

การเพิ่มประสิทธิภาพการย้อมสีไคเร็กซ์บนผ้าฝ้ายด้วยโอโซน

พิชิตพล เจริญทรัพย์ยานันท์^{1*}, รวิภา ธรรมรงค์¹ และธนวัฒน์ สิทธิประสงค์¹
phichitpholj@mutp.ac.th^{1*}, ravipa-t@mutp.ac.th¹, thanawat-si@mutp.ac.th¹

¹สาขาวิชาเทคโนโลยีเคมีสิ่งทอ คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

Received : 9-Jul-2020
Revised : 22-Dec-2020
Accepted : 25-Dec-2020

บทคัดย่อ

อุตสาหกรรมการย้อมสีเป็นอุตสาหกรรมที่สร้างมลพิษทางน้ำสูง เนื่องจากมีสีและสารช่วยย้อมเหลืออยู่ในน้ำทิ้งปริมาณมาก ซึ่งส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการย้อมสีไคเร็กซ์บนผ้าฝ้ายด้วยโอโซน โดยศึกษาภาวะในการกระตุ้นน้ำสีด้วยโอโซน ได้แก่ ปริมาณโอโซน เวลาในการกระตุ้น และภาวะการย้อมสี เช่น ปริมาณโซเดียมซัลเฟต อุณหภูมิและเวลาในการย้อม ผลการศึกษาพบว่า การกระตุ้นน้ำสีด้วยโอโซนก่อนการย้อมสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการย้อมสี Ambidirect Red 8BL 180 % และ Direct Yellow S-XF บนผ้าฝ้ายได้ โดยกระตุ้นน้ำสีด้วยโอโซนปริมาณ 10-30 มิลลิกรัมต่อชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 10 นาที สามารถย้อมบนผ้าฝ้ายได้โดยใช้โซเดียมซัลเฟต 20 กรัมต่อลิตร ที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 20 นาที ซึ่งสามารถลดปริมาณโซเดียมซัลเฟตที่ใช้ในการย้อมลงได้ร้อยละ 50 ลดอุณหภูมิลงได้ 40°C และลดเวลาลงได้ 20 นาที เนื่องจากมีค่าการติดสีสูงกว่าการย้อมแบบไม่กระตุ้นน้ำสี ผลการทดสอบความคงทนของสีพบว่า ไม่มีผลต่อความคงทนของสีต่อการขัดถูทั้งสภาวะเปียกและแห้ง ความคงทนของผ้าต่อแรงฉีกขาดลดลง

คำสำคัญ: โอโซน ประสิทธิภาพการย้อม สีไคเร็กซ์

Improvement of Dyeing Efficiency of Direct Dyes on Cotton Fabric with Ozone

Phichitphol Jaroensappayanant^{1*}, Ravipa Thammarong¹ and Thanawat Sittiprasong¹

phichitphol.j@rmutp.ac.th^{1*}, ravipa-t@rmutp.ac.th¹, thanawat-si@rmutp.ac.th¹

¹Department of Textile Chemical Technology, Faculty of Industrial Textiles and Fashion Design, Rajamangala

University of Technology Phra Nakhon

Received	: 9-Jul-2020
Revised	: 22-Dec-2020
Accepted	: 25-Dec-2020

Abstract

Dyeing industry release high water pollution. Because of, there are a lot of dyestuffs and auxiliary remain in waste water which affect directly to the environment. The aim of this research is improvement of dyeing efficiency of direct dye on cotton fabric with ozone. The stimulate conditions such as ozone quantity, stimulation time and dyeing conditions such as sodium sulfite quantity, dyeing temperature and time were study. The result was found that stimulation of dye liquor with ozone before dyeing can enhance dyeing efficiency of Ambidirect Red 8BL 180% and Direct Yellow S-XF. Stimulation with ozone 10-30 milligram per hour, at room temperature, for 10 minute. Then dyeing on cotton fabric by use 20 g/l sodium sulfite, at 60 °C, for 20 minute. Indicate that, stimulation with ozone decrease sodium sulfite 50%, dyeing temperature 40°C and time 20 minute. Because of higher K/S value. Color fastness testing was indicate that not effect to clocking fastness both dry and wet condition. Tearing strength also decrease.

Keyword : Ozone, Dyeing efficiency, Direct dyes

1. บทนำ

สีไดเรกต์สามารถยึดเกาะกับผ้าฝ้ายได้โดยตรงผลิตและจำหน่ายในรูปเกลือโซเดียมของกรดซัลโฟนิก ส่วนใหญ่เป็นสารประกอบอะโซที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง การย้อมสีไดเรกต์บนผ้าฝ้ายต้องใช้เกลือโซเดียมซัลเฟตปริมาณมาก ทำให้มีปริมาณเกลือเหลืออยู่ในน้ำมากเช่นกัน ซึ่งส่งผลต่อสิ่งแวดล้อม จึงมีการศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการย้อมสีไดเรกต์ด้วยวิธีการต่างๆ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดปริมาณเกลือในการย้อม[1]

โอโซนหรือไตรออกซิเจน เป็นโมเลกุลที่ประกอบด้วยออกซิเจน 3 อะตอมเกิดจากการรวมตัวกันของก๊าซออกซิเจน 1 โมเลกุล กับออกซิเจนอิสระ 1 อะตอม มีสูตรโมเลกุลเป็น O_3 สถานะเป็นก๊าซ เมื่อสลายตัวให้ก๊าซออกซิเจน 1 โมเลกุล กับ ออกซิเจนอิสระ 1 อะตอม ซึ่งออกซิเจนอิสระจะไปออกซิไดส์สารประกอบที่มีสีให้กลายเป็นไม่มีสี หรือไปกระตุ้นหมู่เคมีให้เกิดปฏิกิริยาได้เร็วขึ้น[2]

จากการศึกษาค้นคว้างานวิจัยที่ผ่านมา พบว่ายังไม่มีการศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการย้อมสีไดเรกต์โดยการกระตุ้นด้วยโอโซน แต่มีข้อมูลงานวิจัยที่ศึกษาในเรื่องการใช้โอโซนในการบำบัดสีในน้ำทิ้ง เช่น การบำบัดสีอะโซในน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมสิ่งทอด้วยโอโซน[3] การทำลายโครงสร้างสีดิสเพอร์สโดยการออกซิเดชันทางเคมีด้วยโอโซนไฮโปคลอไรท์ และเพนตัน รีเอเจนท์ ($H_2O_2 + Fe^{2+}$) เปรียบเทียบกับกระบวนการออกซิเดชันทางไฟฟ้าเคมี[4] และการเพิ่มประสิทธิภาพการย้อมสีไดเรกต์โดยการดัดแปรประจุบนผิวผ้าด้วยสารประจุบวก เช่น ศึกษาพฤติกรรมการย้อมผ้าฝ้ายประจุบวกด้วยสีไดเรกต์ โดยการตกแต่ง 3-คลอโร-2-ไฮดรอกซีโพรพิล ไตรเมทิล แอมโมเนียม คลอไรด์(CHPTAC)[5] การปรับปรุงพฤติกรรมการย้อมสีไดเรกต์บนผ้าฝ้ายโดยใช้สารพอลิแคทไอออนิก[6] ศึกษาสมบัติการดูดซึมสีไดเรกต์บนผ้าฝ้ายฟอกขาวและผ้าฝ้ายที่ผ่านการตกแต่งด้วยสารประจุบวก(Cibafix WFF)[7] ผลของการดัดแปรประจุบนผ้าฝ้ายโดยใช้สารประจุบวก(Chromatech 9414) ต่อสมบัติการย้อมสีไดเรกต์[8]

2. วิธีการทดลอง

กระตุ้นน้ำสีไดเรกต์ด้วยโอโซน โดยเตรียมน้ำสีไดเรกต์ Ambidirect Red 8BL 180% และ Direct Yellow S-XF ที่ 1 %stock บรรจุในขวดพลาสติกใสจุ่มหัวปล่อยโอโซนลงในน้ำสี กระตุ้นด้วยโอโซนจากเครื่องผลิตโอโซน(OZZON OZ-582A) ใช้ปริมาณโอโซน 10 20 30 และ 40 มิลลิกรัมต่อชั่วโมง นาน 10 20 30 และ 40 นาที ดังรูปที่ 1



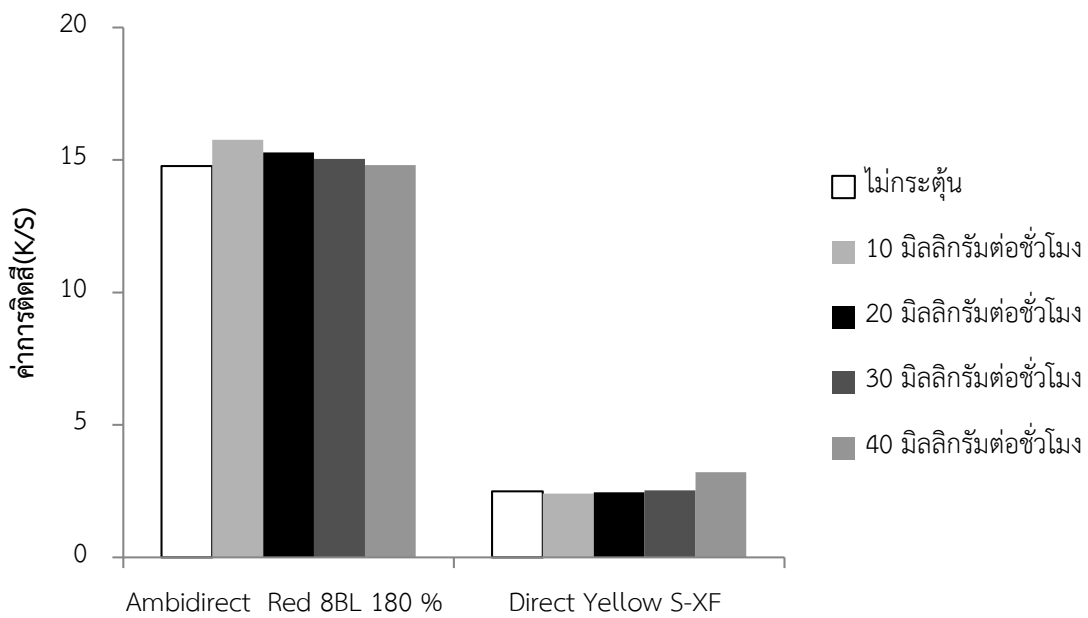
รูปที่ 1 การกระตุ้นน้ำสีไดเรกต์ด้วยโอโซน

ย้อมสีไดเรกต์ทั้งที่ผ่านการกระตุ้นและไม่ผ่านการกระตุ้นด้วยโอโซนบนผ้าฝ้ายทอลายขัดน้ำหนัก 127 กรัมต่อตารางเมตร โดยใช้สีไดเรกต์ 4 %owf โซเดียมซัลเฟต 40 กรัมต่อลิตร ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 40 นาที ด้วยเครื่องย้อมตัวอย่างอัตโนมัติ(AHIBA NUANCE) ประเมินผลโดยการวัดค่าการติดสี(K/S) ด้วยเครื่องวัดความแตกต่างของสี(Spectraflash SF600+) จากนั้นทำการศึกษาระยะที่เหมาะสมในการย้อมคือ ปริมาณโซเดียมซัลเฟต 10 20 30 และ 40 กรัมต่อลิตร อุณหภูมิ 60 80 และ 100 องศาเซลเซียส เวลา 20 30 และ 40 นาที โดยย้อมทั้งแบบกระตุ้นและไม่กระตุ้นน้ำสีด้วยโอโซน สุดท้ายทดสอบสมบัติความคงทนของสีต่อการขัดถูตามมาตรฐาน ISO 105-X12 (2001) โดยใช้เครื่องทดสอบความคงทนของสีต่อการขัดถู (Crock Meter Type Rubbing Tester) และทดสอบความคงทนต่อแรงฉีกขาดของผ้าทอตามมาตรฐาน ASTM D 1424(1996) ด้วยเครื่องทดสอบความคงทนต่อแรงฉีกขาด

(Elmendorf Tearing Tester 1653) นำผลที่ได้เปรียบเทียบกับค่าการย้อมสีไดเรกต์บนผ้าฝ้ายโดยไม่กระตุ้นน้ำสีด้วยโอโซน

3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

จากการศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการย้อมสีไดเรกต์บนผ้าฝ้ายด้วยโอโซน โดยศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการกระตุ้นน้ำสี และภาวะที่เหมาะสมในการย้อมสีไดเรกต์ที่ผ่านการกระตุ้นน้ำสีด้วยโอโซนที่กล่าวมาในการวิธีการทดลอง ตัวแปรที่ทำการศึกษาประกอบด้วยปริมาณโอโซนและเวลาในการกระตุ้น ปริมาณโซเดียมซัลเฟต อุณหภูมิ และเวลาที่เหมาะสมในการย้อมสีไดเรกต์ที่ผ่านการกระตุ้นด้วยโอโซน ผลที่ได้เป็นดังนี้



รูปที่ 2 ค่าการติดสี(K/S) ของการหาปริมาณโอโซนที่ใช้ในการกระตุ้นน้ำสีไดเรกต์

สำหรับเวลาที่ต่างกันที่ใช้ในการกระตุ้นน้ำสีไดเรกต์พบว่า ให้ค่าการติดสี(K/S) ดีกว่าการย้อมแบบไม่กระตุ้นน้ำสี และไม่มีผลต่อความสว่าง-ทึบ(L*) ของสีไดเรกต์ทั้ง 2 สี เมื่อเพิ่มเวลาในการกระตุ้นน้ำสีตั้งแต่ 10-40 นาที ทำให้ค่าการติดสี(K/S) เปลี่ยนแปลงไปเล็กน้อยดังรูปที่ 3 และเวลาในการกระตุ้นน้ำสีที่เหมาะสมที่สุดของสี Ambidirect Red 8BL 180 % และ Direct Yellow S-XF คือ 10 และ 40 นาที ตามลำดับ

3.1 ค่าการติดสี(K/S) และความสว่าง-ทึบ(L*)

ของสี

จากผลการทดลองย้อมสีไดเรกต์ที่ผ่านการกระตุ้นน้ำสีด้วยโอโซนทั้ง 2 สี โดยใช้ปริมาณโอโซนในการกระตุ้นต่างกันพบว่า ให้ค่าการติดสี(K/S) ดีกว่าการย้อมสีไดเรกต์ที่ไม่ผ่านการกระตุ้นน้ำสี โดยไม่มีผลต่อความสว่าง-ทึบ(L*) ของสี และเมื่อเพิ่มปริมาณโอโซนตั้งแต่ 10-40 มิลลิกรัมต่อชั่วโมง ทำให้ค่าการติดสี(K/S) เปลี่ยนแปลงไปเล็กน้อยดังรูปที่ 2 และพบว่าปริมาณโอโซนที่เหมาะสมที่สุดสำหรับสี Ambidirect Red 8BL 180 % และ Direct Yellow S-XF คือ 10 และ 40 มิลลิกรัมต่อชั่วโมง ตามลำดับ

การปรับปรุงกระบวนการย้อมสีไดเรกต์ โดยศึกษาปริมาณโซเดียมซัลเฟต อุณหภูมิ และเวลาในการย้อมที่แตกต่างกันพบว่า ให้ค่าการติดสี(K/S) ดีกว่าการย้อมแบบไม่กระตุ้นน้ำสี แต่ทำให้ค่าความสว่าง-ทึบ(L*) ของสีลดลงเล็กน้อยทั้ง 2 สี และเมื่อเพิ่มปริมาณโซเดียมซัลเฟตตั้งแต่ 10-40 กรัมต่อลิตร ค่าการติดสี(K/S) ของสี Ambidirect Red 8BL 180 % ลดลงและ Direct Yellow S-XF เพิ่มขึ้น สำหรับอุณหภูมิการย้อมเมื่อเพิ่มจาก 60-100 องศา

เซลเซียส ค่าการติดสี(K/S) ของสี Ambidirect Red 8BL 180 % ลดลง แต่สี Direct Yellow S-XF เพิ่มขึ้น และเมื่อเพิ่มเวลาในการย้อมจาก 20-50 นาที ค่าการติดสี(K/S) ของสี Ambidirect Red 8BL 180 % ลดลง แต่สี Direct Yellow S-XF เพิ่มขึ้น ดังรูปที่ 4-6 ภาวะการย้อมที่เหมาะสมที่สุดสำหรับสี Ambidirect Red 8BL 180 % ที่ผ่านการกระตุ้นน้ำสีด้วยไฮโซน คือ โซเดียมซัลเฟต 10 กรัมต่อลิตร ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที และภาวะการย้อมที่เหมาะสมที่สุดสำหรับสี Direct Yellow S-XF ที่ผ่านการกระตุ้นน้ำสีด้วยไฮโซน คือ โซเดียมซัลเฟต 40 กรัมต่อลิตร ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 50 นาที

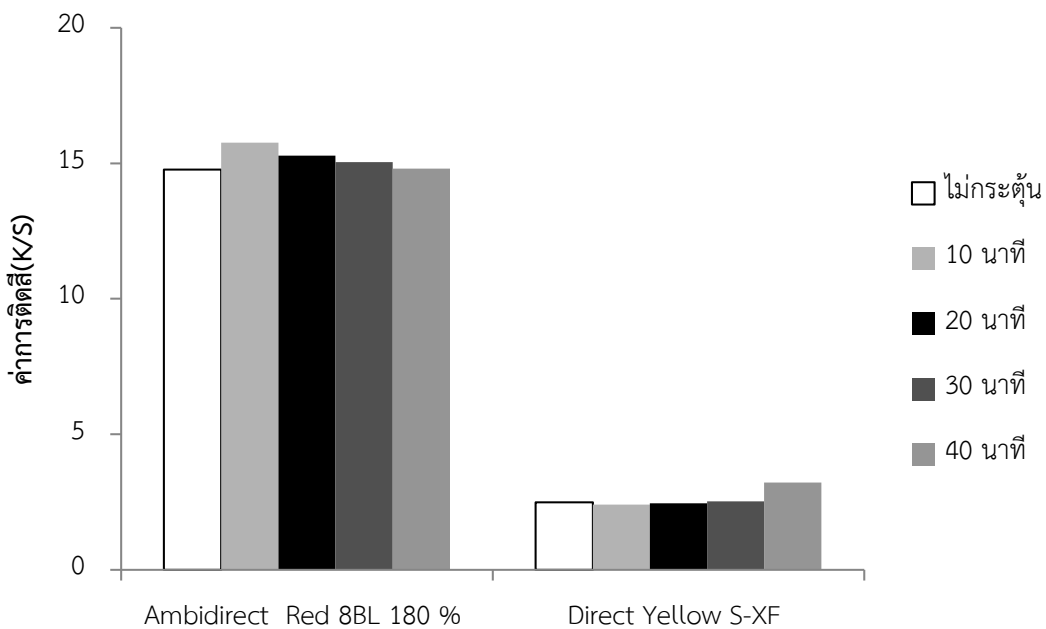
3.2 ความคงทนของสีต่อการซัก

จากการทดลองย้อมสีไคเรทท์ที่ผ่านการกระตุ้นน้ำสีด้วยไฮโซนทั้ง 2 สี เมื่อนำมาทดสอบความคงทนของสี

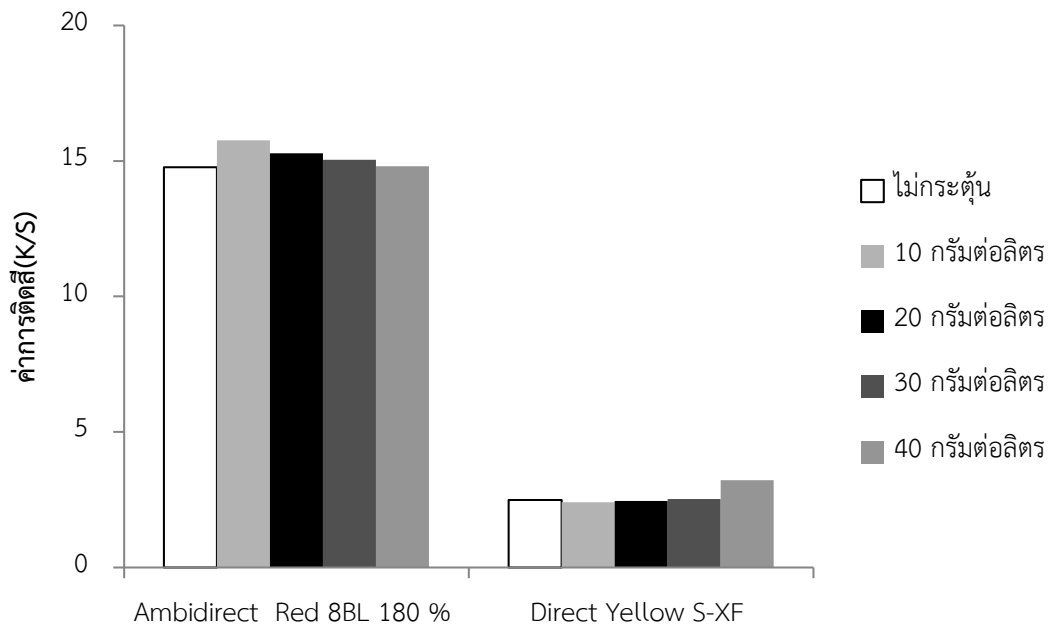
ต่อการซัก พบว่ามีความคงทนของสีต่อการซักที่เทียบเท่ากับการย้อมโดยไม่กระตุ้นน้ำสี ดังตารางที่ 1

3.3 ความคงทนของผ้าต่อแรงฉีกขาด

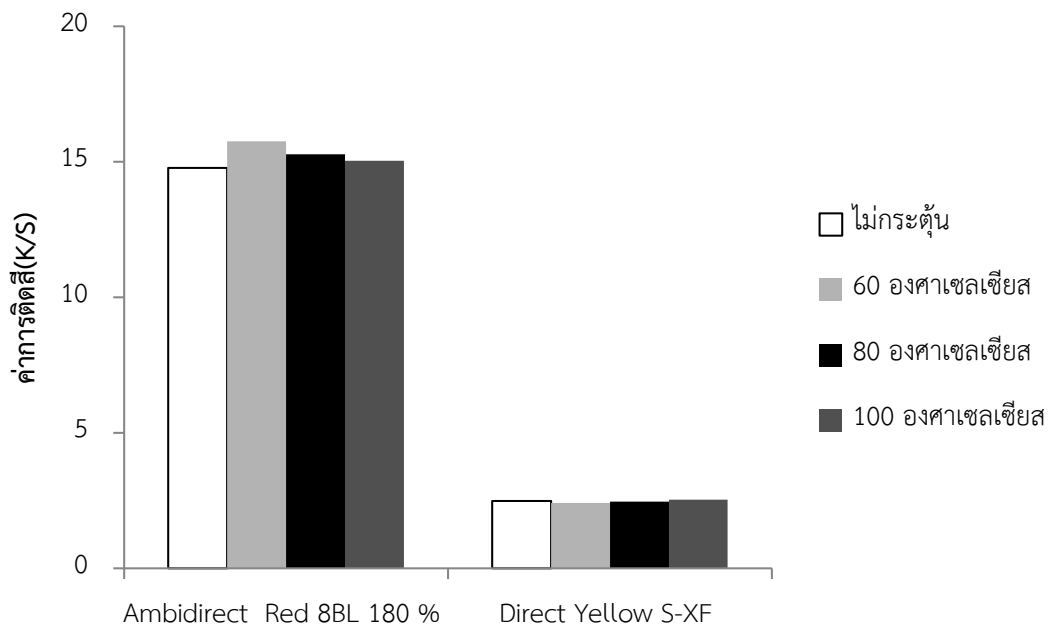
จากการทดลองย้อมสีไคเรทท์ที่ผ่านการกระตุ้นน้ำสีด้วยไฮโซนทั้ง 2 สี เมื่อนำมาทดสอบความคงทนของผ้าต่อแรงฉีกขาด พบว่าความคงทนของผ้าต่อแรงฉีกขาดลดลงทั้งแนวเส้นด้ายพุ่งและแนวเส้นด้ายยืน ดังตารางที่ 2 โดยผ้าฝ้ายที่ย้อมสี Ambidirect Red 8BL 180% ความคงทนของผ้าต่อแรงฉีกขาดในแนวเส้นด้ายพุ่งและแนวเส้นด้ายยืนลดลงร้อยละ 22.00 และ 19.62 ตามลำดับ สำหรับผ้าฝ้ายที่ย้อมสี Direct Yellow S-XF ความคงทนของผ้าต่อแรงฉีกขาดในแนวเส้นด้ายพุ่งและแนวเส้นด้ายยืนลดลงร้อยละ 7.27 และ 7.52 ตามลำดับ เนื่องจากการใช้ไฮโซนกระตุ้นน้ำสีเป็นกระบวนการออกซิเดชัน ผ้าฝ้ายไม่ทนต่อกระบวนการออกซิเดชัน จึงทำให้ความคงทนของผ้าต่อแรงฉีกขาดลดลง



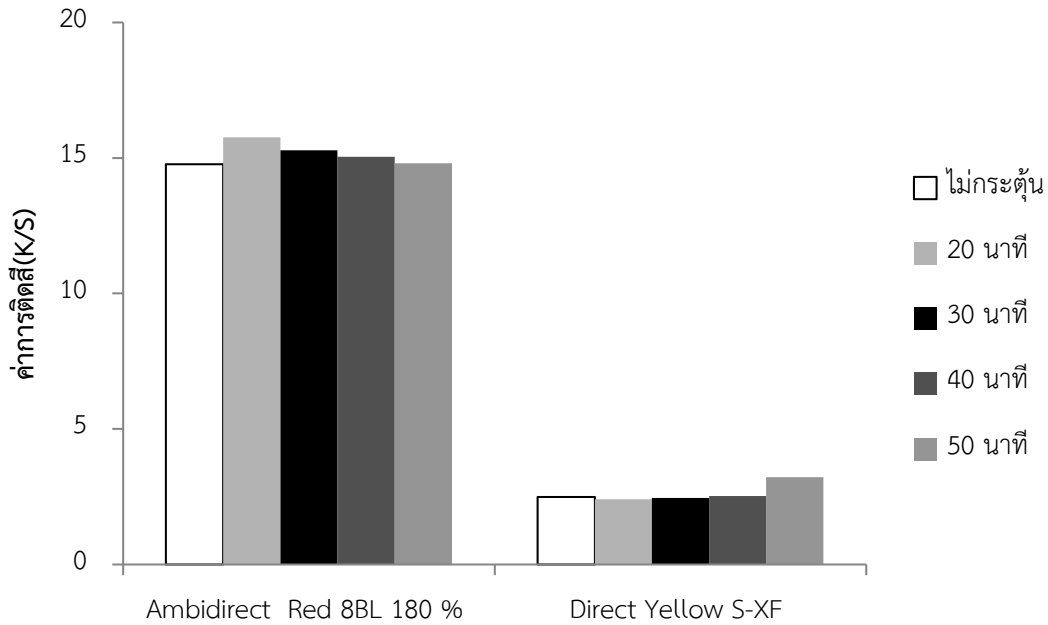
รูปที่ 3 ค่าการติดสี(K/S) ของการหาเวลาที่ใช้ในการกระตุ้นน้ำสีไคเรทท์ด้วยไฮโซน



รูปที่ 4 ค่าการติดสี(K/S) ของการหาปริมาณโซเดียมซัลเฟตในการย้อมสีไคเรกท์ที่ผ่านการกระตุ่นด้วยไอโซน



รูปที่ 5 ค่าการติดสี(K/S) ของการหาอุณหภูมิในการย้อมสีไคเรกท์ที่ผ่านการกระตุ่นด้วยไอโซน



รูปที่ 6 ค่าการติดสี(K/S) ของการหาเวลาในการย้อมสีไดเรกต์ที่ผ่านการกระตุ่นด้วยโอโซน

4. สรุป

จากผลการทดลองย้อมสีไดเรกต์ทั้ง 2 สี บนผ้าฝ้ายโดยใช้โอโซนกระตุ่นน้ำสี พบว่าปริมาณโอโซน 10 มิลลิกรัมต่อชั่วโมง เวลา 10 นาที ที่อุณหภูมิห้อง เป็นภาวะที่เหมาะสมสำหรับการกระตุ่นน้ำสี Ambidirect Red 8BL 180 % และสามารถย้อมโดยใช้โซเดียมซัลเฟต 10 กรัมต่อลิตร อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที และปริมาณโอโซน 40 มิลลิกรัมต่อชั่วโมง เวลา 40 นาที ที่อุณหภูมิห้อง เป็นภาวะที่เหมาะสมสำหรับการกระตุ่นน้ำสี Direct Yellow

S-XF และสามารถย้อมโดยใช้โซเดียมซัลเฟต 40 กรัมต่อลิตร อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 50 นาที เนื่องจากให้ค่าการติดสี(K/S) สูงกว่าการย้อมแบบไม่กระตุ่นน้ำสี มีความคงทนของสีต่อการซักดูใกล้เคียงกับการย้อมแบบไม่กระตุ่นน้ำสี แต่ทำให้ความคงทนต่อแรงฉีกขาดของผ้าลดลง สรุปได้ว่า สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการย้อมสีไดเรกต์บนผ้าฝ้ายโดยใช้โอโซนกระตุ่นน้ำสีได้ โดยสามารถลดภาวะการย้อมคือ ลดปริมาณโซเดียมซัลเฟตลงได้ร้อยละ 50 ลดอุณหภูมิได้ 40 องศาเซลเซียส และลดเวลาได้ 20 นาที

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักดู

สีไดเรกต์	ภาวะการย้อม	ค่าการติดเปื้อนสี			
		ภาวะแห้ง		ภาวะเปียก	
		แนวด้ายยืน	แนวด้ายพุ่ง	แนวด้ายยืน	แนวด้ายพุ่ง
Ambidirect Red 8BL 180%	ไม่กระตุ่น	4/5	4/5	4	4
	กระตุ่น	4	4	3/4	4
Direct Yellow S-XF	ไม่กระตุ่น	4/5	4/5	4	3/4
	กระตุ่น	4/5	4/5	4/5	4/5

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบความคงทนของผ้าต่อแรงฉีกขาด

สีไดเรกต์	ภาวะการย้อม	ค่าความคงทนของผ้าต่อแรงฉีกขาด (มิลลิวัตตัน)			
		เส้นด้ายพุ่ง	ร้อยละ	เส้นด้ายยืน	ร้อยละ
Ambidirect Red 8BL 180%	ไม่กระตุ้น	833.33		866.67	
	กระตุ้น	650.00	-22.00	696.67	-19.62
Direct Yellow S-XF	ไม่กระตุ้น	550.00		576.67	
	กระตุ้น	510.00	-7.27	533.33	-7.51

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างสมบูรณ์ โดยได้รับการสนับสนุนสีไดเรกต์จาก บริษัท ไทยอัมบริกา เคมีคัลล์ จำกัด บริษัท สหวรกิจ จำกัด ได้รับความอนุเคราะห์ใช้เครื่องมือ/อุปกรณ์ รวมทั้งห้องปฏิบัติการย้อมและการทดสอบ จากสาขาวิชาเทคโนโลยีเคมีสิ่งทอ คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Department of Textile Technology, Thailand Textile Institute. Document of textile dyeing and bleaching technology : direct dyes. 2000. (in Thai)
- [2] The Editors of Encyclopaedia Britannica. Ozone chemical allotrope. [Internet]. 2019 [cited 2019 Nov 29]. Available from: <http://www.britannica.com/science/ozone>.
- [3] Liakou S, Komaros M, Lyberatos G. Pretreatment of azo dyes using ozone. Water Science and Technology. 1997;36(2-3):155-63.
- [4] Szpyrkowicz L, Juzzolino C, Kaul SN. A comparative study on oxidation of disperse dyes by electrochemical process, ozone, hypochlorite and Fenton reagent. Water research. 2001;35(9):2129-36.
- [5] Draper SL, Beck KR, Smith CB. Characterization of the dyeing behavior of cationic cotton with direct dyes. AATCC Review. 2002 Oct 1;2(10).
- [6] Jaroensappayanant P, Sonthisombat A. An application of polycationic agent to improve the dyeing behaviour of direct dyes on cotton fabric. Journal of Engineering, RMUTT. 2008;11(6):9-15. (in Thai)
- [7] Khanjani Y, Farizadeh K, Ahmadi S. Improve of direct dye (Direct Orange 46) sorption on pretreated cotton fabric by cationic agent.
- [8] Shahin M. The influence of cationization on the dyeing performance of cotton fabrics with direct dyes. International Journal of Engineering Research and Applications. 2015;5(8):62-70.