

## บทที่ 4

### ผลการทดลองและวิจารณ์

เนื้อหาในบทที่ 4 นี้แสดงผลการวิเคราะห์หาภาวะที่เหมาะสมสำหรับการดัดแปรสีรีแอคทีฟโครงสร้างไตรอะซินด้วยกรดกลูตามิก และการดัดแปรสีรีแอคทีฟโครงสร้างไตรอะซินด้วยสารละลายจากการลอกกาวยใหม่ นอกจากนี้แสดงผลการวิเคราะห์โครงสร้างของสีดัดแปรเปรียบเทียบกับสีไม่ได้ดัดแปร การวิเคราะห์ปริมาณและชนิดของกรดอะมิโนที่ได้จากการลอกกาวยใหม่ด้วยเอนไซม์โปรตีเอสและสมบัติของผ้าใหม่ที่ย้อมด้วยสีที่ดัดแปรและสีที่ไม่ได้ดัดแปร

#### 4.1 ภาวะที่เหมาะสมสำหรับการดัดแปรสีรีแอคทีฟโครงสร้างไตรอะซินด้วยกรดกลูตามิก

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการดัดแปรสีรีแอคทีฟที่มีโครงสร้างไตรอะซินด้วยกรดกลูตามิก ในการทดลอง จะทำการศึกษาหาภาวะการดัดแปรที่เหมาะสม โดยจะศึกษาปัจจัยต่างๆ คือ อัตราส่วนของกรดกลูตามิกต่อสี, พีเอช, เวลา และอุณหภูมิ

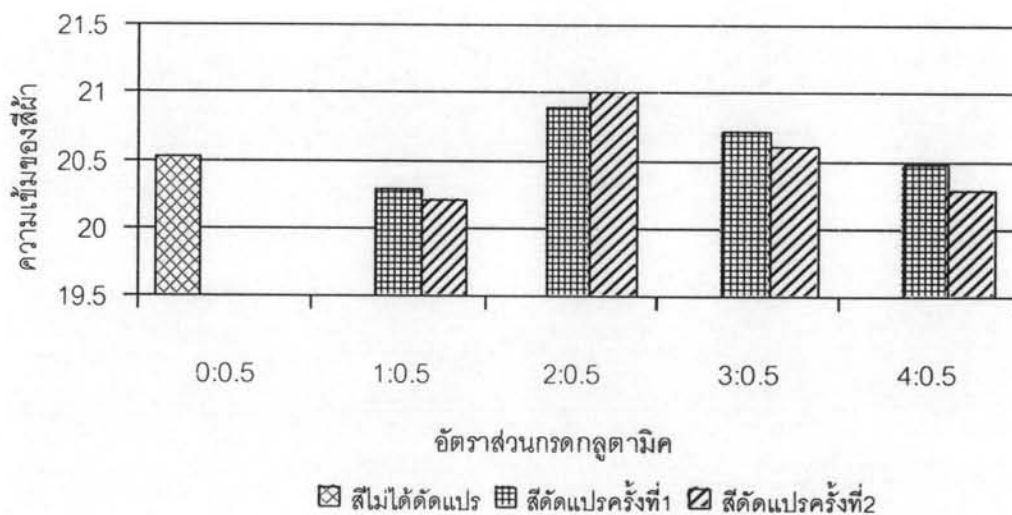
##### 4.1.1 อัตราส่วนของกรดกลูตามิกต่อสีในการดัดแปรสีรีแอคทีฟ

ดัดแปรสีโดยการผสมสีรีแอคทีฟ Procion Turquoise H-A 0.5 กรัม กับกรดกลูตามิกในปริมาณต่างๆกัน คือ 1, 2, 3 และ 4 กรัม ที่พีเอช 9 อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง จากนั้นย้อมผ้าใหม่ด้วยสีรีแอคทีฟดัดแปร และสีรีแอคทีฟไม่ได้ดัดแปรที่ความเข้มข้นร้อยละ 3 ของน้ำหนักผ้าตามภาวะการย้อมที่เหมาะสมแสดงไว้ใน 4.3.3 และวัดค่าความเข้มของสีผ้า (K/S) ที่ความยาวคลื่น 670 นาโนเมตร ด้วยเครื่องวัดสี แสดงผลดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ความเข้มของสีผ้าเมื่อย้อมด้วยสีรีแอคทีฟ Procion Turquoise H-A ดัดแปรด้วยกรดกลูตามิกที่อัตราส่วนกรดกลูตามิกต่อสีต่างๆ ที่พีเอช 9 อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง

สีรีแอคทีฟ	อัตราส่วนกรดกลูตามิกต่อสี *	ความเข้มของสีผ้า		ความเข้มของสีผ้าโดยเฉลี่ย
		ผืนที่ 1	ผืนที่ 2	
ไม่ได้ดัดแปร	0 : 0.5	20.47	20.56	20.52
ดัดแปรครั้งที่ 1	1 : 0.5	20.38	20.20	20.29
	2 : 0.5	21.04	20.75	20.90
	3 : 0.5	20.75	20.66	20.71
	4 : 0.5	20.66	20.29	20.48
	ดัดแปรครั้งที่ 2	1 : 0.5	20.29	20.11
ดัดแปรครั้งที่ 2	2 : 0.5	21.14	20.85	21.00
	3 : 0.5	20.66	20.56	20.61
	4 : 0.5	20.38	20.20	20.29

\* หมายเหตุ : จากการทดลอง การดัดแปรสีโดยใช้อัตราส่วนกรดกลูตามิกต่อสีสูงกว่านี้ไม่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการย้อม เนื่องจากกรดกลูตามิกไม่สามารถละลายน้ำได้ดี



รูปที่ 4.1 แผนภูมิแท่งแสดงความเข้มของสีผ้าเมื่อย้อมด้วยสีรีแอคทีฟ Procion Turquoise H-A ดัดแปรด้วยกรดกลูตามิกที่อัตราส่วนกรดกลูตามิกต่อสีต่างๆ ที่พีเอช 9 อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง

จากผลของการวัดค่าความเข้มของสีผ้า พบว่า เมื่อย้อมผ้าด้วยสีรีแอคทีฟ Procion Turquoise H-A ดัดแปรด้วยกรดกลูตามิค 2 กรัม ต่อสี 0.5 กรัม จะให้ค่าความเข้มของสีผ้าเฉลี่ยมากที่สุด คือ 20.95 จึงสามารถสรุปได้ว่า อัตราส่วนของปริมาณกรดกลูตามิคต่อสีในการดัดแปรสีรีแอคทีฟที่เหมาะสม คือ 2 : 0.5 กรัม หรือใช้กรดกลูตามิคมากเป็น 4 เท่าของสีโดยน้ำหนัก

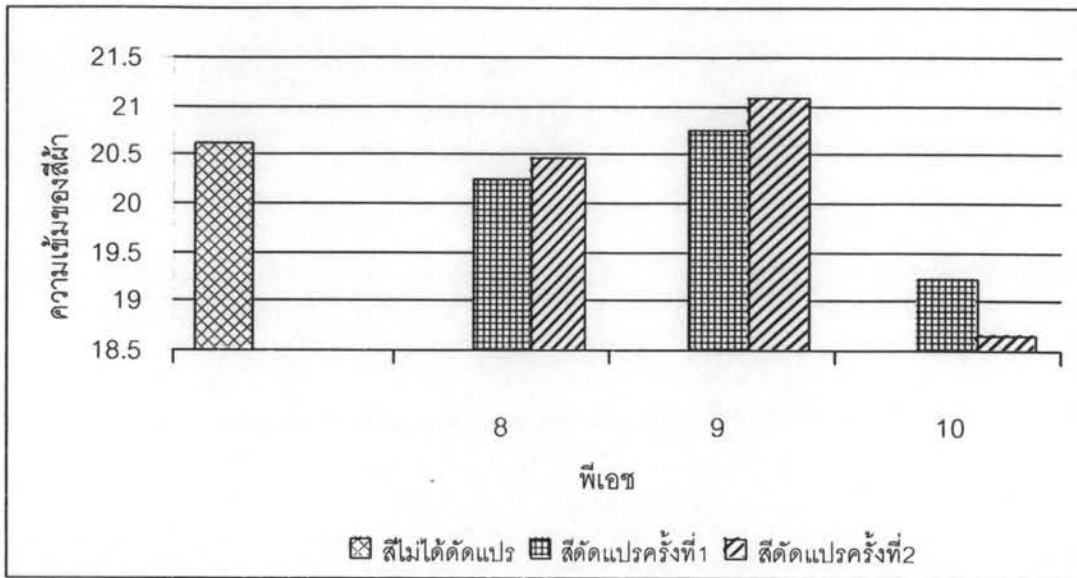
#### 4.1.2 พิเศษในการดัดแปรสีรีแอคทีฟ

ดัดแปรสีโดยการผสมสีรีแอคทีฟ Procion Turquoise H-A 0.5 กรัม กับกรดกลูตามิค 2 กรัม ที่พีเอชต่างๆ กัน คือ 8, 9 และ 10 อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง จากนั้นย้อมผ้าไหมด้วยสีรีแอคทีฟดัดแปร และสีรีแอคทีฟไม่ได้ดัดแปรที่ความเข้มข้นร้อยละ 3 ของน้ำหนักผ้าตามภาวะการย้อมที่เหมาะสมแสดงไว้ใน 4.3.3 และวัดค่าความเข้มของสีผ้า (K/S) ที่ความยาวคลื่น 670 นาโนเมตร ด้วยเครื่องวัดสี แสดงผลดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ความเข้มของสีผ้าเมื่อย้อมด้วยสีรีแอคทีฟ Procion Turquoise H-A ดัดแปรด้วยกรดกลูตามิค โดยใช้อัตราส่วนของกรดกลูตามิคต่อสีเท่ากับ 2 : 0.5 ดัดแปรที่พีเอช 8, 9 และ 10 ณ อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง

สีรีแอคทีฟ	พีเอช *	ความเข้มของสีผ้า		ความเข้มของสีผ้าโดยเฉลี่ย
		ผืนที่ 1	ผืนที่ 2	
ไม่ได้ดัดแปร	-	20.66	20.56	20.61
ดัดแปรครั้งที่ 1	8	20.29	20.20	20.25
	9	20.75	20.75	20.75
	10	19.67	18.78	19.23
ดัดแปรครั้งที่ 2	8	20.38	20.56	20.47
	9	21.04	21.14	21.09
	10	18.54	18.78	18.66

\*หมายเหตุ : จากการทดลองดัดแปรสีที่พีเอชต่ำกว่า 8 และสูงกว่า 10 พบว่าไม่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการย้อมแต่กลับทำให้ลดลงมากยิ่งขึ้น



รูปที่ 4.2 แผนภูมิแท่งแสดงความเข้มของสีผ้าเมื่อย้อมด้วยสีรีแอคทีฟ Procion Turquoise H-A ดัดแปรด้วยกรดกลูตามิก โดยใช้อัตราส่วนกรดกลูตามิกต่อสีเท่ากับ 2 : 0.5 ดัดแปรที่พีเอช 8, 9 และ 10 ณ อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง

จากผลของการวัดค่าความเข้มของสีผ้า พบว่าเมื่อย้อมผ้าด้วยสีรีแอคทีฟ Procion Turquoise H-A ดัดแปรที่พีเอช 9 ด้วยกรดกลูตามิก จะให้ค่าความเข้มของสีผ้าเฉลี่ยมากที่สุด คือ 20.92 และจากการเปรียบเทียบค่าความเข้มของสีผ้าที่ย้อมด้วยสีไม่ได้ดัดแปรกับสีดัดแปร พบว่าผ้าที่ย้อมด้วยสีดัดแปรที่พีเอช 9 เท่านั้นที่มีค่าความเข้มของสีมากกว่าผ้าที่ย้อมด้วยสีไม่ได้ดัดแปร จึงสามารถสรุปได้ว่าค่าพีเอชของการดัดแปรสีรีแอคทีฟที่เหมาะสม คือ ที่พีเอชเท่ากับ 9 เนื่องจากสีรีแอคทีฟ Procion Turquoise H-A มีโครงสร้างเป็นโมโนคลอโรไตรอะซีน โดยมีหมู่คลอรีนเป็น leaving group ที่ถูกแทนที่ได้ในภาวะต่าง โดย ณ ภาวะที่สารละลายเป็นกลางกรดกลูตามิกจะมีประจุรวมเป็นลบ เมื่อปรับพีเอชของสารละลายให้เหมาะสมเป็นพีเอช 9 หมู่อะมิโนของกรดกลูตามิกจะสามารถเข้าทำปฏิกิริยากับสีได้ดีขึ้น โดยจะเข้าไปแทนที่หมู่คลอไรด์ที่อยู่ในโครงสร้างของสี เกิดปฏิกิริยาการดัดแปรโครงสร้างของสีขึ้น และเมื่อปรับพีเอชการดัดแปรให้สูงกว่าพีเอช 9 อาจเกิดปฏิกิริยาการไฮโดรไลซิสของสีมากขึ้นกว่าพีเอช 9 จนทำให้สีไม่สามารถผนึกติดบนผ้าได้มากเท่าที่ดัดแปรที่พีเอช 9 ทำให้ผ้าที่ย้อมมีสีอ่อนลง

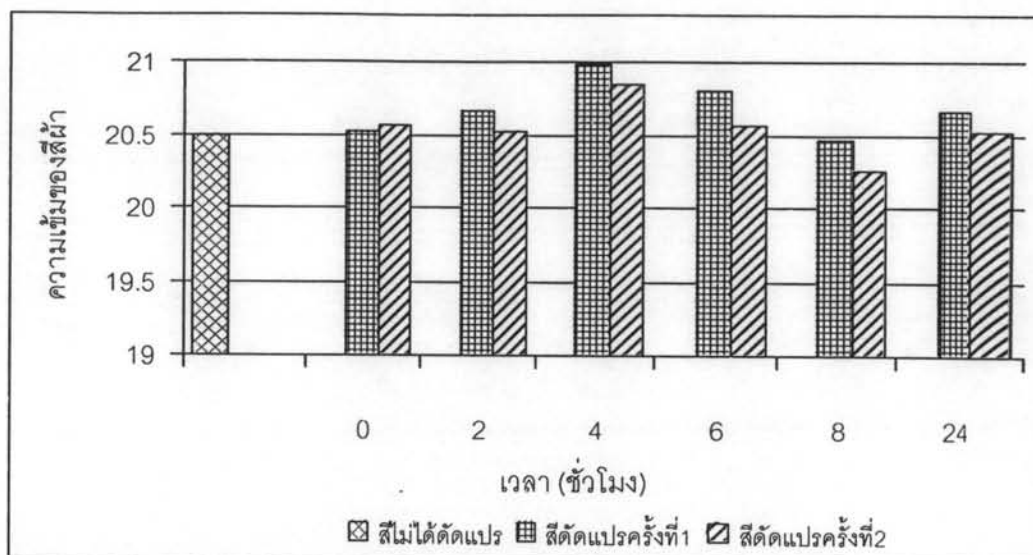
#### 4.1.3 เวลาในการดัดแปรสีรีแอคทีฟ

ดัดแปรสีโดยการผสมสีรีแอคทีฟ Procion Turquoise H-A 0.5 กรัม กับกรดกลูตามิค 2 กรัม ที่พีเอช 9 อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลาต่างๆ กัน คือ 0, 2, 4, 6, 8 และ 24 ชั่วโมง จากนั้นย้อมผ้าใหม่ด้วยสีรีแอคทีฟดัดแปร และสีรีแอคทีฟไม่ได้ดัดแปรที่ความเข้มข้นร้อยละ 3 ของน้ำหนักผ้าตามภาวะการย้อมที่เหมาะสมแสดงไว้ใน 4.3.3 และวัดค่าความเข้มของสีผ้า (K/S) ที่ความยาวคลื่น 670 นาโนเมตร ด้วยเครื่องวัดสี แสดงผลดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ความเข้มของสีผ้าเมื่อย้อมด้วยสีรีแอคทีฟ Procion Turquoise H-A ดัดแปรด้วยกรดกลูตามิค โดยใช้อัตราส่วนกรดกลูตามิคต่อสีเท่ากับ 2 : 0.5 ที่พีเอช 9 อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ณ เวลาต่างๆ กัน

สีรีแอคทีฟ	เวลา (ชั่วโมง)	ความเข้มของสีผ้า		ความเข้มของสี ผ้าโดยเฉลี่ย
		ผืนที่ 1	ผืนที่ 2	
ไม่ได้ดัดแปร	-	20.56	20.44	20.50
ดัดแปรครั้งที่ 1	0 *	20.47	20.56	20.52
	2	20.56	20.75	20.66
	4	21.04	20.94	20.99
	6	20.85	20.75	20.80
	8	20.47	20.47	20.47
	24	20.66	20.66	20.66
	ดัดแปรครั้งที่ 2	0 *	20.56	20.56
2		20.66	20.38	20.52
4		20.85	20.85	20.85
6		20.66	20.47	20.57
8		20.29	20.20	20.25
24		20.38	20.66	20.52

\* หมายเหตุ : การดัดแปรสีที่เวลา 0 ชั่วโมง หมายถึง การผสมกรดกลูตามิคและสีตามปริมาณพีเอช และอุณหภูมิ ที่เหมาะสม แล้วนำมาย้อมผ้าทันที โดยไม่ทิ้งเวลาให้กรดกลูตามิค และสีทำปฏิกิริยากันในการดัดแปรก่อนนำมาย้อมผ้า



รูปที่ 4.3 แผนภูมิแท่งแสดงความเข้มของสีผ้าเมื่อย้อมด้วยสีย้อม Procion Turquoise H-A ดัดแปรด้วยกรดกลูตามิก โดยใช้อัตราส่วนกรดกลูตามิกต่อสีเท่ากับ 2 : 0.5 ที่พีเอช 9 อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ณ เวลาต่างๆ กัน

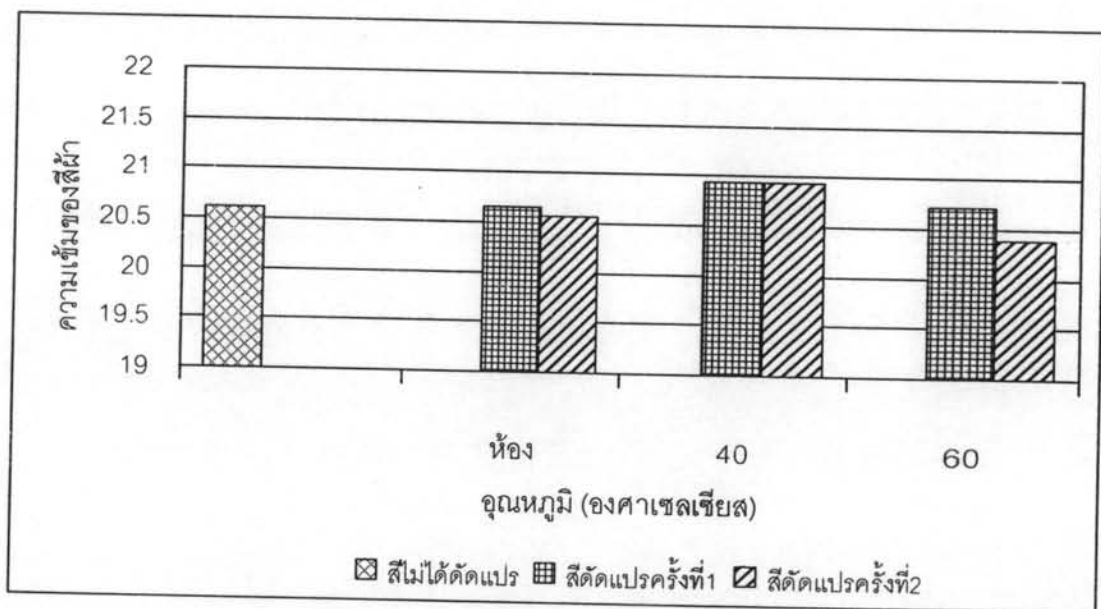
จากผลของการวัดค่าความเข้มของสีผ้า พบว่าเมื่อย้อมผ้าด้วยสีย้อม Procion Turquoise H-A ดัดแปรเป็นเวลา 4 ชั่วโมง จะให้ค่าความเข้มของสีผ้าเฉลี่ยมากที่สุด คือ 20.92 จึงสามารถสรุปได้ว่าเวลาที่ใช้ในการดัดแปรสีย้อม Procion Turquoise H-A ที่เหมาะสม คือ ที่เวลา 4 ชั่วโมง และสันนิษฐานได้ว่า ณ ภาวะการดัดแปรสีย้อม Procion Turquoise H-A เป็นเวลา 4 ชั่วโมง กรดกลูตามิกและสีย้อม Procion Turquoise H-A สามารถทำปฏิกิริยากันได้ดีที่สุด แต่เมื่อดัดแปรนานกว่า 4 ชั่วโมง ในภาวะต่างสีย้อม Procion Turquoise H-A อาจถูกไฮโดรไลซ์มากขึ้นจนไม่สามารถทำปฏิกิริยากับกรดกลูตามิกได้อีก ส่งผลให้เมื่อนำมาย้อมผ้าสีจึงไม่สามารถผนึกติดบนผ้าได้มากเท่าสีที่ถูกดัดแปรที่เวลา 4 ชั่วโมง ทำให้ผ้าย้อมมีสีอ่อนลง

#### 4.1.4 อุณหภูมิในการดัดแปรสีย้อม Procion Turquoise H-A

ดัดแปรสีโดยการผสมสีย้อม Procion Turquoise H-A 0.5 กรัม กับกรดกลูตามิก 2 กรัม ที่พีเอช 9 อุณหภูมิต่างๆ กัน คือ อุณหภูมิห้อง (28), 40 และ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง จากนั้นย้อมผ้าใหม่ด้วยสีย้อม Procion Turquoise H-A ดัดแปร และสีย้อม Procion Turquoise H-A ไม่ได้ดัดแปรที่ความเข้มข้นร้อยละ 3 ของน้ำหนักผ้าตามภาวะการย้อมที่เหมาะสมแสดงไว้ใน 4.3.3 และวัดค่าความเข้มของสีผ้า (K/S) ที่ความยาวคลื่น 670 นาโนเมตร ด้วยเครื่องวัดสี แสดงผลดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ความเข้มของสีผ้าเมื่อย้อมด้วยสีย้อมสี Procion Turquoise H-A ตัดแปรด้วยกรดกลูตามิก โดยใช้อัตราส่วนกรดกลูตามิกต่อสีเท่ากับ 2 : 0.5 ที่พีเอช 9 ณ อุณหภูมิต่างๆ กัน เป็นเวลา 4 ชั่วโมง

สีย้อมสี	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ความเข้มของสีผ้า		ความเข้มของสี ผ้าโดยเฉลี่ย
		ผืนที่ 1	ผืนที่ 2	
ไม่ได้ตัดแปร	-	20.66	20.56	20.61
ตัดแปรครั้งที่ 1	ห้อง	20.75	20.56	20.66
	40	21.04	20.85	20.95
	60	20.66	20.75	20.71
ตัดแปรครั้งที่ 2	28	20.47	20.66	20.57
	40	21.14	20.75	20.95
	60	20.29	20.47	20.38



รูปที่ 4.4 แผนภูมิแท่งแสดงความเข้มของสีผ้าเมื่อย้อมด้วยสีย้อมสี Procion Turquoise H-A ตัดแปรด้วยกรดกลูตามิก โดยใช้อัตราส่วนกรดกลูตามิกต่อสีเท่ากับ 2 : 0.5 ที่พีเอช 9 ณ อุณหภูมิต่างๆ กัน เป็นเวลา 4 ชั่วโมง

จากผลของการวัดค่าความเข้มของสีผ้า พบว่าเมื่อย้อมผ้าด้วยสีรีแอคทีฟ Turquoise H-A ดัดแปรที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส จะให้ค่าความเข้มของสีผ้าเฉลี่ยมากที่สุด คือ 20.95 จึงสามารถสรุปได้ว่าอุณหภูมิที่ใช้ในการดัดแปรสีรีแอคทีฟที่เหมาะสม คือ ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ถ้าดัดแปรสีที่อุณหภูมิสูงมากขึ้นกว่า 40 องศาเซลเซียส ในภาวะต่าง อาจทำให้สีเกิดการไฮโดรไลซิสได้ และส่งผลให้ค่าความเข้มของสีผ้าลดลง

จากผลการทดลองดัง 4.1.1 ถึง 4.1.4 จะพบว่าภาวะที่เหมาะสมในการดัดแปรสีรีแอคทีฟ ด้วยกรดกลูตามิก มีดังนี้ ใช้อัตราส่วนของกรดกลูตามิกต่อสี เท่ากับ 2 : 0.5 ดัดแปรที่พีเอช 9 อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง

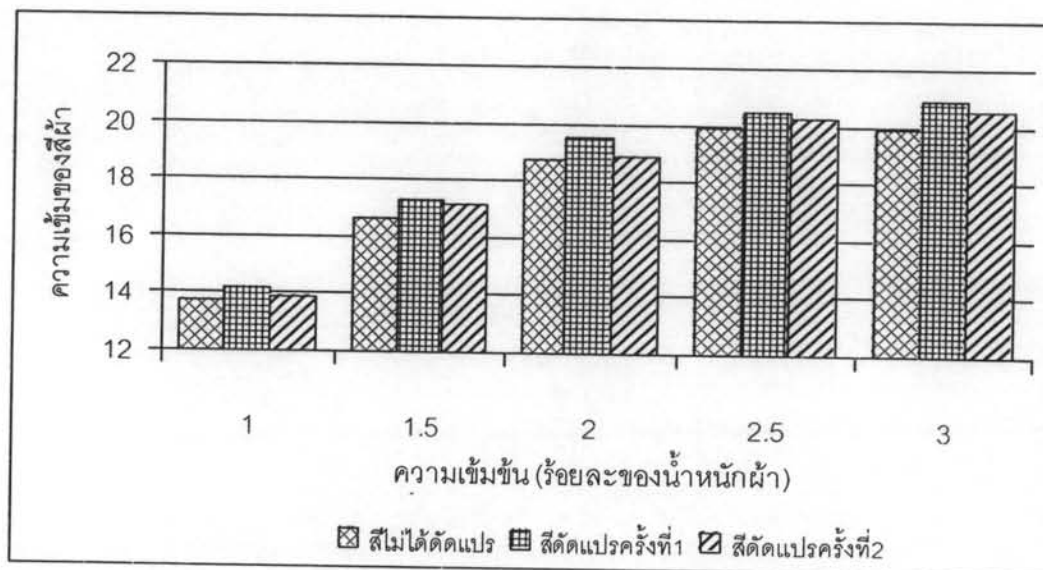
#### 4.1.5 ความเข้มข้นของสีรีแอคทีฟดัดแปรในการย้อม

หลังจากดัดแปรสีรีแอคทีฟ Procion Turquoise H-A ด้วยกรดกลูตามิก ณ ภาวะที่เหมาะสมแล้วนำผ้าไหมมาย้อมที่ความเข้มข้นต่างๆ คือ ร้อยละ 1, 1.5, 2, 2.5 และ 3 ของน้ำหนักผ้า ตามภาวะการย้อมที่เหมาะสม แสดงไว้ใน 4.3.3 เพื่อศึกษาหาความเข้มข้นของสีที่เหมาะสม และวัดค่าความเข้มของสีผ้า (K/S) ที่ความยาวคลื่น 670 นาโนเมตร ด้วยเครื่องวัดสี แสดงผลดังตารางที่ 4.5



ตารางที่ 4.5 ความเข้มของสีผ้าเมื่อย้อมด้วยสีย้อมสี Procion Turquoise H-A ดัดแปรด้วยกรดกลูตามิก ณ ภาวะที่เหมาะสม และย้อมที่ความเข้มข้นร้อยละ 1-3 ของน้ำหนักผ้า ณ ภาวะการย้อมที่เหมาะสม

สีย้อมสี	ความเข้มข้นของสี (ร้อยละน้ำหนักผ้า)	ความเข้มของสีผ้า		ความเข้มของสี ผ้าโดยเฉลี่ย
		ผืนที่ 1	ผืนที่ 2	
ไม่ได้ดัดแปร	1	13.68	13.85	13.77
	1.5	16.62	16.62	16.62
	2	18.70	18.78	18.74
	2.5	19.85	19.93	19.89
	3	19.93	19.93	19.93
ดัดแปรครั้งที่ 1	1	14.17	14.12	14.15
	1.5	17.33	17.20	17.27
	2	19.67	19.34	19.51
	2.5	20.56	20.38	20.47
	3	20.94	20.85	20.90
ดัดแปรครั้งที่ 2	1	13.85	13.99	13.92
	1.5	17.13	17.20	17.17
	2	18.15	18.93	18.89
	2.5	20.29	20.20	20.25
	3	20.38	20.66	20.52



รูปที่ 4.5 แผนภูมิแท่งแสดงความชุ่มชื้นของเสื้อผ้าเมื่อย้อมด้วยสีย้อมที่ฟ Procion Turquoise H-A ดัดแปรด้วยกรดกลูตามิก ณ ภาวะที่เหมาะสม และย้อมที่ความเข้มข้นร้อยละ 1-3 ของน้ำหนักผ้า ณ ภาวะการย้อมที่เหมาะสม

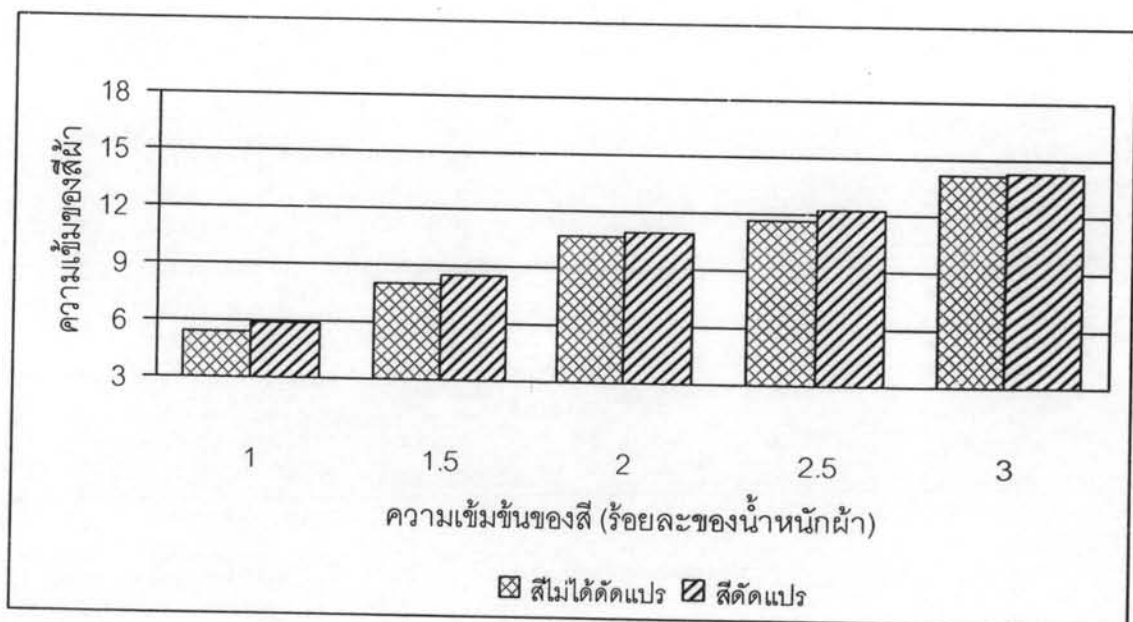
จากผลของการวัดค่าความชุ่มชื้นของเสื้อผ้า พบว่า การย้อมผ้าที่ทุกความเข้มข้นสี คือ ร้อยละ 1, 1.5, 2, 2.5 และ 3 ของน้ำหนักผ้า ผ้าย้อมด้วยสีย้อมที่ฟดัดแปรมีความชุ่มชื้นสูงกว่าผ้าย้อมด้วยสีไม่ได้ดัดแปรอยู่เล็กน้อย เมื่อย้อมที่ความเข้มข้นสีมากขึ้นผ้าจะติดสีเข้มข้น และผ้าย้อมด้วยสีดัดแปรร้อยละ 3 ของน้ำหนักผ้า มีสีเข้มข้นแตกต่างกับผ้าย้อมด้วยสีไม่ได้ดัดแปรมากที่สุด เมื่อเทียบกับผ้าย้อมด้วยสีที่ความเข้มข้นสีอื่นๆ เนื่องจากอาจมีปริมาณสีที่ถูกดัดแปรมากมีผลทำให้โอกาสที่สีจะเข้ายึดติดกับผ้ามีมากกว่าความเข้มข้นสีอื่นๆ

#### 4.1.6 ผลการดัดแปรสีย้อมที่ฟโครงสร้างไตรอะซีนอื่นๆ ด้วยกรดกลูตามิก

นอกจากการดัดแปรสีย้อมที่ฟ Procion Turquoise H-A ด้วยกรดกลูตามิกแล้วยังได้ทดลองดัดแปรสีย้อมที่ฟอีก 2 สี คือ Procion Red H-E7B และ Procion Blue H-EGN ที่ภาวะการดัดแปรที่เหมาะสม และทดลองย้อมที่ความเข้มข้นสีต่างๆ ตามภาวะการย้อมที่เหมาะสม แสดงใน 4.3.3 จากนั้นวัดค่าความชุ่มชื้นของเสื้อผ้า (K/S) ที่ความยาวคลื่น 550 นาโนเมตร สำหรับสี Procion Red H-E7B และ 630 นาโนเมตร สำหรับสี Procion Blue H-EGN แสดงผลดังตารางที่ 4.6 และ 4.7 และรูปที่ 4.6 และ 4.7

ตารางที่ 4.6 ความเข้มของสีผ้าเมื่อย้อมด้วยสีย้อม Procion Red H-E7B ดัดแปรด้วยกรดกลูตามิค ณ ภาวะที่เหมาะสม และย้อมที่ความเข้มข้นสีร้อยละ 1-3 ของน้ำหนักผ้า ณ ภาวะการย้อมที่เหมาะสม

สีย้อม	ความเข้มข้นของสี (ร้อยละน้ำหนักผ้า)	ความเข้มของสีผ้า		ความเข้มของสี ผ้าโดยเฉลี่ย
		ผืนที่ 1	ผืนที่ 2	
ไม่ได้ดัดแปร	1	5.45	5.31	5.38
	1.5	7.91	8.17	8.04
	2	10.65	10.68	10.67
	2.5	11.94	11.46	11.70
	3	14.17	14.12	14.15
ดัดแปร	1	5.78	5.85	5.82
	1.5	8.44	8.51	8.48
	2	10.93	10.90	10.92
	2.5	12.11	12.39	12.25
	3	14.21	14.26	14.24

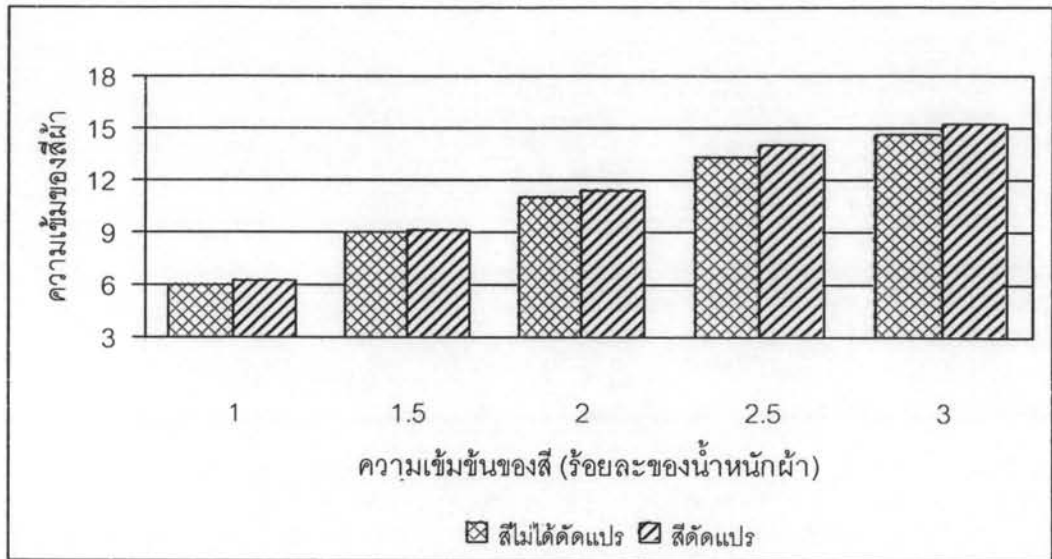


รูปที่ 4.6 แผนภูมิแท่งแสดงความเข้มของสีผ้า เมื่อย้อมด้วยสีย้อม Procion Red H-E7B ดัดแปรด้วยกรดกลูตามิค ณ ภาวะที่เหมาะสม และย้อมที่ความเข้มข้นสีร้อยละ 1-3 ของน้ำหนักผ้า ณ ภาวะการย้อมที่เหมาะสม

จากผลของการวัดค่าความเข้มของสีผ้า พบว่า ผ้าย้อมด้วยสี Procion Red H-E7B ดัดแปรด้วยกรดกลูตามิคมีค่าความเข้มสีสูงกว่าผ้าย้อมด้วยสีที่ไม่ได้ดัดแปรอยู่เล็กน้อย โดยเมื่อเพิ่มความเข้มข้นสีมากขึ้นจะสามารถย้อมผ้าได้สีเข้มขึ้น และเมื่อย้อมผ้าด้วยสีดัดแปรที่ความเข้มข้นสีร้อยละ 2.5 ของน้ำหนักผ้า จะได้ผ้าสีเข้มมากขึ้นแตกต่างจากเมื่อย้อมด้วยสีไม่ได้ดัดแปรมากที่สุด ดังนั้นการย้อมสี Procion Red H-E7B ดัดแปรด้วยกรดกลูตามิค น่าจะย้อมที่ความเข้มสีร้อยละ 2.5 ของน้ำหนักผ้า

ตารางที่ 4.7 ความเข้มของสีผ้าเมื่อย้อมด้วยสีรีแอคทีฟ Procion Blue H-EGN ดัดแปรด้วยกรดกลูตามิค ณ ภาวะที่เหมาะสม และย้อมที่ความเข้มข้นสีร้อยละ 1-3 ของน้ำหนักผ้า ณ ภาวะการย้อมที่เหมาะสม

สีรีแอคทีฟ	ความเข้มข้นของสี (ร้อยละน้ำหนักผ้า)	ความเข้มของสีผ้า		ความเข้มของสี ผ้าโดยเฉลี่ย
		ผืนที่ 1	ผืนที่ 2	
ไม่ได้ดัดแปร	1	6.05	5.91	5.98
	1.5	9.01	8.91	8.96
	2	10.95	11.04	11.00
	2.5	13.14	13.59	13.37
	3	14.40	14.99	14.70
ดัดแปร	1	6.32	6.20	6.26
	1.5	9.09	9.11	9.10
	2	11.37	11.40	11.39
	2.5	13.90	14.12	14.01
	3	15.36	15.20	15.28



รูปที่ 4.7 แผนภูมิแท่งแสดงความเข้มของสีผ้าเมื่อย้อมด้วยสีรีแอคทีฟ Procion Blue H-EGN ดัดแปรด้วยกรดกลูตามิค ณ ภาวะที่เหมาะสม และย้อมที่ความเข้มข้นสีร้อยละ 1-3 ของน้ำหมักผ้า ณ ภาวะการย้อมที่เหมาะสม

จากผลของการวัดค่าความเข้มของสีผ้า พบว่า ผ้าย้อมด้วยสี Procion Blue H-EGN ดัดแปรด้วยกรดกลูตามิคมีค่าความเข้มสีสูงกว่าผ้าย้อมด้วยสีที่ไม่ได้ดัดแปรอยู่เล็กน้อย โดยเมื่อเพิ่มความเข้มข้นสีมากขึ้นจะสามารถย้อมผ้าได้สีเข้มขึ้น และเมื่อย้อมผ้าด้วยสีดัดแปรที่ความเข้มข้นสีร้อยละ 2.5 ของน้ำหมักผ้า จะได้ผ้าสีเข้มมากขึ้นแตกต่างจากเมื่อย้อมด้วยสีไม่ได้ดัดแปรมากที่สุด ดังนั้นการย้อมสี Procion Blue H-EGN ดัดแปรด้วยกรดกลูตามิค น่าจะย้อมที่ความเข้มข้นสีร้อยละ 2.5 ของน้ำหมักผ้า เนื่องจากสีแต่ละสีก็จะมีโครงสร้างที่แตกต่างกันไป จึงส่งผลให้ความสามารถในการดูดซึมสีแตกต่างกันด้วย

#### 4.2 ภาวะที่เหมาะสมสำหรับการดัดแปรสีรีแอคทีฟโครงสร้างไตรอะซีนด้วยสารละลายจากการลอกกาวยไหม

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการลอกกาวยไหมด้วยเอนไซม์โปรตีเอสแล้วนำสารละลายที่ได้จากการลอกกาวยไหมซึ่งมีกรดอะมิโนมาดัดแปรสีรีแอคทีฟโครงสร้างไตรอะซีน ซึ่งจะศึกษาหาปริมาณเส้นไหมที่เหมาะสมสำหรับการลอกกาวยไหมให้เกิดปริมาณกรดอะมิโนเพียงพอสำหรับใช้ในการดัดแปรสีรีแอคทีฟ และจะทำการหาภาวะการดัดแปรที่เหมาะสม โดยจะศึกษาปัจจัยต่างๆ คือ เวลา และ อุณหภูมิ ส่วนที่เอชของการดัดแปรสีเลือกใช้ที่พีเอช 9

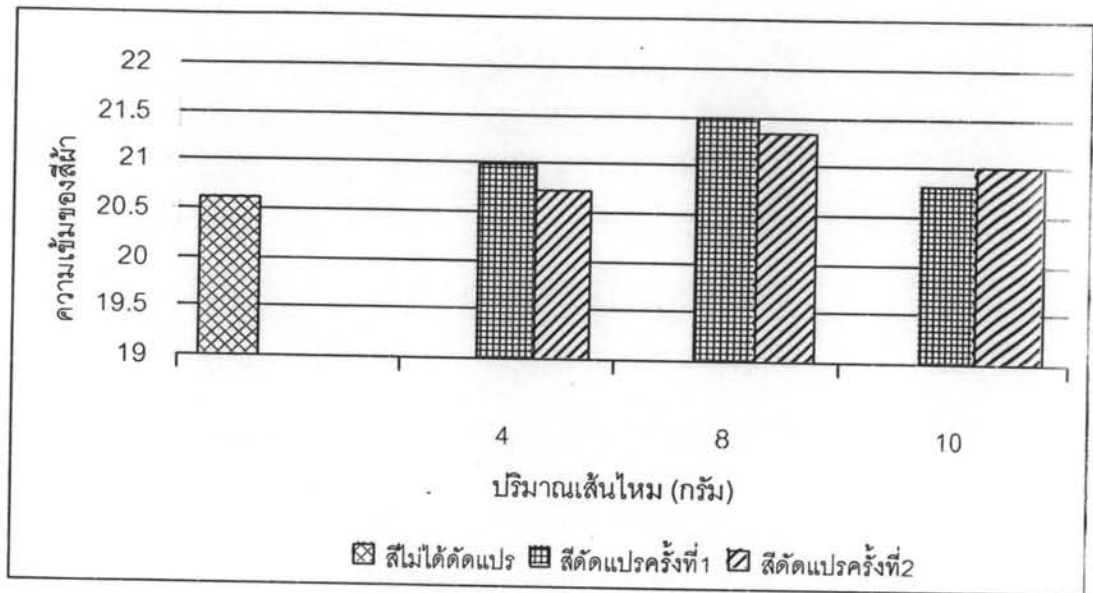
#### 4.2.1 ปริมาณเส้นไหมสำหรับการลอกกาบ

นำเส้นไหมในปริมาณต่างๆ กัน คือ 4, 8 และ 10 กรัม ไปลอกกาบดังวิธีใน 3.4.2.1 แล้วนำสารละลายจากการลอกกาบไปดัดแปรสีรีแอคทีฟโครงสร้างไตรอะซีน Procion Turquoise H-A โดยใช้อัตราส่วนสี 0.5 กรัม ต่อสารละลายจากการลอกกาบ 100 มิลลิลิตร ดัดแปรที่พีเอชเท่ากับ 9 อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง จากนั้นนำสารละลายสีไปย้อมผ้าไหมตามภาวะการย้อมแสดงใน 4.3.3 และวัดหาค่าความเข้มของสีผ้า (K/S) ที่ความยาวคลื่น 670 นาโนเมตร ด้วยเครื่องวัดสี แสดงผลการทดลองดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ความเข้มของสีผ้าเมื่อย้อมด้วยสีรีแอคทีฟ Procion Turquoise H-A ดัดแปรด้วยสารละลายจากการลอกกาบเส้นไหมปริมาณต่างๆ ดัดแปรที่พีเอช 9 อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง

สีรีแอคทีฟ	ปริมาณเส้นไหม (กรัม) *	ความเข้มของสีผ้า		ความเข้มของสี ผ้าโดยเฉลี่ย
		ผืนที่ 1	ผืนที่ 2	
ไม่ได้ดัดแปร	-	20.66	20.56	20.61
ดัดแปรครั้งที่ 1	4	20.94	21.04	20.99
	8	21.64	21.33	21.49
	10	20.85	20.75	20.80
ดัดแปรครั้งที่ 2	4	20.75	20.66	20.71
	8	21.23	21.43	21.33
	10	21.23	20.75	21.00

\*หมายเหตุ : จากการทดลอง เมื่อนำสารละลายจากการลอกกาบเส้นไหมปริมาณมากกว่า 8 กรัม มาทำการดัดแปรสีรีแอคทีฟ พบว่าไม่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการย้อมมากขึ้นกว่าการใช้เส้นไหม 8 กรัม และกระบอกบรรจุเส้นไหมสำหรับการลอกกาบสามารถบรรจุปริมาณเส้นไหมได้มากที่สุด 10 กรัม



รูปที่ 4.8 แผนภูมิแท่งแสดงความเข้มของสีผ้า เมื่อย้อมด้วยสีรีแอคทีฟ Procion Turquoise H-A ดัดแปรด้วยสารละลายจากการลอกกาเส้นไหมปริมาณต่างๆ ดัดแปรที่พีเอช 9 อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง

จากผลของการวัดค่าความเข้มของสีผ้า พบว่าผ้าย้อมด้วยสี Procion Turquoise H-A ดัดแปรด้วยสารละลายจากการลอกกาเส้นไหม มีความเข้มของสีสูงกว่าผ้าย้อมด้วยสีไม่ได้ดัดแปร และมีความเข้มสูงที่สุดเมื่อดัดแปรด้วยสารละลายลอกกาเส้นไหม 8 กรัม อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง จึงสามารถสรุปได้ว่าปริมาณเส้นไหมที่เหมาะสมที่ใช้สำหรับการลอกกาเพื่อนำสารละลายลอกกามาดัดแปรสีรีแอคทีฟ คือ ปริมาณเส้นไหม 8 กรัม ต่อปริมาณสีที่จะดัดแปร 0.5 กรัม เมื่อทำการเพิ่มปริมาณเส้นไหมเป็น 10 กรัม จะพบว่าค่าความเข้มของสีผ้าไม่ได้เพิ่มมากขึ้นกว่าการใช้เส้นไหม 8 กรัม อาจมีผลจากกระบอกบรรจุเส้นไหมสำหรับลอกกาสามารถบรรจุเส้นไหมได้ในปริมาณมากที่สุด 10 กรัม และการใช้เส้นไหม 10 กรัม บรรจุในกระบอกเพื่อลอกกาจะมีช่องว่างให้สารละลายลอกกาทำปฏิกิริยากับเส้นไหมได้น้อย ทำให้ประสิทธิภาพการลอกกาไม่ดีพอ และได้สารละลายลอกกาที่มีกรดอะมิโนน้อยลง การดัดแปรสีจึงเกิดไม่มากนัก ในงานวิจัยนี้จึงใช้เส้นไหมปริมาณ 8 กรัม ซึ่งเป็นปริมาณที่เหมาะสม และให้ค่าความเข้มของสีผ้าเพิ่มขึ้นมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับค่าความเข้มของสีผ้าย้อมด้วยสีรีแอคทีฟไม่ได้ดัดแปร

#### 4.2.2 เวลาในการดัดแปรสีรีแอคทีฟ

นำสารละลายจากการลอกกาเส้นไหม 8 กรัม มาดัดแปรสีรีแอคทีฟโครงสร้างไตรอะซีน Procion Turquoise H-A โดยใช้อัตราส่วนสี 0.5 กรัม ต่อสารละลายลอกกาเส้นไหม 100 มิลลิลิตร

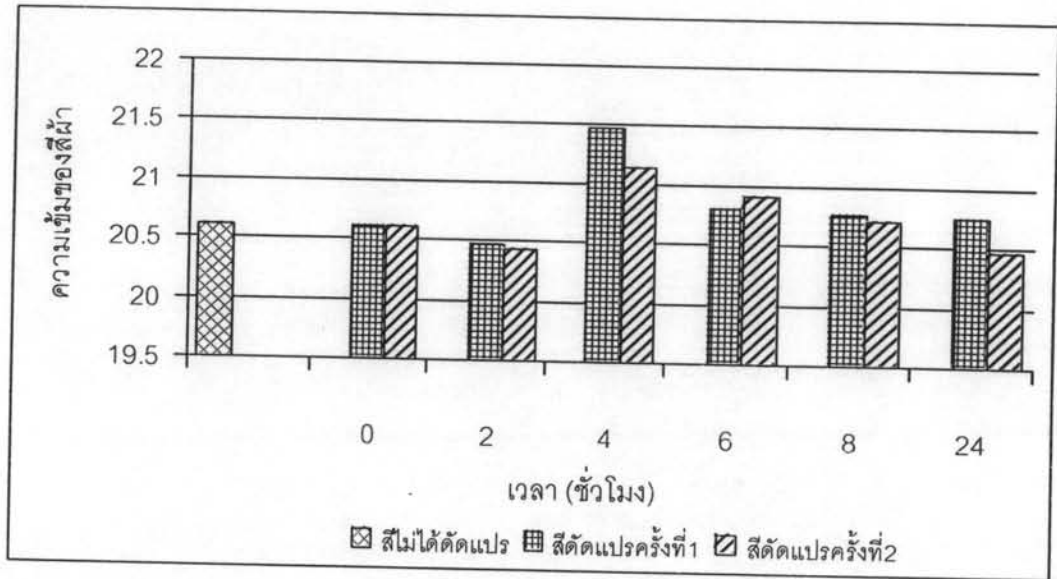
ดัดแปรที่พีเอช 9 อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลาต่างๆ กัน คือ 0, 2, 4, 6, 8 และ 24 ชั่วโมง จากนั้นนำสารละลายสีไปย้อมผ้าไหมตามภาวะการย้อมแสดงใน 4.3.3 และวัดหาค่าความเข้มของสีผ้า (K/S) ที่ความยาวคลื่น 670 นาโนเมตร ด้วยเครื่องวัดสี แสดงผลการทดลองดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ความเข้มของสีผ้าเมื่อย้อมด้วยสีรีแอคทีฟ Procion Turquoise H-A ดัดแปรด้วยสารละลายจากการลอกกาวยเส้นไหม 8 กรัม ดัดแปรที่พีเอช 9 อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ณ เวลาต่างๆ กัน

สีรีแอคทีฟ	เวลา (ชั่วโมง)	ความเข้มของสีผ้า		ความเข้มของสี ผ้าโดยเฉลี่ย
		ผืนที่ 1	ผืนที่ 2	
ไม่ได้ดัดแปร	-	20.66	20.56	20.61
ดัดแปรครั้งที่ 1	0 *	20.29	20.56	20.61
	2	20.47	20.47	20.47
	4	21.43	21.53	21.48
	6	20.75	20.85	20.80
	8	20.85	20.66	20.76
	24	20.75	20.75	20.75
	ดัดแปรครั้งที่ 2	0 *	20.56	20.66
2		20.38	20.47	20.43
4		21.14	21.14	21.14
6		20.94	20.85	20.90
8		20.66	20.75	20.71
24		20.56	20.38	20.47

\* หมายเหตุ : การดัดแปรสีที่เวลา 0 ชั่วโมง หมายถึง การผสมสารละลายจากการลอกกาวยเส้นไหมและสีตามปริมาณ พีเอช และอุณหภูมิ ที่เหมาะสม แล้วนำมาย้อมผ้าทันที โดยไม่ทิ้งเวลาให้สารละลายจากการลอกกาวยเส้นไหม และสีทำปฏิกิริยากันในการดัดแปรก่อนนำมาย้อมผ้า





รูปที่ 4.9 แผนภูมิแท่งแสดงความชุ่มชื้นของสีผ้าเมื่อย้อมด้วยสีรีแอคทีฟ Procion Turquoise H-A ดัดแปรด้วยสารละลายจากการลอกกาวยเส้นไหม 8 กรัม ดัดแปรที่พีเอช 9 อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ณ เวลาต่างๆ กัน

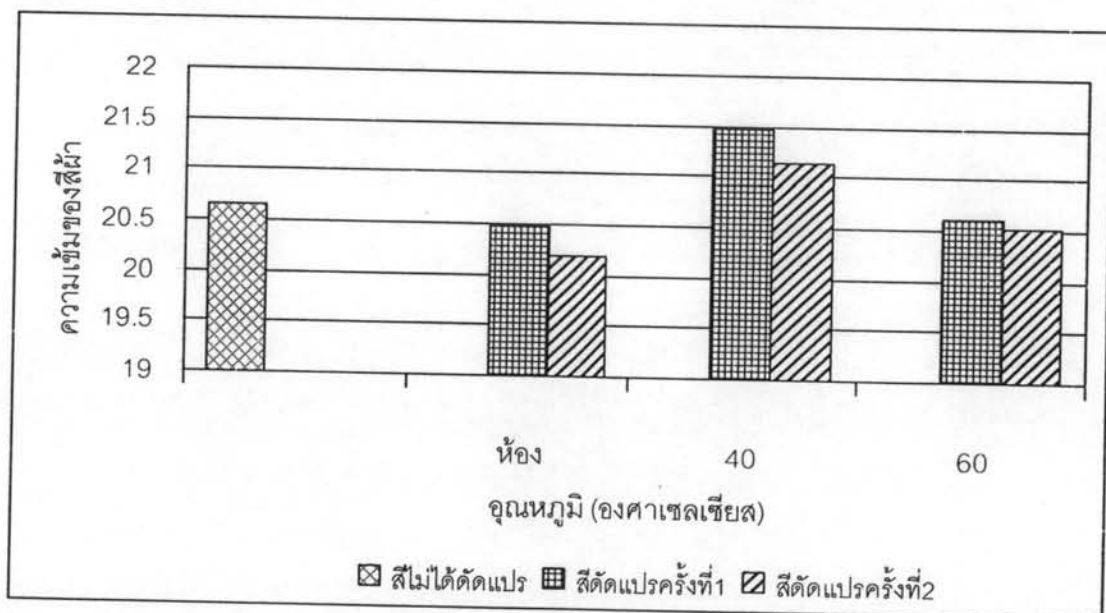
จากผลของการวัดค่าความชุ่มชื้นของสีผ้า พบว่าผ้าย้อมด้วยสี Procion Turquoise H-A ดัดแปรด้วยสารละลายจากการลอกกาวยเส้นไหมเป็นเวลา 4 ชั่วโมง มีความชุ่มชื้นของสีมากที่สุดเมื่อเทียบกับผ้าย้อมด้วยสีดัดแปรที่เวลาอื่นๆ และการย้อมด้วยสีรีแอคทีฟที่ดัดแปรจะทำให้ผ้ามีสีเข้มมากกว่าการย้อมด้วยสีไม่ได้ดัดแปร สรุปได้ว่าเวลาที่ใช้ในการดัดแปรสีรีแอคทีฟที่เหมาะสม คือ ที่เวลา 4 ชั่วโมง และสันนิษฐานได้ว่า ณ ภาวะการดัดแปรสีรีแอคทีฟเป็นเวลา 4 ชั่วโมง กรดอะมิโนต่างๆ ในสารละลายจากการลอกกาวยเส้นไหมและสีรีแอคทีฟสามารถทำปฏิกิริยากันได้ดีที่สุด แต่เมื่อดัดแปรสีนานกว่า 4 ชั่วโมง ค่าความชุ่มชื้นของสีผ้าโดยเฉลี่ยไม่ได้เพิ่มมากขึ้นกว่าการดัดแปรที่ 4 ชั่วโมง ทั้งนี้ อาจเนื่องจากสีที่เกิดการไฮโดรไลซิส และไม่สามารถถูกดัดแปร มีปริมาณมากขึ้นเมื่อเวลาการดัดแปรมากขึ้น ทำให้สีผนึกติดบนผ้าน้อยลงกว่าสีที่ดัดแปรที่ 4 ชั่วโมง

#### 4.2.3 อุณหภูมิในการดัดแปรสีรีแอคทีฟ

นำสารละลายจากการลอกกาวยเส้นไหม 8 กรัม มาดัดแปรสีรีแอคทีฟโครงสร้างไตรอะซีน Procion Turquoise H-A โดยใช้อัตราส่วนสี 0.5 กรัม ต่อสารละลายลอกกาวยเส้นไหม 100 มิลลิลิตร ดัดแปรที่พีเอช 9 เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิต่างๆ กัน คือ อุณหภูมิห้อง, 40 และ 60 องศาเซลเซียส จากนั้นนำสารละลายสีไปย้อมผ้าไหมตามภาวะการย้อมแสดงใน 4.3.3 และวัดหาค่าความชุ่มชื้นของสีผ้า (K/S) ที่ความยาวคลื่น 670 นาโนเมตร ด้วยเครื่องวัดสี แสดงผลการทดลองดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ความเข้มของสีผ้าเมื่อย้อมด้วยสีย้อม Procion Turquoise H-A ดัดแปรด้วยสารละลายจากการลอกกาวยเส้นไหม 8 กรัม ดัดแปรที่พีเอช 9 เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ณ อุณหภูมิต่างๆ

สีย้อม	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ความเข้มของสีผ้า		ความเข้มของสี ผ้าโดยเฉลี่ย
		ผืนที่ 1	ผืนที่ 2	
ไม่ได้ดัดแปร	-	20.56	20.75	20.66
ดัดแปรครั้งที่ 1	ห้อง	20.47	20.47	20.47
	40	21.43	21.53	21.48
	60	20.56	20.66	20.61
ดัดแปรครั้งที่ 2	28	20.29	20.11	20.20
	40	21.14	21.14	21.14
	60	20.47	20.56	20.52



รูปที่ 4.10 แผนภูมิแท่งแสดงความเข้มของสีผ้าเมื่อย้อมด้วยสีย้อม Procion Turquoise H-A ดัดแปรด้วยสารละลายจากการลอกกาวยเส้นไหม 8 กรัม ดัดแปรที่พีเอช 9 เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ณ อุณหภูมิต่างๆ

จากผลของการวัดค่าความเข้มของสีผ้า พบว่าผ้าย้อมด้วยสี Procion Turquoise H-A ดัดแปรด้วยสารละลายจากการลอกกาวยเส้นไหมที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส มีความเข้มของสีมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับผ้าย้อมด้วยสีดัดแปรที่อุณหภูมิอื่นๆ ที่มีความเข้มของสีต่ำกว่าผ้าย้อมด้วยสี

ไม่ได้ดัดแปร สรุปได้ว่าอุณหภูมิที่ใช้ในการดัดแปรสีรีแอคทีฟที่เหมาะสม คือ ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เนื่องจากถ้าดัดแปรสีที่อุณหภูมิสูงขึ้นในภาวะต่าง อาจมีผลทำให้สีเกิดการไฮโดรไลซ์ได้มากขึ้น จึงส่งผลให้ค่าความเข้มของสีผ้าลดลง

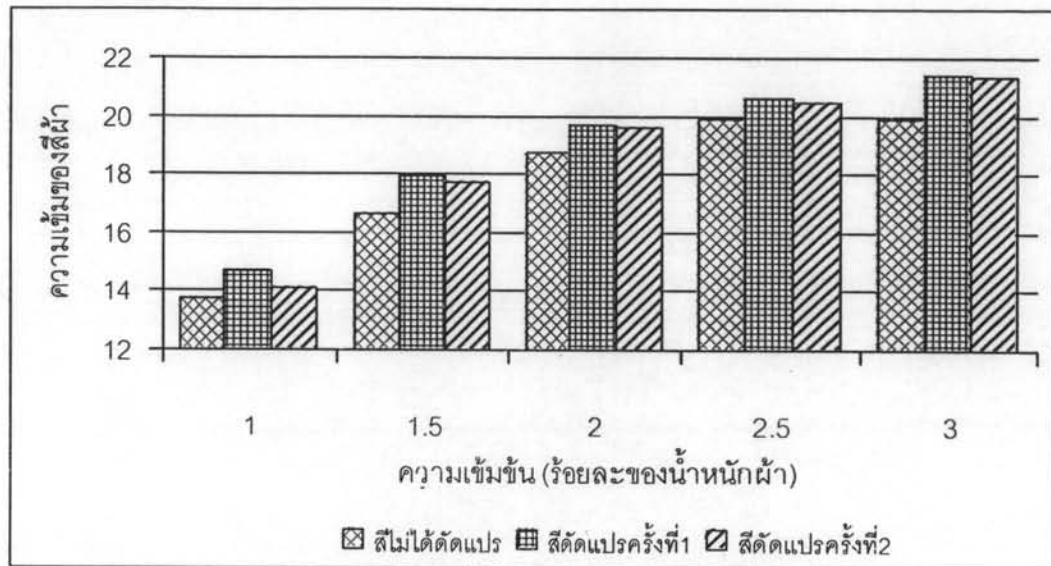
จากผลการทดลองดัง 4.2.1 ถึง 4.2.3 จะพบว่าภาวะที่เหมาะสมในการดัดแปรสีรีแอคทีฟด้วยสารละลายจากการลอกกาเวนใหม่ 8 กรัม มีดังนี้ ใช้อัตราส่วนของสารละลายจากการลอกกาเวนต่อสี เท่ากับ 100 มิลลิลิตร ต่อ 0.5 กรัม ดัดแปรที่พีเอช 9 อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง

#### 4.2.4 ความเข้มข้นของสีรีแอคทีฟดัดแปรในการย้อม

หลังจากดัดแปรสีรีแอคทีฟ Procion Turquoise H-A ด้วยสารละลายจากการลอกกาเวนใหม่ 8 กรัม ณ ภาวะที่เหมาะสม แล้วนำผ้าไหมมาย้อมที่ความเข้มข้นต่างๆ คือ ร้อยละ 1, 1.5, 2, 2.5 และ 3 ของน้ำหนักผ้า ตามภาวะการย้อมที่เหมาะสม แสดงไว้ใน 4.3.3 และวัดค่าความเข้มของสีผ้า (K/S) ที่ความยาวคลื่น 670 นาโนเมตร ด้วยเครื่องวัดสี แสดงผลดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 ความเข้มของสีผ้าเมื่อย้อมด้วยสีรีแอคทีฟ Procion Turquoise H-A ดัดแปรด้วยสารละลายจากการลอกกาเส้นไหม 8 กรัม ณ ภาวะที่เหมาะสม และย้อมที่ความเข้มข้นร้อยละ 1-3 ของน้ำหนักผ้า ณ ภาวะการย้อมที่เหมาะสม

สีรีแอคทีฟ	ความเข้มข้นของสี (ร้อยละน้ำหนักผ้า)	ความเข้มของสีผ้า		ความเข้มของสี ผ้าโดยเฉลี่ย
		ผืนที่ 1	ผืนที่ 2	
ไม่ได้ดัดแปร	1	13.68	13.85	13.77
	1.5	16.62	16.62	16.62
	2	18.70	18.78	18.74
	2.5	19.85	19.93	19.89
	3	19.93	19.93	19.93
ดัดแปรครั้งที่ 1	1	14.40	14.89	14.65
	1.5	17.88	18.02	17.95
	2	19.67	19.67	19.67
	2.5	20.38	20.85	20.62
	3	21.64	21.23	21.44
ดัดแปรครั้งที่ 2	1	14.08	14.17	14.13
	1.5	17.81	17.67	17.74
	2	19.76	19.50	19.63
	2.5	20.47	20.38	20.46
	3	21.23	21.43	21.33



รูปที่ 4.11 แผนภูมิแท่งแสดงความชื้นของสีผ้าเมื่อย้อมด้วยสีรีแอคทีฟ Procion Turquoise H-A ดัดแปรด้วยสารละลายจากการลอกกาวยเส้นไหม 8 กรัม ณ ภาวะที่เหมาะสม และย้อมที่ความเข้มข้นร้อยละ 1-3 ของน้ำหนักผ้า ณ ภาวะการย้อมที่เหมาะสม

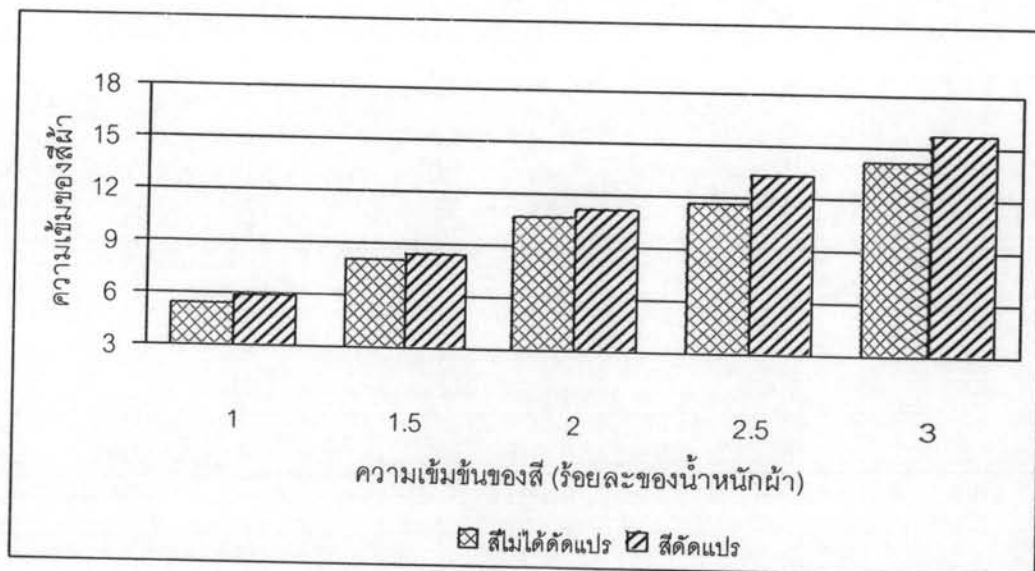
จากผลของการวัดค่าความชื้นของสีผ้า พบว่า การย้อมผ้าที่ทุกความเข้มข้นสี คือ ร้อยละ 1, 1.5, 2, 2.5 และ 3 ของน้ำหนักผ้า ผ้าย้อมด้วยสีรีแอคทีฟดัดแปรมีความชื้นสีสูงกว่าผ้าย้อมด้วยสีไม่ได้ดัดแปร เมื่อย้อมที่ความเข้มข้นสีมากขึ้นผ้าจะติดสีเข้มข้น และผ้าย้อมด้วยสีดัดแปร ร้อยละ 3 ของน้ำหนักผ้า มีสีเข้มข้นแตกต่างกับผ้าย้อมด้วยสีไม่ได้ดัดแปรมากที่สุด เมื่อเทียบกับผ้าย้อมด้วยสีที่ความเข้มข้นสีอื่นๆ เนื่องจากอาจมีปริมาณสีที่ถูกดัดแปรมากมีผลทำให้โอกาสที่สีจะเข้ายึดติดกับผ้ามีมากกว่าความเข้มข้นสีอื่นๆ

#### 4.2.5 ผลการดัดแปรสีรีแอคทีฟโครงสร้างไตรอะซีนอื่นๆ ด้วยสารละลายจากการลอกกาวยเส้นไหม

นอกจากการดัดแปรสีรีแอคทีฟ Procion Turquoise H-A ด้วยสารละลายจากการลอกกาวยเส้นไหม 8 กรัม แล้วยังได้ทดลองดัดแปรสีรีแอคทีฟอีก 2 สี คือ Procion Red H-E7B และ Procion Blue H-EGN ที่ภาวะการดัดแปรที่เหมาะสม และทดลองย้อมที่ความเข้มข้นสีต่างๆ ตามภาวะการย้อมที่เหมาะสมตามที่แสดงใน 4.3.3 จากนั้นวัดค่าความชื้นของสีผ้า (K/S) ที่ความยาวคลื่น 550 นาโนเมตร สำหรับสี Procion Red H-E7B และ 630 นาโนเมตร สำหรับสี Procion Blue H-EGN แสดงผลดังตารางที่ 4.12 และ 4.13 และรูปที่ 4.12 และ 4.13

ตารางที่ 4.12 ความเข้มของสีผ้าเมื่อย้อมด้วยสีย้อม Procion Red H-E7B ดัดแปรด้วยสารละลายจากการลอกกาวย้อม ณ ภาวะที่เหมาะสม และย้อมที่ความเข้มข้นสีร้อยละ 1-3 ของน้ำหนักผ้า ณ ภาวะการย้อมที่เหมาะสม

สีย้อม	ความเข้มข้นของสี (ร้อยละน้ำหนักผ้า)	ความเข้มของสีผ้า		ความเข้มของสี ผ้าโดยเฉลี่ย
		ผืนที่ 1	ผืนที่ 2	
ไม่ได้ดัดแปร	1	5.45	5.31	5.38
	1.5	7.91	8.17	8.04
	2	10.65	10.68	10.67
	2.5	11.94	11.46	11.70
	3	14.17	14.12	14.15
ดัดแปร	1	5.78	5.85	5.88
	1.5	8.44	8.51	8.39
	2	10.93	10.90	11.21
	2.5	12.11	12.39	13.37
	3	14.21	14.26	15.77

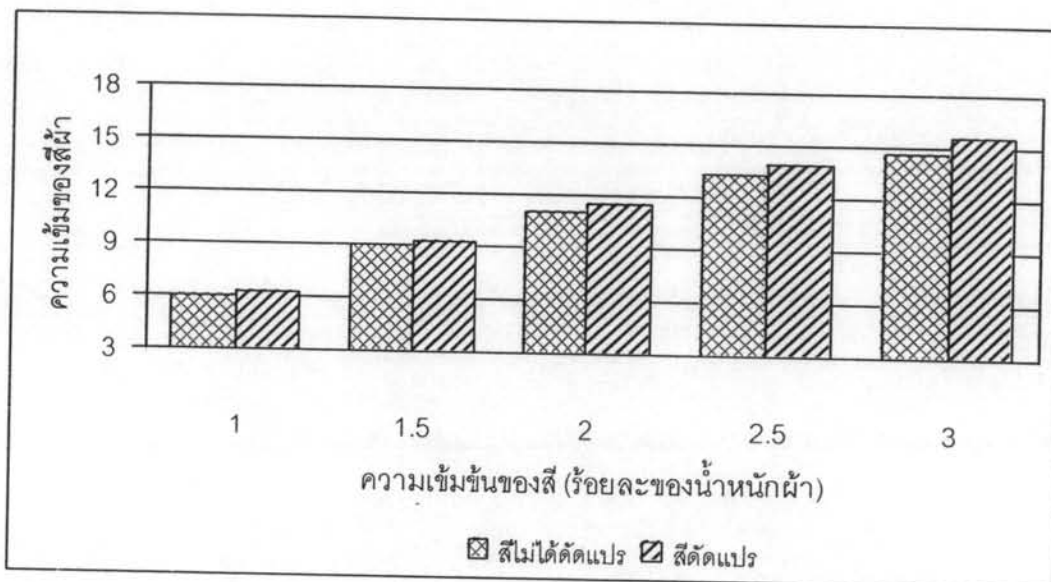


รูปที่ 4.12 แผนภูมิแท่งแสดงความเข้มของสีผ้าเมื่อย้อมด้วยสีย้อม Procion Red H-E7B ดัดแปรด้วยสารละลายจากการลอกกาวย้อม ณ ภาวะที่เหมาะสม และย้อมที่ความเข้มข้นสีร้อยละ 1-3 ของน้ำหนักผ้า ณ ภาวะการย้อมที่เหมาะสม

จากผลของการวัดค่าความเข้มของสีผ้า พบว่า ผ้าย้อมด้วยสี Procion Red H-E7B ดัดแปรด้วยสารละลายจากการลอกขาวมีค่าความเข้มสีสูงกว่าผ้าย้อมด้วยสีที่ไม่ได้ดัดแปร โดยเมื่อเพิ่มความเข้มข้นสีมากขึ้นจะสามารถย้อมผ้าได้สีเข้มขึ้น และเมื่อย้อมผ้าด้วยสีดัดแปรที่ความเข้มข้นสีร้อยละ 2.5 ของน้ำหนักผ้า จะได้ผ้าสีเข้มมากขึ้นแตกต่างจากเมื่อย้อมด้วยสีไม่ได้ดัดแปรมากที่สุด ดังนั้นการย้อมสี Procion Red H-E7B ดัดแปรด้วยสารละลายจากการลอกขาวเส้นไหม 8 กรัม ควรทำการย้อมที่ความเข้มข้นสีร้อยละ 2.5 ของน้ำหนักผ้า

ตารางที่ 4.13 ความเข้มของสีผ้าเมื่อย้อมด้วยสีรีแอคทีฟ Procion Blue H-EGN ดัดแปรด้วยสารละลายจากการลอกขาวไหม ณ ภาวะที่เหมาะสม และย้อมที่ความเข้มข้นสีร้อยละ 1-3 ของน้ำหนักผ้า ณ ภาวะการย้อมที่เหมาะสม

สีรีแอคทีฟ	ความเข้มข้นของสี (ร้อยละน้ำหนักผ้า)	ความเข้มของสีผ้า		ความเข้มของสี ผ้าโดยเฉลี่ย
		ผืนที่ 1	ผืนที่ 2	
ไม่ได้ดัดแปร	1	6.05	5.91	5.98
	1.5	9.01	8.91	8.96
	2	10.95	11.04	11.00
	2.5	13.14	13.59	13.37
	3	14.40	14.99	14.70
ดัดแปร	1	6.23	6.27	6.25
	1.5	9.33	9.21	9.27
	2	11.46	11.67	11.57
	2.5	14.03	13.81	13.92
	3	15.63	15.52	15.58



รูปที่ 4.13 แผนภูมิแท่งแสดงความเข้มของสีผ้าเมื่อย้อมด้วยสีรีแอคทีฟ Procion Blue H-EGN ตัดแปรด้วยสารละลายจากการลอกกาวยไหม ณ ภาวะที่เหมาะสม และย้อมที่ความเข้มข้นสีร้อยละ 1-3 ของน้ำหมักผ้า ณ ภาวะการย้อมที่เหมาะสม

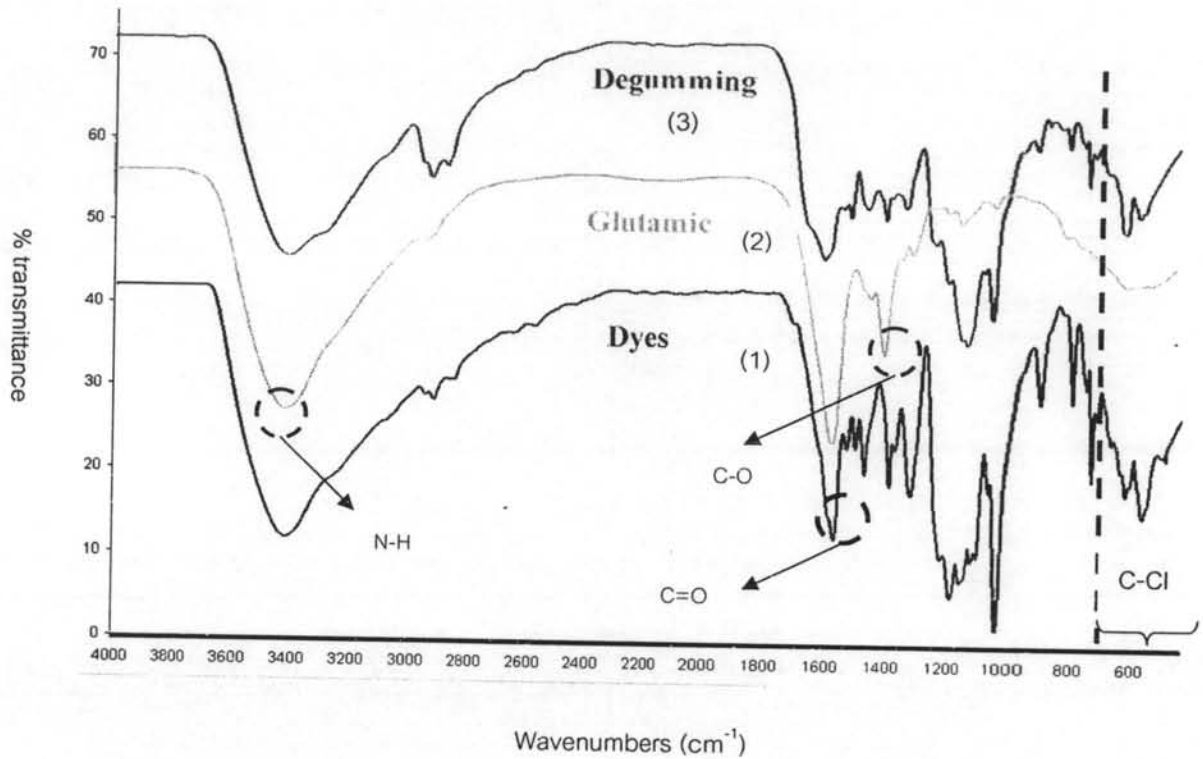
จากผลของการวัดค่าความเข้มของสีผ้า พบว่า ผ้าย้อมด้วยสี Procion Blue H-EGN ตัดแปรด้วยสารละลายจากการลอกกาวยไหมมีค่าความเข้มสีสูงกว่าผ้าย้อมด้วยสีที่ไม่ได้ตัดแปร โดยเมื่อเพิ่มความเข้มข้นสีมากขึ้นจะสามารถย้อมผ้าได้สีเข้มขึ้น และเมื่อย้อมผ้าด้วยสีตัดแปรที่ความเข้มข้นสีร้อยละ 3 ของน้ำหมักผ้า จะได้ผ้าสีเข้มมากขึ้นแตกต่างจากเมื่อย้อมด้วยสีไม่ได้ตัดแปรมากที่สุด ดังนั้นการย้อมสี Procion Blue H-EGN ตัดแปรด้วยสารละลายจากการลอกกาวยไหม 8 กรัม น่าจะย้อมที่ความเข้มข้นสีร้อยละ 3 ของน้ำหมักผ้า

#### 4.3 ผลการวิเคราะห์สี สารละลายจากการลอกกาวยไหม และผ้า

##### 4.3.1 ผลการวิเคราะห์สีรีแอคทีฟตัดแปรด้วยเครื่องฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปคโตรโฟโตมิเตอร์

เมื่อนำสีรีแอคทีฟ Procion Turquoise H-A ที่ตัดแปรด้วยกรดกลูตามิก และตัดแปรด้วยสารละลายจากการลอกกาวยไหมไปวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีเปรียบเทียบกับสีที่ไม่ได้ตัดแปรด้วยเครื่องฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ (FTIR) ได้ผลดังแสดงในรูปที่ 4.14





รูปที่ 4.14 FTIR สเปกตรัมของสีรีแอคทีฟ Procion Turquoise H-A เปรียบเทียบระหว่าง (1) สีไม่ได้ดัดแปร (2) สีดัดแปรด้วยกรดกลูตามิก (3) สีดัดแปรด้วยสารละลายจากการลอกกาวยไหม

จากการวิเคราะห์และเปรียบเทียบสเปกตรัมของสีก่อนการดัดแปร หลังการดัดแปรด้วยกรดกลูตามิก และดัดแปรด้วยสารละลายจากการลอกกาวยไหม (สเปกตรัมที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ) จะแสดงความแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด ดังนี้ ณ บริเวณตำแหน่งที่  $510-760\text{ cm}^{-1}$  ซึ่งแสดงคุณลักษณะของพันธะ CCl พบว่าสีรีแอคทีฟที่ไม่ได้ดัดแปรจะมีพีคบริเวณนี้อย่างเด่นชัด และเมื่อดัดแปรสีรีแอคทีฟด้วยกรดกลูตามิก พีคบริเวณนี้หายไปเกือบหมด จึงสามารถสันนิษฐานได้ว่าเมื่อดัดแปรสีด้วยกรดกลูตามิกจะมีผลทำให้ปริมาณหมู่คลอไรด์ในโครงสร้างสีลดลง หรือหมู่คลอไรด์หลุดออกจากตัวสีนั่นเอง สีรีแอคทีฟดัดแปรด้วยสารละลายจากการลอกกาวยไหมจะปรากฏพีคในตำแหน่งที่  $619.35\text{ cm}^{-1}$  ซึ่งมีความเข้มของพีคมากกว่าสีรีแอคทีฟดัดแปรด้วยกรดกลูตามิก แต่ความเข้มขั้นน้อยกว่าสีไม่ได้ดัดแปร จึงสามารถสันนิษฐานได้ว่าการดัดแปรสีรีแอคทีฟด้วยสารละลายจากการลอกกาวยไหมมีผลทำให้หมู่คลอไรด์หลุดออกจากสีได้เช่นกัน

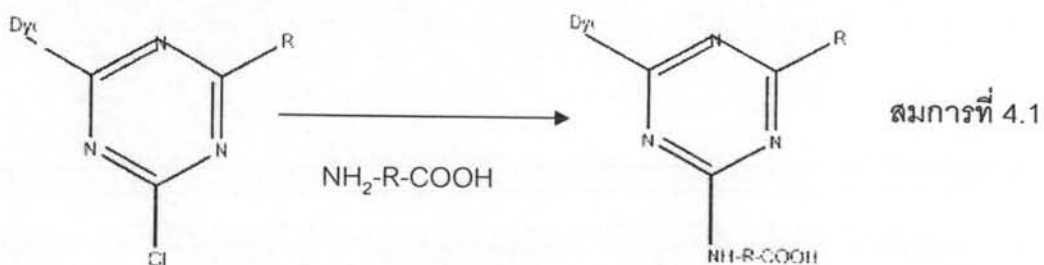
ณ บริเวณตำแหน่งที่  $2400-3300\text{ cm}^{-1}$  (OH),  $1600-1950\text{ cm}^{-1}$  (C-O) และ  $1400-1440\text{ cm}^{-1}$  (C=O) ซึ่งทั้ง 3 ช่วงนี้สามารถบ่งบอกการเกิดหมู่คาร์บอกซิล (COOH) ได้ พบว่าการดัดแปรสีรีแอคทีฟด้วยกรดกลูตามิก จะเกิดพีคขึ้นในตำแหน่งที่  $1405.34\text{ cm}^{-1}$  และมีความเข้มของพีคสูงในทางตรงกันข้ามสีไม่ได้ดัดแปรไม่ปรากฏพีคที่บ่งบอกถึงการเกิดหมู่ COOH เลยจึงสามารถสันนิษฐานได้ว่าเมื่อดัดแปรสีรีแอคทีฟด้วยกรดกลูตามิก จะมีผลทำให้เกิดหมู่ COOH ขึ้นบนสี

ดัดแปร สิริแอคทีฟดัดแปรด้วยสารละลายลอกกาวใหม่ก็ปรากฏพีคที่ตำแหน่งเดียวกับสีดัดแปรด้วยกรดกลูตามิคแต่มีความเข้มต่ำกว่า ซึ่งทำให้สรุปได้ว่าสีดัดแปรด้วยทั้ง 2 วิธี มีโครงสร้างที่คล้ายกัน คือมีหมู่ COOH เกิดขึ้นในตัวสี

และ ณ บริเวณตำแหน่งที่  $3400-3530\text{ cm}^{-1}$  แสดงคุณลักษณะของหมู่ N-H ซึ่งพบว่าทั้งสีไม่ได้ดัดแปรและสีดัดแปรด้วยทั้ง 2 วิธี ต่างมีพีคที่กว้างในบริเวณนี้ อาจเนื่องจากเป็นบริเวณที่ซ้อนทับหมู่ไฮดรอกซิล (OH) สีอาจมีความชื้นอยู่บ้างจนแสดงตำแหน่งพีคของหมู่ OH ด้วย ฉะนั้นจึงไม่สามารถยืนยันการเกิดหมู่ NH ขึ้นในสีดัดแปร จากการแทนที่หมู่คลอไรด์ของสีด้วยหมู่อะมิโนของกรดอะมิโน

สีที่ใช้ในงานวิจัยนี้ คือ สิริแอคทีฟ Procion Turquoise H-A ซึ่งมี reactive group เป็นโมโนคลอโรไตรอะซีน ภายในโครงสร้างจะประกอบไปด้วยหมู่คลอไรด์ที่เป็น leaving group ที่สามารถหลุดออกไปได้ง่ายในภาวะต่าง เมื่อทำการดัดแปรสีด้วยกรดอะมิโนในภาวะที่เหมาะสม หมู่อะมิโนจะสามารถเข้าไปแทนที่หมู่คลอไรด์ได้ เนื่องจากหมู่อะมิโนเป็น Neucleophile ที่มีความว่องไวต่อปฏิกิริยา

โดยกลไกการเกิดปฏิกิริยาสามารถสรุปได้ดังนี้ ในภาวะเป็นกลางกรดกลูตามิคจะมีประจุรวมเป็นลบ เนื่องจากมีหมู่คาร์บอกซิล 2 หมู่ ต่อหมู่อะมิโน 1 หมู่ ในกรด 1 โมเลกุล เมื่อระบบถูกปรับให้มีพีเอช 9 หมู่อะมิโนของกรดกลูตามิคจะสามารถทำปฏิกิริยากับสีได้มากขึ้น โดยเข้าไปแทนที่หมู่คลอไรด์ของสี (ดังสมการ 4.1) ทำให้สีถูกดัดแปรให้มีหมู่คาร์บอกซิลเพิ่มขึ้น 2 หมู่ต่อสี 1 โมเลกุล และเมื่อนำสีดัดแปรนี้ไปย้อมผ้าไหมที่ภาวะกรด ไหมจะมีประจุบวกในขณะที่สีดัดแปรมีประจุลบเพิ่มขึ้นจากการมีหมู่คาร์บอกซิล จึงยึดติดกันดีด้วยพันธะไอออน การดัดแปรสีวิธีนี้ทำให้สีมีประจุลบมากขึ้น มีโอกาสทำปฏิกิริยากับเส้นไหมได้มากขึ้นส่งผลให้สามารถย้อมสีได้เข้มข้นกว่าการย้อมด้วยสีไม่ได้ดัดแปร ฉะนั้นเมื่อนำสีดัดแปรมาวิเคราะห์โครงสร้างจะเห็นการเกิดขึ้นของหมู่คาร์บอกซิล และการหายไปหรือลดลงของหมู่คาร์บอน-คลอไรด์ ดังแสดงใน FTIR สเปกตรัม ของรูปที่ 4.14 ส่วนการดัดแปรสีด้วยสารละลายจากการลอกกาวใหม่ก็เกิดกลไกคล้ายกัน เพียงแต่เป็นกลไกการเกิดปฏิกิริยาระหว่างสีกับกรดอะมิโนหลายๆ ชนิดในสารละลายลอกกาวใหม่



#### 4.3.2 ผลการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณของกรดอะมิโนในสารละลายลอกกาวไหมด้วยเทคนิค HPLC (High Performance Liquid Chromatography)

นำสารละลายที่ได้จากการลอกกาวเส้นไหมมาวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC เพื่อหาชนิดและปริมาณของกรดอะมิโนที่เกิดขึ้นจากการลอกกาวเส้นไหม ได้ผลดังนี้

ตารางที่ 4.14 ชนิดและปริมาณของกรดอะมิโนในสารละลายลอกกาวเส้นไหม

ชนิดของกรดอะมิโน	ปริมาณกรดอะมิโนในสารละลายลอกกาวไหม (มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร·4 กรัมเส้นไหม)
Serine	0.85
Lysine	0.40
Arginine	0.36
Alanine	0.25
Theronine	0.24
Glutamic	0.21
Tyrosine	0.21
Glycine	0.18
Aspartic	0.17
Valine	0.17
Leucine	0.15
Histidine	0.12
Isoleucine	0.11
Phenylanine	0.06
Proline	0.04

หมายเหตุ : ไม่ได้ทำการวิเคราะห์หาปริมาณกรดอะมิโนชนิด Metionine, Tryptophane และ Cystine เนื่องจากพบในปริมาณน้อยมาก จากเอกสารทางวิทยาศาสตร์หลายฉบับ [1,22,23]

จากผลการวิเคราะห์กรดอะมิโนทั้ง 15 ชนิดตามชนิดของกรดอะมิโนมาตรฐานที่มีสำหรับการวิเคราะห์นี้ พบว่าสารละลายจากการลอกกาวไหมนี้ประกอบด้วยปริมาณของกรดอะมิโนชนิด เซรีน (serine) มากที่สุด รองลงมา คือ ไลซีน (Lysine) และ อาร์จินีน (Arginine) ตามลำดับ ส่วนกรดอะมิโนที่ใช้ในงานวิจัยนี้มีมากเป็นลำดับ 6 ซึ่งมีปริมาณเท่ากับไทโรซีน (Tyrosine)

ข้อมูลในเอกสารทางวิทยาศาสตร์หลายฉบับ [1,22,23] แสดงปริมาณของกรดอะมิโนที่ได้จากการลอกกาวย้อมมีปริมาณแตกต่างกัน คือ เซรีน (serine) มีปริมาณมากที่สุด รองลงมาเป็น แอสพาติก (aspartic) และ ไกลซีน (glycine) ตามลำดับ ซึ่งเป็นปริมาณที่แตกต่างจากที่พบในสารละลายลอกกาวย้อมในงานวิจัยนี้ โดยสาเหตุที่แตกต่างกันอาจเนื่องมาจากชนิดของสายพันธุ์ไหมที่แตกต่างกัน หรือวิธีในการลอกกาวย้อมที่แตกต่างกัน

#### 4.3.3 ภาวะที่เหมาะสมสำหรับการย้อมผ้าด้วยสีรีแอคทีฟดัดแปร

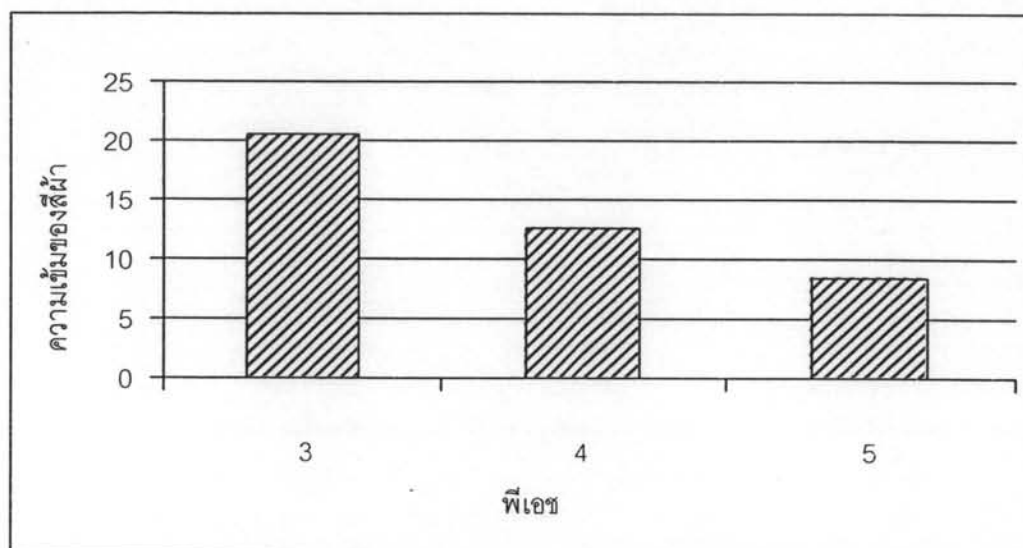
เมื่อนำสีรีแอคทีฟโครงสร้างไตรอะซีน Procion Turquoise H-A ที่ผ่านการดัดแปรด้วยกรดกลูตามิคมาย้อมผ้าไหม จำเป็นต้องศึกษาหาภาวะการย้อมที่เหมาะสมใหม่ เช่น พีเอช อุณหภูมิ และเวลา ในการย้อม ผลของการศึกษาแสดงดังต่อไปนี้

##### 4.3.3.1 พีเอชในการย้อม

สีรีแอคทีฟที่ผ่านการดัดแปรด้วยกรดกลูตามิคถูกนำมาย้อมผ้าไหมเพื่อวิเคราะห์หาความสามารถในการย้อมติดสี โดยทำการย้อมที่ความเข้มข้นสีร้อยละ 3 ของน้ำหนักผ้า ตามขั้นตอนการย้อมแสดงใน 3.5.3 ซึ่งจะศึกษาพีเอชของการย้อมที่ 3, 4 และ 5 อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 นาที และนำผ้าย้อมไปวัดความเข้มของสีผ้าที่ 670 นาโนเมตร ด้วยเครื่องวัดสี แสดงผลดังตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15 ความเข้มของสีผ้าเมื่อย้อมด้วยสี Procion Turquoise H-A ดัดแปรด้วยกรดกลูตามิค โดยย้อมที่พีเอชการย้อมต่างๆ ณ อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 นาที

พีเอช (pH)	ความเข้มของสีผ้า		ความเข้มของสีผ้า โดยเฉลี่ย
	ผืนที่ 1	ผืนที่ 2	
3	20.38	20.66	20.52
4	12.64	12.61	12.63
5	8.39	8.44	8.42



รูปที่ 4.15 แผนภูมิแท่งแสดงความเข้มของสีผ้าเมื่อย้อมด้วยสี Procion Turquoise H-A ดัดแปรด้วยกรดกลูตามิค โดยย้อมที่พีเอชการย้อมต่างๆ ณ อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 นาที

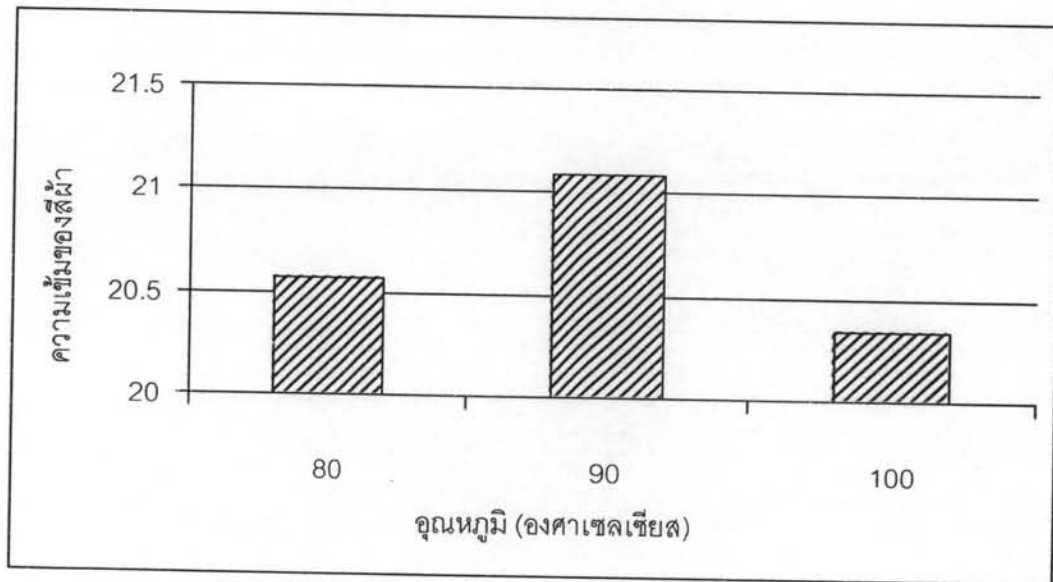
จากผลของการวัดค่าความเข้มของสีผ้า พบว่าเมื่อทำการย้อมผ้าที่พีเอช 3 ด้วยสี Procion Turquoise H-A ดัดแปร ผ้าย้อมมีค่าความเข้มของสีมากที่สุด คือ 20.52 ซึ่งเป็นค่าสูงมากเมื่อเปรียบเทียบกับ การย้อมด้วยพีเอช 4 และ 5 ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า พีเอชที่เหมาะสมในการย้อมผ้าใหม่ด้วยสีรีแอคทีฟดัดแปร คือที่พีเอช 3 เนื่องจากโดยทั่วไปสีรีแอคทีฟเหมาะสำหรับย้อมผ้าฝ้ายในภาวะต่าง แต่ในงานวิจัยนี้ได้ทำการดัดแปรสีรีแอคทีฟเพื่อย้อมผ้าใหม่ในภาวะกรด เนื่องจากผ้าใหม่มีความคงทนต่อกรด แต่ไม่ทนด่าง ถ้านำผ้าใหม่มาย้อมในภาวะต่างมีผลทำให้ผ้าใหม่มีความแข็งแรงลดลง อาจเปื่อยได้

#### 4.3.3.2 อุณหภูมิในการย้อม

สีรีแอคทีฟที่ผ่านการดัดแปรด้วยกรดกลูตามิคถูกนำมาย้อมผ้าใหม่เพื่อวิเคราะห์หาความสามารถในการย้อมติดสี โดยทำการย้อมที่ความเข้มข้นสีร้อยละ 3 ของน้ำหนักผ้า ตามขั้นตอนการย้อมแสดงใน 3.5.3 ที่พีเอช 3 ณ อุณหภูมิในการย้อมต่างๆ กัน เป็นเวลา 45 นาที และนำผ้าย้อมไปวัดความเข้มของสีผ้าที่ 670 นาโนเมตร ด้วยเครื่องวัดสี แสดงผลดังตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.16 ความเข้มของสีผ้าเมื่อย้อมด้วยสี Procion Turquoise H-A ดัดแปรด้วยกรดกลูตามิก โดยย้อมที่พีเอช 3 ณ อุณหภูมิต่างๆ กัน เป็นเวลา 45 นาที

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ความเข้มของสีผ้า		ความเข้มของสีผ้า โดยเฉลี่ย
	ผืนที่ 1	ผืนที่ 2	
80	20.66	20.47	20.57
90	21.14	21.04	21.09
100	20.29	20.38	20.34



รูปที่ 4.16 แผนภูมิแท่งแสดงความเข้มของสีผ้าเมื่อย้อมด้วยสี Procion Turquoise H-A ดัดแปรด้วยกรดกลูตามิก โดยย้อมที่พีเอช 3 ณ อุณหภูมิต่างๆ กัน เป็นเวลา 45 นาที

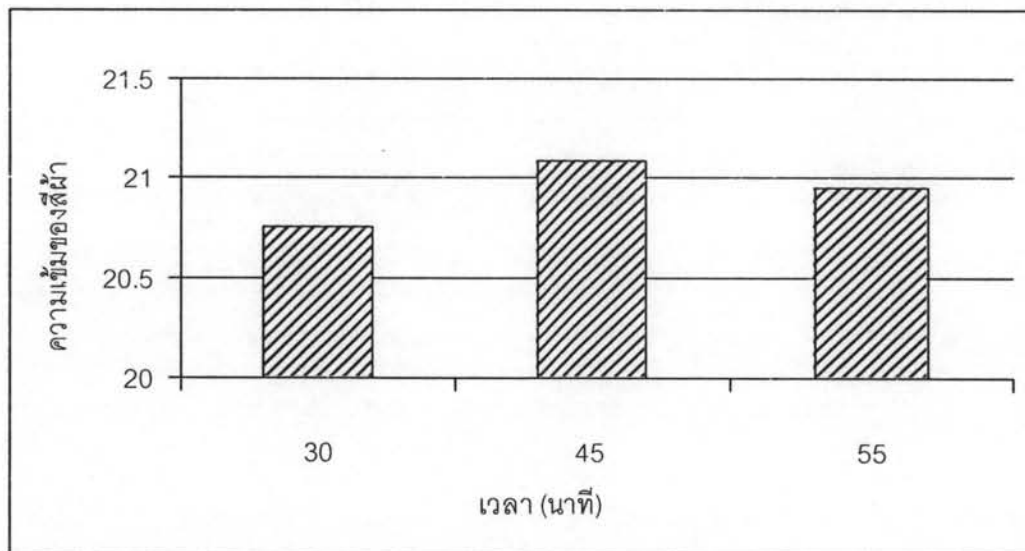
จากผลของการวัดค่าความเข้มของสีผ้า พบว่าเมื่อทำการย้อมผ้าที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ด้วยสี Procion Turquoise H-A ดัดแปร ผ้าย้อมมีค่าความเข้มของสีมากที่สุด คือ 21.09 ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมในการย้อมผ้าไหมด้วยสีรีแอคทีฟดัดแปร คือ ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ซึ่งเดิมทีเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมในการย้อมสีรีแอคทีฟ Procion Turquoise H-A ไม่ได้ดัดแปร และจากผลการย้อมผ้าไหมด้วยสีรีแอคทีฟดัดแปรที่อุณหภูมิน้อยกว่า 90 องศาเซลเซียส มีผลให้ค่าความเข้มของสีผ้าลดลง อาจมีผลมาจากโครงสร้างของสี Procion Turquoise H-A มีขนาดโมเลกุลค่อนข้างใหญ่เมื่อย้อมที่อุณหภูมิต่ำลงทำให้โมเลกุลของสีเคลื่อนตัวได้ไม่ดีการแพร่ของสีสู่เส้นใยเกิดน้อย ส่งผลให้การดูดซับสีบนผ้าไหมเกิดได้น้อยกว่าการย้อมที่อุณหภูมิต่ำขึ้น

#### 4.3.3.3 เวลาในการย้อม

สีรีแอคทีฟที่ผ่านการดัดแปรด้วยกรดกลูตามิกถูกนำมาย้อมผ้าไหมเพื่อวิเคราะห์หาความสามารถในการย้อมติดสี โดยทำการย้อมที่ความเข้มข้นสีร้อยละ 3 ของน้ำหนักผ้า ตามขั้นตอนการย้อมแสดงใน 3.5.3 ที่พีเอช 3 อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลาต่างๆ กันและนำผ้าย้อมไปวัดความเข้มของสีผ้าที่ 670 นาโนเมตร ด้วยเครื่องวัดสี แสดงผลดังตารางที่ 4.17

ตารางที่ 4.17 ความเข้มของสีผ้าเมื่อย้อมด้วยสี Procion Turquoise H-A ดัดแปรด้วยกรดกลูตามิก โดยย้อมที่พีเอช 3 อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลาต่างๆ กัน

เวลา (นาที)	ความเข้มของสีผ้า		ความเข้มของสีผ้า โดยเฉลี่ย
	ผืนที่ 1	ผืนที่ 2	
30	20.66	20.85	20.76
45	21.14	21.04	21.09
55	21.04	20.85	20.95



รูปที่ 4.17 แผนภูมิแท่งแสดงความเข้มของสีผ้าเมื่อย้อมด้วยสี Procion Turquoise H-A ดัดแปรด้วยกรดกลูตามิก โดยย้อมที่พีเอช 3 ณ อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลาต่างๆ กัน

จากผลการวัดค่าความเข้มของสีผ้า พบว่าเมื่อทำการย้อมผ้าเป็นเวลา 45 นาที ด้วยสี Procion Turquoise H-A ดัดแปร ผ้าย้อมมีความเข้มของสีมากที่สุด คือ 21.09 ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าเวลาที่เหมาะสมในการย้อมผ้าไหมด้วยสีรีแอคทีฟดัดแปร คือที่เวลา 45 นาที เมื่อเพิ่มเวลาใน

การย้อมมากกว่า 45 นาที ความเข้มของสีผ้าที่ได้ลดลงเพียงเล็กน้อย จึงเลือกเวลาย้อมที่ 45 นาที แสดงว่าความสามารถในการดูดซึมสีเข้าสู่เส้นใยเกิดมากที่สุดแล้วในเวลา 45 นาที การเพิ่มเวลาย้อมมากขึ้นก็ไม่มีผลทำให้ความเข้มของสีผ้ามากขึ้นกว่าเดิม

#### 4.3.4 ผลการวิเคราะห์หาร้อยละการผืนกสีบนผ้า

จากการวัดค่าความเข้มของสีผ้าที่ย้อมก่อนและหลังการซักล้างโดยย้อมที่ร้อยละ 3 ของน้ำหนักผ้า เพื่อคำนวณค่าร้อยละของการผืนกสีบนผ้าที่ย้อมด้วยสี Procion Turquoise H-A ที่ไม่ได้ดัดแปร และที่ดัดแปรด้วยกรดกลูตามิคและด้วยสารละลายจากการลอกกาวยใหม่ ร้อยละของการผืนกสีบนผ้าแสดงดังตารางที่ 4.18.

ตารางที่ 4.18 ร้อยละการผืนกสี Procion Turquoise H-A ที่ไม่ได้ดัดแปรและที่ดัดแปร

สีรีแอคทีฟ	ร้อยละการผืนกสี		ร้อยละของการผืนกสีบนผ้าโดยเฉลี่ย
	ผืนที่ 1	ผืนที่ 2	
ไม่ได้ดัดแปร	99.12	98.44	98.78
ดัดแปรด้วยกรดกลูตามิค	98.00	98.43	98.22
ดัดแปรด้วยสารละลายจากการลอกกาวยใหม่	98.63	97.94	98.29

จากการทดลองหาร้อยละการผืนกสีบนผ้าที่ย้อมด้วยสีรีแอคทีฟไม่ได้ดัดแปรและที่ดัดแปรด้วยกรดกลูตามิค และที่ดัดแปรด้วยสารละลายจากการลอกกาวยใหม่ พบว่า ให้ผลร้อยละของการผืนกสีบนผ้าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ นั่นแสดงว่าทั้งผ้าที่ย้อมด้วยสีดัดแปรและไม่ได้ดัดแปรต่างมีปริมาณสีผืนกติดบนผ้าเท่าเทียมกัน ทั้งนี้อาจเนื่องจากการย้อมผ้าด้วยสีร้อยละ 3 ของน้ำหนักผ้าเป็นการย้อมสีปริมาณมากลงบนผ้า ทำให้สีผืนกบนผ้ามีปริมาณมากด้วยผ้าอาจดูดซับสีจนอิ่มตัวแล้ว ไม่สามารถรับสีได้มากขึ้นอีก การย้อมด้วยสีดัดแปรและด้วยสีไม่ได้ดัดแปรจึงแสดงผลการผืนกสีไม่แตกต่างกัน (ดูผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการขัดถูประกอบ)

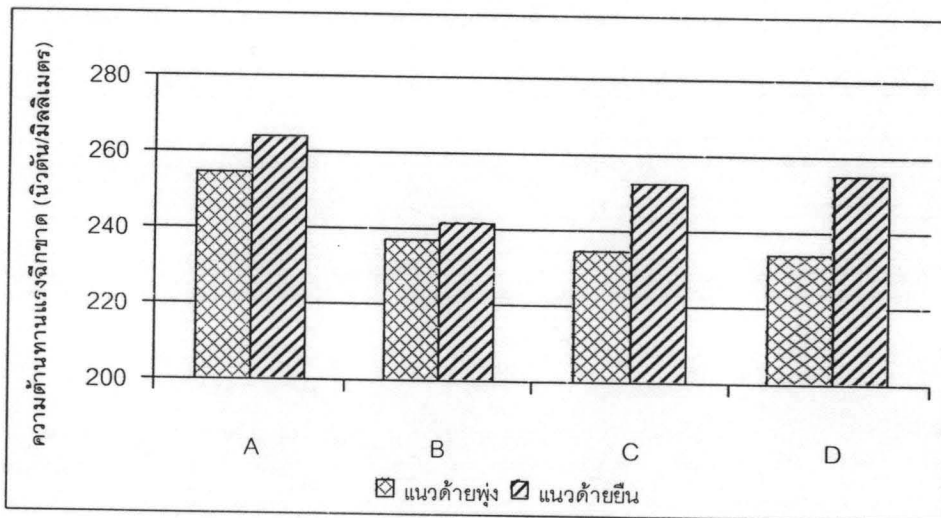
#### 4.3.5 ผลการทดสอบความต้านทานต่อแรงฉีกขาดของผ้า

การหาความต้านทานแรงฉีกขาด เป็นการทดสอบความแข็งแรงของผ้า ซึ่งเป็นการทดสอบสมบัติเชิงกล โดยทดสอบผ้าใหม่ก่อนการย้อม ผ้าใหม่ผ่านการย้อมด้วยสีรีแอคทีฟไม่ได้ดัดแปร ผ้าใหม่ผ่านการย้อมด้วยสีรีแอคทีฟดัดแปรด้วยกรดกลูตามิค และผ้าใหม่ผ่านการย้อมด้วยสีรีแอคทีฟดัดแปรด้วยสารละลายลอกกาวยใหม่ แสดงผลในตารางที่ 4.19 และรูปที่ 4.18



ตารางที่ 4.19 ความต้านทานแรงฉีกขาดของผ้าไหมก่อนย้อม ผ้าไหมย้อมด้วยสี Procion Turquoise H-A ไม่ได้ดัดแปร ผ้าไหมย้อมด้วยสีดัดแปรด้วยกรดกลูตามิค และผ้าไหมย้อมด้วยสีดัดแปรด้วยสารละลายลอกกาวยไหม

ผ้าไหม	ความต้านทานแรงฉีกขาดของผ้าไหมแนวด้ายพุ่ง (นิวตัน/มิลลิเมตร)	ความต้านทานแรงฉีกขาดของผ้าไหมแนวด้ายยืน (นิวตัน/มิลลิเมตร)
ก่อนย้อม (A)	254.67	264.02
ย้อมด้วยสีไม่ได้การดัดแปร (B)	236.90	241.33
ย้อมด้วยสีดัดแปรด้วยกรดกลูตามิค (C)	234.59	252.61
ย้อมด้วยสีดัดแปรด้วยสารละลายลอกกาวยไหม (D)	233.91	255.14



รูปที่ 4.18 แผนภูมิแท่งแสดงความต้านทานแรงฉีกขาดของผ้าไหมก่อนย้อม ผ้าไหมย้อมด้วยสี Procion Turquoise H-A ไม่ได้ดัดแปร ผ้าไหมย้อมด้วยสีดัดแปรด้วยกรดกลูตามิค และผ้าไหมย้อมด้วยสีดัดแปรด้วยสารละลายลอกกาวยไหม

จากการทดสอบความต้านทานแรงฉีกขาดแนวด้ายพุ่งของผ้าไหมย้อมด้วยสี Procion Turquoise H-A ไม่ได้ดัดแปร ผ้าไหมย้อมด้วยสีดัดแปรด้วยกรดกลูตามิค และผ้าไหมย้อมด้วยสีดัดแปรด้วยสารละลายจากการลอกกาวยไหม พบว่าความต้านทานแรงฉีกขาดของผ้าไหมลดลงร้อยละ 6.98, 7.98 และ 8.05 ตามลำดับเมื่อเปรียบเทียบกับความต้านทานแรงฉีกขาดของผ้าไหมก่อนย้อม ความต้านทานแรงฉีกขาดแนวด้ายยืนของผ้าไหมย้อมด้วยสี Procion Turquoise

H-A ไม่ได้ดัดแปร ผ้าไหมย้อมด้วยสีดัดแปรด้วยกรดกลูตามิก และผ้าไหมย้อมด้วยสีดัดแปรด้วยสารละลายจากการลอกขาวไหม พบว่าความต้านทานแรงฉีกขาดของผ้าไหมลดลงร้อยละ 8.59, 4.32 และ 3.36 ตามลำดับ สาเหตุที่ความต้านทานแรงฉีกขาดของผ้าไหมลดลงเนื่องจากกระบวนการย้อมผ้าต้องผ่านสารเคมีหลายชนิด พร้อมทั้งความร้อนเป็นเวลานาน จึงส่งผลให้ผ้าไหมที่ผ่านการย้อมมีความแข็งแรงลดลง ทำให้ความต้านทานแรงฉีกขาดลดลงด้วย

#### 4.3.6 ผลการทดสอบความคงทนของสีผ้าต่อการซักล้าง

การทดสอบนี้เกี่ยวกับการวัดความคงทนต่อการเปลี่ยนแปลงสีผ้า เมื่อนำผ้าสีไปซักล้างในเครื่อง Gyrowash โดยต้องนำชิ้นทดสอบมาเย็บติดกับผ้าหลายเส้นใยประกอบด้วยเส้นใยไดอะซีเตท, ฝ้ายที่ผ่านการฟอก, พอลิเอไมด์, พอลิเอสเทอร์, อะคริลิก และขนสัตว์ หลังการซักจะเปรียบเทียบความแตกต่างของชิ้นทดสอบระหว่างก่อนกับหลังซัก โดยการให้ระดับซึ่งมี 2 แบบ คือ ระดับสีเปลี่ยน (color change) และระดับสีตก (staining) การให้ระดับทำได้โดยใช้เกรย์สเกล (grey scale) ได้ผลดังตารางที่ 4.20

ตารางที่ 4.20 แสดงผลการทดสอบความคงทนของสีผ้าต่อการซักล้างในผ้าไหมย้อมด้วยสี Procion Turquoise H-A ไม่ได้ดัดแปร ผ้าไหมย้อมด้วยสีดัดแปรด้วยกรดกลูตามิก และผ้าไหมย้อมด้วยสีดัดแปรด้วยสารละลายจากการลอกขาวไหม

ผ้าไหม ย้อมด้วย	ระดับเกรย์สเกล						ระดับสีเปลี่ยน (color change)
	ระดับการติดเปื้อนของสี (staining)						
	ไดอะซี- เตท	ฝ้ายผ่าน การฟอก	พอลิ- เอไมด์	พอลิเอส เทอร์	อะคริลิก	ขนสัตว์	
สีไม่ได้ ดัดแปร	5	4-5	5	5	5	5	4
สีดัดแปรด้วย กรดกลูตามิก	5	4-5	4-5	5	5	5	4
สีดัดแปรด้วย สารละลาย ลอกขาวไหม	5	4-5	4-5	5	5	5	4

หมายเหตุ : ระดับ 5 = ดีมาก      ระดับ 4 = ดี      ระดับ 3 = ปานกลาง      ระดับ 2 = พอใช้  
และระดับ 1 = แย่

จากผลการทดสอบความคงทนของสีผ้าต่อการซักโดยการประเมินค่าการติดเปื้อนสีของผ้าไหมย้อมด้วยสีไม่ได้ดัดแปร ย้อมด้วยสีดัดแปรด้วยกรดกลูตามิก และ ย้อมด้วยสีดัดแปรด้วย

จากผลการทดสอบความคงทนของสีผ้าต่อการซักโดยการประเมินค่าการติดเปื้อนสีของผ้าใหม่ย้อมด้วยสีไม่ได้ดัดแปร ย้อมด้วยสีดัดแปรด้วยกรดกลูตามิค และ ย้อมด้วยสีดัดแปรด้วยสารละลายลอกขาวใหม่ พบว่า ค่าการติดเปื้อนของสีบนเส้นใยไดอะซีเตท, เส้นใยพอลิเอสเตอร์, เส้นใยอะคริลิก และเส้นใยขนสัตว์ อยู่ในระดับ 5 คือไม่เกิดการติดเปื้อนของสีบนเส้นใย ค่าการติดเปื้อนของสีบนเส้นใยฝ้ายที่ผ่านการฟอก อยู่ในระดับ 4-5 คือ เกิดการติดเปื้อนของสีเพียงเล็กน้อยบนเส้นใยฝ้าย และค่าการติดเปื้อนของสีบนเส้นใยพอลิเอไมด์ของผ้าใหม่ย้อมด้วยสีไม่ได้ดัดแปร จะอยู่ในระดับ 5 คือ ไม่เกิดการติดเปื้อนของสีบนเส้นใย แต่สำหรับผ้าใหม่ย้อมด้วยสีดัดแปรด้วยกรดกลูตามิค และดัดแปรด้วยสารละลายลอกขาวใหม่ อยู่ในระดับ 4-5 คือ เกิดการติดเปื้อนของสีเพียงเล็กน้อยบนเส้นใยพอลิเอไมด์ ซึ่งสามารถสันนิษฐานได้ว่าสีรีแอคทีฟที่ผ่านการดัดแปรด้วยกรดอะมิโน มีสมบัติคล้ายกับสีแอซิดจึงสามารถเปื้อนติดบนเส้นใยพอลิเอไมด์ได้ เมื่อเปรียบเทียบกับสีรีแอคทีฟไม่ได้ดัดแปรที่ไม่เปื้อนติดบนเส้นใยพอลิเอไมด์เลย

การประเมินค่าการเปลี่ยนแปลงสี พบว่าผ้าใหม่ย้อมด้วยสีไม่ได้ดัดแปร ย้อมด้วยสีดัดแปรด้วยกรดกลูตามิค และย้อมด้วยสีดัดแปรด้วยสารละลายลอกขาวใหม่ อยู่ในระดับ 4 คือ เกิดการเปลี่ยนแปลงของสีบนผ้าย้อมเพียงเล็กน้อย แสดงให้เห็นว่าผ้าใหม่ที่ผ่านการย้อมด้วยสีไม่ได้ดัดแปรและดัดแปร จะมีความคงทนต่อการซักล้างเท่ากัน และให้ความคงทนต่อการซักล้างในระดับดี

#### 4.3.7 ผลการทดสอบความคงทนของสีผ้าต่อการขัดถู

การทดสอบนี้เป็นการทดสอบหาปริมาณของสีที่เคลื่อนตัวจากผิวหน้าของวัสดุสิ่งทอที่มีสีไปยังผิวหน้าของวัสดุสิ่งทออื่นๆ โดยวิธีการขัดถูด้วยเครื่อง AATCC Crock Meter หลังการขัดถูจะนำผ้าที่ใช้ขัดถูกับผ้าชนิดเดียวกันที่ไม่ได้ขัดถูมาเปรียบเทียบกับระดับของสีตก (staining) โดยใช้เกรย์สเกลสำหรับสีตก (grey scale for color stain) ได้ผลดังตารางที่ 4.21

ตารางที่ 4.21 แสดงผลการทดสอบความคงทนของสีผ้าต่อการขัดถูแห้งและเปียกบนผ้าย้อมด้วยสีไม่ได้ดัดแปร, ผ้าย้อมด้วยสีดัดแปรด้วยกรดกลูตามิค และผ้าย้อมด้วยสีดัดแปรด้วยสารละลายลอกกาวยใหม่

ผ้าไหมย้อมด้วยสี	ระดับการติดเปื้อนของสี (staining)	
	การขัดถูด้วยผ้าแห้ง	การขัดถูด้วยผ้าเปียก
ก่อนการดัดแปร	3	2-3
หลังการดัดแปรด้วย กรดกลูตามิค	3	2-3
หลังการดัดแปรด้วย สารละลายลอกกาวยใหม่	3-4	3

หมายเหตุ : ระดับ 5 = ดีมาก      ระดับ 4 = ดี      ระดับ 3 = ปานกลาง      ระดับ 2 = พอใช้  
และระดับ 1 = แย่

จากผลการทดลองความคงทนของสีผ้าต่อการขัดถู พบว่า ผ้าไหมที่ผ่านการย้อมด้วยสี Procion Turquoise H-A ไม่ได้ดัดแปร และหลังการดัดแปรด้วยกรดกลูตามิค จะให้ระดับสีการติดเปื้อนของสีในระดับเดียวกัน คือ การขัดถูด้วยผ้าแห้ง เท่ากับ 3 คือ อยู่ในระดับปานกลางเกิดการติดเปื้อนของสีค่อนข้างมาก และการขัดถูด้วยผ้าเปียก เท่ากับ 2-3 เท่ากัน คือ อยู่ในระดับพอใช้ถึงปานกลางเกิดการติดเปื้อนของสีมาก ส่วนการดัดแปรด้วยสารละลายลอกกาวยใหม่จะให้ผลระดับสีเปื้อนติดจากการขัดถูด้วยผ้าแห้ง เท่ากับ 3-4 คือ อยู่ในระดับ ปานกลางถึงพอใช้เกิดการติดเปื้อนสีค่อนข้างมากและการขัดถูด้วยผ้าเปียก เท่ากับ 3 คือ อยู่ในระดับปานกลางเกิดการติดเปื้อนของสีค่อนข้างมาก ซึ่งผลดีขึ้นกว่าผ้าย้อมด้วยสีไม่ได้ดัดแปร และดัดแปรด้วยกรดกลูตามิค จึงสามารถสันนิษฐานได้ว่า เมื่อย้อมผ้าไหมด้วยสี Procion Turquoise H-A ทั้งก่อนและหลังการดัดแปร สีบางส่วนอยู่เพียงแคผิวผ้า จึงทำให้ผลความคงทนของสีผ้าต่อการขัดถูออกมาไม่ดีเท่าที่ควร อาจเนื่องจากโครงสร้างสี Procion Turquoise H-A มีองค์ประกอบของหมู่ Phthalocyanine ซึ่งเป็นโมเลกุลที่มีขนาดใหญ่ จึงส่งผลให้เมื่อทำการย้อมสีส่วนหนึ่งจึงเคลื่อนตัวยึดติดแค่พื้นผิวผ้าโดยไม่ได้เข้าไปถึงภายในเส้นใย

#### 4.4 ข้อสันนิษฐาน

จากผลการวิจัยข้างต้น พบว่าผ้าไหมย้อมด้วยสีรีแอคทีฟ Procion Turquoise H-A ดัดแปรจะมีความเข้มของสีผ้ามากกว่าผ้าไหมย้อมจากสีไม่ได้ดัดแปร โดยผ้าย้อมจากสีดัดแปรด้วยสารละลายลอกกาวยุคใหม่จะมีความเข้มของสีผ้ามากกว่าผ้าย้อมจากสีดัดแปรด้วยกรดกลูตามิก ทั้งนี้ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค HPLC แสดงให้เห็นว่าสารละลายจากการลอกกาวยุคใหม่ประกอบด้วยปริมาณของกรดอะมิโนชนิด เซรีน (serine), ไลซีน (lysine) และ อาร์จินีน (arginine) มากที่สุด ตามลำดับ โดยโครงสร้างทางเคมีของเซรีน จะประกอบด้วยหมู่อะมิโน ( $\text{NH}_2$ ) 1 หมู่ ส่วนไลซีน และอาร์จินีนมีหมู่  $\text{NH}_2$  2 หมู่ ซึ่งเป็นหมู่ที่เข้าไปทำปฏิกิริยากับโมเลกุลสีย้อม กรดอะมิโนที่มีหมู่  $\text{NH}_2$  มากกว่าน่าจะมีโอกาสเข้าทำปฏิกิริยากับสีได้ดีกว่ากรดอะมิโนที่มีหมู่  $\text{NH}_2$  น้อยกว่า ซึ่งกรดกลูตามิกมีหมู่  $\text{NH}_2$  1 หมู่ ดังนั้นการดัดแปรสีด้วยกรดกลูตามิกอย่างเดียวอาจเกิดการดัดแปรได้น้อยกว่าการดัดแปรสีด้วยสารละลายจากการลอกกาวยุคใหม่ที่ประกอบด้วยกรดอะมิโนหลายชนิดที่มีโครงสร้างหมู่  $\text{NH}_2$  2 หมู่ และ 1 หมู่ เมื่อการดัดแปรสีเกิดขึ้นน้อยประจุบนโมเลกุลสีก็จะน้อย (ประจุลบจากหมู่  $\text{COOH}$  ของกรดอะมิโน) ทำให้การย้อมผ้าไหมที่มีประจุบวกในภาวะการย้อมที่เป็นกรดติดสีน้อยด้วย ดังนั้นเมื่อนำสีดัดแปรด้วยสารละลายจากการลอกกาวยุคใหม่มาย้อมกับผ้าไหมในภาวะกรดจะทำให้มีความเข้มของสีผ้ามากกว่าการย้อมด้วยสีดัดแปรด้วยกรดกลูตามิก

และจากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค FTIR พบว่าลักษณะสเปกตรัมของสีดัดแปรด้วยกรดกลูตามิกมีความแตกต่างจากสเปกตรัมของสีไม่ได้ดัดแปรมากกว่าสเปกตรัมของสีที่ดัดแปรด้วยสารละลายลอกกาวยุคใหม่ เนื่องจากตำแหน่งพีก  $\text{CCI}$  (ในโครงสร้างสี) ในสเปกตรัมของสีดัดแปรด้วยกรดกลูตามิกหายไปซึ่งแสดงว่าปริมาณหมู่คลอไรด์ในโครงสร้างสีลดลง หรือหมู่คลอไรด์หลุดออกจากตัวสี ในขณะที่สเปกตรัมของสีดัดแปรด้วยสารละลายจากการลอกกาวยุคใหม่ยังมีพีก  $\text{CCI}$  อยู่บ้าง แสดงว่าสีดัดแปรด้วยสารละลายจากการลอกกาวยุคใหม่ถูกดัดแปรน้อยกว่า แต่จากผลการวัดค่าความเข้มของสีผ้า และผลการทดสอบความคงทนของสีผ้าต่อการซัก แสดงให้เห็นว่าผ้าย้อมด้วยสีดัดแปรด้วยสารละลายลอกกาวยุคใหม่จะให้ความเข้มของสีผ้ามากกว่าผ้าย้อมด้วยสีดัดแปรด้วยกรดกลูตามิกทั้งที่สีดัดแปรด้วยสารละลายลอกกาวยุคใหม่ถูกดัดแปรน้อยกว่า ดังนั้นจากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค FTIR จึงสามารถสันนิษฐานได้ว่าหมู่  $\text{CCI}$  ของสีดัดแปรด้วยกรดกลูตามิกที่หายไปเกือบหมดอาจมีสาเหตุมาจากการที่สีถูกดัดแปรด้วยกรดกลูตามิก และ/หรือการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของสีในภาวะต่าง ซึ่งถ้าปริมาณสีถูกไฮโดรไลซ์มากจะทำให้การย้อมสีไฮโดรไลซ์ติดบนผ้าไม่แน่นสามารถหลุดออกจากผ้าได้เมื่อนำไปซัก ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดสอบความคงทนของสีผ้าต่อการซักที่ผ้าย้อมด้วยสีดัดแปรจากสารละลายลอกกาวยุคใหม่จะให้ความคงทนมากกว่าผ้าย้อมด้วยสีดัดแปรด้วยกรดกลูตามิก