



บทที่ 1

บทนำ

งานในอุตสาหกรรมสิ่งทอ ประกอบด้วยธุรกิจอุตสาหกรรมหลายสาขา เริ่มตั้งแต่การผลิตเส้นใย เส้นด้าย ผ้า กระบวนการตกแต่งผ้า กระบวนการผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูป และธุรกิจการจำหน่ายผลิตภัณฑ์สิ่งทอ

ในปัจจุบันพื้นฐานการผลิตเส้นใยสังเคราะห์หลักที่ใช้ภายในประเทศ ขึ้นอยู่กับเส้นใยโพลีเอสเตอร์ ไนลอน และเรยอน สำหรับเส้นใยโพลีเอสเตอร์ นั้น พบว่า ผลผลิตรวมทั่วโลกของเส้นใยโพลีเอสเตอร์ [1] ระหว่างปี พ.ศ. 2523-2525 สูงขึ้นประมาณร้อยละ 53 ของเส้นใยสังเคราะห์ในอุตสาหกรรมสิ่งทอ และขยายตัวเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 17 ของผลผลิตรวมทั่วโลกของเส้นใยที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมสิ่งทอทั้งหมด ทั้งนี้เนื่องจากขอบข่ายของการใช้เส้นใยชนิดนี้ในวงการอุตสาหกรรมสิ่งทอได้ถูกนำไปดัดแปลงคุณภาพให้เหมาะสมกับสภาพการใช้งานได้ดี เช่น ทนต่อแสงแดดได้ดี เป็นฉนวนไฟฟ้าอย่างดี แผลง มอด และแบคทีเรีย ไม่สามารถจะทำลายแก่เส้นใยได้ นอกจากนี้ยังสามารถใช้ร่วมกับเส้นใยธรรมชาติและสังเคราะห์ชนิดอื่นๆ ได้ดีซึ่งมีปริมาณการใช้งานแสดงให้เห็นได้ตามตารางที่ 1.1 ถึง 1.3

ตารางที่ 1.1 ผลผลิตรวมทั่วโลกของเส้นใยที่ใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทอ

ปี พ.ศ.	ผลผลิต (เมตริกตัน)	ผลผลิตเฉลี่ย (ต่อปี)
2483-2492	75,324,000	7,532,400
2493-2502	120,626,000	12,062,600
2503-2512	176,286,000	17,628,600
2513-2522	265,866,000	26,586,000
2523-2525	93,228,000	31,076,000

ตารางที่ 1.2 ผลผลิตรวมทั่วโลกของเส้นใยสังเคราะห์ในอุตสาหกรรมสิ่งทอ

ปี พ.ศ.	ผลผลิต (เมตริกตัน)			ผลผลิตเฉลี่ย (ต่อปี)
	ใยสั้น	เส้นด้าย	รวม	
2483-2492	82,900	109,200	192,100	19,210
2493-2502	898,752	1,731,370	2,630,122	363,012
2503-2512	9,683,328	11,525,226	21,208,554	2,120,855
2513-2522	44,235,125	40,231,105	84,466,230	8,446,623
2523-2525	19,592,000	14,902,000	34,494,000	11,498,000

ตารางที่ 1.3 ผลผลิตรวมทั่วโลกของเส้นใยโพลีเอสเตอร์

ปี พ.ศ.	ผลผลิต (เมตริกตัน)			ผลผลิตเฉลี่ย (ต่อปี)
	ใยสั้น	เส้นด้าย	รวม	
2503-2512	3,671,565	1,647,108	5,318,673	531,867
2513-2522	18,799,041	15,358,560	34,057,601	3,405,760
2523-2525	9,233,000	6,447,000	15,680,000	5,226,667

สำหรับในประเทศไทย มีผู้ประกอบการผลิตเส้นใยประดิษฐ์
จำนวน 7 ราย มีการจ้างงานรวมกันประมาณ 2,200-2,500 คน มีสถิติการ
ผลิต การใช้กำลังผลิตในอุตสาหกรรม ตารางที่ 1.4

ตารางที่ 1.4 โรงงานผลิตเส้นใยประดิษฐ์และกำลังผลิตในประเทศ

เมตริกตัน/เดือน

ผู้ผลิต	วันเปิด ดำเนินการ	เส้นใยโพลีเอสเตอร์			ไนลอน ใยยาว	เรยอน ใยสั้น
		ใยสั้น	ใยยาว	POY*		
เทียนโพลีเอสเตอร์ (ประเทศไทย)**	18 ธ.ค. 12	3,000	900	-	-	-
ไทยแมลอน โพลีเอสเตอร์**	11 ธ.ค. 20	1,800	600	-	-	-
โทเรไนลอนไทย**	31 ส.ค. 13	-	550	240	600	-
เอเชียไฟเบอร์ นครหลวงเส้นใย	1 มิ.ย. 15	-	-	-	550	-
สังเคราะห์	26 ม.ค. 19	-	-	-	400	-
โอเรียนทัลไฟเบอร์	18 ม.ค. 22	-	-	220	-	-
ไทยเรยอน	20 ต.ค. 19	-	-	-	-	1,800
รวม		5,600	2,050	460	1,550	1,800

ที่มา : สอบถามจากผู้ผลิต (ปี พ.ศ. 2528)

ศูนย์วิทยพัชกร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

* : โพลีเอสเตอร์ชนิด Partially Oriented Yarn

** : ชื่อบริษัท

1.1 เส้นใยโพลีเอสเตอร์ [2]

1.1.1 คำจำกัดความของ "โพลีเอสเตอร์ (polyester)"

เส้นใยสังเคราะห์ที่ได้จากปฏิกิริยาระหว่างกรดไดคาร์บอกซิลิกประเภทอะลิฟาติก (aliphatic dicarboxylic acid) และไดแอลกอฮอล์ (dialcohol) ในทางอุตสาหกรรมได้นำเอทิลีนไกลคอล (ethylene glycol) กับกรดเทเรพทาลิก (terephthalic acid) หรือไดเมทิลเทเรพทาลेट (dimethyl terephthalate) มาทำปฏิกิริยากันได้เป็นสารประกอบโพลีเอทิลีนเทเรพทาลेट [poly(ethylene terephthalate)] และเป็นเส้นใยที่มีสมบัติไม่ชอบน้ำ (hydrophobic) ซึ่งคณะกรรมการสหพันธ์การค้าของประเทศสหรัฐอเมริกาได้กำหนดเส้นใยที่เป็นโพลีเอทิลีนเทเรพทาลेटว่า " โพลีเอสเตอร์ "

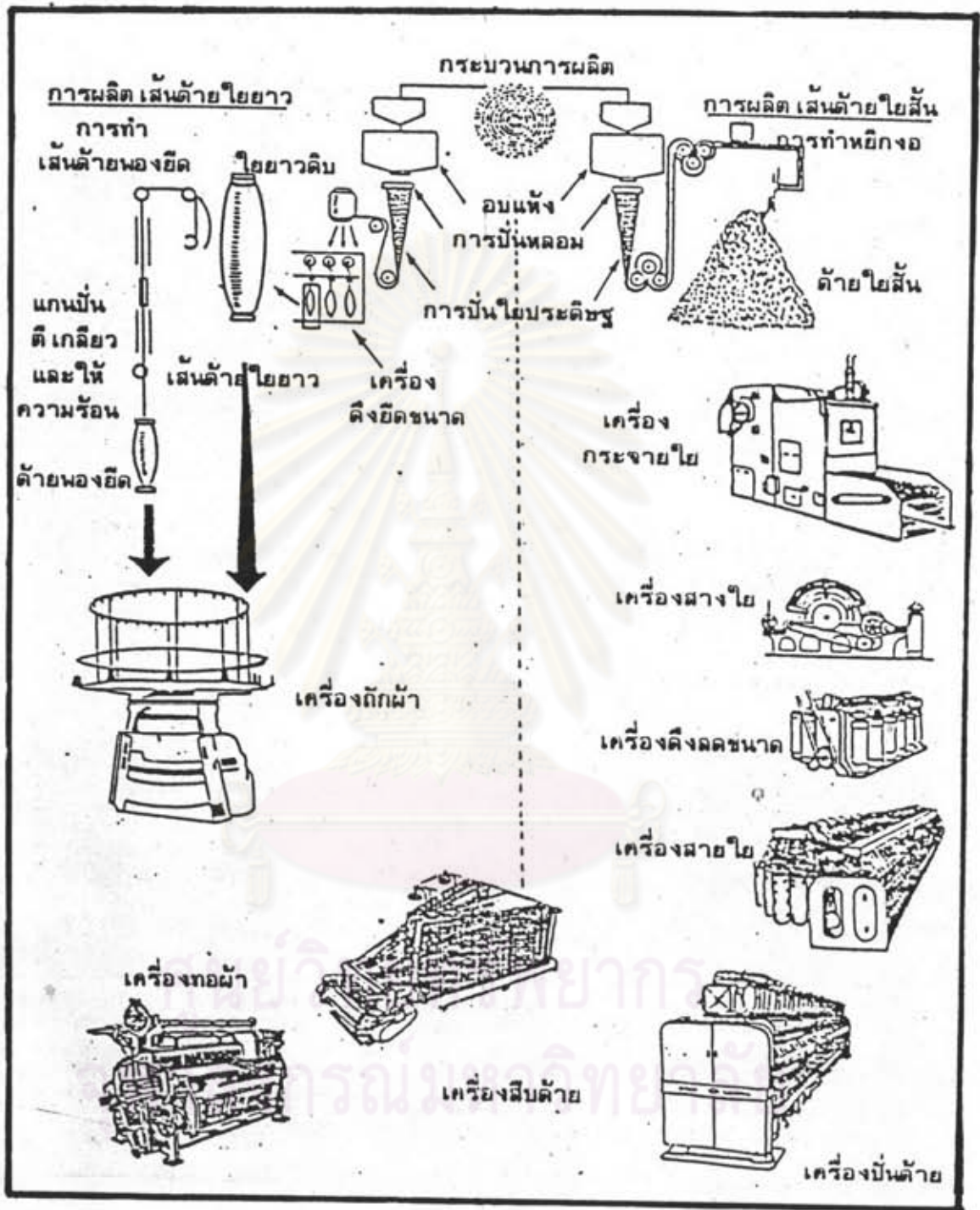
1.1.2 ประวัติของโพลีเอสเตอร์ [2]

ได้เริ่มขึ้น เมื่อ ดร. คับบลิว เอช คาโรเทอร์ (Dr. W. H. Carothers) ซึ่งเป็นนักเคมีอินทรีย์ที่เชี่ยวชาญของมหาวิทยาลัยฮาวาร์ด สหรัฐอเมริกา ได้ลาออกไปทำงานให้กับบริษัท ดูปองท์ จำกัด ได้ทำการศึกษาวิจัยทางด้านโพลีเมอร์มาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2471 และพบว่าโพลีเมอร์บางชนิดโดยเฉพาะโพลีเอสเตอร์ สามารถดึงออกเป็นเส้นได้ยาว 3-4 เท่าของความยาวเดิม การศึกษาวิจัยในขณะนั้น ยังไม่ประสบผลสำเร็จเท่าที่ควรเพราะว่าเส้นใยที่ได้ไม่แข็งแรงนัก จะอ่อนตัวเมื่อถูกความร้อนและไม่ค่อยมีความยืดหยุ่น จึงได้หันมาทำการศึกษาวิจัยเส้นใยโพลีเอไมด์หรือไนลอน และประสบผลสำเร็จสามารถผลิตเส้นใยไนลอนออกมาใช้ประโยชน์ในทางอุตสาหกรรมได้เป็นคนแรกของโลก

จากที่ ดร. ดับบลิว เอช คาโรเทอร์ ได้ศึกษาวิจัยเกี่ยวกับเส้นใย โพลีเอสเทอร์เป็นแนวทางให้นักเคมีชาวอังกฤษ 2 คน คือ เจ อาร์ วินฟรายด์ และ เจ ที ดิคสัน (J.R. whinfield and J.T. Dickson) ได้นำแนวทางนี้มาทำการค้นคว้าวิจัยเส้นใยโพลีเอสเทอร์ที่เหมาะสมนำมาผลิต สำหรับใช้ประโยชน์ในทางอุตสาหกรรมสิ่งทอได้

ในปี พ.ศ. 2490 บริษัท ไอ.ซี.ไอ. (I.C.I. หรือ Imperial Chemical Industries) จำกัด ได้ลิขสิทธิ์ในการผลิตโพลีเอสเทอร์ภายใต้ชื่อการค้าว่า "เทอร์ลีน (Terylene)" และทำการผลิตครั้งแรกที่เมืองยอร์ก ต่อมาปี พ.ศ. 2496 บริษัทคูปองท์ จำกัด ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้ขอซื้อลิขสิทธิ์เส้นใยโพลีเอสเทอร์จากวินฟรายด์และดิคสัน ในนามของบริษัท ซี.พี.เอ. จำกัด (C.P.A. Co., Ltd) ตามสิทธิบัตรของสหรัฐอเมริกาหมายเลข 2,465,319 โดยใช้เครื่องหมายการค้าว่า "แดครอน (Dacron)" และเริ่มผลิตครั้งแรกที่รัฐคาโรไลนาเหนือ (North Carolina) ในเดือนมีนาคม พ.ศ. 2496

อย่างไรก็ตาม เส้นใยโพลีเอสเทอร์ที่แต่ละบริษัทผลิตออกจำหน่ายมี 2 ประเภทใหญ่ ๆ ด้วยกัน คือ นิอีที หรือโพลีเอทิลีน เทเรพทาเลต [PET หรือ poly(ethylene terephthalate)] และ นิซีดีที หรือ โพลี-1-4-ไซโคลเฮกซิลีน-ไดเมทิลีนเทเรพทาเลต (PCDT หรือ poly-1-4-cyclohexylene-dimethylene terephthalate) ส่วนการประยุกต์นำไปใช้งานในลักษณะใดนั้นขึ้นอยู่กับสมบัติเฉพาะงานชนิดนั้น ๆ ซึ่งมีกระบวนการผลิตและการใช้งานในอุตสาหกรรมสิ่งทอ ดังรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 กระบวนการผลิตเส้นใยโพลีเอสเตอร์ และการใช้งาน ในอุตสาหกรรมสิ่งทอ [2]

1.1.3 สมบัติทั่วไปของโพลีเอสเตอร์ [3]

โพลีเอสเตอร์ที่ใช้ในวงการอุตสาหกรรมสิ่งทอ มีสมบัติทั่วไปตาม
ตารางที่ 1.5

ตารางที่ 1.5 สมบัติทั่วไปของโพลีเอสเตอร์

รายการ		
ความหนาแน่น	1.38-1.50	กรัม/ลบ.ซม.
จุดอ่อนตัว (softening point)	230-250	องศาเซลเซียส
จุดหลอมละลาย (melting point)	252-256	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิกลาสทรานซิชัน (glass transition)	68	องศาเซลเซียส
ความร้อนจำเพาะ (specific heat)		
ที่ 20 °ซ	1.35	จูล/กรัม/ °ซ
ที่ 150 °ซ	1.75	จูล/กรัม/ °ซ
ที่ 200 °ซ	0.75	จูล/กรัม/ °ซ
การดูดความชื้น ที่ 20 ± 2 °ซ และความชื้นสัมพัทธ์ $65 \pm 2\%$	0.4	%
ความเหนียว (tenacity) (ใยยาว)	4-5	กรัม/เดนเยอร์
(ใยสั้น)	3-4	กรัม/เดนเยอร์
การยืดตัว (elongation) (ใยยาว)	20-30	%
(ใยสั้น)	30-40	%
การดูดสีย้อม	สีดิสเพอร์ส (disperse dyes)	

1.2 การย้อมเส้นใยโพลีเอสเตอร์ [4]

ลักษณะเฉพาะของการย้อมเส้นใยโพลีเอสเตอร์ ทำได้โดยละลายให้สีกระจายอยู่ในน้ำ แล้วทำให้ติดโดยอบด้วยความร้อนหรือไอน้ำ สีที่เหมาะสมที่สุด ได้แก่ สีดิสเพอร์ส และสีอะโซอิก (azoic dyes) รวมกัน สำหรับสีวัต (vat dyes) ที่มีโมเลกุลเล็กมากใช้ย้อมในลักษณะของพิกเมนต์ (pigment)

สีดิสเพอร์สเป็นสีย้อมที่สำคัญที่สุด สำหรับย้อมเส้นใยโพลีเอสเตอร์ เพราะโครงสร้างของเส้นใยมีความหนาแน่นของโซ่โมเลกุลมาก ทำให้ช่องว่างระหว่างเส้นใยมีเพียงเล็กน้อย และเป็นเส้นใยที่ไม่ชอบน้ำ จึงเป็นเส้นใยที่ติดสีได้ช้ากว่าใยชนิดอื่นมาก กระบวนการดูดซับสีดิสเพอร์สของใยโพลีเอสเตอร์ เป็นกระบวนการเชิงกลระหว่างสารละลายสองชนิดที่ไม่รวมเป็นเนื้อเดียวกัน ตัวสีที่กระจายอยู่ในน้ำ จะติดเส้นใยได้ในลักษณะของ solid solution

การใช้สีดิสเพอร์สย้อมเส้นใยโพลีเอสเตอร์ สามารถทำได้ 3 วิธี ดังนี้

1. ย้อมที่จุดเดือด ไม่มีสารพา (carrier)
2. ย้อมที่จุดเดือด ใช้สารพา
3. ย้อมที่อุณหภูมิ 120-130 °C ในเครื่องย้อมที่มีความดันสูง

เมื่อย้อมด้วยความดันสูง น้ำย้อมต้องไม่เป็นด่าง เพราะนอกจากทำให้ความเหนียวของเส้นด้ายลดลงแล้ว สีดิสเพอร์สบางตัวยังดูดซึมเข้าไปในเส้นใยได้น้อยลง และบางตัวอาจสลายตัวได้ ดังนั้น เมื่อย้อมที่ความดันสูง แม้จะที่อุณหภูมิปกติ น้ำย้อมควรมีพีเอช (pH) อยู่ระหว่าง 5 ถึง 6 เท่านั้น สีดิสเพอร์สจำนวนมากสามารถทนต่อความร้อนที่ 130 °C ได้นานถึง 2 ชั่วโมง โดยไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงแต่อย่างใด สีย้อมบางตัวที่ทนต่อความร้อนได้ไม่มาก จะสามารถย้อมได้ดีที่ความดันสูง

การย้อมให้สีติดผ้าได้สม่ำเสมอ นอกจากจะขึ้นอยู่กับควบคุมภาวะการย้อมให้เหมาะสมและประสิทธิภาพของเครื่องย้อมแล้ว ยังขึ้นอยู่กับสมบัติการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอของตัวสีเองด้วย

1.3 การย้อมผ้าโพลีเอสเตอร์ ด้วยสีไดเรกต์

หลักการย้อมผ้าโพลีเอสเตอร์โดยทั่วไป สามารถกระทำได้ด้วยวิธีการย้อมด้วยสีย้อมเพอร์ส ทั้งนี้เพราะว่าเส้นใย มีสมบัติไม่ชอบน้ำ มีความสมดุลงของการย้อมค่อนข้างต่ำ อัตราเร็วของการย้อมขึ้นอยู่กับอัตราการแทรกซึมของสีย้อมเส้นใยโพลีเอสเตอร์ด้วย แต่อย่างไรก็ตาม ความสม่ำเสมอของสีย้อมเพอร์สบนเส้นใยโพลีเอสเตอร์จะมีมาก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับภาวะของการย้อม เช่น เครื่องจักรที่ใช้ย้อม สมบัติเฉพาะตัวของสีย้อม และสารช่วยย้อม เป็นต้น และในปัจจุบันมูลค่าต้นทุนการย้อมผ้าโพลีเอสเตอร์ด้วยสีย้อมเพอร์ส ราคาค่อนข้างสูงขึ้น จึงพิจารณาเห็นว่า ถ้าได้มีการนำสีไดเรกต์ ซึ่งเป็นสีที่มีต้นทุนในการย้อมต่ำกว่า และมีกระบวนการย้อมด้วยเครื่องจักรพื้นฐานที่ไม่ยุ่งยากมาทดองย้อมผ้าโพลีเอสเตอร์ด้วยสีไดเรกต์เป็นการทดแทน จะทำให้สามารถลดต้นทุนการย้อมของโรงงานย้อมสีได้เป็นอย่างมาก

Kirby, R.D. และ Cates D.M. [5] ได้ให้ความเห็นโดยสรุปว่าการย้อมผ้าโพลีเอสเตอร์สามารถย้อมได้ด้วยสีประเภทแอนไอออน เช่น สีไดเรกต์ สีย้อมกรด (acid dyes) และสีรีแอคทีฟ (reactive dyes) แต่จะต้องเตรียมผ้าด้วยสารละลายที่ทำให้ผิวหน้าของเส้นใยมีสมบัติชอบน้ำ (hydrophilic surface) ก่อนแล้วนำไปย้อมสีได้ นอกจากนี้แล้วยังมีการเตรียมผ้าด้วยวิธีการต่างๆ อีกหลายวิธีที่นำมาใช้ในการศึกษา เช่น ของ Gawish, S.M., [6] Ambroise, G. และ Bourgeois, M., [7] แต่ในการเตรียมผ้าขึ้น [6][7] ไม่ได้กล่าวถึงการนำไปย้อมที่มีผลต่อสีประเภทแอนไอออน เช่น สีไดเรกต์ แต่จะกล่าวถึงประสิทธิภาพในการดูดซึมสีย้อมเพอร์ส และอิทธิพลของการกระจายตัว

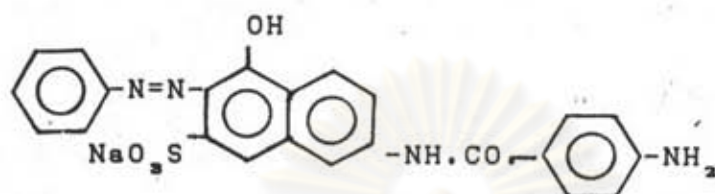
ของสีดิสเพอร์สในเส้นใยโพลีเอสเตอร์

ดังนั้นในการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเตรียมผ้าก่อนย้อม โดยเปลี่ยนโครงสร้างทางกายภาพนี้ เป็นแนวความคิดใหม่ที่จะทำให้โครงสร้างของโพลีเอสเตอร์ มีสมบัติที่มีลักษณะเหมือนใยจากธรรมชาติ เช่น ฝ้าย และสามารถย้อมได้ด้วยสีไคเรกท์

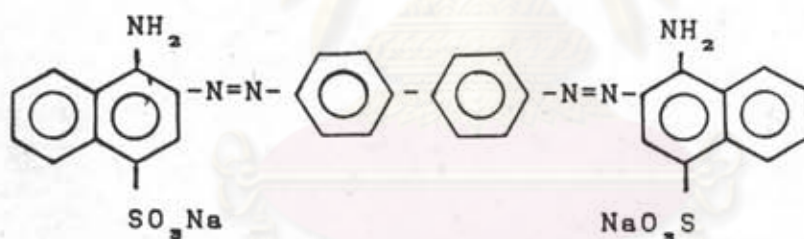
1.4 สีไคเรกท์ [๘]

สีไคเรกท์ส่วนใหญ่เป็นเกลือซัลโฟเนต (sulphonate) ประเภทเอโซ (azo) ที่สามารถละลายน้ำได้ ในบรรดาสีที่ใช้ย้อมสิ่งทอ สีไคเรกท์เป็นสีกลุ่มใหญ่ที่สุด สีแต่ละตัวในกลุ่มนี้ มีความคงทนต่อสภาพการใช้งานไม่เท่ากัน ซึ่งมีสมบัติเฉพาะในการซึมติดเส้นใยได้ในตัวเอง (substantivity) จึงเหมาะสมกับการย้อมเส้นใยเซลลูโลส เช่น ฝ้าย เรยอน เป็นต้น สีไคเรกท์ที่ผลิตออกจำหน่ายเป็นครั้งแรกใน พ.ศ. 2427 โดยบอททิจเจอร์ (Bottiger) [๘] มีสีแดง เรียกว่า คองโก เรด (congo red) สามารถใช้ย้อมได้ทันทีไม่ต้องย้อมผ้าด้วยสารช่วยติดก่อนเหมือนกับสีตัวอื่น ๆ ซึ่งใช้กันอยู่ก่อนจึงเรียกว่าสีไคเรกท์ หรือสีย้อมโดยตรง อย่างไรก็ตามบริษัทผู้ผลิตได้ผลิตออกใช้งานนั้นจะมีชื่อการค้าแตกต่างกันไปตามบริษัทผู้ผลิต เช่น Durazol (ไอ.ซี.ไอ.), Solar (ไบเออร์) Solopheny1 (ชิบา-ไกกิ) Tavidirect (จิเรวัตร์ไคย์สตัฟ) เป็นต้น และใช้กันอยู่มี 7 กลุ่ม แบ่งตามโครงสร้างทางเคมีดังนี้

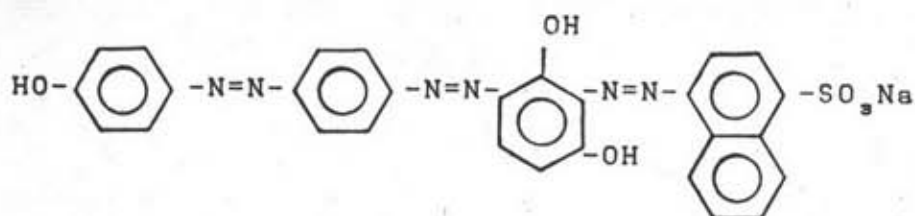
1. กลุ่มโมนาโซ (monazo) ตัวอย่างได้แก่ diazomine scarlet 5B (C.I. direct red 14) มีสูตรโครงสร้าง



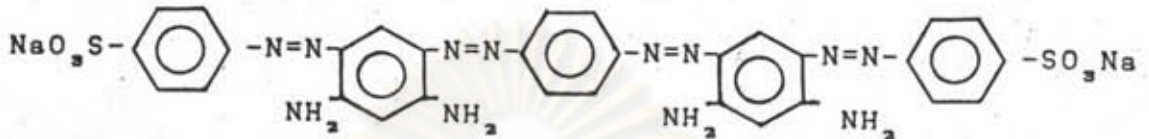
2. กลุ่มบิสเอโซ (bisazo) ตัวอย่างได้แก่ original congo red (C.I. direct red 28) มีสูตรโครงสร้าง



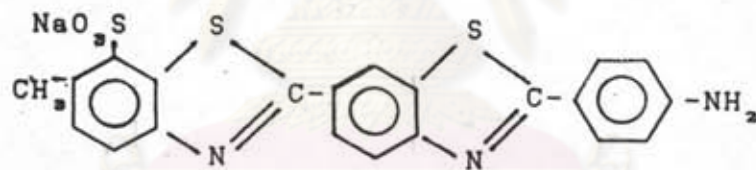
3. กลุ่มทริสเอโซ (trisazo) ตัวอย่างได้แก่ congo brown R (C.I. direct brown 21) มีสูตรโครงสร้าง



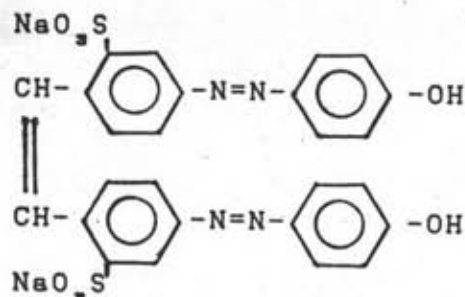
4. กลุ่มโพลีเอโซ หรือ เททระคิสเอโซ (polyazo or tetrakis azo) ตัวอย่างได้แก่ chloazol brown GM (C.I. direct brown 44) มีสูตรโครงสร้าง



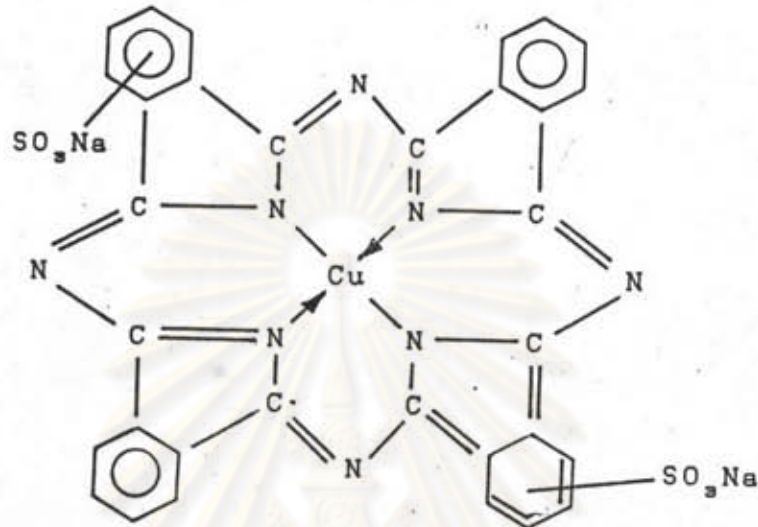
5. กลุ่มไทเอโซล (thiazole) เป็นกลุ่มที่เตรียมได้จากพริมูลิน (primuline) มีสูตรโครงสร้างทั่วไป



6. กลุ่มที่ได้จากสทิลบีน (stilbene) ตัวอย่างเช่น diphenyl chrysoine G (C.I. direct yellow 19) มีสูตรโครงสร้างทั่วไป



7. กลุ่มฟาทาโลไซยานิน (phthalocyanine) ตัวอย่าง ได้แก่
durazone blue 8G (I.C. direct blue 8G) มีสูตรโครงสร้างทั่วไป



1.4.1 ทฤษฎีการย้อมสีโดเรนท์ [8]

การย้อมสีโดเรนท์กับผ้าใยเซลลูโลสเป็นการดูดติดทางกายภาพ เพราะโครงสร้างของเซลลูโลสไม่มีกลุ่มเคมีตอนปลายที่จะรวมตัวกับเกลือในโครงสร้างของตัวสีได้ ดังนั้นความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างโมเลกุลสีกับการดูดติดเส้นใยนั้นพอสรุปได้ดังนี้

1. สีย้อมจะต้องมีโครงสร้างโมเลกุลที่มีลักษณะเป็นแนวตรง และอยู่ในระนาบเดียวกัน
2. โมเลกุลสีต้องมีหมู่เคมีที่จะก่อให้เกิดพันธะไฮโดรเจนได้
3. ควรมีจำนวนหมู่เคมีที่ช่วยทำให้ตัวสีละลายได้พอเหมาะ
4. หมู่เคมีจะทำให้ตัวสีละลายได้นั้น จับอยู่ที่โครงสร้างของตัวสีด้านหนึ่ง และอีกด้านหนึ่งเป็นหมู่เคมีที่จะทำให้เกิดพันธะไฮโดรเจน
5. ระยะของหมู่เคมีที่จะก่อให้เกิดพันธะไฮโดรเจนนั้น ควรอยู่ใกล้กันกับเซลลูโลสมากที่สุด

6. การรวมตัวกันโดยพันธะคู่ จะช่วยเสริมให้โมเลกุลเข้ามาเรียงตัวในแนวเดียวกันได้มากขึ้นและยังอาจจะทำให้เกิดพันธะไฮโดรเจน ขึ้นที่ตอนปลายของสายโมเลกุลที่รวมตัวกันนี้ได้ด้วย

จากหลักการนี้ การย้อมสีไคโรเรทท์นี้สามารถอธิบายลำดับขั้นของการย้อมได้ 3 ลำดับขั้น โดยสรุปดังนี้ [8]

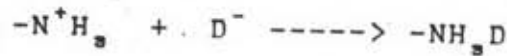
1. สีจะถูกดูดซึมติดที่ผิวของเส้นใย
2. สีจะถูกดูดซึมเข้าไป แล้วกระจายสู่ใจกลางของเส้นใย
3. สีจะถูกดูดซึมยึดติดที่จุดที่ให้สีติดในเส้นใยได้

ดังนั้นขั้นตอนที่ 1 และ 2 เป็นตัวกำหนดอัตราเร็วของการย้อมและขั้นตอนที่ 3 จะเป็นตัวกำหนดจุดสมดุลในการย้อม

1.4.2 จุดสมดุลแห่งการย้อม

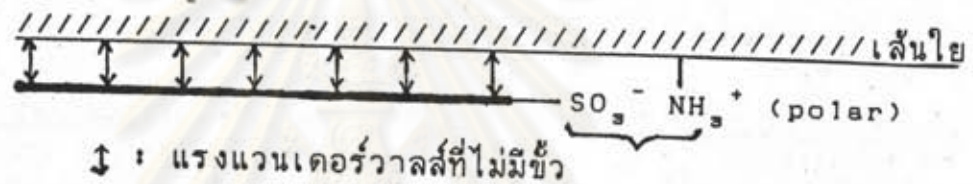
นักค้นคว้าหลายคน [8] ได้หาวิธีย้อมขนสัตว์หรือไนลอนกับสีแอนไอออน เช่น สีแอซิด ให้การกระจายตัวของแอซิดบนผ้าขนสัตว์ หรือ ไนลอน มีความคงทนต่อน้ำมากขึ้น ดังนั้นการที่จะปรับปรุงสีที่มีน้ำหนักโมเลกุลน้อยให้มีสมบัติดีขึ้น สามารถทำได้โดยเพิ่มหมู่เคมีของกลุ่มอะมิโน (amino) ซึ่งทำให้มีความคงทนต่อการซัก และกระบวนการใช้น้ำอื่น ๆ ดีขึ้นด้วย

เป็นที่เชื่อกันว่าโดยทั่วไป สีประเภทแอนไอออน ย้อมติดเส้นใยได้โดยเกลือก่อกับหมู่อะมิโนของโปรตีน แต่ยังมีข้อที่ควรคำนึงอีกอย่างหนึ่งคือ หมู่-N⁺H₂ ที่เรียงรายอยู่ และสามารถรวมกับแอนไอออนของสีได้ดังสมการ



D = แทนลีย้อม ชนิดแอนไอออน

Derbyshire (Hexagen Digest, No. 21) [8] กล่าวว่า การดูดติดลีย้อมบนเส้นใยนั้น มีอิทธิพลมาจากสภาพขั้ว (polar forces) และ แรงแวนเดอร์วาลส์ที่ไม่มีขั้ว (non-polar van der Waals forces) ซึ่ง เป็นไปตามรูปที่ 1.2



รูปที่ 1.2 การดูดติดลีย้อม โดยแรงแวนเดอร์วาลส์ [8]

การศึกษาระบบการย้อมสี ความเข้มข้นของสีที่ถูกดูดติดโดยเส้นใย กับความเข้มข้นของสีที่เหลืออยู่ในอ่างน้ำย้อมที่อุณหภูมิคงที่ และการศึกษาแบบ การย้อมสีระหว่างเส้นใยกับสีชนิดต่างๆ สามารถแบ่งไอโซเทอร์มของการดูดติด ออกได้ 3 ลักษณะ ดังนี้ [9]

1. ฟรอยลิชไอโซเทอร์ม (Freundlich isotherm)
2. แลงเมียร์ไอโซเทอร์ม (Langmuir isotherm)
3. เนินส์ไอโซเทอร์ม (Nernst isotherm)

สีแอซิดที่ย้อมในขนสัตว์หรือไหม อาจจะพิจารณาสมการของแลงเมียร์ ไอโซเทอร์มได้ เนื่องจากหมู่อะมิโนโดนจับแล้วจะอิ่มตัว ไม่มีการจับกับแขนอื่น อีกต่อไป เมื่อทุกจุดถึงจุดอิ่มตัวจะพบว่าอัตราการคายออก (rate of desorption) เท่ากับอัตราการดูดติด (rate of adsorption) ดังนี้

$$\frac{-d[D]_u}{dt} = k_1 [D]_u \text{ ----- (1)}$$

$[D]_u$ = จำนวนโมลของสีย้อมต่อหน่วยน้ำหนักของเส้นใย
ที่จุดสมดุล

$$\frac{-d[D]_u}{dt} = \text{อัตราการคายออกของสีย้อมจากเส้นใยที่จุดสมดุล}$$

เนื่องจากว่า อัตราการดูดซึม จะแปรผันตามค่าของ $[D]_e$,
 $[S]_u - [D]_u$ ซึ่งขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสีในน้ำย้อมและจำนวนเนื้อที่ที่ว่าง
อยู่จึงมีความสามารถจับของสีได้ ดังสมการ

$$\frac{d[D]_u}{dt} = k_2 [D]_e ([S]_u - [D]_u) \text{ --- (2)}$$

$[D]_e$ = ปริมาณของสีย้อมในน้ำย้อม

$[S]_u$ = การอิมตัวของสีย้อมที่จุดสมดุลระหว่างอัตราการ-
ดูดซึมและอัตราการคายออกของสีย้อม

$\frac{d[D]_u}{dt}$ = อัตราการดูดซึมของสีย้อมเข้าไปในเส้นใยที่จุดสมดุล

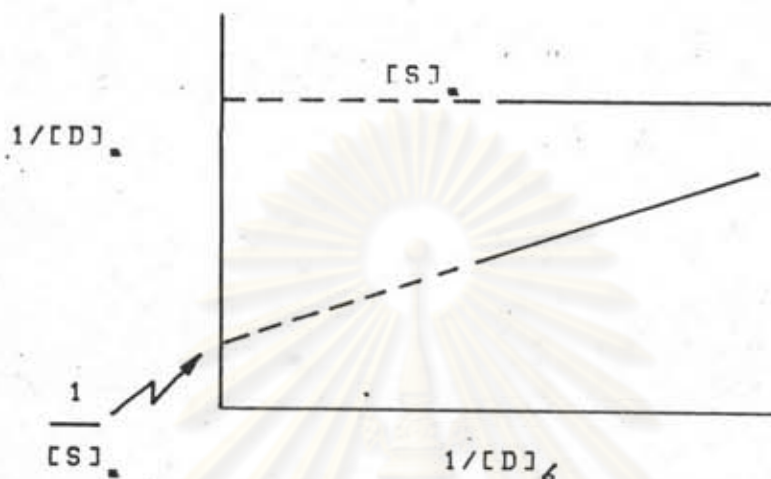
ดังนั้นจากสมการที่ 1 และ 2 เขียนสมการความสัมพันธ์ใหม่ จะได้

$$[D]_u = k [D]_e ([S]_u - [D]_u) \text{ ----- (3)}$$

หรือ

$$\frac{1}{[D]_u} = \frac{1}{k[S]_u \cdot [D]_e} + \frac{1}{[S]_u} \text{ ----- (4)}$$

จากสมการที่ 4 สามารถหาความสัมพันธ์ระหว่าง $1/[D]_e$ และ $1/[D]_i$ ซึ่งมีจุดตัดที่แกนตั้ง เท่ากับ $1/[S]_e$ มีความชันเท่ากับ $1/k[S]_e$ เป็นสมการเส้นตรงที่แสดงดังรูปที่ 1.3



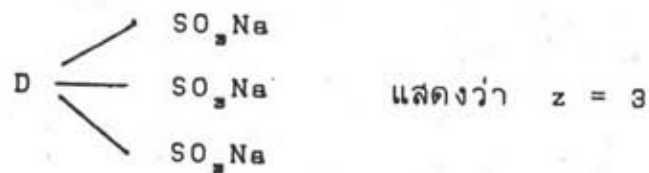
รูปที่ 1.3 สมการเส้นตรงที่ได้จากแลงเมียร์ไอโซเทอร์ม

1.4.3 ภาวะของสีในน้ำย้อม [9]

ในส่วนของน้ำย้อม สีจะอยู่ในรูปของการให้ประจุหรือไม่มีประจุ แต่สีส่วนมากจะให้ประจุในน้ำย้อม โดยเฉพาะที่เป็นเกลือของกรดซัลโฟนิก หรือเกลือของกรดคาร์บอกซิลิก ถ้าเป็นสีเบสิกที่จะเป็นแคทไอออน แต่ส่วนใหญ่เป็นพวกเกลือของกรด เช่น Na^+ , D^- , Cl^- และพบว่า ในสารละลายที่มีประจุตรงข้ามกัน จะใช้สารช่วยที่ให้ประจุลงไปในส่วนของสีย้อมที่ละลายน้ำได้นั้น จะให้ประจุที่ทำให้กำลังประจุแตกตัวออกดังสมการ [8] :



เรากำหนดขึ้นได้ว่า Na_x เป็นรูปของเกลือโซเดียมซัลโฟเนต ซึ่งให้สี มีจำนวน z กลุ่มซัลโฟนิก ต่อ 1 โมเลกุล ที่เขียนได้ ดังนี้



การแตกตัวอย่างสมบูรณ์ จะได้ Na^+ และ D^- ตามสมการข้างต้น สำหรับ Na^+ จะถูกแทนที่โดย H^+ หรือ ประจุบวกอื่นๆ ได้ ในขณะที่ D^- ไม่คำนึงถึงจำนวนประจุที่มีอยู่ในสีย้อม Na^+ ซึ่งจะถูกแทนด้วย Cl^- ในสมการหลักนั้น โดยถือเอาสมการข้างต้นเป็นเกณฑ์ การคำนวณโดยใช้กฎของการกระทำของมวลต่อการแตกตัวของสีย้อม (law of mass action to the dissociation of dye) ดังสมการ [9] :

$$\frac{[\text{Na}^+] \cdot [\text{D}^-]}{[\text{Na}_3\text{D}]} = k \quad \text{----- (a)}$$

หรือ

$$[\text{Na}_3\text{D}] = \frac{[\text{Na}^+] \cdot [\text{D}^-]}{k} \quad \text{----- (b)}$$

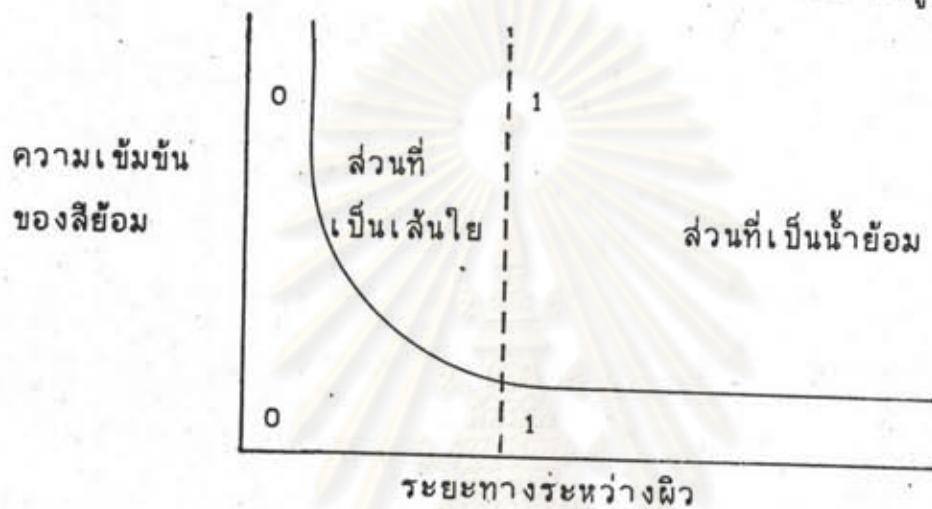
1.4.4 ภาวะของสีในเส้นใย [9]

กลไกทางการย้อมสี มีฟังก์ชันที่เหมาะสม 3 กรณี คือ

1. การกระจายตัวของสีในอนุของสีย้อมที่ไม่เกิดประจุสามารถละลายในเส้นใย ทำให้เกิดการกระจายตัวของสี ซึ่งไม่มีข้อมูลอื่นมาพิจารณาอีก เพราะว่า การแทนค่าตามกลไกด้วยความเข้มข้นของสี ดังนั้นปัญหาจะเกิดขึ้นในตอนที่มีปริมาณสีย้อมในเส้นใยมีหน่วยเท่ากับโมลต่อน้ำหนักของเส้นใย ซึ่งมีค่าเท่ากับความเข้มข้นของสี อาจจะนำค่านี้ไปใช้แทนค่าแทนสภาวะของสีในเส้นใย เพราะปริมาตรของส่วนที่เป็นช่องว่างให้การกระจายตัวของสีใน

เส้นใยน้อยกว่าปริมาตรของเส้นใยทั้งหมด

2. ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำย้อมและเส้นใยในกรณีของสโตนเรกท์นั้น สโตนเรกท์ดูดซับเส้นใยแล้ว จะเกาะติดอยู่เป็นชั้น การกระจายตัวของสีที่เกิดขึ้น บริเวณผิวของเส้นใยจะกระจายตัวซึมเข้าไปภายในเส้นใย ดังรูป



รูปที่ 1.4 ความสัมพันธ์ระยะทางระหว่างผิวกับความเข้มข้นของสีย้อม

หมายเหตุ : 1-1 imaginary surface, 0-0 true surface

การดูดซึมจากรูปที่ 1.4 เรียกว่า "diffusion adsorption" คือ ถ้าแรงดูดติดนั้นทำให้สีที่กระจายตัวอยู่ในน้ำย้อมที่มีต่อเส้นใย จะถูกขัดขวางโดยความร้อนซึ่งเป็นตัวทำให้สีจับสม่าเสมอตลอด ในส่วนที่เป็นน้ำย้อม การกระจายตัวของสีกับระยะทาง จะเป็นไปตามกราฟรูปที่ 1.4 โดยทำให้ความเข้มข้นของสีย้อมทาง เฟส 1-1 กับความเข้มข้นของสีย้อมในด้านของเส้นใยไม่มีความแตกต่างกันมากนัก ดังนั้นปริมาตรน้ำย้อมที่ใกล้กับเฟส 1-1 ด้านนอกจะเรียก external solution phase และต้องสมดุลกับด้านผิวของเส้นใย จะทำให้ค่าศักยภาพของแรงดึงดูดผิวของเส้นใยมีค่าเท่ากับศักยภาพทางเคมีของสีย้อม

3. การเกาะติดของลีย้อมบนเส้นใย สรุปได้ว่า ลีย้อมจะไปจับที่ช่องว่างและในส่วนจำกัดของระยะทางที่เส้นใยและน้ำย้อมในลักษณะเป็นชั้นของโมเลกุลเรียงตัว ในส่วนของเส้นใย มีกำลังการเกาะติดอยู่จำนวนหนึ่งที่สามารถยึดติดโมเลกุลของลีย้อมได้

ดังนั้นสรุปได้ว่า จำนวนของพลังการยึดติดภายในเส้นใยเมื่อเกาะติดกับแกนโมเลกุลของลีย้อมข้างหนึ่งแล้ว โมเลกุลหนึ่งของลีย้อมจะถูกจับตัวจนทำให้ไม่มีที่ให้โมเลกุลอื่นของลีย้อมต่อไปและผิวหน้าของเส้นใยไม่จำกัดเฉพาะผิวหน้าโดยรอบของเส้นใยเท่านั้น แต่จะรวมถึงจำนวนโครงสร้างที่เป็นช่องว่างภายในด้วย

1.5 วัตถุประสงค์และขอบข่ายของการวิจัย

การศึกษาทำการทดลองย้อมผ้าโพลีเอสเตอร์ด้วยสีโคเรกท์ สามารถกระทำได้โดยทำให้โครงสร้างของเส้นใยมีหมู่เคมีที่ว่องไวต่อปฏิกิริยา เช่น หมู่อะมิโน, ไฮดรอกซิล ดังนั้นการศึกษาวิจัยนี้ จะเป็นการศึกษาการเปลี่ยนโครงสร้างทางกายภาพของผ้า ซึ่งมีขอบข่ายการศึกษาวิจัยนี้

1. ศึกษาการเปลี่ยนโครงสร้างทางกายภาพของผ้าโพลีเอสเตอร์ที่เหมาะสมกับการย้อมด้วยสีโคเรกท์
2. ศึกษาการย้อมด้วยสีโคเรกท์ทุกหมู่ที่แบ่งตามสมบัติของการย้อมในขอบข่ายที่เกี่ยวกับกระบวนการย้อม การย้อม และสารเคมีช่วยย้อม
3. ศึกษาสมบัติของผ้าโพลีเอสเตอร์ที่ย้อมด้วยสีโคเรกท์ ที่มีความเหมาะสมเพียงใดต่อการใช้งาน