริเวณขมับขวา

ผลการศึกษาลักษณะเชิงคุณภาพของเส้นผมบริเวณขมับขวาระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์แสดงในตารางที่ 3.15 และเมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะเชิงคุณภาพของเส้นผมบริเวณขมับขวากับกลุ่มชาติพันธุ์ พบว่าลักษณะเชิงคุณภาพ 1 ใน 5 ลักษณะมีความสัมพันธ์กับกลุ่มชาติพันธุ์อย่างมีนัยสำคัญ คือ สีของ cortical pigment (χ^2 = 6.923, df = 1, p = 0.029) ในระดับความสัมพันธ์ปานกลาง (C = 0.527) โดยเส้นผมบริเวณขมับขวาของกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์พบสีของ cortical pigment เป็น Bl เท่านั้น ขณะที่กลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีนพบ 2 สี คือ Bl และ DB ในขณะที่ลักษณะเชิงคุณภาพอีก 4 ลักษณะ ได้แก่ สีของชั้น cortex สีของ medulla ลักษณะของ medulla และ การกระจายตัวของ cortical pigment ไม่มีความสัมพันธ์ทางสถิติกับกลุ่มชาติพันธุ์

2.3) บริเวณกลางศีรษะและท้ายทอย

ผลการศึกษาลักษณะเชิงคุณภาพของเส้นผมบริเวณกลางศีรษะและท้ายทอยระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์แสดงในตารางที่ 3.12 และ 3.13 ตามลำดับ และเมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะเชิงคุณภาพของเส้นผมบริเวณกลางศีรษะและท้ายทอยกับกลุ่มชาติพันธุ์ พบว่าเส้นผมจากบริเวณกลางศีรษะและท้ายทอยของทั้ง 2 กลุ่มชาติพันธุ์ไม่มีความสัมพันธ์ทางสถิติกับลักษณะเชิงคุณภาพใด ๆ เลย

ตารางที่ 3.11 การเปรียบเทียบลักษณะเชิงคุณภาพของเส้นผมส่วนต้นจากศีรษะด้านหน้าระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์กับกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีน

กลุ่มชาติพันธุ์ไทย	สีของชั้น cortex			สีของ cortical pigment			สีของ medulla			ลักษณะของ medulla			การกระจายตัวของ cortical pigment		
	ลักษณะ	จำนวน	ร้อยละ	ลักษณะ	จำนวน	ร้อยละ	ลักษณะ	จำนวน	ร้อยละ	ลักษณะ	จำนวน	ร้อยละ	ลักษณะ	จำนวน	ร้อยละ
เชื้อสายมาเลย์ (n = 9)	Bl	1	11.1	Bl	8	88.9	Bl	6	100.0	Ab	3	33.3	Dis	2	22.2
	DB	7	77.8	DB	1	11.1	DB	0	0.0	Dc	6	66.7	TC	7	77.8
	LB	1	11.1	LB	0	0.0	LB	0	0.0	Con	0	0.0	TM	0	0.0
เชื้อสายจีน (n = 9)	Bl	1	11.1	Bl	5	55.6	Bl	8	100.0	Ab	1	11.1	Dis	2	22.2
	DB	7	77.8	DB	4	44.4	DB	0	0.0	Dc	3	33.3	TC	5	55.6
	LB	1	11.1	LB	0	0.0	LB	0	0.0	Con	5	55.6	TM	2	22.2
$\chi^2/\chi^2_{1-\alpha}$ ที่องศาอิสระ	0.000/5.991			0.492/3.841			-			7.000/5.991			2.333/5.991		
df	2			1			-			2			2		
p-value	1.000			0.294			-			0.031*			0.511		
C	0.000			0.349			-			0.529			0.339		

หมายเหตุ

1. Bl หมายถึง สีดำ, DB หมายถึง สีน้ำตาลเข้ม, LB หมายถึง สีน้ำตาลอ่อน
2. Ab หมายถึง แบบไม่มี medulla, DC หมายถึง แบบ medulla ไม่ต่อเนื่อง, Con หมายถึง แบบ medulla ต่อเนื่อง
3. Dis หมายถึง การกระจายตัวหนาแน่นทั่วทั้งชั้น cortex, TC หมายถึง การกระจายตัวหนาแน่นไปทางด้านชั้น cuticle, TM หมายถึง การกระจายตัวหนาแน่นไปทางด้านชั้น medulla
4. χ^2 หรือ ค่า Pearson Chi-square แสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรเชิงคุณภาพ 2 ตัวจากการคำนวณ, $\chi^2_{1-\alpha}$ ที่องศาอิสระ หมายถึง ค่า χ^2 ที่องศาอิสระจากตารางการแจกแจง χ^2
5. df หรือ องศาอิสระของการทดสอบ
6. * หมายถึง ลักษณะเชิงคุณภาพที่ทดสอบมีความสัมพันธ์กับบริเวณบนศีรษะ เมื่อทดสอบด้วยสถิติ Chi-square test ($p < 0.05$)
7. C หรือ ค่า Contingency coefficient แสดงระดับความสัมพันธ์
8. - หมายถึง ไม่สามารถคำนวณทางสถิติได้

ตารางที่ 3.12 การเปรียบเทียบลักษณะเชิงคุณภาพของเส้นผมส่วนต้นจากกลางศีรษะระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์กับกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีน

กลุ่มชาติพันธุ์ไทย	สีของชั้น cortex			สีของ cortical pigment			สีของ medulla			ลักษณะของ medulla			การกระจายตัวของ cortical pigment		
	ลักษณะ	จำนวน	ร้อยละ	ลักษณะ	จำนวน	ร้อยละ	ลักษณะ	จำนวน	ร้อยละ	ลักษณะ	จำนวน	ร้อยละ	ลักษณะ	จำนวน	ร้อยละ
เชื้อสายมาเลย์ (n = 9)	Bl	4	44.4	Bl	9	100.0	Bl	7	100.0	Ab	2	22.2	Dis	6	66.7
	DB	5	55.6	DB	0	0.0	DB	0	0.0	Dc	7	77.8	TC	2	22.2
	LB	0	0.0	LB	0	0.0	LB	0	0.0	Con	0	0.0	TM	1	11.1
เชื้อสายจีน (n = 9)	Bl	3	33.3	Bl	6	66.7	Bl	7	100.0	Ab	2	22.2	Dis	4	44.4
	DB	4	44.4	DB	3	33.3	DB	0	0.0	Dc	4	44.4	TC	3	33.3
	LB	2	22.2	LB	0	0.0	LB	0	0.0	Con	3	33.3	TM	2	22.2
$\chi^2/\chi^2_{1-\alpha}$ ที่องศาอิสระ	2.254/5.991			3.600/3.841			-			3.818/5.991			0.933/5.991		
df	2			1			-			2			2		
p-value	0.637			0.206			-			0.267			0.689		
C	0.334			0.408			-			0.418			0.222		

หมายเหตุ

1. Bl หมายถึง สีดำ, DB หมายถึง สีน้ำตาลเข้ม, LB หมายถึง สีน้ำตาลอ่อน
2. Ab หมายถึง แบบไม่มี medulla, DC หมายถึง แบบ medulla ไม่ต่อเนื่อง, Con หมายถึง แบบ medulla ต่อเนื่อง
3. Dis หมายถึง การกระจายตัวหนาแน่นทั่วทั้งชั้น cortex, TC หมายถึง การกระจายตัวหนาแน่นไปทางด้านชั้น cuticle, TM หมายถึง การกระจายตัวหนาแน่นไปทางด้านชั้น medulla
4. χ^2 หรือ ค่า Pearson Chi-square แสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรเชิงคุณภาพ 2 ตัวจากการคำนวณ, $\chi^2_{1-\alpha}$ ที่องศาอิสระ หมายถึง ค่า χ^2 ที่องศาอิสระจากตารางการแจกแจง χ^2
5. df หรือ องศาอิสระของการทดสอบ
6. * หมายถึง ลักษณะเชิงคุณภาพที่ทดสอบมีความสัมพันธ์กับบริเวณบนศีรษะ เมื่อทดสอบด้วยสถิติ Chi-square test ($p < 0.05$)
7. C หรือ ค่า Contingency coefficient แสดงระดับความสัมพันธ์
8. - หมายถึง ไม่สามารถคำนวณทางสถิติได้

ตารางที่ 3.13 การเปรียบเทียบลักษณะเชิงคุณภาพเส้นผมส่วนต้นจากศีรษะบริเวณท้ายทอยระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์กับกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีน

กลุ่มชาติพันธุ์ไทย	สีของชั้น cortex			สีของ cortical pigment			สีของ medulla			ลักษณะของ medulla			การกระจายตัวของ cortical pigment		
	ลักษณะ	จำนวน	ร้อยละ	ลักษณะ	จำนวน	ร้อยละ	ลักษณะ	จำนวน	ร้อยละ	ลักษณะ	จำนวน	ร้อยละ	ลักษณะ	จำนวน	ร้อยละ
เชื้อสายมาเลย์ (n = 9)	BI	1	11.1	BI	9	100.0	BI	7	100.0	Ab	2	22.2	Dis	4	44.4
	DB	8	88.9	DB	0	0.0	DB	0	0.0	Dc	7	77.8	TC	4	44.4
	LB	0	0.0	LB	0	0.0	LB	0	0.0	Con	0	0.0	TM	1	11.1
เชื้อสายจีน (n = 9)	BI	2	22.2	BI	6	66.7	BI	8	100.0	Ab	1	11.1	Dis	4	44.4
	DB	5	55.5	DB	3	33.3	DB	0	0.0	Dc	7	77.8	TC	5	55.6
	LB	2	22.2	LB	0	0.0	LB	0	0.0	Con	1	11.1	TM	0	0.0
$\chi^2/\chi^2_{1-\alpha}$ ที่องศาอิสระ	3.026/5.991			3.600/3.841			-			1.333/5.991			1.111/5.991		
df	2			1			-			2			2		
p-value	0.365			0.206			-			1.000			1.000		
C	0.379			0.408			-			0.263			0.241		

หมายเหตุ

1. BI หมายถึง สีดำ, DB หมายถึง สีน้ำตาลเข้ม, LB หมายถึง สีน้ำตาลอ่อน
2. Ab หมายถึง แบบไม่มี medulla, DC หมายถึง แบบ medulla ไม่ต่อเนื่อง, Con หมายถึง แบบ medulla ต่อเนื่อง
3. Dis หมายถึง การกระจายตัวหนาแน่นทั่วทั้งชั้น cortex, TC หมายถึง การกระจายตัวหนาแน่นไปทางด้านชั้น cuticle, TM หมายถึง การกระจายตัวหนาแน่นไปทางด้านชั้น medulla
4. χ^2 หรือ ค่า Pearson Chi-square แสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรเชิงคุณภาพ 2 ตัวจากการคำนวณ, $\chi^2_{1-\alpha}$ ที่องศาอิสระ หมายถึง ค่า χ^2 ที่องศาอิสระจากตารางการแจกแจง χ^2
5. df หรือ องศาอิสระของการทดสอบ
6. * หมายถึง ลักษณะเชิงคุณภาพที่ทดสอบมีความสัมพันธ์กับบริเวณบนศีรษะ เมื่อทดสอบด้วยสถิติ Chi-square test ($p < 0.05$)
7. C หรือ ค่า Contingency coefficient แสดงระดับความสัมพันธ์
8. - หมายถึง ไม่สามารถคำนวณทางสถิติได้

ตารางที่ 3.14 การเปรียบเทียบลักษณะเชิงคุณภาพของเส้นผมส่วนต้นจากศีรษะบริเวณขมับซ้ายระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์กับกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีน

กลุ่มชาติพันธุ์ไทย	สีของชั้น cortex			สีของ cortical pigment			สีของ medulla			ลักษณะของ medulla			การกระจายตัวของ cortical pigment		
	ลักษณะ	จำนวน	ร้อยละ	ลักษณะ	จำนวน	ร้อยละ	ลักษณะ	จำนวน	ร้อยละ	ลักษณะ	จำนวน	ร้อยละ	ลักษณะ	จำนวน	ร้อยละ
เชื้อสายมาเลย์ (n = 9)	BI	4	44.4	BI	9	100.0	BI	7	100.0	Ab	2	22.2	Dis	6	66.7
	DB	5	55.6	DB	0	0.0	DB	0	0.0	Dc	7	77.8	TC	2	22.2
	LB	0	0.0	LB	0	0.0	LB	0	0.0	Con	0	0.0	TM	1	11.1
เชื้อสายจีน (n = 9)	BI	3	33.3	BI	7	77.8	BI	9	100.0	Ab	0	0.0	Dis	5	55.6
	DB	5	55.6	DB	2	22.2	DB	0	0.0	Dc	5	55.6	TC	4	44.4
	LB	1	11.1	LB	0	0.0	LB	0	0.0	Con	4	44.4	TM	0	0.0
$\chi^2/\chi^2_{1-\alpha}$ ที่องศาอิสระ	1.143/5.991			2.250/3.841			-			6.333/5.991			1.758/5.991		
df	2			1			-			2			2		
p-value	1.000			0.235			-			0.042*			0.620		
C	0.244			0.333			-			0.510			0.298		

หมายเหตุ

1. BI หมายถึง สีดำ, DB หมายถึง สีน้ำตาลเข้ม, LB หมายถึง สีน้ำตาลอ่อน
2. Ab หมายถึง แบบไม่มี medulla, DC หมายถึง แบบ medulla ไม่ต่อเนื่อง, Con หมายถึง แบบ medulla ต่อเนื่อง
3. Dis หมายถึง การกระจายตัวหนาแน่นทั่วทั้งชั้น cortex, TC หมายถึง การกระจายตัวหนาแน่นไปทางด้านชั้น cuticle, TM หมายถึง การกระจายตัวหนาแน่นไปทางด้านชั้น medulla
4. χ^2 หรือ ค่า Pearson Chi-square แสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรเชิงคุณภาพ 2 ตัวจากการคำนวณ, $\chi^2_{1-\alpha}$ ที่องศาอิสระ หมายถึง ค่า χ^2 ที่องศาอิสระจากตารางการแจกแจง χ^2
5. df หรือ องศาอิสระของการทดสอบ
6. * หมายถึง ลักษณะเชิงคุณภาพที่ทดสอบมีความสัมพันธ์กับบริเวณบนศีรษะ เมื่อทดสอบด้วยสถิติ Chi-square test ($p < 0.05$)
7. C หรือ ค่า Contingency coefficient แสดงระดับความสัมพันธ์
8. - หมายถึง ไม่สามารถคำนวณทางสถิติได้

ตารางที่ 3.15 การเปรียบเทียบลักษณะเชิงคุณภาพเส้นผมส่วนต้นจากศีรษะบริเวณขมับขวาระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์กับกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีน

กลุ่มชาติพันธุ์ไทย	สีของชั้น cortex			สีของ cortical pigment			สีของ medulla			ลักษณะของ medulla			การกระจายตัวของ cortical pigment		
	ลักษณะ	จำนวน	ร้อยละ	ลักษณะ	จำนวน	ร้อยละ	ลักษณะ	จำนวน	ร้อยละ	ลักษณะ	จำนวน	ร้อยละ	ลักษณะ	จำนวน	ร้อยละ
เชื้อสายมาเลย์ (n = 9)	Bl	3	33.3	Bl	9	100.0	Bl	5	100.0	Ab	4	44.4	Dis	5	55.6
	DB	6	66.7	DB	0	0.0	DB	0	0.0	Dc	5	55.6	TC	3	33.3
	LB	0	0.0	LB	0	0.0	LB	0	0.0	Con	0	0.0	TM	1	11.1
เชื้อสายจีน (n = 9)	Bl	0	0.0	Bl	4	44.4	Bl	8	100.0	Ab	1	11.1	Dis	3	33.3
	DB	7	77.8	DB	5	55.6	DB	0	0.0	Dc	4	44.4	TC	6	66.7
	LB	2	22.2	LB	0	0.0	LB	0	0.0	Con	4	44.4	TM	0	0.0
$\chi^2/\chi^2_{1-\alpha}$ ที่องศาอิสระ	5.077/5.991			6.923/3.841			-			5.911/5.991			2.500/5.991		
df	2			1			-			2			2		
p-value	0.100			0.029*			-			0.072			0.347		
C	0.469			0.527			-			0.497			0.349		

หมายเหตุ

1. Bl หมายถึง สีดำ, DB หมายถึง สีน้ำตาลเข้ม, LB หมายถึง สีน้ำตาลอ่อน
2. Ab หมายถึง แบบไม่มี medulla, DC หมายถึง แบบ medulla ไม่ต่อเนื่อง, Con หมายถึง แบบ medulla ต่อเนื่อง
3. Dis หมายถึง การกระจายตัวหนาแน่นทั่วทั้งชั้น cortex, TC หมายถึง การกระจายตัวหนาแน่นไปทางด้านชั้น cuticle, TM หมายถึง การกระจายตัวหนาแน่นไปทางด้านชั้น medulla
4. χ^2 หรือ ค่า Pearson Chi-square แสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรเชิงคุณภาพ 2 ตัวจากการคำนวณ, $\chi^2_{1-\alpha}$ ที่องศาอิสระ หมายถึง ค่า χ^2 ที่องศาอิสระจากตารางการแจกแจง χ^2
5. df หรือ องศาอิสระของการทดสอบ
6. * หมายถึง ลักษณะเชิงคุณภาพที่ทดสอบมีความสัมพันธ์กับบริเวณบนศีรษะ เมื่อทดสอบด้วยสถิติ Chi-square test ($p < 0.05$)
7. C หรือ ค่า Contingency coefficient แสดงระดับความสัมพันธ์
8. - หมายถึง ไม่สามารถคำนวณทางสถิติได้

ตารางที่ 3.16 การเปรียบเทียบลักษณะเชิงคุณภาพของเส้นผมส่วนต้นรวมทุกบริเวณบนศีรษะระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์กับกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีน

กลุ่มชาติพันธุ์ไทย	สีของชั้น cortex			สีของ cortical pigment			สีของ medulla			ลักษณะของ medulla			การกระจายตัวของ cortical pigment		
	ลักษณะ	จำนวน	ร้อยละ	ลักษณะ	จำนวน	ร้อยละ	ลักษณะ	จำนวน	ร้อยละ	ลักษณะ	จำนวน	ร้อยละ	ลักษณะ	จำนวน	ร้อยละ
เชื้อสายมาเลย์ (n = 45)	Bl	13	28.9	Bl	44	97.8	Bl	32	100.0	Ab	13	28.9	Dis	23	51.1
	DB	31	68.9	DB	1	2.2	DB	0	0.0	Dc	32	71.1	TC	18	40.0
	LB	1	2.2	LB	0	0.0	LB	0	0.0	Con	0	0.0	TM	4	8.9
เชื้อสายจีน (n = 45)	Bl	9	20.0	Bl	28	62.2	Bl	40	100.0	Ab	5	11.1	Dis	18	40.0
	DB	28	62.2	DB	17	37.8	DB	0	0.0	Dc	23	51.1	TC	23	51.1
	LB	8	17.8	LB	0	0.0	LB	0	0.0	Con	17	37.8	TM	4	8.9
$\chi^2/\chi^2_{1-\alpha}$ ที่องศาอิสระ	6.324/5.991			17.778/3.841			-			22.028/5.991			1.220/5.991		
df	2			1			-			2			2		
p-value	0.045*			0.000*			-			0.000*			0.601		
C	0.256			0.406			-			0.443			0.116		

หมายเหตุ

1. Bl หมายถึง สีดำ, DB หมายถึง สีน้ำตาลเข้ม, LB หมายถึง สีน้ำตาลอ่อน
2. Ab หมายถึง แบบไม่มี medulla, DC หมายถึง แบบ medulla ไม่ต่อเนื่อง, Con หมายถึง แบบ medulla ต่อเนื่อง
3. Dis หมายถึง การกระจายตัวหนาแน่นทั่วทั้งชั้น cortex, TC หมายถึง การกระจายตัวหนาแน่นไปทางด้านชั้น cuticle, TM หมายถึง การกระจายตัวหนาแน่นไปทางด้านชั้น medulla
4. χ^2 หรือ ค่า Pearson Chi-square แสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรเชิงคุณภาพ 2 ตัวจากการคำนวณ, $\chi^2_{1-\alpha}$ ที่องศาอิสระ หมายถึง ค่า χ^2 ที่องศาอิสระจากตารางการแจกแจง χ^2
5. df หรือ องศาอิสระของการทดสอบ
6. *, ** หมายถึง ลักษณะเชิงคุณภาพที่ทดสอบมีความสัมพันธ์กับบริเวณบนศีรษะ เมื่อทดสอบด้วยสถิติ Chi-square test ($p < 0.05$) และ($p < 0.01$) ตามลำดับ
7. C หรือ ค่า Contingency coefficient แสดงระดับความสัมพันธ์
8. - หมายถึง ไม่สามารถคำนวณทางสถิติได้

2.4) รวมทุกบริเวณบนศีรษะ

ผลการศึกษาลักษณะเชิงคุณภาพของเส้นผมรวมทุกบริเวณบนศีรษะระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์แสดงในตารางที่ 3.16 และเมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะเชิงคุณภาพของเส้นผมรวมทุกบริเวณบนศีรษะกับกลุ่มชาติพันธุ์ พบว่าลักษณะเชิงคุณภาพ 3 ใน 5 ลักษณะมีความสัมพันธ์กับกลุ่มชาติพันธุ์อย่างมีนัยสำคัญ ได้แก่ สีของชั้น cortex (χ^2 = 6.324, df = 2, p = 0.045) ในระดับความสัมพันธ์ไม่มาก (C = 0.256) โดยกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์พบสี LB น้อยมาก ขณะที่กลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีนพบสี LB เพิ่มมากขึ้น สีของ cortical pigment (χ^2 = 17.778, df = 1, p = 0.000) ในระดับความสัมพันธ์ปานกลาง (C = 0.406) โดยกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์พบสี DB น้อยมาก ขณะที่กลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีนมีสี DB เพิ่มมากขึ้น และลักษณะของ medulla (χ^2 = 22.028, df = 2, p = 0.000) ในระดับความสัมพันธ์ปานกลาง (C = 0.443) โดยกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์พบลักษณะของ medulla 2 แบบ คือ Ab และ Dc ขณะที่กลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีนพบ 3 แบบ คือ Ab, Dc และ Con ในขณะที่ลักษณะเชิงคุณภาพอีก 2 ตัวแปร ได้แก่ สีของ medulla และการกระจายตัวของ cortical pigment ไม่มีความสัมพันธ์ทางสถิติกับกลุ่มชาติพันธุ์

3.3.2 การศึกษาลักษณะเชิงปริมาณของเส้นผม

ทำการศึกษาลักษณะเชิงปริมาณ 5 ลักษณะ (ได้แก่ ค่า medulla index ค่า hair index ค่าพื้นที่หน้าตัด จำนวน cuticle scale ต่อความยาวเส้นผม 100 ไมโครเมตร และความกว้างของ cuticle scale) บนเส้นผมส่วนต้น จากศีรษะบริเวณด้านหน้า กลางศีรษะ ท้ายทอย ขมับซ้าย และขมับขวา ด้วยเทคนิค wet mount, dry mount และ cross section ภายใต้กล้อง LM และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของลักษณะเชิงปริมาณที่วัดได้จากเส้นผมบริเวณต่าง ๆ บนศีรษะ โดยเปรียบเทียบภายในกลุ่มชาติพันธุ์เดียวกันด้วยสถิติ one-way ANOVA และเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์ด้วยสถิติ student's t-test

1) การศึกษาภายในกลุ่มชาติพันธุ์เดียวกัน

ผลการศึกษาลักษณะเชิงปริมาณของเส้นผมกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์และกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีนที่วัดได้จากบริเวณต่าง ๆ บนศีรษะดังแสดงในตารางที่ 3.17 และ 3.18 ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบลักษณะเชิงปริมาณทั้ง 5 ลักษณะที่วัดได้จากเส้นผมบริเวณต่าง ๆ บนศีรษะ พบว่าเส้นผมจากทั้ง 5 บริเวณบนศีรษะไม่มีความแตกต่างทางสถิติของค่า medulla index ค่า hair index ค่าพื้นที่หน้าตัด จำนวน cuticle scale ต่อความยาวเส้นผม 100 ไมโครเมตร และความกว้างของ cuticle scale

ตารางที่ 3.17 การเปรียบเทียบลักษณะเชิงปริมาณของเส้นผมส่วนต้นจากศีรษะบริเวณด้านหน้า กลางศีรษะ ท้ายทอย ขมับซ้าย และขมับขวาของกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์ (n=9)

บริเวณบนศีรษะ	ค่า medulla index (%)	ค่า hair index	ค่าพื้นที่หน้าตัด (μm^2)	จำนวน cuticle scale/100 µm	ความกว้างของ cuticle scale (µm)
ด้านหน้า	21.5 ± 2.5	77.1 ± 15.4	6,174.1 ± 1,835.1	15.6 ± 0.6	6.6 ± 1.1
กลางศีรษะ	21.7 ± 5.0	74.5 ± 10.6	7,060.4 ± 1,122.2	15.2 ± 1.8	7.6 ± 2.2
ท้ายทอย	20.5 ± 3.7	67.7 ± 7.9	6,630.4 ± 619.2	14.6 ± 1.2	7.2 ± 1.4
ขมับซ้าย	17.2 ± 5.3	78.0 ± 13.1	6,404.3 ± 1,160.5	14.6 ± 1.8	6.9 ± 0.8
ขมับขวา	18.2 ± 2.8	73.2 ± 10.3	6,765.3 ± 940.8	14.7 ± 1.6	7.2 ± 1.6
p-value	0.231	0.379	0.587	0.683	0.810

หมายเหตุ ทดสอบด้วยสถิติ one-way ANOVA ($p < 0.05$)

ตารางที่ 3.18 การเปรียบเทียบลักษณะเชิงปริมาณของเส้นผมส่วนต้นจากศีรษะบริเวณด้านหน้า กลางศีรษะ ท้ายทอย ขมับซ้าย และขมับขวาของกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีน (n=9)

บริเวณบนศีรษะ	ค่า medulla index (%)	ค่า hair index	ค่าพื้นที่หน้าตัด (μm^2)	จำนวน cuticle scale/100 µm	ความกว้างของ cuticle scale (µm)
ด้านหน้า	19.1 ± 4.0	73.7 ± 13.1	7,934.4 ± 1,489.9	15.8 ± 1.1	6.2 ± 1.4
กลางศีรษะ	21.0 ± 3.8	69.5 ± 12.2	8,463.6 ± 1,145.5	14.9 ± 1.3	7.2 ± 0.6
ท้ายทอย	18.4 ± 4.8	71.0 ± 10.1	7,842.8 ± 2,648.7	15.1 ± 0.8	6.7 ± 0.4
ขมับซ้าย	20.6 ± 7.4	72.1 ± 6.0	8,552.3 ± 1,847.4	14.8 ± 0.9	6.9 ± 0.9
ขมับขวา	18.1 ± 5.4	75.2 ± 8.4	8,402.4 ± 2,552.6	15.2 ± 1.1	7.0 ± 0.4
p-value	0.760	0.792	0.917	0.478	0.300

หมายเหตุ ทดสอบด้วยสถิติ one-way ANOVA ($p < 0.05$)

2) การศึกษาระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์เบื้องต้น

2.1) บริเวณท้ายทอยและขมับขวา

ผลการศึกษาลักษณะเชิงปริมาณของเส้นผมบริเวณท้ายทอยและขมับขวาระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์แสดงในตารางที่ 3.19 และเมื่อเปรียบเทียบลักษณะเชิงปริมาณของเส้นผมบริเวณท้ายทอยและขมับขวาระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์ พบว่าลักษณะเชิงปริมาณของเส้นผมจากทั้ง 2 กลุ่มชาติพันธุ์ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางที่ 3.19 การเปรียบเทียบลักษณะเชิงปริมาณของเส้นผมส่วนต้นจากศีรษะบริเวณด้านหน้า กลางศีรษะ ท้ายทอย ขมับซ้าย และขมับขวา ระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์กับกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีน

บริเวณบนศีรษะ	กลุ่มชาติพันธุ์ไทย	ค่า medulla index (%)	ค่า hair index	ค่าพื้นที่หน้าตัด (μm^2)	จำนวน cuticle scale/100 µm	ความกว้างของ cuticle scale (µm)
ด้านหน้า (n = 9)	เชื้อสายมาเลย์	21.5 ± 2.5	77.1 ± 15.4	6,174.1 ± 1,835.1	15.6 ± 0.6	6.6 ± 1.1
	เชื้อสายจีน	19.1 ± 4.0	73.7 ± 13.1	7,934.4 ± 1,489.9	15.8 ± 1.1	6.2 ± 1.4
	p-value	0.208	0.622	0.040*	0.679	0.572
กลางศีรษะ (n = 9)	เชื้อสายมาเลย์	21.7 ± 5.0	74.5 ± 10.6	7,060.4 ± 1,122.2	15.2 ± 1.8	7.6 ± 2.2
	เชื้อสายจีน	21.0 ± 3.8	69.5 ± 12.2	8,463.6 ± 1,145.5	14.9 ± 1.3	7.2 ± 0.6
	p-value	0.777	0.365	0.018*	0.769	0.616
ท้ายทอย (n = 9)	เชื้อสายมาเลย์	20.5 ± 3.7	67.7 ± 7.9	6,630.4 ± 619.2	14.6 ± 1.2	7.2 ± 1.4
	เชื้อสายจีน	18.4 ± 4.8	71.0 ± 10.1	7,842.8 ± 2,648.7	15.1 ± 0.8	6.7 ± 0.4
	p-value	0.382	0.457	0.214	0.370	0.422
ขมับซ้าย (n = 9)	เชื้อสายมาเลย์	17.2 ± 5.3	78.0 ± 13.1	6,404.3 ± 1,160.5	14.6 ± 1.8	6.9 ± 0.8
	เชื้อสายจีน	20.6 ± 7.4	72.1 ± 6.0	8,552.3 ± 1,847.4	14.8 ± 0.9	6.9 ± 0.9
	p-value	0.332	0.233	0.009**	0.791	1.000
ขมับขวา (n = 9)	เชื้อสายมาเลย์	18.2 ± 2.8	73.2 ± 10.3	6,765.3 ± 940.8	14.7 ± 1.6	7.2 ± 1.6
	เชื้อสายจีน	18.1 ± 5.4	75.2 ± 8.4	8,402.4 ± 2,552.6	15.2 ± 1.1	7.0 ± 0.4
	p-value	0.975	0.654	0.087	0.586	0.773

หมายเหตุ * หมายถึง ข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์ เมื่อทดสอบด้วยสถิติ student's t-test ($p < 0.05$)

** หมายถึง ข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์ เมื่อทดสอบด้วยสถิติ student's t-test ($p < 0.01$)

2.2) บริเวณศีรษะด้านหน้า กลางศีรษะ ขมับซ้าย และรวมทุกบริเวณบนศีรษะ

ผลการศึกษาลักษณะเชิงปริมาณของเส้นผมบริเวณศีรษะด้านหน้า กลางศีรษะ ขมับซ้าย และรวมทุกบริเวณบนศีรษะระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์แสดงในตารางที่ 3.19 และ 3.20 และเมื่อเปรียบเทียบลักษณะเชิงปริมาณของเส้นผมบริเวณศีรษะด้านหน้ากลางศีรษะ ขมับซ้าย และรวมทุกบริเวณบนศีรษะระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์ พบว่าลักษณะเชิงปริมาณ 1 ใน 5 ลักษณะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์ ($p < 0.05$) คือ ค่าพื้นที่หน้าตัด โดยเส้นผมของกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์มีค่าพื้นที่หน้าตัดน้อยกว่าของกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีน ในขณะที่ลักษณะเชิงปริมาณอีก 4 ตัวแปร ได้แก่ ค่า medulla index ค่า hair index จำนวน cuticle scale ต่อความยาวเส้นผม 100 ไมโครเมตร และความกว้างของ cuticle scale ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์

ตารางที่ 3.20 การเปรียบเทียบลักษณะเชิงปริมาณของเส้นผมส่วนต้นรวมทุกบริเวณบนศีรษะระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์กับกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีน

ลักษณะเชิงปริมาณ	กลุ่มชาติพันธุ์ไทย		p-value
	เชื้อสายมาเลย์ (n=45)	เชื้อสายจีน (n=45)	
1 ค่า medulla index (%)	19.9 ± 4.3	19.4 ± 5.2	0.696
2. ค่า hair index	74.1 ± 11.8	72.3 ± 10.0	0.434
3. ค่าพื้นที่หน้าตัด (μm^2)	6,606.9 ± 1,187.8	8,239.1 ± 1,944.8	0.000**
4. จำนวน cuticle scale/ความยาว100 µm	14.9 ± 1.4	15.2 ± 1.0	0.476
5. ความกว้างของ cuticle scale (µm)	7.1 ± 1.4	6.8 ± 0.8	0.297

หมายเหตุ ** หมายถึง ข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์เมื่อทดสอบด้วยสถิติ student's t-test ($p < 0.01$)

สรุปได้ว่าพบว่าเส้นผมจากศีรษะทั้ง 5 บริเวณมีลักษณะทั้งเชิงคุณภาพและปริมาณที่ไม่แตกต่างกันทั้ง 2 กลุ่มชาติพันธุ์ แสดงว่าเส้นผมจากศีรษะทั้ง 5 บริเวณมีความเหมาะสมที่จะใช้เป็นตัวแทนกลุ่มชาติพันธุ์ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์เบื้องต้นด้วยข้อมูลชุดนี้ พบว่าการวิเคราะห์เส้นผมรวมทุกบริเวณบนศีรษะมีตัวแปรที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์มากกว่าการวิเคราะห์แยกบริเวณบนศีรษะ ดังนั้นจึงใช้เส้นผมจากทุกบริเวณบนศีรษะในการศึกษาในขั้นตอนต่อไป

3.4 การเปรียบเทียบลักษณะจำเพาะของเส้นผมระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์และกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีนภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง

การศึกษานี้เป็นการเปรียบเทียบลักษณะจำเพาะของเส้นผมระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์และกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีน เพื่อหาลักษณะที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างทั้ง 2 กลุ่มชาติพันธุ์

ทำการศึกษาตัวอย่างเส้นผมจากอาสาสมัครกลุ่มชาติพันธุ์ละ 10 คน โดยใช้เส้นผมส่วนต้นจากศีรษะทั้ง 5 บริเวณ คือ ด้านหน้า กลางศีรษะ ท้ายทอย ขมับซ้าย และขมับขวา บริเวณละ 1 เส้น ทำให้ได้ตัวอย่างเส้นผมที่ใช้ศึกษา 50 ตัวอย่างต่อกลุ่มชาติพันธุ์ (n = 100) จากนั้นศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเส้นผมทั้งลักษณะเชิงคุณภาพและลักษณะเชิงปริมาณดังนี้

3.4.1 การศึกษาลักษณะเชิงคุณภาพของเส้นผม

ทำการศึกษาลักษณะเชิงคุณภาพ 5 ลักษณะ (ได้แก่ สีของชั้น cortex สีของ cortical pigment สีของ medulla ลักษณะของ medulla และการกระจายตัวของ cortical pigment) ด้วยเทคนิค wet mount ภายใต้กล้อง LM โดยให้คะแนนคุณลักษณะที่พบตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ในตารางที่ 2.3 จากนั้นคำนวณหาความถี่และร้อยละของแต่ละคุณลักษณะ รวมทั้งหาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะเชิงคุณภาพกับกลุ่มชาติพันธุ์ด้วยสถิติ Chi-square test

ผลการศึกษาลักษณะเชิงคุณภาพของเส้นผมระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์แสดงในตารางที่ 3.21 ซึ่งพบว่าเส้นผมจากทั้ง 2 กลุ่มชาติพันธุ์ไม่มีความสัมพันธ์ทางสถิติกับลักษณะเชิงคุณภาพทั้ง 5 ลักษณะ

3.4.2 การศึกษาลักษณะเชิงปริมาณของเส้นผม

ทำการศึกษาลักษณะเชิงปริมาณ 11 ลักษณะ (ได้แก่ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นผม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง medulla ความหนาของชั้น cuticle จำนวน cuticle scale ต่อความยาวเส้นผม 100 ไมโครเมตร ความกว้างของ cuticle scale เส้นผ่านศูนย์กลางหน้าตัดด้านที่กว้างที่สุด เส้นผ่านศูนย์กลางหน้าตัดด้านที่แคบที่สุด ค่า medulla index ค่า scale index ค่า hair index และค่าพื้นที่หน้าตัด) ด้วยเทคนิค wet mount, dry mount และเทคนิค cross section ภายใต้กล้อง LM และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของลักษณะเชิงปริมาณของเส้นผมที่วัดได้ระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์ด้วยสถิติ student's t-test สำหรับข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบปกติ และสถิติ Mann-Whitney U test สำหรับข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบไม่ปกติ

ตารางที่ 3.21 การเปรียบเทียบลักษณะเชิงคุณภาพของเส้นผมระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์กับกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีนภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง

กลุ่มชาติพันธุ์ไทย	สีของชั้น cortex			สีของ cortical pigment			สีของ medulla			ลักษณะของ medulla			การกระจายตัวของ cortical pigment		
	ลักษณะ	จำนวน	ร้อยละ	ลักษณะ	จำนวน	ร้อยละ	ลักษณะ	จำนวน	ร้อยละ	ลักษณะ	จำนวน	ร้อยละ	ลักษณะ	จำนวน	ร้อยละ
เชื้อสายมาเลย์ (n = 50)	BI	5	10.0	BI	31	62.0	BI	46	100.0	Ab	4	8.0	Dis	24	48.0
	DB	26	52.0	DB	19	38.0	DB	0	0.0	Dc	46	92.0	TC	26	52.0
	LB	19	38.0	LB	0	0.0	LB	0	0.0	Con	0	0.0	TM	0	0.0
เชื้อสายจีน (n = 50)	BI	4	8.0	BI	29	58.0	BI	44	100.0	Ab	6	12.0	Dis	24	48.0
	DB	25	50.0	DB	21	42.0	DB	0	0.0	Dc	39	78.0	TC	25	50.0
	LB	21	42.0	LB	0	0.0	LB	0	0.0	Con	5	10.0	TM	1	2.0
$\chi^2/\chi^2_{1-\alpha}$ ที่องศาอิสระ	0.231/5.991			0.167/3.841			-			5.976/5.991			1.020/5.991		
df	2			1			-			2			2		
p-value	0.915			0.683			-			0.053			1.000		
C	0.048			0.041			-			0.237			0.100		

หมายเหตุ

1. BI หมายถึง สีดำ, DB หมายถึง สีน้ำตาลเข้ม, LB หมายถึง สีน้ำตาลอ่อน
2. Ab หมายถึง แบบไม่มี medulla, DC หมายถึง แบบ medulla ไม่ต่อเนื่อง, Con หมายถึง แบบ medulla ต่อเนื่อง
3. Dis หมายถึง การกระจายตัวหนาแน่นทั่วทั้งชั้น cortex, TC หมายถึง การกระจายตัวหนาแน่นไปทางด้านชั้น cuticle, TM หมายถึง การกระจายตัวหนาแน่นไปทางด้านชั้น medulla
4. χ^2 หรือ ค่า Pearson Chi-square แสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรเชิงคุณภาพ 2 ตัวจากการคำนวณ, $\chi^2_{1-\alpha}$ ที่องศาอิสระ หมายถึง ค่า χ^2 ที่องศาอิสระจากตารางการแจกแจง χ^2
5. df หรือ องศาอิสระของการทดสอบ
6. * หมายถึง ลักษณะเชิงคุณภาพที่ทดสอบมีความสัมพันธ์กับบริเวณบนศีรษะ เมื่อทดสอบด้วยสถิติ Chi-square test ($p < 0.05$)
7. C หรือ ค่า Contingency coefficient แสดงระดับความสัมพันธ์
8. - หมายถึง ไม่สามารถคำนวณทางสถิติได้

ผลการศึกษาลักษณะเชิงปริมาณของเส้นผมระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์แสดงในตารางที่ 3.22 ซึ่งพบว่ามีลักษณะเชิงปริมาณ 5 ลักษณะที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์ในระดับความเชื่อมั่นมากกว่า 99% ($p < 0.01$) ได้แก่ ความหนาของชั้น cuticle, จำนวน cuticle scale ต่อความยาวเส้นผม 100 ไมโครเมตร, ความกว้างของ cuticle scale, ค่า scale index และค่าพื้นที่หน้าตัด โดยเส้นผมกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์มีค่าความกว้างของ cuticle scale และค่า scale index มากกว่ากลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีน (ภาพที่ 3.5 C และ D) ส่วนความหนาของชั้น cuticle (ภาพที่ 3.5 A และ B) จำนวน cuticle scale ต่อความยาวเส้นผม 100 ไมโครเมตร (ภาพที่ 3.5 C และ D) และค่าพื้นที่หน้าตัด (ภาพที่ 3.5 E และ F) ของกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์มีค่าน้อยกว่าของกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีน

ตารางที่ 3.22 การเปรียบเทียบลักษณะเชิงปริมาณของเส้นผมระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์กับกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีนภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง

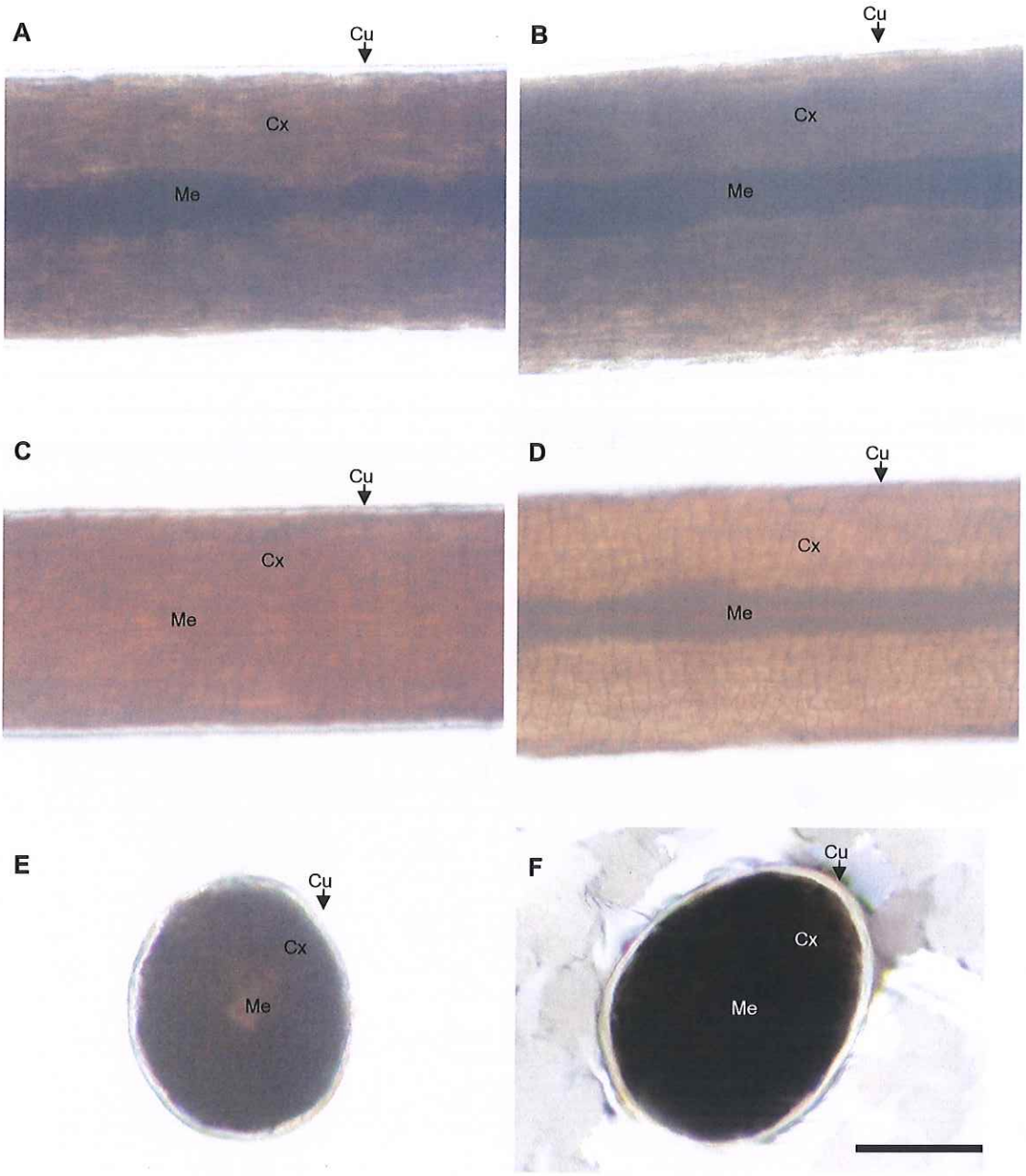
ลักษณะเชิงปริมาณ		กลุ่มชาติพันธุ์ไทย		p-value
		เชื้อสายมาเลย์ (n = 50)	เชื้อสายจีน (n = 50)	
1.	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นผม (μm)	111.5 ± 12.8	117.6 ± 18.2	0.027*
2.	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง medulla (μm)	23.3 ± 5.0	23.2 ± 7.5	0.445
3.	ความหนาของชั้น cuticle (μm)	3.2 ± 0.6	3.6 ± 0.6	0.001**
4.	จำนวน cuticle scale/ความยาว 100 μm	14.3 ± 1.3	15.0 ± 1.3	0.004**
5.	ความกว้างของ cuticle scale (μm)	7.2 ± 1.1	6.6 ± 0.8	0.003***
6.	เส้นผ่านศูนย์กลางหน้าตัดที่กว้างที่สุด (μm)	106.2 ± 11.1	111.9 ± 16.2	0.021*
7.	เส้นผ่านศูนย์กลางหน้าตัดที่แคบที่สุด (μm)	80.2 ± 10.3	83.3 ± 7.8	0.049*
8.	ค่า medulla index (%)	20.8 ± 3.9	19.1 ± 4.4	0.022*
9.	ค่า scale index	6.8 ± 1.5	6.1 ± 1.1	0.003***
10.	ค่า hair index	76.3 ± 11.2	75.6 ± 10.2	0.370
11.	ค่าพื้นที่หน้าตัด (μm^2)	6,702.4 ± 1,152.5	7,353.6 ± 1,432.0	0.007**

หมายเหตุ

* หมายถึง ข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์ เมื่อทดสอบด้วยสถิติ student's t-test ($p < 0.05$)

** หมายถึง ข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์ เมื่อทดสอบด้วยสถิติ student's t-test ($p < 0.01$)

*** หมายถึง ข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์ เมื่อทดสอบด้วยสถิติ Mann-Whitney U test ($p < 0.01$)



ภาพที่ 3.4 ภาพถ่ายเส้นผมของกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์ (A, C, E) และกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีน (B, D, F) ถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์ (Olympus, BX51 DP11) ประกอบด้วยภาพถ่ายเส้นผมที่ศึกษาด้วยเทคนิค wet mount (A และ B) ภาพถ่ายเส้นผมที่ศึกษาด้วยเทคนิค dry mount (C และ D) และภาพถ่ายเส้นผมที่ศึกษาด้วยเทคนิค cross section (E และ F) (Cu = Cuticle, Cx = Cortex, Me = medulla) ทุกภาพมีกำลังขยายเท่ากัน และสเกลมีความยาวเท่ากับ 50 µm

มีลักษณะเชิงปริมาณ 4 ลักษณะที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์ในระดับความเชื่อมั่นมากกว่า 95% ($p < 0.05$) ได้แก่ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นผม, เส้นผ่านศูนย์กลางหน้าตัดที่กว้างที่สุด, เส้นผ่านศูนย์กลางหน้าตัดที่แคบที่สุด และค่า medulla index โดยเส้นผมของกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์มีค่า medulla index มากกว่ากลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีน (ภาพที่ 3.5 A และ B) ส่วนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นผม (ภาพที่ 3.5 A และ B), เส้นผ่านศูนย์กลางหน้าตัดที่กว้างที่สุด และเส้นผ่านศูนย์กลางหน้าตัดที่แคบที่สุด (ภาพที่ 3.5 E และ F) ของกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์มีค่าน้อยกว่าของกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีน ในขณะที่ลักษณะเชิงปริมาณอีก 2 ลักษณะ ได้แก่ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง medulla และค่า hair index ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างทั้ง 2 กลุ่มชาติพันธุ์

ดังนั้นจึงเลือกใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเส้นผมทั้ง 9 ลักษณะที่แตกต่างกันระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์ไปสร้างสมการจำแนกกลุ่มชาติพันธุ์

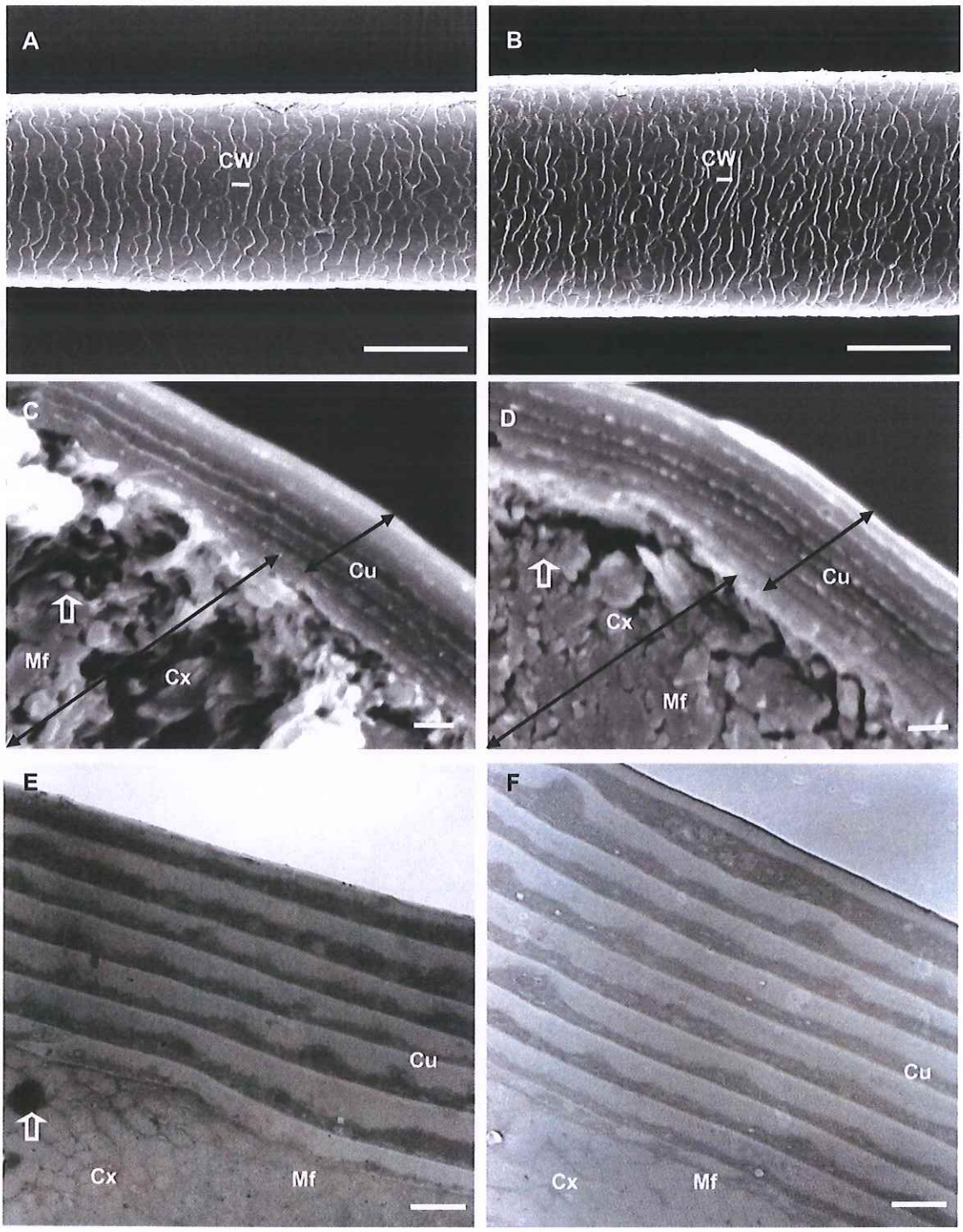
3.5 การเปรียบเทียบลักษณะจำเพาะของเส้นผมระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์และกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีนภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน

การศึกษานี้เป็นการเปรียบเทียบลักษณะจำเพาะของเส้นผมระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์และกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีนภายใต้กล้อง SEM และ TEM เพื่อยืนยันความถูกต้องของการศึกษาภายใต้กล้อง LM

การศึกษาภายใต้กล้อง SEM และ TEM ใช้ตัวอย่างเส้นผมจากอาสาสมัครกลุ่มชาติพันธุ์ละ 6 และ 3 คนตามลำดับ โดยใช้เส้นผมส่วนต้นจากศีรษะคนละ 1 เส้น ทำให้ได้ตัวอย่างเส้นผมที่ใช้ศึกษาภายใต้กล้อง SEM และ TEM เท่ากับ 6 และ 3 ตัวอย่างต่อกลุ่มชาติพันธุ์ตามลำดับ ($n = 12$, $n = 6$) จากนั้นศึกษาลักษณะเชิงปริมาณของเส้นผม 7 ลักษณะ แสดงในตารางที่ 3.23

การศึกษาเส้นผมตามยาวภายใต้กล้อง SEM (ภาพที่ 3.6 A และ B) พบว่าความกว้างของ cuticle scale ของกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์มีมากกว่าของกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีนอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ในขณะที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นผม จำนวน cuticle scale ต่อความยาวเส้นผม 100 ไมโครเมตร และค่า scale index ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างทั้ง 2 กลุ่มชาติพันธุ์

การศึกษาเส้นผมตามขวางภายใต้กล้อง SEM และ TEM (ภาพที่ 3.6 C - F) พบว่าความหนาของชั้น cuticle ความหนาของชั้นย่อยของ cuticle และจำนวนชั้นย่อยของ cuticle ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างทั้ง 2 กลุ่มชาติพันธุ์



ภาพที่ 3.5 ภาพถ่ายเส้นผมของกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์ (A, C) และกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีน (B, D) ถ่ายด้วยกล้อง SEM (JEOL, JSM-5800 LV) ประกอบด้วย ภาพถ่ายเส้นผมตามยาว (A และ B) และตามขวาง (C และ D) ภาพถ่ายเส้นผมของกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์ (E) และกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีน (F) ถ่ายด้วยกล้อง TEM (JEOL, JSM-5800 LV) (CW = cuticle scale width, Cu = Cuticle, Cx = Cortex, Mf = macrofibril, Arrow = melanin granule) สเกลมีความยาว: (A และ B) 50 μm (C และ D) 1 μm (E และF) 500 nm

ตารางที่ 3.23 การเปรียบเทียบลักษณะเชิงปริมาณของเส้นผมระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์กับกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีนภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

กล้องจุลทรรศน์	ลักษณะเชิงปริมาณ	กลุ่มชาติพันธุ์ไทย		p-value
		เชื้อสายมาเลย์	เชื้อสายจีน	
SEM (n = 6)	1. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นผม (μm)	99.6 ± 11.3	107.0 ± 14.5	0.168
	2. จำนวน cuticle scale/ความยาว 100 μm	14.6 ± 1.7	15.7 ± 2.8	0.206
	3. ความกว้างของ cuticle scale (μm)	8.3 ± 0.6	6.9 ± 1.5	0.028*
	4. ค่า scale index	8.2 ± 0.8	6.3 ± 2.5	0.053
	5. ความหนาของชั้น cuticle (μm)	2.8 ± 0.4	3.1 ± 0.5	0.136
	6. ความหนาของชั้นย่อยของ cuticle (μm)	0.45 ± 0.07	0.45 ± 0.06	0.488
	7. จำนวนชั้นย่อยของ cuticle	6.9 ± 0.7	7.7 ± 0.8	0.052

หมายเหตุ * หมายถึง ข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์ เมื่อทดสอบด้วยสถิติ student's t-test ($p < 0.05$)

การเปรียบเทียบลักษณะเชิงปริมาณของผมเส้นเดียวกันที่วัดได้จากกล้อง LM, SEM และ TEM (ตารางที่ 3.24 และ 3.25) พบว่าลักษณะเชิงปริมาณทั้ง 7 ค่าที่วัดได้จากกล้องจุลทรรศน์ทั้ง 3 ประเภทไม่มีความแตกต่างในทางสถิติ

ตารางที่ 3.24 การเปรียบเทียบลักษณะเชิงปริมาณของผมเส้นเดียวกันที่วัดได้จากกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงและกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

กลุ่มชาติพันธุ์ไทย	ลักษณะเชิงปริมาณ	ประเภทของกล้องจุลทรรศน์		p-value
		LM	SEM	
เชื้อสายมาเลย์ (n = 6)	1. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นผม (μm)	101.3 ± 5.0	99.6 ± 11.3	0.373
	2. จำนวน cuticle scale/ความยาว 100 μm	13.7 ± 1.3	14.6 ± 1.7	0.165
	3. ความกว้างของ cuticle scale (μm)	7.8 ± 0.5	8.3 ± 0.6	0.069
	4. ค่า scale index	7.1 ± 1.3	8.2 ± 0.8	0.058
	5. ความหนาของชั้น cuticle (μm)	3.0 ± 0.4	2.8 ± 0.4	0.142
เชื้อสายจีน (n = 6)	1. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นผม (μm)	115.1 ± 21.0	107.0 ± 14.5	0.232
	2. จำนวน cuticle scale/ความยาว 100 μm	15.4 ± 1.7	15.7 ± 2.8	0.395
	3. ความกว้างของ cuticle scale (μm)	6.7 ± 1.0	6.8 ± 1.5	0.437
	4. ค่า scale index	6.0 ± 1.5	6.3 ± 2.5	0.419
	5. ความหนาของชั้น cuticle (μm)	3.6 ± 0.8	3.1 ± 0.5	0.102

หมายเหตุ ทดสอบด้วยสถิติ student's t-test ($p < 0.05$)

ตารางที่ 3.25 การเปรียบเทียบลักษณะเชิงปริมาณของผมเส้นเดียวกันที่วัดได้จากกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงและกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน

กลุ่มชาติพันธุ์ไทย	ลักษณะเชิงปริมาณ	ประเภทของกล้องจุลทรรศน์			p-value
		LM	SEM	TEM	
เชื้อสายมาเลย์ (n = 3)	1 ความหนาของชั้น cuticle (μm)	3.0 ± 0.5	3.0 ± 0.4	2.8 ± 0.1	0.672 [a]
	2 ความหนาของชั้นย่อยของ cuticle (μm)	-	0.43 ± 0.06	0.44 ± 0.02	0.396 [b]
	3 จำนวนชั้นย่อยของ cuticle	-	7.0 ± 0.0	7.0 ± 0.0	0.500 [b]
เชื้อสายจีน (n = 3)	1 ความหนาของชั้น cuticle (μm)	3.3 ± 1.0	3.1 ± 0.1	3.2 ± 0.2	0.947 [a]
	2 ความหนาของชั้นย่อยของ cuticle (μm)	-	0.51 ± 0.03	0.47 ± 0.04	0.170 [b]
	3 จำนวนชั้นย่อยของ cuticle	-	8.0 ± 1.0	8.0 ± 1.0	0.500 [b]

หมายเหตุ a หมายถึง ทดสอบด้วยสถิติ one-way ANOVA ($p < 0.05$)

b หมายถึง ทดสอบด้วยสถิติ student's t-test ($p < 0.05$)

ดังนั้นในการสร้างสมการจำแนกกลุ่มชาติพันธุ์จึงใช้ค่าที่วัดได้จากกล้อง LM เท่านั้น เพราะเป็นเครื่องมือที่ใช้งานได้ง่าย สะดวก และรวดเร็วกว่ากล้อง SEM และ TEM เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานจริง

3.6 การจำแนกกลุ่มชาติพันธุ์จากตัวอย่างเส้นผมด้วยวิธี discriminant analysis

ขั้นตอนนี้เป็นการสร้างสมการ 2 สมการ คือ สมการจำแนกกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์ และสมการจำแนกกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีน โดยคำนวณจากค่าที่วัดได้ภายใต้กล้อง LM เพื่อนำมาใช้พยากรณ์กลุ่มชาติพันธุ์ให้กับตัวอย่างเส้นผม

3.6.1 การสร้างสมการจำแนกกลุ่มชาติพันธุ์

สมการจำแนกกลุ่มชาติพันธุ์สร้างมาจากข้อมูลของลักษณะเชิงปริมาณของตัวอย่างเส้นผมทั้งหมดที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ (n = 100)

ตัวแปรที่สามารถนำมาวิเคราะห์ discriminant analysis ต้องมีคุณสมบัติตามเงื่อนไข 4 ข้อ คือ 1) มีการแจกแจงปกติหลายตัวแปร (multivariate normality) 2) มีค่าเฉลี่ยของตัวแปรแตกต่างกันระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์ 3) มีเมทริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วม (varience - covarience matrix) ของตัวแปรที่ใช้พยากรณ์กลุ่มชาติพันธุ์เท่ากัน และ 4) ค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแต่ละคู่ต้องไม่มากกว่า 0.5 จึงทำตรวจสอบคุณสมบัติดังกล่าวกับตัวแปรลักษณะจำเพาะของเส้นผมทั้ง 9 ลักษณะที่แตกต่างกันระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์ โดยใช้โปรแกรม SPSS ตามลำดับดังนี้

เงื่อนไขที่ 1 การทดสอบการแจกแจงปกติของตัวแปรลักษณะจำเพาะของเส้นผมทั้ง 9 ลักษณะ โดยใช้สถิติ Shapiro-Wilk (ตารางที่ 3.26) พบว่าตัวแปรลักษณะจำเพาะของเส้นผมเพียง 7 ลักษณะที่มีการแจกแจงแบบปกติ ได้แก่ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นผม, ความหนาของชั้น cuticle, จำนวน cuticle scale ต่อความยาวเส้นผม 100 ไมโครเมตร, เส้นผ่านศูนย์กลางหน้าตัดที่กว้างที่สุด, เส้นผ่านศูนย์กลางหน้าตัดที่แคบที่สุด, ค่า medulla index และค่าพื้นที่หน้าตัด ทำให้มีเพียง 7 ลักษณะนี้ที่สามารถเข้าสู่การตรวจสอบเงื่อนไขที่ 2 ได้

การตรวจสอบคุณสมบัติของตัวแปรครั้งที่ 1

ตารางที่ 3.26 การทดสอบการแจกแจงปกติหลายตัวแปร (test of normality)

ตัวแปรลักษณะจำเพาะของเส้นผม	กลุ่มชาติพันธุ์ไทย	Shapiro-Wilk		
		ค่าสถิติ	df	Sig.
1. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นผม (mm)	เชื้อสายมาเลย์	0.980	46	0.590
	เชื้อสายจีน	0.961	44	0.138
2. ความหนาของชั้น cuticle (mm)	เชื้อสายมาเลย์	0.970	46	0.270
	เชื้อสายจีน	0.978	44	0.568
3. จำนวน cuticle scale/ความยาว 100 μm	เชื้อสายมาเลย์	0.964	46	0.167
	เชื้อสายจีน	0.965	44	0.208
4. ความกว้างของ cuticle scale (mm)	เชื้อสายมาเลย์	0.965	46	0.181
	เชื้อสายจีน	0.946	44	0.039*
5. เส้นผ่านศูนย์กลางหน้าตัดที่กว้างที่สุด (mm)	เชื้อสายมาเลย์	0.971	46	0.309
	เชื้อสายจีน	0.966	44	0.223
6. เส้นผ่านศูนย์กลางหน้าตัดที่แคบที่สุด (mm)	เชื้อสายมาเลย์	0.972	46	0.317
	เชื้อสายจีน	0.974	44	0.411
7. ค่า medulla index (%)	เชื้อสายมาเลย์	0.971	46	0.300
	เชื้อสายจีน	0.964	44	0.181
8. ค่า scale index	เชื้อสายมาเลย์	0.923	46	0.005*
	เชื้อสายจีน	0.990	44	0.959
9. ค่าพื้นที่หน้าตัด (mm^2)	เชื้อสายมาเลย์	0.986	46	0.848
	เชื้อสายจีน	0.984	44	0.780

หมายเหตุ * หมายถึง ข้อมูลมีการแจกแจงแบบไม่ปกติ ($p < 0.05$)

เงื่อนไขที่ 2 การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของตัวแปรลักษณะจำเพาะของเส้นผมทั้ง 7 ลักษณะระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์ โดยใช้สถิติ Wilk's Lambda จากการทดสอบ 3 ครั้ง เพื่อตัดตัวแปรที่มีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์ออก แล้วจึงทำการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของตัวแปรที่เหลือซ้ำ จนเหลือเพียงตัวแปรที่มีค่าเฉลี่ยแตกต่างทางสถิติระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์เท่านั้น (ตารางที่ 3.27 - 3.29) พบว่าค่าเฉลี่ยของตัวแปรลักษณะจำเพาะของเส้นผมจำนวน 4 ลักษณะมีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์และกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีน ได้แก่ ความหนาของชั้น cuticle, จำนวน cuticle scale ต่อความยาวเส้นผม 100 ไมโครเมตร, เส้นผ่านศูนย์กลางหน้าตัดที่กว้างที่สุด และค่าพื้นที่หน้าตัด ทำให้มีเพียง 4 ตัวแปรนี้ที่สามารถเข้าสู่การตรวจสอบเงื่อนไขที่ 3 ได้

ตารางที่ 3.27 การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของตัวแปรลักษณะจำเพาะของเส้นผมทั้ง 7 ลักษณะระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์ครั้งที่ 1 (test of equality of group means)

ตัวแปรลักษณะจำเพาะของเส้นผม	Wilk's Lambda	F	df1	df2	Sig.
1. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นผม (mm)	0.947	4.897	1	88	0.029*
2. ความหนาของชั้น cuticle (mm)	0.930	6.624	1	88	0.012*
3. จำนวน cuticle scale/ความยาว 100 μm	0.930	6.611	1	88	0.012*
4. เส้นผ่านศูนย์กลางหน้าตัดที่กว้างที่สุด (mm)	0.942	5.388	1	88	0.023*
5. เส้นผ่านศูนย์กลางหน้าตัดที่แคบที่สุด (mm)	0.974	2.377	1	88	0.127
6. ค่า medulla index (%)	0.957	3.945	1	88	0.050
7. ค่าพื้นที่หน้าตัด (mm^2)	0.927	6.939	1	88	0.010*

หมายเหตุ * หมายถึง ข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์ ($p < 0.05$)

ตารางที่ 3.28 การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของตัวแปรลักษณะจำเพาะของเส้นผมทั้ง 5 ลักษณะระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์ครั้งที่ 2 (test of equality of group means)

ตัวแปรลักษณะจำเพาะของเส้นผม	Wilk's Lambda	F	df1	df2	Sig.
1. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นผม (mm)	0.962	3.819	1	98	0.054
2. ความหนาของชั้น cuticle (mm)	0.901	10.772	1	98	0.001*
3. จำนวน cuticle scale/ความยาว 100 μm	0.929	7.537	1	98	0.007*
4. เส้นผ่านศูนย์กลางหน้าตัดที่กว้างที่สุด (mm)	0.958	4.265	1	98	0.042*
5. ค่าพื้นที่หน้าตัด (mm^2)	0.940	6.274	1	98	0.014*

หมายเหตุ * หมายถึง ข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์ ($p < 0.05$)

ตารางที่ 3.29 การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของตัวแปรลักษณะจำเพาะของเส้นผมทั้ง 4 ลักษณะระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์ครั้งที่ 3 (test of equality of group means)

ตัวแปรลักษณะจำเพาะของเส้นผม	Wilk's Lambda	F	df1	df2	Sig.
1. ความหนาของชั้น cuticle (mm)	0.901	10.772	1	98	0.001*
2. จำนวน cuticle scale/ความยาว 100 µm	0.929	7.537	1	98	0.007*
3. เส้นผ่านศูนย์กลางหน้าตัดที่กว้างที่สุด (mm)	0.958	4.265	1	98	0.042*
4. ค่าพื้นที่หน้าตัด (mm^2)	0.940	6.274	1	98	0.014*

หมายเหตุ * หมายถึง ข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์ ($p < 0.05$)

เงื่อนไขที่ 3 การทดสอบความเท่ากันของเมทริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วม โดยใช้สถิติ Box 's M (ตารางที่ 3.30) พบว่าเมทริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมเท่ากันทั้ง 4 ลักษณะ ($p > 0.05$) ทำให้ทั้ง 4 ลักษณะนี้ที่สามารถเข้าสู่การตรวจสอบเงื่อนไขที่ 4 ได้

ตารางที่ 3.30 การทดสอบความเท่ากันของเมทริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมของตัวแปรลักษณะจำเพาะของเส้นผมทั้ง 4 ลักษณะ (Box's test of equality of covariance matrices)

ตัวแปรลักษณะจำเพาะของเส้นผม	Box's M	F	df1	df2	Sig.
1. ความหนาของชั้น cuticle (mm) 2. จำนวน cuticle scale/ความยาว 100 µm 3. เส้นผ่านศูนย์กลางหน้าตัดที่กว้างที่สุด (mm) 4. ค่าพื้นที่หน้าตัด (mm^2)	17.909	1.712	10	45,915.538	0.072

เงื่อนไขที่ 4 การทดสอบค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแต่ละคู่ในตัวแปรลักษณะจำเพาะของเส้นผมทั้ง 4 ลักษณะ (ตารางที่ 3.31) พบว่าระหว่างตัวแปรเส้นผ่านศูนย์กลางหน้าตัดที่กว้างที่สุดและตัวแปรค่าพื้นที่หน้าตัดของเส้นผมมีค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์มากกว่า 0.5 นั่นคือตัวแปรทั้งคู่มีความสัมพันธ์กันสูง จะต้องทำการพิจารณาตัดตัวแปรใดตัวแปรหนึ่งออกไป จึงพิจารณาจากการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของตัวแปรลักษณะจำเพาะของเส้นผมทั้ง 4 ลักษณะ (ตารางที่ 3.29) ซึ่งพบว่าค่าเฉลี่ยของตัวแปรเส้นผ่านศูนย์กลางหน้าตัดที่กว้างที่สุดมีความแตกต่างระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์น้อยที่สุด ($p = 0.042$) ดังนั้นจึงเลือกตัดตัวแปรดังกล่าวออกจากสมการจำแนกกลุ่ม และทำการทดสอบ 3 ตัวแปรที่เหลือตามเงื่อนไขที่ 2 ถึง 4 อีกครั้ง

ตารางที่ 3.31 การทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแต่ละคู่ในตัวแปรลักษณะจำเพาะของเส้นผมทั้ง 4 ลักษณะภายในกลุ่มชาติพันธุ์ (pooled within-groups matrices)

ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร	ความหนาของชั้น cuticle (mm)	จำนวน cuticle scale/ความยาว 100 µm	เส้นผ่าศูนย์กลางหน้าตัดที่กว้างที่สุด (mm)	ค่าพื้นที่หน้าตัด (mm^2)
1. ความหนาของชั้น cuticle (mm)	1.000			
2. จำนวน cuticle scale/ความยาว 100 µm	-0.033	1.000		
3. เส้นผ่าศูนย์กลางหน้าตัดที่กว้างที่สุด (mm)	0.089	0.069	1.000	
4. ค่าพื้นที่หน้าตัด (mm^2)	0.202	0.102	0.808*	1.000

หมายเหตุ * หมายถึง ข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์มากกว่า 0.5

การตรวจสอบคุณสมบัติของตัวแปรครั้งที่ 2

เงื่อนไขที่ 2 การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของตัวแปรลักษณะจำเพาะของเส้นผมจำนวน 3 ลักษณะระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์ โดยใช้สถิติ Wilk's Lambda (ตารางที่ 3.32) พบว่าค่าเฉลี่ยของตัวแปรลักษณะจำเพาะของเส้นผมทั้ง 3 ลักษณะมีความแตกต่างระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์และกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีน

เงื่อนไขที่ 3 การทดสอบความเท่ากันของเมทริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วม โดยใช้สถิติ Box 's M (ตารางที่ 3.33) พบว่าเมทริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมเท่ากันทั้ง 3 ลักษณะ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 3.32 การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของตัวแปรลักษณะจำเพาะของเส้นผมทั้ง 3 ลักษณะระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์ (test of equality of group means)

ตัวแปรลักษณะจำเพาะของเส้นผม	Wilk's Lambda	F	df1	df2	Sig.
1. ความหนาของชั้น cuticle (mm)	0.901	10.772	1	98	0.001*
2. จำนวน cuticle scale/ความยาว 100 µm	0.929	7.537	1	98	0.007*
3. ค่าพื้นที่หน้าตัด (mm^2)	0.940	6.274	1	98	0.014*

หมายเหตุ * หมายถึง ข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์ ($p < 0.05$)

ตารางที่ 3.33 การทดสอบความเท่ากันของเมทริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมของตัวแปรลักษณะจำเพาะของเส้นผมทั้ง 3 ลักษณะ (Box's test of equality of covariance matrices)

ตัวแปรลักษณะจำเพาะของเส้นผม	Box's M	F	df1	df2	Sig.
1. ความหนาของชั้น cuticle (mm) 2. จำนวน cuticle scale/ความยาว 100 µm 3. ค่าพื้นที่หน้า (mm^2)	7.417	1.195	6	69,583.698	0.305

เงื่อนไขที่ 4 จากการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร (ตารางที่ 3.34) พบว่าค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ทุกค่าน้อยกว่า 0.5 นั่นคือตัวแปรลักษณะจำเพาะของเส้นผมทุกตัวมีความสัมพันธ์กันต่ำ จึงสามารถนำทั้ง 3 ลักษณะ ได้แก่ ความหนาของชั้น cuticle จำนวน cuticle scaleต่อความยาวเส้นผม 100 µm และค่าพื้นที่หน้าตัดเข้าสู่การสร้างสมการจำแนกกลุ่มได้

ตารางที่ 3.34 การทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแต่ละคู่ในตัวแปรลักษณะจำเพาะของเส้นผมทั้ง 3 ลักษณะภายในกลุ่มชาติพันธุ์ (pooled within-groups matrices)

ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร	ความหนาของชั้น cuticle (mm)	จำนวน cuticle scale /ความยาว 100 µm	ค่าพื้นที่หน้าตัด (mm^2)
1. ความหนาของชั้น cuticle (mm)	1.000		
2. จำนวน cuticle scale/ ความยาว 100 µm	-0.033	1.000	
3. ค่าพื้นที่หน้าตัด (mm^2)	0.202	0.102	1.000

ขั้นตอนต่อไปคือ การทำ discriminant analysis เพื่อสร้างสมการจำแนกกลุ่มชาติพันธุ์ โดยใช้โปรแกรม SPSS โดยการหาค่าสัมประสิทธิ์ของสมการแสดงคุณสมบัติของกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์และกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีน (ตารางที่ 3.35)

ตารางที่ 3.35 ค่าสัมประสิทธิ์ของสมการแสดงคุณสมบัติของกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์และกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีน (classification function coefficients)

ตัวแปรลักษณะจำเพาะของเส้นผม	ค่าสัมประสิทธิ์ของกลุ่มชาติพันธุ์ไทย	
	เชื้อสายมาเลย์	เชื้อสายจีน
ความหนาของชั้น cuticle (mm)	7,995.977	8,978.418
จำนวน cuticle scale/ความยาว 100 μm	8.674	9.095
ค่าพื้นที่หน้าตัด (mm^2)	2.335	2.584
ค่าคงที่ส่วนตัดแกน Y	- 83.307	- 94.577

การแทนค่าตัวแปรและค่าสัมประสิทธิ์ของแต่ละตัวแปรลงในสมการเชิงเส้น ทำให้ได้สมการจำแนกกลุ่มชาติพันธุ์ 2 สมการ คือ สมการจำแนกกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์ (สมการที่ 1) และสมการจำแนกกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีน (สมการที่ 2) ดังนี้

สมการจำแนกกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์

$$\hat{D}_{TM} = - 83.307 + 7{,}995.977\ CLT + 8.674\ CD + 2.335\ CSA \text{-----(1)}$$

สมการจำแนกกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีน

$$\hat{D}_{TC} = - 94.577 + 8{,}978.418\ CLT + 9.095\ CD + 2.584\ CSA \text{-----(2)}$$

โดยที่ CLT หมายถึง ความหนาของชั้น cuticle (mm)

CD หมายถึง จำนวน cuticle scale ต่อความยาวเส้นผม 100 μm

CSA หมายถึง ค่าพื้นที่หน้าตัด (mm^2)

การพยากรณ์กลุ่มชาติพันธุ์ให้กับตัวอย่างเส้นผม ทำโดยแทนค่าตัวแปรที่วัดได้จากเส้นผมแต่ละเส้นลงในสมการจำแนกกลุ่มชาติพันธุ์ทั้ง 2 สมการทีละเส้น ผลลัพธ์ที่ได้จากสมการใดมีค่ามากกว่า จะพยากรณ์ให้เป็นเส้นผมของกลุ่มชาติพันธุ์นั้น

3.6.2 การตรวจสอบความถูกต้องของสมการจำแนกกลุ่มชาติพันธุ์

เมื่อได้สมการจำแนกกลุ่มชาติพันธุ์แล้ว ขั้นตอนต่อไปเป็นการประเมินความถูกต้องของการพยากรณ์กลุ่มชาติพันธุ์ให้กับตัวอย่างเส้นผมโดยการแทนค่าที่วัดได้จากเส้นผมทั้งหมดที่ใช้ศึกษา (100 เส้น) ด้วยวิธี original และวิธี cross validated โดยใช้โปรแกรม SPSS ซึ่งพบว่าทั้ง 2 วิธีสามารถจำแนกเส้นผมในแต่ละกลุ่มชาติพันธุ์ได้ถูกต้อง 35 ใน 50 เส้นเหมือนกัน เท่ากับว่าสมการดังกล่าวมีความแม่นยำในการพยากรณ์ร้อยละ 70 (ตารางที่ 3.36)

ตารางที่ 3.36 เปอร์เซ็นต์ความถูกต้องของการพยากรณ์กลุ่มชาติพันธ์จากตัวอย่างเส้นผมทั้งหมดที่ใช้ศึกษา (100 เส้น) (classification results)

วิธีประเมิน % ความถูกต้อง	กลุ่มชาติพันธุ์ที่แท้จริง	กลุ่มชาติพันธุ์ที่พยากรณ์		จำนวนเส้นผมที่ทดสอบ
		ไทย - มาเลย์	ไทย - จีน	
Original [a]	กลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์	35 (70%)	15 (30%)	50
	กลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีน	15 (30%)	35 (70%)	50
Cross validated [b]	กลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์	35 (70%)	15 (30%)	50
	กลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีน	15 (30%)	35 (70%)	50

หมายเหตุ a วิธี original สามารถพยากรณ์กลุ่มชาติพันธุ์ได้ถูกต้อง 70%

b วิธี cross validated สามารถพยากรณ์กลุ่มชาติพันธุ์ได้ถูกต้อง 70%

3.7 การทดสอบการใช้สมการจำแนกกลุ่มชาติพันธุ์

ขั้นตอนนี้เป็นการทดสอบว่าเมื่อนำสมการจำแนกกลุ่มชาติพันธุ์ที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ไปใช้พยากรณ์กลุ่มชาติพันธุ์ให้กับตัวอย่างเส้นผมใด ๆ แล้วจะให้ผลการพยากรณ์ถูกต้องหรือไม่ และมีเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องเป็นเท่าใด จึงได้นำตัวอย่างเส้นผมใหม่มา 10 เส้น จากอาสาสมัครกลุ่มชาติพันธุ์ละ 5 คน โดยสุ่มมาจากบริเวณต่าง ๆ ของศีรษะ ทำการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเส้นผม 3 ลักษณะ ได้แก่ ความหนาของชั้น cuticle, จำนวน cuticle scale ต่อความยาวเส้นผม 100 ไมโครเมตร และค่าพื้นที่หน้าตัดได้ผลตารางที่ 3.37 จากนั้นแทนค่าทั้ง 3 ลักษณะลงในสมการจำแนกกลุ่ม ทำให้ได้ผลในตารางที่ 3.38 และเมื่อคำนวณเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องของการพยากรณ์กลุ่มชาติพันธุ์ พบว่าสามารถจำแนกกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์ได้ถูกต้องทั้งหมด คิดเป็นร้อยละ 100 และสามารถจำแนกกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีนได้ถูก 3 ใน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 60 ดังนั้นทั้ง 2 สมการดังกล่าวมีความแม่นยำในการพยากรณ์เฉลี่ยร้อยละ 80 ((100.0 + 60.0) / 2)

ตารางที่ 3.37 ความหนาของชั้น cuticle จำนวน cuticle scale ต่อความยาวเส้นผม 100 ไมโครเมตร และค่าพื้นที่หน้าตัดของเส้นผมที่สุ่มมาจากบริเวณต่าง ๆ ของศีรษะอาสาสมัครกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์และกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสาย (n = 10)

กลุ่ม ชาติพันธุ์ไทย	คน ที่	บริเวณ บนศีรษะ	ความหนาของชั้น cuticle (mm)	จำนวน cuticle scale/100 µm	ค่าพื้นที่หน้าตัด ($mm^{2)}$
เชื้อสายมาเลย์	1	ท้ายทอย	2.50×10^{-3}	12.67	5.579599
	2	กลางศีรษะ	3.12×10^{-3}	14.67	5.589417
	3	ด้านหน้า	2.71×10^{-3}	15.67	5.402885
	4	ขมับซ้าย	2.50×10^{-3}	13.33	5.821764
	5	ขมับขวา	2.50×10^{-3}	15.33	4.977461
เชื้อสายจีน	1	ขมับซ้าย	4.58×10^{-3}	15.67	10.36398
	2	ด้านหน้า	3.33×10^{-3}	14.67	7.075128
	3	ท้ายทอย	3.75×10^{-3}	14.33	6.073746
	4	ขมับขวา	3.54×10^{-3}	15.33	8.937177
	5	กลางศีรษะ	3.75×10^{-3}	15	8.46921

ตารางที่ 3.38 ผลการพยากรณ์กลุ่มชาติพันธ์โดยใช้สมการจำแนกกลุ่มชาติพันธุ์

กลุ่มชาติพันธุ์ที่แท้จริง	คน ที่	ผลการแทนค่าสมการจำแนกกลุ่มชาติพันธุ์		กลุ่มชาติพันธุ์ ที่พยากรณ์
		ไทย - มาเลย์	ไทย - จีน	
กลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์	1	59.60838617*	57.52037882	ไทย - มาเลย์
	2	81.97617182*	81.34725978	ไทย - มาเลย์
	3	86.88311268*	86.21895431	ไทย - มาเลย์
	4	65.89868144*	64.14883318	ไทย - มาเลย์
	5	81.27523394*	80.15715422	ไทย - มาเลย์
กลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีน	1	113.4578514	115.8729575*	ไทย - จีน
	2	87.11066071*	87.05654147	ไทย - มาเลย์
	3	85.15478066*	85.11797716	ไทย - มาเลย์
	4	98.84953834	99.7418784*	ไทย - จีน
	5	96.5597691	97.40150614*	ไทย - จีน

หมายเหตุ พยากรณ์กลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์ได้ถูกต้อง 100%
พยากรณ์กลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีนได้ถูกต้อง 60%

บทที่ 4

อภิปรายผลการศึกษา

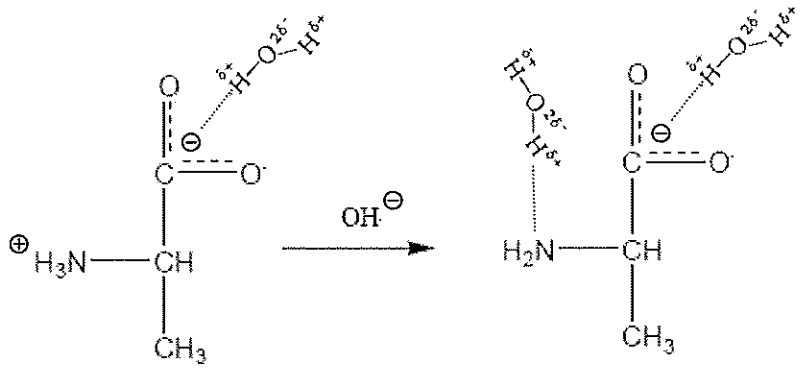
4.1 การระบุระยะเวลาที่เหมาะสมของการฟอกสีเส้นผม

การตรวจสอบลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเส้นผมภายใต้กล้อง LM พบว่าเส้นผมบางเส้นมีสีเข้มและมี cortical pigment หนาแน่นมาก ทำให้ไม่สามารถมองเห็นโครงสร้างภายในได้ชัดเจน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องฟอกสีเส้นผม เพื่อให้สีของ cortical pigment และสีของชั้น cortex จางลง ทำให้สามารถสังเกตลักษณะ ขอบเขต และสีของ medulla ได้ชัดเจนขึ้น

จากผลการศึกษาเบื้องต้น พบว่าระยะเวลาที่เหมาะสมในการฟอกสี คือ 2.5 - 5 นาทีขึ้นกับความเข้มและการกระจายตัวของ cortical pigment ในเส้นผม โดยผมเส้นที่ 1 มีสีอ่อนและมีการกระจายตัวของ cortical pigment หนาแน่นน้อยกว่าผมเส้นที่ 2 จึงใช้ระยะเวลาในการฟอกสีน้อยกว่าประมาณไม่เกิน 2.5 นาที ขณะที่ผมเส้นที่ 2 ใช้ระยะเวลาในการฟอกสีประมาณ 2.5 - 5.0 นาที ระยะเวลาฟอกสีที่ใช้ในการศึกษานี้ใกล้เคียงกับการศึกษาของวิฑูรย์ (2515) ที่ใช้เวลาในฟอกสีเส้นผมด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และแอมโมเนียในอัตราส่วน 1:1 เป็นเวลา 5 – 10 นาที และการศึกษาของ Janyawattiwong (1987) ที่ใช้เวลาในฟอกสีเส้นผมด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และแอมโมเนียในอัตราส่วน 1:1 เป็นเวลา 5 นาที

ด้วยเหตุที่เส้นผมประกอบด้วยกรดอะมิโนมากกว่า 20 ชนิดเชื่อมต่อกันด้วยพันธะเปปไทด์ กรดอะมิโนในสารละลายส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของไอออนชนิดไดโพลาร์ (dipolar ions) หรือสวิตเตอร์ไอออน (zwitterions) ซึ่งจะมีประจุบวกและลบ มีกรดอะมิโนเพียงส่วนน้อยที่อยู่ในรูปไม่แตกตัว (undissociated molecules) และที่ pH เท่ากับ 4.5 – 5.5 กรดอะมิโนที่เป็นองค์ประกอบของเส้นผมจะมีประจุสุทธิเท่ากับศูนย์ (isoelectric point, pI)

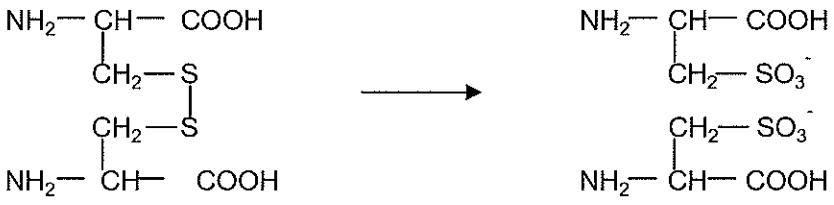
การฟอกสีเส้นผมด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และแอมโมเนียในอัตราส่วน 1:1 จะเกิดปฏิกิริยาตามขั้นตอน คือ สารละลายแอมโมเนียซึ่งมี pH 11 – 12 จะเพิ่ม pH ให้กับเส้นผมอย่างรวดเร็ว โปรตอนจะถูกดึงออกจากหมู่อะมิโน ทำให้โปรตีนมีประจุสุทธิเป็นลบ (ภาพที่ 4.1) และเนื่องจากในโมเลกุลโปรตีนมีไนโตรเจนและออกซิเจนอะตอมที่มี unshared electron 1 คู่ ซึ่งสามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนกับไฮโดรเจนอะตอมของโมเลกุลน้ำได้ โดยเฉพาะออกซิเจนอะตอมของหมู่คาร์บอกซิล (-COOH) ที่มีประจุลบค่อนข้างสูง จึงสามารถจับตัวกับไฮโดรเจนอะตอมของน้ำได้ด้วยพันธะที่แข็งแรง ทำให้โมเลกุลของโปรตีนทำปฏิกิริยาไฮเดรชัน



ในสารละลาย pH 4.5 – 5.5 ในสารละลาย pH 11 – 12

ภาพที่ 4.1 สมบัติทางเคมีของกรดอะมิโน

(hydration) กับน้ำได้มากขึ้น ทำให้เส้นผมขยายตัว และ cuticle scale ของเส้นผมจะเริ่มแยกออกจากกัน จากนั้นสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จะแทรกซึมเข้าไปในเส้นผม และทำปฏิกิริยากับเม็ดสีเมลานินที่อยู่ในชั้นคอร์เทกซ์ โดยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จะทำหน้าที่เป็น oxidizing agent ต่อโมเลกุลของเม็ดสีเมลานิน และสามารถทำลายพันธะไดซัลไฟด์ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่ไม่ผันกลับ (ภาพที่ 4.2) ทำให้พันธะไดซัลไฟด์ลดลงจาก 45 – 64% เหลือเพียง 15 – 25% (Chao *et al.*, 1979) ซึ่งจะทำให้ปริมาณซิสตีนในเส้นผมลดลง โดยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จะทำปฏิกิริยากับ eumelanin ที่มีสีเข้มได้ดีกว่าทำปฏิกิริยากับ phaeomelanin เนื่องจาก eumelanin เป็นเม็ดสีที่เกิดจากการอัดตัวกันแน่นของกรดอะมิโนไทโรซีน ส่วน phaeomelanin เป็นเม็ดสีที่เกิดจากการอัดตัวกันแน่นของกรดอะมิโนไทโรซีนและกรดอะมิโนซิสเตอีน (Swift, 1977) ซึ่งสามารถเกิดพันธะไดซัลไฟด์ได้ ทำให้ phaeomelanin มีความทนทานมากมากกว่า เมื่อไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ทำปฏิกิริยากับ eumelanin ทำให้โมเลกุลของเม็ดสีเมลานินที่ถูกออกซิไดซ์เปลี่ยนจากสีดำหรือน้ำตาลเข้มกลายเป็นสีทอง แดง หรือเหลืองอ่อน เส้นผมจึงมีสีอ่อนลงและสามารถมองเห็นและโครงสร้างภายในเส้นผมได้ชัดเจน



ซิสตีน (cystine) ซิสเตอิก (cysteic acid)

ภาพที่ 4.2 ปฏิกิริยาการทำลายพันธะไดซัลไฟด์

สิ่งที่ควรระวังในการฟอกสีเส้นผม คือ การใช้ระยะเวลาในการฟอกสีเส้นผมนานเกินไป ซึ่งส่งผลให้ medulla บางส่วนจะถูกฟอกสีจนหมด ทำให้เกิดความผิดพลาดในการศึกษา

ลักษณะ ขอบเขต และสีของ medulla ได้ ดังนั้นหากเส้นผมที่นำมาศึกษามีสีเข้ม จนไม่สามารถสังเกตเห็นชั้น medulla ได้ ควรทำการศึกษาสีของ cortical pigment สีของชั้น cortex และการกระจายตัวของ cortical pigment ก่อน จากนั้นจึงฟอกสีเส้นผม เพื่อให้สีของ cortical pigment และสีของชั้น cortex จางลง เพื่อทำให้สามารถสังเกตเห็นลักษณะ ขอบเขต และสีของ medulla ได้ชัดเจนขึ้น

4.2 การระบุตำแหน่งบนเส้นผมที่เหมาะสม

การศึกษานี้ทำเพื่อระบุตำแหน่งของเส้นผมที่มีลักษณะจำเพาะที่ไม่แตกต่างกันภายในกลุ่มชาติพันธุ์ และมีความเหมาะสมที่จะเป็นตัวแทนกลุ่มชาติพันธุ์ในการศึกษาครั้งนี้ โดยทำการเปรียบเทียบลักษณะเชิงคุณภาพและปริมาณในเส้นผมส่วนต้น ส่วนกลาง และส่วนปลาย พบว่าเส้นผมทั้ง 3 ท่อนมีลักษณะเชิงปริมาณไม่แตกต่างกันทั้ง 2 กลุ่มชาติพันธุ์ แต่เส้นผมส่วนปลายจะมีลักษณะเชิงคุณภาพ 2 - 3 ลักษณะ ได้แก่ สีของชั้น cortex (สีของ cortical pigment) และการกระจายตัวของ cortical pigment ที่แตกต่างจากเส้นผมท่อนอื่น ๆ ในทั้ง 2 กลุ่ม ชาติพันธุ์

ดังนั้นเส้นผมส่วนปลายจึงไม่เหมาะที่จะใช้เป็นตัวแทนกลุ่มชาติพันธุ์ในการศึกษาครั้งนี้ อีกทั้งเส้นผมมีอัตราการงอก 1 เซนติเมตรต่อเดือน ดังนั้นเส้นผมส่วนปลายซึ่งเป็นส่วนที่งอกขึ้นมาก่อนจึงเกิดการสึกกร่อนโดยสภาพแวดล้อม สารเคมี และการกระทำทางกายภาพ เช่น การหวี และการเช็ดผม เป็นต้น จึงทำให้ชั้นคิวทิเคิลของเส้นผมส่วนปลายถูกทำลายมากกว่าเส้นผมส่วนต้นและส่วนกลาง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Wei *et al.* (2005) ซึ่งทำการเปรียบเทียบเส้นผมคนเอเชีย 3 ตำแหน่ง ได้แก่ เส้นผมส่วนต้น ส่วนกลาง และส่วนปลาย ภายใต้กล้อง SEM พบว่าเส้นผมส่วนต้นจะมีชั้นคิวทิเคิลที่สมบูรณ์ ขณะที่เส้นผมส่วนกลางชั้นคิวทิเคิลจะถูกทำลายบ้างเป็นบางส่วน และเส้นผมส่วนปลายไม่มีชั้นคิวทิเคิล แสดงว่าเส้นผมส่วนต้นซึ่งเกิดการสึกกร่อนโดยสภาพแวดล้อม สารเคมี และการกระทำทางกายภาพน้อยที่สุด

เส้นผมส่วนต้นจึงมีความเหมาะสมที่จะใช้เป็นตัวแทนกลุ่มชาติพันธุ์มากที่สุด นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์เบื้องต้นโดยใช้ข้อมูลชุดนี้ พบว่าเส้นผมส่วนต้นมีตัวแปรที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์มากกว่าเส้นผมส่วนอื่น

4.3 การระบุบริเวณบนศีรษะที่เหมาะสม

การศึกษานี้ทำเพื่อระบุบริเวณบนศีรษะที่มีลักษณะจำเพาะของเส้นผมที่ไม่แตกต่างกันภายในกลุ่มชาติพันธุ์ และมีความเหมาะสมที่จะเป็นตัวแทนกลุ่มชาติพันธุ์ในการศึกษาครั้งนี้ โดยทำการเปรียบเทียบลักษณะเชิงคุณภาพและปริมาณของเส้นผมส่วนต้นจากบริเวณต่าง ๆ บนศีรษะ 5 บริเวณ คือ บริเวณด้านหน้า กลางศีรษะ ท้ายทอย ขมับซ้าย และขมับขวา พบว่าเส้นผมจากศีรษะทั้ง 5 บริเวณมีลักษณะทั้งเชิงคุณภาพและปริมาณที่ไม่แตกต่างกันทั้ง 2 กลุ่มชาติพันธุ์ แสดงว่าเส้นผมจากศีรษะทั้ง 5 บริเวณมีความเหมาะสมที่จะใช้เป็นตัวแทนกลุ่มชาติพันธุ์ ดังนั้นจึงเลือกใช้เส้นผมจากทุกบริเวณบนศีรษะสำหรับการศึกษาครั้งนี้ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Sato (2002) ที่เลือกใช้ตัวอย่างเส้นผมจาก 5 บริเวณบนศีรษะ คือ บริเวณด้านหน้า กลางศีรษะ ท้ายทอย ขมับซ้าย และขมับขวา เพื่อศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเส้นผมในกลุ่มชาติพันธุ์ญี่ปุ่น ในการจำแนกเส้นผมของแต่ละคนโดยใช้สถิติ cluster analysis โดยรายงานผลการศึกษาไว้ว่า ลักษณะเส้นผมทั้ง 5 บริเวณในแต่ละคนมีความแปรปรวนปานกลาง และความแปรปรวนนี้จะมีมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบระหว่างบุคคล แต่ก็มีการศึกษาจำนวนมากเลือกใช้เส้นผมจากศีรษะเพียงบริเวณเดียวในการศึกษา เพื่อหลีกเลี่ยงความแปรปรวนของลักษณะเส้นผม ดังเช่นการศึกษาของ Banerjee (1962) ที่เลือกใช้เส้นผมบริเวณกลางศีรษะในการศึกษาลักษณะและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นผมจาก 4 กลุ่มชาติพันธุ์ การศึกษาของ Kerley and Rosen (1973) ที่เลือกใช้เส้นผมบริเวณกลางศีรษะในการศึกษาค่าพื้นที่หน้าตัดและค่า hair index ในกลุ่มชาติพันธุ์ Hawaiian และการศึกษาของ Vernall (1961) ที่เลือกใช้เส้นผมบริเวณท้ายทอยในการศึกษาขนาดและรูปร่างหน้าตัดของเส้นผมจากผู้ชาย 4 กลุ่มชาติพันธุ์ และการศึกษาของ Kim *et al.* (2006) ที่เลือกใช้เส้นผมบริเวณท้ายทอยในการศึกษาความแตกต่างของชั้น cuticle ระหว่างผู้หญิงชาติพันธุ์เกาหลีและยุโรป

ในการศึกษานี้เลือกใช้เส้นผมจากทั้ง 5 บริเวณ เป็นเพราะว่าเส้นผมแต่ละคนแม้ว่าจะมีความแปรปรวนมาก และความแปรปรวนมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบระหว่างบุคคลกลุ่มชาติพันธุ์เดียวกัน แต่ความแปรปรวนนี้จะมีค่ามากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบระหว่างบุคคลที่อยู่ต่างกลุ่มชาติพันธุ์กัน (Vernall, 1961) ดังนั้นปัจจัยความแปรปรวนของเส้นผมอันเนื่องมาจากตำแหน่งของเส้นผมบนศีรษะต่างกัน จึงส่งผลน้อยมากต่อการวิเคราะห์ผลการเปรียบเทียบลักษณะเส้นผมระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์ ประกอบกับในทางนิติวิทยาศาสตร์วัตถุพยานประเภทเส้นผมที่ตกอยู่ในสถานที่เกิดเหตุ ล้วนแต่ไม่สามารถระบุได้แน่ชัดว่ามาจากตำแหน่งใดบนศีรษะ

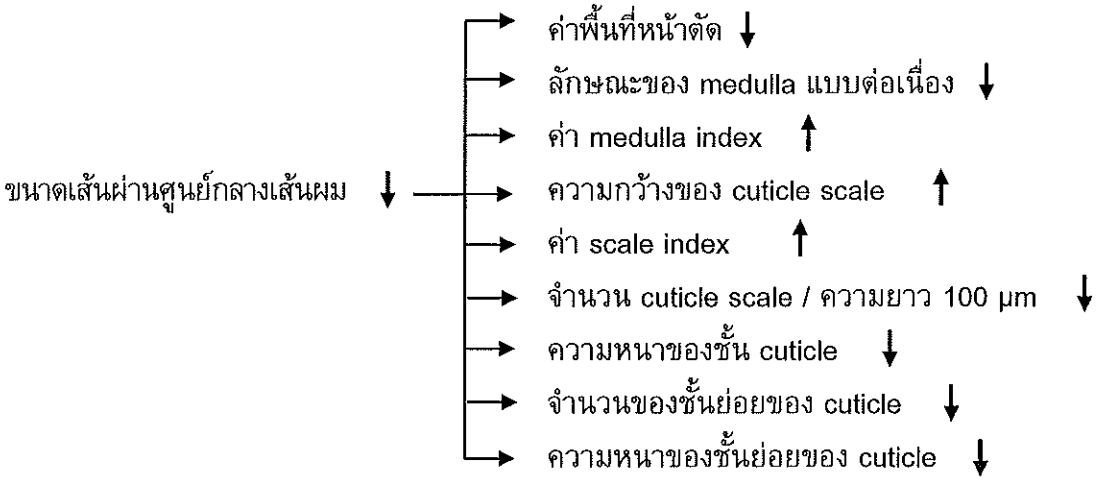
นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์เบื้องต้นด้วยข้อมูลชุดนี้ พบว่าการวิเคราะห์เส้นผมรวมทุกบริเวณบนศีรษะมีตัวแปรที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์มากกว่าการวิเคราะห์แยกบริเวณบนศีรษะ จึงมีเหตุผลอันสมควรที่จะใช้เส้นผมจากทุกบริเวณบนศีรษะอย่างสุ่มในการศึกษาวิจัยครั้งนี้

4.4 การเปรียบเทียบลักษณะจำเพาะของเส้นผมระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์และกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีน

ผลการเปรียบเทียบลักษณะจำเพาะของเส้นผมระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์ พบว่ามีลักษณะเชิงปริมาณ 9 ใน 16 ลักษณะที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ส่วนลักษณะเชิงคุณภาพไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ใน 9 ลักษณะที่ต่างกันนี้มี 5 ลักษณะ ประกอบด้วย ความหนาของชั้น cuticle, จำนวน cuticle scale ต่อความยาวเส้นผม 100 ไมโครเมตร, เส้นผ่านศูนย์กลางหน้าตัดที่กว้างที่สุด, เส้นผ่านศูนย์กลางหน้าตัดที่แคบที่สุด และค่าพื้นที่หน้าตัด ที่เคยมีรายงานมาก่อนว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์ต่าง ๆ (Vernall, 1961 และ Kim *et al.*, 2006)

ผลจากการศึกษานี้พบว่ากลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นผม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางหน้าตัดที่กว้างที่สุด และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางหน้าตัดที่แคบที่สุด น้อยกว่ากลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีนอย่างมีนัยสำคัญในระดับความเชื่อมั่น 95% (Ma = 111.5 ± 12.8, 106.2 ± 11.1 และ 80.2 ± 10.3 µm ตามลำดับ และ Ch = 117.6 ± 18.2, 111.9 ± 16.2 และ 83.3 ± 7.8 µm ตามลำดับ) ทำให้เส้นผมกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์มีค่าพื้นที่หน้าตัดน้อยกว่ากลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีนอย่างมีนัยสำคัญในระดับความเชื่อมั่น 99% (Ma = 6,702.4 ± 1,152.5 μm^2 และ Ch = 7,353.6 ± 1,432.0 μm^2)



ภาพที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นผมกับตัวแปรอื่น ๆ

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นผมมีความสัมพันธ์กับตัวแปรอื่น ๆ ตามที่สรุปในภาพที่ 4.3 กล่าวคือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นผมมีความสัมพันธ์กับลักษณะของ medulla โดยเส้นผมขนาดเล็กมักจะไม่มี medulla และเส้นผมขนาดใหญ่จะมี medulla เป็น

แบบต่อเนื่อง (Pruner, 1863) การศึกษาครั้งนี้พบว่าลักษณะของ medulla ทั้ง 2 กลุ่มชาติพันธุ์ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แม้ว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นผมของกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์เล็กกว่าของกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีน อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาลักษณะที่พบในเส้นผมแต่ละเส้นของกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีนมีแนวโน้มที่จะมี medulla เป็นแบบต่อเนื่องมากกว่ากลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์ (พบจีน: มาเลย์เท่ากับ 5: 0 เส้น)

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นผมยังมีความสัมพันธ์กับค่า medulla index โดยที่เส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นผมจะแปรผกผันกับค่า medulla index ทำให้ค่า medulla index ของกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์มีค่ามากกว่ากลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีนอย่างมีนัยสำคัญในระดับความเชื่อมั่น 95% (Ma = 20.8 ± 3.9 % และ Ch = 19.1 ± 4.4 %) ทั้ง ๆ ที่ทั้ง 2 กลุ่มชาติพันธุ์มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง medulla ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Ma = 23.3 ± 5.0 μm และ Ch = 23.2 ± 7.5 μm)

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นผมยังมีความสัมพันธ์กับความกว้างของ cuticle scale โดยเส้นผมขนาดใหญ่จะมีความกว้างของ cuticle scale น้อย และเส้นผมขนาดเล็กจะมีความกว้างของ cuticle scale เพิ่มมากขึ้น (Hausman, 1925) ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาครั้งนี้ที่พบว่าเส้นผมกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์มีค่าความกว้างของ cuticle scale มากกว่ากลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีนอย่างมีนัยสำคัญในระดับความเชื่อมั่น 99% (Ma = 7.2 ± 1.1 μm และ Ch = 6.6 ± 0.8 μm) จึงทำให้ค่า scale index (ซึ่งแปรผันตามค่าความกว้างของ cuticle scale) ของกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์มีค่ามากกว่าของกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีนอย่างมีนัยสำคัญในระดับความเชื่อมั่น 99% (Ma = 6.8 ± 1.5 และ Ch = 6.1 ± 1.1)

จากการที่พบว่ากลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์มีค่าความกว้างของ cuticle scale มากกว่ากลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีนทำให้จำนวน cuticle scale ต่อความยาวเส้นผม 100 ไมโครเมตรของเส้นผมกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์มีค่าน้อยกว่ากลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีนอย่างมีนัยสำคัญในระดับความเชื่อมั่น 99% (Ma = 14.3 ± 1.3 และ Ch = 15.0 ± 1.3)

และคาดว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นผมน่าจะแปรผันกับความหนาของชั้น cuticle จำนวนชั้นย่อยของ cuticle และความหนาของชั้นย่อยของ cuticle ผลการศึกษานี้พบว่าเส้นผมกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์มีความหนาของชั้น cuticle น้อยกว่ากลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีนอย่างมีนัยสำคัญในระดับความเชื่อมั่น 99% (Ma = 3.2 ± 0.6 μm และ Ch = 3.6 ± 0.6 μm) ขณะที่ทั้ง 2 กลุ่มชาติพันธุ์มีจำนวนชั้นย่อยของ cuticle และความหนาของชั้นย่อยของ cuticle ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งอาจเกิดจากความใกล้ชิดกันของทั้ง 2 กลุ่มชาติพันธุ์ แต่ทั้ง 2 ตัวแปรนี้ได้จากการศึกษาเส้นผมกลุ่มชาติพันธุ์ละ 6 เส้นภายใต้กล้อง SEM และ TEM หากเพิ่มจำนวนเส้นผมที่ศึกษาอาจทำให้ได้ข้อมูลที่มีความเชื่อมั่นขึ้น

การที่เส้นผมของทั้ง 2 กลุ่มชาติพันธุ์มีค่า hair index ไม่แตกต่างกันทางสถิติและมีค่าอยู่กึ่งกลางระหว่าง 50 และ 100 (Ma = 76.3 ± 11.2 และ Ch = 75.6 ± 10.2) โดยที่ค่า hair

index ที่เท่ากับ 50 จะมีรูปร่างหน้าตัดของเส้นผมแบน และค่า hair index ที่เท่ากับ 100 รูปร่างหน้าตัดของเส้นผมจะเป็นวงกลม บ่งบอกว่าทั้ง 2 กลุ่มชาติพันธุ์จะมีรูปร่างหน้าตัดของเส้นผมที่รีค่อนไปกลมเหมือนกัน สอดคล้องกับการศึกษาเส้นผมของคนเอเชียก่อนหน้านี้ พบว่ามีรูปร่างหน้าตัดของเส้นผมที่ค่อนข้างกลม (Steggerda and Seibert, 1941; Franbourg *et al.*, 2003 และ Kim *et al.*, 2006)

เมื่อเปรียบเทียบลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเส้นผมที่ได้จากการศึกษานี้กับการศึกษาเส้นผมคนเอเชียที่ผ่านมา (ตารางที่ 4.1) สำหรับผู้ชายกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีน พบว่ามีค่าเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นผม (117.6 ± 18.2 μm) ใกล้เคียงกับของกลุ่มชาติพันธุ์จีน (116.30 ±1.96 μm) (Banerjee, 1962) และมีความหนาของชั้น cuticle (3.6 ± 0.6 μm) ใกล้เคียงกับของผู้หญิงกลุ่มชาติพันธุ์เกาหลี (3.77 ± 0.95 μm) (Kim *et al.*, 2006) ส่วนผู้ชายกลุ่มชาติพันธุ์มาเลย์ไม่มีรายงานการศึกษามาก่อน

เมื่อเทียบกับเส้นผมของคนไทยในกรุงเทพฯ (Janyawattiwong, 1987) พบว่าค่า medulla index และค่า hair index ของผู้ชายทั้ง 2 กลุ่มชาติพันธุ์ในการศึกษานี้ใกล้เคียงกับที่พบในผู้ชายไทยในกรุงเทพฯ แต่ผู้ชายในกรุงเทพฯ มีค่า medulla index และค่า hair index (21.3% และ 77.23) มากกว่าผู้ชายทั้ง 2 กลุ่มชาติพันธุ์ในการศึกษานี้เล็กน้อย (Ma = 20.8 ± 3.9% และ 76.3 ± 11.2, Ch = 19.1 ± 4.4% และ 75.6 ± 10.2) นั่นหมายถึงผู้ชายไทยในกรุงเทพฯ จะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นผมน้อยกว่า และมีรูปร่างหน้าตัดของเส้นผมที่กลมกว่าผู้ชายชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์และไทยเชื้อสายจีนซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Duggins and Trotter (1959) ที่พบว่าค่า hair index ของกลุ่มชาติพันธ์ไทย (81.8) จะมากกว่ากลุ่มชาติพันธุ์จีน (79.66) ซึ่งหมายถึงกลุ่มชาติพันธุ์ไทยมีรูปร่างหน้าตัดของเส้นผมที่กลมกว่ากลุ่มชาติพันธุ์จีน ส่วนค่าพื้นที่หน้าตัดของเส้นผมผู้ชายทั้ง 2 กลุ่มชาติพันธุ์ในการศึกษานี้ก็มีความใกล้เคียงกับผู้ชายไทยในกรุงเทพฯ ด้วยเช่นกัน โดยที่เส้นผมผู้ชายในกรุงเทพฯ (6,518.0 μm^2) และผู้ชายชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์ (6,702.4 ± 1,152.5 μm^2) มีค่าพื้นที่หน้าตัดใกล้เคียงกันมาก และมีค่าน้อยกว่าของผู้ชายชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีน (7,353.6 ± 1,432.0 μm^2) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Duggins and Trotter (1959) ที่พบว่าค่าพื้นที่หน้าตัดของเส้นผมกลุ่มชาติพันธุ์จีน (6,000 μm^2) มีค่ามากกว่ากลุ่มชาติพันธุ์ไทย (5,200 μm^2)

ตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบผลการศึกษาครั้งนี้กับผลการศึกษาคนเอเชียที่ผ่านมา

ลักษณะที่ศึกษา	กลุ่มชาติพันธุ์ที่ศึกษาครั้งนี้		กลุ่มชาติพันธุ์ที่ศึกษาในอดีต				
	ไทย-มาเลย์	ไทย-จีน	อินเดีย	ไทย	จีน	ญี่ปุ่น	เกาหลี
1. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นผม (μm)	111.5±12.8	117.6±18.2	-	-	116.30±1.96[3]	89.78±7.12[5] M: 88.43±6.93[5] F: 91.14±7.40[5]	-
2. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง medulla (μm)	23.3±5.0	23.2±7.5	-	-	-	-	-
3. ความหนาของชั้น cuticle ทั้งหมด (μm)	3.2±0.6	3.6±0.6	-	-	-	-	F: 3.77±0.95[7]
4 จำนวน cuticle scale/ความยาว 100 μm	14.3±1.3	15.0±1.3	-	-	-	12.73±0.68[5] M: 12.39±0.62[5] F: 13.07±0.57[5]	F: 13.56±0.81[7]
5. ความกว้างของ cuticle scale (μm)	7.2±1.1	6.6±0.8	-	-	-	-	-
6. เส้นผ่านศูนย์กลางหน้าตัดที่กว้างที่สุด (μm)	106.2±11.1	111.9±16.2	M: 92.94±1.93[2]	-	94.28±3.05[2] 86±1[6]	86±1[6]	F: 91.07±10.27[7]
7. เส้นผ่านศูนย์กลางหน้าตัดที่แคบที่สุด (μm)	80.2±10.3	83.3±7.8	M: 66.49±4.54[2]	-	76.79±2.12[2] 70±1[6]	70±1[6]	-
8. ค่า medulla index (%)	20.8±3.9	19.1±4.4	-	21.1[4] M: 21.3[4] F: 22.1[4]	-	20.80±1.74[5] M: 19.97±1.62[5] F: 21.63±1.50[5]	-
9. ค่า scale index	6.8±1.5	6.1±1.1	-	-	-	-	F: 2.24±0.31[7]
10. ค่า hair index	76.3±11.2	75.6±10.2	74[1] 77[1] M: 72.92±1.12[2]	81.8[1] 78.98[4] M: 77.23[4] F: 80.73[4]	79.66[1] M: 82.64±1.17[2] 82±4[6]	79.70±5.77[5] M: 78.83±5.96[5] F: 80.56±5.75[5] 82±4[6]	-
11. ค่าพื้นที่หน้าตัด (μm^2)	6,702.4±1,152.5	7,353.6±1,432.0	5,000[1] 5,200[1] M: 4,993.5±202.6[2]	5,200[1] 6,261.3[4] M: 6,518.0[4] F: 6,004.6[4]	6,000[1] M: 5,816.9±407.2[2] 4,804±159[6]	4,804±159[6]	-

หมายเหตุ M หมายถึง ผู้ชาย F หมายถึง ผู้หญิง Duggins and Trotter (1959)[1]; Vernall (1961)[2]; Banerjee (1962)[3]; Janyawattiwong (1987)[4]; Sato (2002)[5]; Franbourg *et al.* (2003)[6] และ Kim *et al.* (2006)[7]

4.5 การจำแนกกลุ่มชาติพันธุ์ด้วยเส้นผม

ปัจจุบันมีการใช้ประโยชน์จากสถิติ discriminant analysis ในการจำแนกเพศจากการวัดขนาดกระดูกขากรรไกรล่าง (Sinthubua *et al.*, 2009) จำแนกกลุ่มชาติพันธุ์จากการวัดขนาดฟันแท้ (Brook *et al.*, 2009) จำแนกความแตกต่างระหว่างขนสุนัขและขนแมว (Sato *et al.*, 2006) รวมทั้งเปรียบเทียบตัวอย่างเส้นผมผู้ต้องสงสัยกับเส้นผมในที่เกิดเหตุ (Verma *et al.*, 2002)

Verma *et al.* (2002) ได้เปรียบเทียบเส้นผมของผู้ต้องสงสัยกับเส้นผมในที่เกิดเหตุด้วยระบบอัตโนมัติ (neural network explanation systems, NNES) มีขั้นตอนการวิเคราะห์ดังนี้ (1) เก็บตัวอย่างเส้นผมจากผู้ต้องสงสัยและจากที่เกิดเหตุ (2) ถ่ายภาพตัวอย่างเส้นผมจากทั้ง 2 แหล่งภายใต้กล้องจุลทรรศน์และเก็บภาพไว้ในฐานข้อมูล (3) ศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาต่าง ๆ ของเส้นผมจากภาพในฐานข้อมูลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (4) ประมวลผลข้อมูลทางสถิติ เพื่อหาตัวแปรที่ทำให้เส้นผมทั้ง 2 กลุ่มมีความแตกต่างกัน (5) สร้างสมการจำแนกกลุ่มด้วย fisher linear discriminant (6) ตัดสินว่าตัวอย่างเส้นผมมาจากคนเดียวกันหรือไม่ ซึ่งพบว่าระบบมีความแม่นยำในการพยากรณ์ร้อยละ 83

การจำแนกกลุ่มชาติพันธุ์จากตัวอย่างเส้นผมโดยใช้ discriminant analysis ในการศึกษานี้ ใช้ขั้นตอนนี้คล้ายกับที่รายงานโดย Verma *et al.*, 2002 โดยใช้เส้นผมผู้ชายกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์กับกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีนกลุ่มละ 50 เส้น มาศึกษาลักษณะจำเพาะของเส้นผมภายใต้กล้อง LM และวิเคราะห์ผลโดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel ซึ่งพบว่ามี 9 ใน 16 ลักษณะที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์ จากนั้นทำการตรวจสอบเงื่อนไขในการวิเคราะห์ discriminant analysis ของตัวแปรลักษณะจำเพาะของเส้นผมทั้ง 9 ลักษณะ พบว่ามี 3 ลักษณะ คือ ความหนาของชั้น cuticle ทั้งหมด จำนวน cuticle scale ต่อความยาวเส้นผม 100 ไมโครเมตร และค่าพื้นที่หน้าตัด ที่สามารถนำมาสร้างสมการจำแนกกลุ่มได้ด้วยโปรแกรม SPSS ได้ และได้สมการจำแนกกลุ่มชาติพันธุ์ 2 สมการ คือ สมการจำแนกกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์ (สมการที่ 1) และสมการจำแนกกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีน (สมการที่ 2) ดังนี้

สมการจำแนกกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์

$$\hat{D}_{TM} = -83.307 + 7{,}995.977\,CLT + 8.674\,CD + 2.335\,CSA \quad \text{-----(1)}$$

สมการจำแนกกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีน

$$\hat{D}_{TC} = -94.577 + 8{,}978.418\,CLT + 9.095\,CD + 2.584\,CSA \quad \text{-----(2)}$$

โดยที่ CLT หมายถึง ความหนาของชั้น cuticle (mm)

CD หมายถึง จำนวน cuticle scale ต่อความยาวเส้นผม 100 μm

CSA หมายถึง ค่าพื้นที่หน้าตัด (mm^2)

การตรวจสอบความถูกต้องของสมการจำแนกกลุ่มชาติพันธุ์ ทำโดยนำสมการที่ได้ไปใช้พยากรณ์กลุ่มชาติพันธุ์ให้กับตัวอย่างเส้นผมทั้งหมดที่ใช้ศึกษา (100 เส้น) ด้วยวิธี original และวิธี cross validated โดยพบว่าทั้ง 2 วิธี สามารถพยากรณ์ กลุ่มชาติพันธุ์ทั้ง 2 ได้ถูกต้องร้อยละ 70 ของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด

ขั้นตอนสุดท้ายคือ ทดสอบความถูกต้องและแม่นยำของผลการทำนาย เมื่อนำสมการจำแนกกลุ่มชาติพันธุ์ไปใช้จริง โดยนำตัวอย่างเส้นผมอื่น ๆ ที่ไม่มีความสัมพันธ์กับการสร้างสมการมาจำนวน 10 เส้น จากอาสาสมัครกลุ่มชาติพันธุ์ละ 5 คน ทำการศึกษาความหนาของชั้น cuticle จำนวน cuticle scale ต่อความยาวเส้นผม 100 ไมโครเมตร และค่าพื้นที่หน้าตัดภายใต้กล้อง LM และแทนค่าทั้ง 3 ตัวแปรลงในสมการที่ 1 และ 2 ทีละคน พบว่าสมการจำแนกกลุ่มชาติพันธุ์ดังกล่าวสามารถพยากรณ์กลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์ได้ถูกต้องเท่ากับร้อยละ 100 ของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด (ทำนายถูกทั้ง 5 เส้น) และพยากรณ์กลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีนได้ถูกต้องเท่ากับร้อยละ 60 ของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด (ทำนายถูก 3 ใน 5 เส้น) ทำให้สมการดังกล่าวสามารถพยากรณ์กลุ่มชาติพันธุ์ได้ถูกต้องเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 80 ของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด (ทำนายถูก 8 ใน 10 เส้น)

สาเหตุที่ทำให้เปอร์เซ็นต์ความถูกต้องของการพยากรณ์กลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีนมีค่าน้อยกว่า เนื่องจากเส้นผมของกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีน 2 เส้นมีค่าที่ศึกษาจากทั้ง 3 ตัวแปรใกล้เคียงกับเส้นผมของกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์ จึงทำให้เกิดความผิดพลาดในการพยากรณ์กลุ่มชาติพันธุ์

จากการศึกษาครั้งนี้มีข้อเสนอแนะ คือ ควรเพิ่มจำนวนตัวแปรให้กับสมการจำแนกกลุ่มชาติพันธุ์ เพื่อเพิ่มเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องของการพยากรณ์ให้มากยิ่งขึ้น โดยการเพิ่มจำนวนเส้นผมที่ศึกษาของแต่ละกลุ่มชาติพันธุ์ เพิ่มจำนวนกลุ่มชาติพันธุ์ และเพิ่มจำนวนตัวแปรที่ทำการศึกษา ดังเช่นการศึกษาของ Sato *et al.* (2006) ที่ใช้สถิติ discriminant analysis เพื่อจำแนกความแตกต่างระหว่างขนสุนัขและขนแมว โดยใช้ขนสุนัขและแมวจำนวนกลุ่มละ 300 เส้น พบว่ามี 8 ตัวแปรที่สามารถนำมาสร้างสมการจำแนกกลุ่มได้ คือ ความยาว (X_1) เส้นผ่านศูนย์กลางที่กว้างที่สุด (X_2) ค่า medulla index (X_3) ค่า hair width index (X_4) จำนวน cuticle scale ต่อความยาว 100 ไมโครเมตรวัดที่ตำแหน่งห่างจากปลายขน 1/3 ของความยาวทั้งหมด (X_5) จำนวน cuticle scale ต่อความยาว 100 ไมโครเมตรวัดที่ตำแหน่งกึ่งกลาง (X_6) จำนวน cuticle scale ต่อความยาว 100 ไมโครเมตรวัดที่ตำแหน่งห่างจากราก 1/3 ของความยาวทั้งหมด (X_7) และจำนวน cuticle scale ที่ต่างกันระหว่างตำแหน่งปลายขนกับราก (X_8) ได้สมการจำแนกกลุ่มคือ $Y = -0.00347\ X_1 + 0.02007\ X_2 + 0.00563\ X_3 - 0.04333\ X_4 + 11.32691\ X_5 - 0.04034\ X_6 - 11.37648\ X_7 - 11.39596\ X_8 + 2.21820$ พบว่าสมการดังกล่าวสามารถจำแนกขนแมวจำนวน 10 เส้นได้ถูกต้องทั้งหมด ขณะที่ขนสุนัขสามารถจำแนกได้ถูกต้อง 22 เส้นจากจำนวน 23 เส้น ซึ่งพบว่าสามารถพยากรณ์ได้ถูกต้องเกือบ 100%

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาลักษณะจำเพาะของเส้นผมกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์และกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีน โดยเก็บตัวอย่างเส้นผมจากชายไทยเชื้อสายมาเลย์และชายไทยเชื้อสายจีนที่มีอายุ 20 ปีขึ้นไปและมีภูมิลำเนาอยู่ใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ของประเทศไทย กลุ่มละ 10 คน ถอนเส้นผมคนละ 5 เส้นโดยสุ่มจากทั้งศีรษะ จึงมีตัวอย่างเส้นผมรวม 50 เส้นต่อกลุ่มชาติพันธุ์ ทำการศึกษาลักษณะเชิงคุณภาพและลักษณะเชิงปริมาณของเส้นผมส่วนต้นซึ่งห่างจากปลายรากผม 13 มิลลิเมตร ด้วยกล้องจุลทรรศน์ LM, SEM และ TEM

การเปรียบเทียบลักษณะจำเพาะของเส้นผมระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์กับกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีนจำนวน 16 ลักษณะ ประกอบด้วยลักษณะเชิงคุณภาพของเส้นผม 5 ลักษณะ (ได้แก่ สีของชั้น cortex สีของ cortical pigment สีของ medulla การกระจายตัวของ cortical pigment และลักษณะของ medulla) และลักษณะเชิงปริมาณของเส้นผม 11 ลักษณะ (ได้แก่ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นผม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง medulla ความหนาของชั้น cuticle จำนวน cuticle scale ต่อความยาวเส้นผม 100 ไมโครเมตร ความกว้างของ cuticle scale เส้นผ่านศูนย์กลางหน้าตัดที่กว้างที่สุด เส้นผ่านศูนย์กลางหน้าตัดที่แคบที่สุด ค่า medulla index ค่า scale index ค่า hair index และค่าพื้นที่หน้าตัด) พบว่าลักษณะเชิงคุณภาพของเส้นผมทั้ง 5 ลักษณะไม่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์ ขณะที่มีลักษณะเชิงปริมาณของเส้นผม 9 ใน 11 ลักษณะมีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่ม ชาติพันธุ์อย่างมีนัยสำคัญ ประกอบด้วย ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นผม ความหนาของชั้น cuticle จำนวน cuticle scale ต่อความยาวเส้นผม 100 ไมโครเมตร ความกว้างของ cuticle scale เส้นผ่านศูนย์กลางหน้าตัดที่กว้างที่สุด เส้นผ่านศูนย์กลางหน้าตัดที่แคบที่สุด ค่า medulla index ค่า scale index และค่าพื้นที่หน้าตัด

การสร้างสมการจำแนกกลุ่มชาติพันธุ์ด้วยโปรแกรม SPSS โดยใช้ข้อมูลทั้ง 9 ลักษณะ ที่แตกต่างกันระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์ พบว่ามี 3 ลักษณะ ที่สามารถนำมาสร้างสมการจำแนกกลุ่มได้ คือ ความหนาของชั้น cuticle จำนวน cuticle scale ต่อความยาวเส้นผม 100 ไมโครเมตร และค่าพื้นที่หน้าตัด ทำให้ได้สมการจำแนกกลุ่มชาติไทยเชื้อสายมาเลย์ (สมการที่ 1) และสมการจำแนกกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีน (สมการที่ 2) ดังนี้

สมการจำแนกกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์

$$\hat{D}_{TM} = - 83.307 + 7,995.977\ CLT + 8.674\ CD + 2.335\ CSA \text{-----(1)}$$

สมการจำแนกกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีน

$$\hat{D}_{TC} = - 94.577 + 8,978.418\ CLT + 9.095\ CD + 2.584\ CSA \text{-----(2)}$$

โดยที่ CLT หมายถึง ความหนาของชั้น cuticle (mm)

CD หมายถึง จำนวน cuticle scale ต่อความยาวเส้นผม 100 µm

CSA หมายถึง ค่าพื้นที่หน้าตัด (mm^2)

ในการพยากรณ์กลุ่มชาติพันธุ์ให้กับตัวอย่างเส้นผม ทำโดยแทนค่าตัวแปรที่วัดได้จากเส้นผมแต่ละเส้นลงในสมการจำแนกกลุ่มชาติพันธุ์ทั้ง 2 สมการ ผลลัพธ์ที่ได้จากสมการใดมีค่ามากกว่า จะพยากรณ์ให้เป็นเส้นผมของกลุ่มชาติพันธุ์นั้น

เมื่อตรวจสอบความถูกต้องของสมการจำแนกกลุ่มชาติพันธุ์ด้วยวิธี original และวิธี cross validated พบว่าสมการจำแนกกลุ่มชาติพันธ์ที่ได้มีความแม่นยำในการพยากรณ์ร้อยละ 70 และเมื่อนำสมการจำแนกกลุ่มชาติพันธุ์ไปใช้กับตัวอย่างเส้นผมจริงจากผู้ชายทั้ง 2 กลุ่มชาติพันธุ์ กลุ่มละ 5 คน พบว่าสมการจำแนกกลุ่มชาติพันธุ์ดังกล่าวสามารถพยากรณ์กลุ่มชาติพันธุ์ได้ถูกต้องเฉลี่ยร้อยละ 80

รายการเอกสารอ้างอิง

กรมการปกครอง. 2552. จำนวนราษฎรทั่วราชอาณาจักร แยกเป็นกรุงเทพมหานคร และจังหวัดต่าง ๆ ตามหลักฐานการทะเบียนราษฎร ณ วันที่ 31 ธันวาคม 2551 [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: http://www.dopa.go.th/stat/y_stat51.html (วันที่สืบค้น 7 มกราคม 2553).

ดำรง ฐานดี. 2540. ความแตกต่างระหว่างมนุษย์ปัจจุบัน [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: http://e-book.ram.edu/e-book/a/AN113/an113_07/an113_07_01.htm (วันที่สืบค้น 7 มกราคม 2553).

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2545. โปรตีน. ใน: เคมีอาหาร. โอเดียนสโตร์: กรุงเทพฯ. หน้า 229-256.

รัตติยา สาและ. 2548. ปตานี ดารุสสะลาม (มลายู-อิสลาม ปตานี) สู่ความเป็นจังหวัดปัตตานี ยะลา และนราธิวาส. ใน: รัฐปัตตานีในศรีวิชัยเก่าแก่กว่ารัฐสุโขทัยในประวัติศาสตร์. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (บรรณาธิการ), มติชน: กรุงเทพฯ. หน้า 236-283.

วราภรณ์ พรหมวิกร. 2551. ผิวหนังและเส้นขนมนุษย์. ใน: ชีววิทยาของมนุษย์และการประยุกต์เชิงนิติวิทยาศาสตร์. โรงพิมพ์ดิจิตอล คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์: สงขลา. หน้า 162-165.

วิฑูรย์ อึ้งประพันธ์. 2515. ลักษณะทางกล้องจุลทรรศน์ของเส้นผมคนและขนสัตว์บางชนิด. จุฬาลงกรณ์เวชสาร.17: 16-25.

วิโรจน์ ไวยวุฒิ. 2529. การตรวจเพศในเส้นผม. วารสารนิติวิทยาศาสตร์. 19: 83-90.

วิโรจน์ ไวยวุฒิ. 2532. เส้นผมและขน. ใน: นิติเวชศาสตร์ การพิสูจน์พยานหลักฐาน. ภาควิชานิติเวชศาสตร์ คณะแพทย์ศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล: กรุงเทพฯ. หน้า 221-248.

สำนักงานสถิติแห่งชาติ. 2543ก. สำมะโนประชากรและเคหะ จังหวัดนราธิวาส. สำนักนายกรัฐมนตรี: กรุงเทพฯ.

_____ . 2543ข. สำมะโนประชากรและเคหะ จังหวัดปัตตานี. สำนักนายกรัฐมนตรี: กรุงเทพฯ.

_____ . 2543ค. สำมะโนประชากรและเคหะ จังหวัดยะลา. สำนักนายกรัฐมนตรี: กรุงเทพฯ.

อมรา พงศาพิชญ์. 2541. สารานุกรมไทยสำหรับเยาชน โดยพระราชประสงค์ในพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว เล่มที่ 23 [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: http://kanchanapisek.or.th/kp6/GENERAL/encyclopedia/saranugrom.htm. (วันที่สืบค้น 9 ธันวาคม 2552).

เอกวิทย์ ณ ถลาง. 2540. สังคมและวัฒนธรรมของกลุ่มชนหลายชาติพันธุ์ในภาคใต้. รูสมิแล. 18 (1-2): 3-9.

Banerjee, A.R. 1962. Variations in the medullary structure of human head hair. Proceeding of National Institute of Sciences of India. 29B(3): 306-316.

Bhushan, B. and Chen, N. 2006. AFM studies of environmental effects on nanomechanical properties and cellular structure of human hair. Ultramicroscopy. 106: 755-764.

Brash, J.C. 1951. Cunningham's text book of anatomy. 9th Ed. Oxford University Press: London, pp. 1154.

Breakspear, S., Smith, J.R. and Luengo, G. 2005. Effect of the covalently linked fatty acid 18-MEA on the nanotribology of hair's outermost surface. Journal of Structural Biology. 149: 235-242.

Brook, A.H., Griffin, R.C., Townsend, G., Levisianos, Y., Russell, J. and Smith, R.N. 2009. Variability and patterning in permanent tooth size of four human ethnic groups. Archives of Oral Biology. Article in press.

Brown, F.M. 1942. The microscopy of mammalian hair for anthropologists. American Philosophical Society. 85(3): 250-274.

Brunner, H. and Coman, B.J. 1974. The identification of mammalian hairs. Inkata Press: Melbourne. pp. 6-25.

Chang, B.S., Hong, W.S., Lee, E., Yeo, S.M., Bang, I.S., Chung, Y.H., Lim, G.H., Mun, G.H., Kim, J., Park, S.O. and Shin, D.H. 2005. Ultramicroscopic observations on morphological changes in hair during 25 years of weathering. Forensic Science International. 151: 193-200.

Chang, B.S., Uhm, C.S., Park, C.H., Kim, H.K., Lee, G.Y., Cho, H.H., Chung, Y.H. and Shin, D.H. 2006. Ultramicroscopic study on the hair of newly found 15th century mummy in Daejeon, Korea. Annals of Anatomy. 188: 439-445.

Chao, J., Newsom, A.E., Wainwright, I.M. and Mathews, R.A. 1979. Compariaon of the effects of some reactive chemicals on the proteins of whole hair, cuticle and cortex. Journal of the Society of Cosmetic Chemists. 30(7): 401-413.

Deedrick, D.W. 2000, Hairs, fibers, crime, and evidence. Forensic Science Communications. 2(3): 1-12.

Duggins, O.H. and Trotter, M. 1959. Hair from a Kadar woman of India. American Journal of Physical Anthropology. 17: 95-98.

Ebling, F.J. 1980. The physiology of hair growth, Cosmetic Science. 2: 181-232.

Fawcett, D.W. 1994. Skin. In: Bloom and Fawcett, a text book of histology, 12th Ed. Chapman and Hall: New York, pp. 540-546.

Forslev, A.W. 1966. Trace elements variation in hair. Journal of Forensic. Science. 2: 17-28.

Franbourg, A., Hallegot, P., Baltenneck, F., Toutain, C. and Leroy, F. 2003. Current research on ethnic hair. Journal American Academy of Dermatology. 48: S115-S119.

Hausman, L.A. 1925. A comparative racial study of the structural elements of Huaman head-hair. The American Naturalist. 59(665): 529-538.

Janyawattiwong, S. 1987. Comparative study between hair index, hair area, and medulla index of head hair, axilla hair, and pubic hair in male and female. Master of Science Dissertation, Mahidol University, Bangkok, Thailand.

Kerley, E. and Rosen, S. 1973. The identification of Polynesian head hair. Journal of Forensic Science. 18: 351-355.

Khumalo, N.P., Doe, P.T., Dawber, R.P., and Ferguson, D.J. 2000. What is normal black African hair?: a light and scanning electron microscopic study. Journal of the American Academy of Dermatology. 43: 814-820.

Kim, B.J., Na, J.N., Park, W.S., Eun, H.C. and Kwon, O.S. 2006. Hair cuticle differences between Asian and Caucasian female. International Journal of Dermatology. 45: 1435-1437.

Lamb, P. and Tucker, L.G. 1994. A study of a probative value of Afro-caribbean hair comparisons. Journal of the Forensic Science Society. 34: 177-179.

Leon, N.H. 1972. Structural aspects of keratin fibers. Journal of the Society of Cosmetic Chemists. 23: 427-445.

Lindelöf, B., Forslind, B., Hedblad, M.A. and Kaveus, U. 1988. Human hair form. morphology revealed by light and scanning electron microscopy and computer aided three-dimensional reconstruction. Archives of Dermatology. 124(9): 1359-1363.

Longia, H.S. 1966. Increase in medullary index of human hair with the passage of time. Journal of Criminal law, Criminology, and Police Science. 57: 221-222.

L'OREAL. n.d. Hair Science. http://www.hair-science.com. (accessed 9/26/04)

Na, J.I., Kwon, O.S., Kim, B.J., Park, W.S., Oh, J.K., Kim, K.H., Cho, K.H. and Eun, H.C. 2006. Ethnic characteristics of eyelashes: a comparative analysis in Asia and Caucasian females. British Journal of Dermatology. 155(6): 1170-1176.

Natural Hair Color Level. n.d. http://www.killerstrands.blogspot.com (accessed 7/22/07)

Orentreich, N. 1969. Scalp hair replacement in man. In: Hair growth, Montagna,W. and Dobson, R.L., Eds. Pergamon Press: London.

Pacini, P., Zecchi, S. and Orlandini, G.E. 1983. Statistical findings on scalp hair as observed by scanning electron microscopy. Bollettino della Società Italiana di Biologia Sperimentale. 59(5): 603-607.

Pelfini, C.,Cerimele, D., Pisanu, G. 1969. Aging of the skin and hair growth in man. In: Hair growth, Montagna, W. and Dobson, R.L., Eds. Pergamon Press: London.

Pruner, B. 1963. De la chevelure comme characteristique des races humaines, d'apres des recherches microscopiques. Bulletins et Mémmories de la Société d'Anthropologie de Paris. 2: 1-1.

Robertson, J. 1999. Forensic and microscopic examination of human hair. In: Forensic examination of hair. Taylor and Francis: London, pp. 79-133.

Sato, H. 2002. Statistical evaluation of morphological data of Japanese head hair and screening of evidential hair sample by cluster analysis. Legal Medicine. 4: 90-102.

Sato, H., Matsuda, H., Kubota, S. and Kawano, K. 2006. Statistical comparison of dog and cat guard hairs using numerical morphology. Forensic Science International. 158: 94-103.

Schmidt, W. 1967. Sex Chromatin in Hair Roots. Cytogenetic. 6: 342-349.

Steggerda, M. and Seibert, H. 1941. Size and shape of head hair from six racial groups. Journal of Heredity. 32: 315-318.

Sinthubua, A., Suwanhoy, P., Montrikajorn, N. and Mahakkanukrauh, P. 2009. Measurement of mandible for sex determination using computerized analysis. Proceeding of the 32nd Annual Conference of the Anatomy Association of Thailand. Novotel Rayong Rim Pae, 29 April-1 May, 2009. pp. 16-19.

Swift, A.J. 1977. The histology of keratin fibers. In: Chemistry of natural protein fibers, Asquit R.S., Ed. Plenum Press: New York, pp. 81-146.

Takahashi, T., Hayashi, R., Okamoto, M. and Inoue, S. 2006. Morphology and properties of Asian and Caucasian hair. Journal of Cosmetic Science. 57(4): 327-338.

Tomes, C., Jones, J.T., Carr, C.M. and Jones, D. 2007. Three - dimentional imaging and analysis of the surface of hair fibers using scanning electron microscopy. International Journal of Cosmetic Science. 29: 293-299.

Torre, C.L. and Bhushan, B. 2006. Investigation of scale effects and directionality dependence on friction and adhesion of human hair using AFM and macroscale friction test apparatus. Ultramicroscopy. 106: 720-734.

Twibell, J. and Whitehead, P.H. 1978. Enzyme typing of human hair roots. Journal of Forensic. Science. 23: 356-360.

Verma, M.S., Pratt, L., Ganesh, C. and Medina, C. 2002. Hair - map: a prototype automated system for forensic hair comparison and analysis. Forensic Science International. 129: 168-186.

Vernall, D.G. 1961. A study of size and shape of cross section of hair from four races of men. American Journal of Physical Anthropology. 19: 345-350.

Walfram, L.J. 2003. Human hair: a unique physicochemical composite. Journal of the American Academy of Dermatology. 6(48): S106-S114.

Wei, G., Bhushan, B. and Torgerson, P.M. 2005. Nanomechanical characterization of human hair using nanoidentation and SEM. ultramicroscopy. 105: 248-266.

Wei, G. and Bhushan, B. 2006. Nanotribological and nanomechanical characterization of human hair using a nanoscratch technique. Ultramicroscopy. 106: 742–754.

WELLA Professionals. n.d. Interesting facts about the topic of hair. www.wella professionals.co.uk/reference/to_download_5010_0_sl.pdf (accessed 9/26/09).

Wynbrandt, F. and Chisum, W.J. 1971. Determination of the ABO Blood group in Hair. Journal of Forensic. Science. 11: 201-204.

ภาคผนวก ก

หนังสือรับรองโครงการวิจัย

ที่ ศธ 0521.1.09/ 407

คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ตู้ ปณ 3 คอหงส์ 90112

หนังสือรับรองโครงการวิจัย

การศึกษาวิจัยที่ทำการทดลองในมนุษย์เรื่อง : " การเปรียบเทียบลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเส้นผมผู้ชาย
สายพันธุ์มาเลย์ และจีน ในจังหวัดปัตตานี "

หัวหน้าโครงการวิจัย : น.ส.ทวีภรณ์ ดีรีคช
นักศึกษาปริญญาโท สาขานิติวิทยาศาสตร์

ได้ผ่านการพิจารณาและเห็นชอบจาก คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยที่ทดลองในมนุษย์ คณะวิทยาศาสตร์

ให้ไว้ ณ วันที่ 28 พฤษภาคม 2550

(รองศาสตราจารย์ ดร.วิไลวรรณ โชติเกียรติ)
รองคณบดีฝ่ายวิจัยและบัณฑิตศึกษา ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

ภาคผนวก ข

ข้อมูลลักษณะจำเพาะของเส้นผมภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง

1. ลักษณะจำเพาะของเส้นผมกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์

ตารางที่ ข.1 ลักษณะเชิงคุณภาพของเส้นผมกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์

คนที่	ฟอกสี (min)	รหัสตัวอย่าง	ผมเส้นที่	สีชั้น cortex	สี cortical pigment	การกระจายตัว cortical pigment	สี medulla	ลักษณะ medulla
1	0.5	F/3	1	2	1	2	–	1
1	0.5	M/2	2	2	1	1	1	2
1	0.5	O/2	3	2	1	1	1	2
1	1	LT/3	4	1	1	1	1	2
1	0.5	RT/2	5	1	1	1	1	2
2	0.5	F/3	6	2	1	1	1	2
2	0.5	M/3	7	2	1	2	1	2
2	0.5	O/2	8	2	1	1	1	2
2	0.5	LT/3	9	2	1	1	1	2
2	0.5	RT/3	10	2	1	1	1	2
3	0.5	F/3	11	2	1	2	1	2
3	0.5	M/3	12	1	1	1	1	2
3	0.5	O/2	13	2	1	2	1	2
3	0.5	LT/2	14	2	1	2	1	2
3	0.5	RT/3	15	2	1	2	–	1
4	0	F/1	16	3	2	2	1	2
4	0	M/1	17	2	1	2	1	2
4	1	O/1	18	1	1	1	1	2
4	0	LT/1	19	3	2	2	1	2
4	0	RT/1	20	3	2	2	1	2
5	0	F/1	21	3	2	2	1	2
5	0.5	M/1	22	2	1	2	1	2
5	0	O/1	23	2	1	2	1	2
5	0	LT/1	24	2	1	1	1	2
5	0	RT/1	25	3	2	1	1	2

ตารางที่ ข.1 (ต่อ)

คนที่	ฟอกสี (min)	รหัสตัวอย่าง	ผมเส้นที่	สีชั้น cortex	สี cortical pigment	การกระจายตัว cortical pigment	สี medulla	ลักษณะ medulla
6	0	F/1	26	2	1	1	1	2
6	1	M/1	27	1	1	1	1	2
6	0	O/1	28	3	2	2	1	2
6	0	LT/1	29	3	2	2	1	2
6	0	RT/1	30	3	2	2	1	2
7	0	F/1	31	2	1	2	1	2
7	0	M/1	32	3	2	2	1	2
7	1	O/1	33	2	1	1	1	2
7	0	LT/1	34	2	1	1	1	2
7	0.5	RT/1	35	2	1	1	1	2
8	0	F/1	36	3	2	2	1	2
8	0	M/1	37	2	1	2	1	2
8	0.5	O/1	38	2	1	2	1	2
8	0	LT/1	39	3	2	2	–	1
8	0.5	RT/1	40	2	1	2	1	2
9	0	F/1	41	2	1	2	1	2
9	0	M/1	42	3	2	1	1	2
9	0	O/1	43	2	1	1	1	2
9	0	LT/1	44	3	2	1	1	2
9	0	RT/1	45	3	2	2	1	2
10	0	F/1	46	3	2	1	1	2
10	0	M/1	47	3	2	1	–	1
10	0	O/1	48	3	2	1	1	2
10	0	LT/1	49	3	2	2	1	2
10	0	RT/1	50	3	2	1	1	2

ตารางที่ ข.2 ลักษณะเชิงปริมาณของเส้นผมกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายมาเลย์

คนที่	รหัสตัวอย่าง	ผมเส้นที่	D_m (μm)	D_h (μm)	MI	D_1 (μm)	D_2 (μm)	HI	CSA (μm^2)	CD	CW (μm)	SI	CLT (μm)
1	F/3	1	–	87.50	–	83.333	65.833	79.024	4316.417	15.33	7.50	9.004	2.08
1	M/2	2	27.50	92.50	29.730	97.917	78.333	80.163	6036.112	14.33	9.58	9.785	3.57
1	O/2	3	25.00	117.50	21.277	114.167	75.833	66.551	6796.967	13.00	9.17	8.030	3.57
1	LT/3	4	20.00	97.50	20.513	97.917	92.500	94.615	7111.944	13.00	7.08	7.232	3.57
1	RT/2	5	22.50	100.00	22.500	103.333	81.667	78.979	6649.704	13.33	9.58	9.274	2.68
2	F/3	6	20.00	97.50	20.513	100.000	87.500	87.500	6872.234	16.00	5.83	5.830	3.57
2	M/3	7	28.75	132.50	21.698	122.500	85.833	70.111	8256.498	16.67	6.67	5.445	3.57
2	O/2	8	27.50	121.25	22.680	120.000	69.583	57.810	6590.800	14.67	5.00	4.167	3.57
2	LT/3	9	17.50	113.75	15.385	101.250	75.000	74.345	5962.481	18.00	5.42	5.353	3.57
2	RT/3	10	22.50	138.75	16.216	123.333	85.833	69.673	8312.130	16.67	5.42	4.396	1.79
3	F/3	11	22.50	120.00	18.750	106.667	66.667	62.834	5582.872	14.67	7.50	7.029	2.08
3	M/3	12	25.00	110.00	22.727	108.333	74.167	68.659	6299.548	16.00	7.50	6.925	3.57
3	O/2	13	27.50	132.50	20.755	121.667	69.167	57.171	6623.524	13.67	7.92	6.508	2.98
3	LT/2	14	15.00	85.00	17.647	76.667	67.500	88.036	4074.253	13.33	7.50	9.778	3.57
3	RT/3	15	–	121.25	–	117.083	67.708	57.853	6225.917	15.33	7.08	6.046	3.57
4	F/1	16	17.50	117.50	14.894	107.500	88.333	82.316	7454.738	13.33	7.92	7.367	3.33
4	M/1	17	30.00	117.50	25.532	110.833	80.833	73.097	7042.404	14.00	6.25	5.641	3.96
4	O/1	18	30.00	130.00	23.077	115.833	106.667	92.089	9706.212	15.67	5.83	5.035	4.17
4	LT/1	19	27.50	112.50	24.444	106.667	90.833	85.471	7602.000	15.33	7.08	5.464	3.33
4	RT/1	20	32.50	112.50	28.889	108.333	92.500	85.426	7870.344	13.67	5.83	6.537	3.13
5	F/1	21	25.00	112.50	22.222	110.000	78.333	71.212	6767.514	14.00	7.50	6.818	3.54
5	M/1	22	27.50	125.00	22.000	118.333	90.833	76.831	8443.030	14.00	8.75	7.396	4.17
5	O/1	23	22.50	98.75	22.785	97.500	82.500	84.798	6319.183	14.00	5.83	5.979	4.38
5	LT/1	24	25.00	120.00	20.833	111.667	95.833	86.089	8407.033	14.33	6.25	5.595	4.38
5	RT/1	25	30.00	117.50	25.532	109.167	82.500	75.649	7068.583	13.33	6.67	6.108	3.13

ตารางที่ ข.2 (ต่อ)

คนที่	รหัสตัวอย่าง	ผมเส้นที่	D_m (µm)	D_h (µm)	MI	D_1 (µm)	D_2 (µm)	HI	CSA (μm^2)	CD	CW (µm)	SI	CLT (µm)
6	F/1	26	22.50	102.50	21.951	105.000	90.833	86.612	7487.462	12.00	7.92	7.543	2.71
6	M/1	27	35.00	126.25	27.723	118.333	97.500	82.323	9077.894	15.00	7.08	5.985	4.58
6	O/1	28	17.50	110.00	15.909	107.500	70.833	65.945	5978.844	11.33	7.92	7.367	2.92
6	LT/1	29	22.50	110.00	20.455	101.667	83.333	82.184	6649.704	14.00	7.50	7.375	2.50
6	RT/1	30	27.50	115.00	23.913	110.833	80.000	72.200	6963.864	11.00	8.75	7.897	2.71
7	F/1	31	25.00	92.50	27.027	87.500	67.500	77.238	4646.939	15.00	7.08	8.091	2.50
7	M/1	32	20.00	96.25	20.779	90.833	70.000	77.328	4984.006	15.33	6.67	7.346	2.71
7	O/1	33	25.00	112.50	22.222	100.000	90.000	90.075	7068.583	15.33	6.67	6.670	2.50
7	LT/1	34	22.50	102.50	21.951	98.333	74.167	75.395	5733.406	13.67	5.83	8.057	2.50
7	RT/1	35	22.50	110.00	20.455	101.667	85.000	83.791	6787.149	15.00	7.92	5.733	2.71
8	F/1	36	10.00	98.75	10.127	94.167	82.5.00	87.739	6106.471	14.33	6.67	7.081	2.50
8	M/1	37	20.00	98.75	20.253	99.167	86.667	87.505	6760.970	13.33	7.50	7.560	3.96
8	O/1	38	17.50	102.50	17.073	99.167	91.667	92.500	7137.306	14.67	8.75	8.821	3.13
8	LT/1	39	–	97.50	–	92.500	83.333	90.107	6057.383	13.33	7.50	8.108	2.71
8	RT/1	40	22.50	105.00	21.429	100.833	93.333	92.619	7389.288	14.00	7.50	7.440	2.92
9	F/1	41	18.75	102.50	18.293	101.667	74.167	72.976	5923.211	14.33	6.67	6.559	2.71
9	M/1	42	17.50	115.00	15.217	110.833	70.000	63.175	6093.381	15.00	6.25	5.641	3.33
9	O/1	43	20.00	122.50	16.327	111.667	95.000	85.178	8325.220	14.33	7.08	6.338	3.75
9	LT/1	44	20.00	118.75	16.842	115.000	75.833	66.035	6852.599	15.00	6.67	5.800	3.54
9	RT/1	45	25.00	112.50	22.222	104.167	78.333	75.256	6410.812	14.00	7.08	6.795	2.50
10	F/1	46	15.00	102.50	14.634	106.667	62.500	58.874	5232.715	13.33	7.50	7.029	3.75
10	M/1	47	–	115.00	–	102.500	70.833	69.127	5703.954	12.67	7.50	7.317	3.54
10	O/1	48	28.75	127.50	22.549	119.167	70.833	59.450	6630.069	15.00	7.50	6.292	2.92
10	LT/1	49	22.50	107.50	20.930	139.167	69.167	49.713	7559.457	13.67	9.58	6.882	3.54
10	RT/1	50	27.50	140.00	19.643	100.000	65.833	65.986	5167.265	13.67	8.33	8.330	2.92

2. ลักษณะจำเพาะของเส้นผมกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีน

ตารางที่ ข.3 ลักษณะเชิงคุณภาพของเส้นผมกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีน

คนที่	ฟอกสี (min)	รหัสตัวอย่าง	ผมเส้นที่	สีชั้น cortex	สี cortical pigment	การกระจายตัว cortical pigment	สี medulla	ลักษณะ medulla
1	1	F/2	1	1	1	1	1	2
1	0.5	M/2	2	3	2	3	–	1
1	0.5	O/3	3	3	2	2	1	2
1	0.5	LT/2	4	3	2	2	1	2
1	0.5	RT/3	5	3	2	2	1	2
2	0.5	F/2	6	2	1	2	1	3
2	0.5	M/3	7	3	2	2	1	2
2	0.5	O/3	8	2	1	1	1	2
2	0.5	LT/3	9	2	1	1	1	3
2	1	RT/2	10	2	1	1	1	2
3	0.5	F/3	11	3	2	2	1	3
3	0.5	M/3	12	2	1	1	1	3
3	0.5	O/2	13	2	1	2	1	2
3	0.5	LT/2	14	2	1	1	1	2
3	0.5	RT/2	15	2	1	1	1	3
4	0	F/1	16	3	2	2	1	2
4	0	M/1	17	3	2	1	1	2
4	0	O/1	18	3	2	1	1	2
4	0	LT/1	19	3	2	2	1	2
4	0	RT/1	20	3	2	2	1	2
5	0	F/1	21	2	1	2	–	1
5	0	M/1	22	2	1	2	1	2
5	0.5	O/1	23	2	1	1	1	2
5	0.5	LT/1	24	2	1	2	1	2
5	0.5	RT/1	25	2	1	1	1	2

ตารางที่ ข.3 (ต่อ)

คนที่	ฟอกสี (min)	รหัสตัวอย่าง	ผมเส้นที่	สีชั้น cortex	สี cortical pigment	การกระจายตัว cortical pigment	สี medulla	ลักษณะ medulla
6	1	F/1	26	2	1	1	1	2
6	0	M/1	27	3	2	2	1	2
6	0.5	O/1	28	2	1	2	1	2
6	0	LT/1	29	3	2	1	1	2
6	0.5	RT/1	30	2	1	1	1	2
7	0	F/1	31	3	2	2	1	2
7	0.5	M/1	32	2	1	1	1	2
7	0	O/1	33	2	1	2	1	2
7	0	LT/1	34	3	2	1	–	1
7	0	RT/1	35	2	1	1	1	2
8	1	F/1	36	2	1	1	1	2
8	0.5	M/1	37	2	1	2	1	2
8	0	O/1	38	3	2	1	1	2
8	1	LT/1	39	2	1	1	1	2
8	1.5	RT/1	40	1	1	1	1	2
9	0.5	F/1	41	2	1	2	1	2
9	1	M/1	42	2	1	1	1	2
9	1	O/1	43	1	1	1	1	2
9	0	LT/1	44	3	2	2	1	2
9	1.5	RT/1	45	1	1	1	1	2
10	0	F/1	46	2	1	2	–	1
10	0	M/1	47	3	2	2	–	1
10	0	O/1	48	3	2	2	1	2
10	0	LT/1	49	3	2	2	–	1
10	0	RT/1	50	3	2	2	1	2

ตารางที่ ข.4 ลักษณะเชิงปริมาณของเส้นผมกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเชื้อสายจีน

คนที่	รหัสตัวอย่าง	ผมเส้นที่	D_m (μm)	D_h (μm)	MI	D_1 (μm)	D_2 (μm)	HI	CSA (μm^2)	CD	CW (μm)	SI	CLT (μm)
1	F/2	1	17.50	135.00	12.963	129.167	77.500	60.000	7863.799	17.00	5.42	4.195	3.57
1	M/2	2	–	103.75	–	98.333	93.333	95.303	7206.028	16.33	6.67	6.785	3.27
1	O/3	3	17.50	116.25	15.054	115.000	84.167	73.216	7608.545	14.67	6.25	5.435	3.27
1	LT/2	4	10.00	87.50	11.429	100.000	80.000	80.355	6270.095	16.00	5.83	5.830	2.68
1	RT/3	5	17.50	105.00	16.667	98.333	75.000	76.328	5810.310	15.33	7.50	7.630	3.57
2	F/2	6	30.00	140.00	21.429	145.833	88.333	60.690	10138.181	15.33	5.42	3.717	3.27
2	M/3	7	27.50	137.50	20.000	131.667	84.167	63.919	8711.375	13.33	6.67	5.065	3.27
2	O/3	8	37.50	158.75	23.622	164.167	85.833	52.289	11070.842	14.67	6.25	3.806	2.98
2	LT/3	9	35.00	137.50	25.455	130.833	86.667	66.198	8917.542	14.67	6.67	5.099	3.27
2	RT/2	10	35.00	150.00	23.333	145.000	88.333	60.986	10056.369	15.67	6.67	4.600	2.08
3	F/3	11	20.00	105.00	19.048	110.000	90.000	81.818	7775.442	17.00	5.00	4.545	3.57
3	M/3	12	25.00	113.75	21.978	112.500	76.667	68.256	6770.787	16.00	7.08	6.293	3.57
3	O/2	13	17.50	96.25	18.182	90.833	70.833	77.973	5056.001	16.33	6.67	7.346	3.57
3	LT/2	14	35.00	130.00	26.923	121.667	88.750	72.997	8482.300	13.33	6.25	5.136	3.57
3	RT/2	15	35.00	132.50	26.415	119.375	94.792	79.556	8883.999	16.33	6.67	5.586	3.57
4	F/1	16	26.25	115.00	22.826	109.167	85.000	77.850	7291.113	15.33	6.67	6.108	2.92
4	M/1	17	20.00	117.50	17.021	111.667	70.000	62.714	6139.196	14.33	6.67	5.971	2.71
4	O/1	18	17.50	100.00	17.500	94.167	84.167	89.405	6237.370	14.33	7.08	7.516	2.92
4	LT/1	19	16.25	92.50	17.568	88.333	80.833	91.551	5615.597	14.67	5.83	6.602	2.50
4	RT/1	20	10.00	75.00	13.333	84.167	72.500	86.179	4804.0188	15.00	5.83	6.924	2.50
5	F/1	21	–	100.00	–	95.000	75.000	79.001	5602.507	12.67	7.08	7.453	3.54
5	M/1	22	22.50	122.50	18.367	115.000	76.667	66.705	6924.594	13.33	7.50	6.522	3.75
5	O/1	23	15.00	125.00	12.000	111.667	89.167	79.908	7817.984	15.00	7.08	6.338	4.38
5	LT/1	24	32.50	140.00	23.214	123.333	83.333	67.552	8099.418	13.67	8.33	6.756	4.17
5	RT/1	25	13.75	122.50	11.224	118.333	75.833	64.147	7052.221	13.67	8.33	7.041	3.96

ตารางที่ ข.4 (ต่อ)

คนที่	รหัสตัวอย่าง	ผมเส้นที่	D_m (µm)	D_h (µm)	MI	D_1 (µm)	D_2 (µm)	HI	CSA (μm^2)	CD	CW (µm)	SI	CLT (µm)
6	F/1	26	17.50	102.50	17.073	96.667	90.833	94.123	6895.141	15.00	6.25	6.463	4.17
6	M/1	27	32.50	126.25	25.743	121.667	75.833	62.399	7248.570	14.67	7.08	5.818	3.54
6	O/1	28	25.00	127.50	19.608	118.333	92.500	78.170	8600.110	16.67	7.50	6.340	4.38
6	LT/1	29	35.00	142.50	24.561	120.833	75.833	62.786	7199.483	16.00	5.83	4.826	3.13
6	RT/1	30	22.50	118.75	18.947	107.500	92.500	86.068	7817.984	16.00	6.25	5.814	3.75
7	F/1	31	22.50	100.00	22.500	98.333	80.000	81.481	6178.466	16.00	6.25	6.358	3.54
7	M/1	32	27.50	120.00	22.917	110.000	88.333	80.303	7631.452	16.33	6.25	5.682	3.75
7	O/1	33	12.50	87.50	14.286	93.333	79.167	85.000	5805.401	15.33	7.08	7.588	3.13
7	LT/1	34	–	111.25	–	109.167	70.833	64.899	6073.746	16.67	6.67	6.108	4.17
7	RT/1	35	30.00	122.50	24.490	120.000	82.500	68.905	7775.442	14.00	7.08	5.900	3.75
8	F/1	36	27.50	131.25	20.952	117.500	92.500	78.982	8528.115	15.67	6.25	5.319	4.17
8	M/1	37	25.00	107.50	23.256	104.167	79.167	76.255	6466.445	16.67	7.08	6.795	3.75
8	O/1	38	22.50	130.00	17.308	125.833	77.500	61.682	7657.632	14.67	6.67	5.302	3.54
8	LT/1	39	25.00	137.50	18.182	125.000	102.500	82.115	10059.641	15.33	6.25	5.000	4.17
8	RT/1	40	27.50	122.50	22.449	120.000	90.833	75.694	8560.840	14.33	6.25	5.208	4.58
9	F/1	41	12.50	101.25	12.346	101.667	91.667	90.152	7330.383	15.00	6.67	6.559	3.33
9	M/1	42	25.00	142.50	17.544	131.667	90.833	69.185	9392.053	14.67	7.08	5.376	4.38
9	O/1	43	20.00	117.50	17.021	108.333	95.000	87.727	8089.601	12.67	7.92	7.313	4.38
9	LT/1	44	20.00	101.25	19.753	101.667	90.000	88.712	7186.393	12.67	8.33	8.191	3.13
9	RT/1	45	25.00	140.00	17.857	91.667	74.167	81.111	5334.162	13.00	8.33	9.084	3.96
10	F/1	46	–	112.50	–	108.333	89.167	82.348	7592.182	16.33	5.42	5.005	4.17
10	M/1	47	–	115.00	–	105.000	75.833	72.273	6263.550	16.00	5.00	4.762	4.38
10	O/1	48	12.50	113.75	10.989	105.833	79.167	74.699	6607.162	15.67	6.67	6.304	4.38
10	LT/1	49	–	87.50	–	84.167	69.167	82.387	4568.399	12.67	6.67	7.922	4.38
10	RT/1	50	17.50	105.00	16.667	104.167	80.833	77.774	6610.434	13.00	6.67	6.401	4.79

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ สกุล ทวีภรณ์ คีรีคช

รหัสประจำตัวนักศึกษา 4910220001

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิทยาศาสตรบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การอาหารและโภชนาการ)	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	2548

การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน

ทวีภรณ์ คีรีคช และ วราภรณ์ พรหมวิกร. 2552. การเปรียบเทียบลักษณะจำเพาะของเส้นผมระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์ไทย. การประชุมกายวิภาคศาสตร์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 32. โรงแรมโนโวเทล ริมเพ ระยอง, 29 เมษายน - 1 พฤษภาคม 2552. หน้า 27-28.