http://journal.rmutp.ac.th/

การใช้ประโยชน์จากน้ำแช่เมล็ดถั่วดำแห้งในกระบวนการย้อมสีสิ่งทอ

กาญจนา ลือพงษ์* ไพรัตน์ ปุญญาเจริญนนท์ วนิดา เสียภัย และ ปรมัตถ์ พัฒนะสาร

คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
517 ถนนนครสวรรค์ แขวงสวนจิตรลดา เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร 10300

รับบทความ 8 พฤษภาคม 2561 ตอบรับบทความ 6 กรกฎาคม 2561

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีแนวคิดในการเพิ่มคุณค่าและประโยชน์ของน้ำแช่ถั่วดำซึ่งจัดเป็นหนึ่งในประเภทน้ำทิ้งที่มีสี ในการศึกษาจะนำน้ำแช่ถั่วดำไปตรวจสอบสารพฤกษเคมี และผลการย้อมสีจากน้ำแช่ถั่วดำบนผ้าไหม ผ้าฝ้าย และผ้าพอลิเอสเตอร์ ด้วยการใช้ถั่วดำอบแห้งแช่ในน้ำอัตราส่วน 1:1 เป็นเวลาไม่น้อยกว่า 12 ชั่วโมงก่อนนำน้ำที่ได้นำไปวิเคราะห์สารพฤกษเคมี และย้อมสีที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที เพื่อหาประเภทเส้นใย ภาวะการติดสี และความคงทนของสีในด้านต่าง ๆ ผลการวิจัยพบว่าน้ำแช่ถั่วดำพบสารพฤกษเคมีประเภทแอนโทไซยานิน แอนทราควิโนน เทอร์พีนอยด์ ซาโปนิน แทนนิน และฟลาโวนอยด์ น้ำแช่ถั่วดำที่ได้มีความสามารถในการติดสีบนผ้าไหมที่ภาวะกรดให้สีเฉดน้ำตาลแดง มีค่า L* 44.17 a* 16.88 และ b*20.13 มีความเข้มสี 6.19 ผ้าย้อมสีที่ได้สามารถป้องกันรังสียูวีได้มากกว่าร้อยละ 97.5 (UPF 50^{+}) มีความคงทนของสีต่อการขัดถูระดับดีถึงดีมาก (4-5) ความคงทนของสีต่อการซักในระดับดี (4) และความคงทนของสีต่อแสงในระดับพอใช้ (4) จากผลการศึกษาสามารถสรุปได้ว่าน้ำแช่ถั่วดำสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในสารให้สีสำหรับงานย้อมสีบนผ้าไหมและมีความสามารถในการป้องกันรังสียูวี

คำสำคัญ : น้ำแช่ถั่วดำ; สารพฤกษเคมี; การย้อมสีบนผ้าไหม; การป้องกันรังสียูวี; ความคงทนของสี

** ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทร: +668 9994 5959, ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์: kanchana.l@rmutp.ac.th*

http://journal.rmutp.ac.th/

Utilization of Soaked Dry Black Beans Water for Textile Dyeing Process

Kanchana Luepong* Phairat Punyacharoennon Wanida Siaphai and Paramat Pattanasan

Faculty of Industrial Textiles and Fashion Design, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon 517 Nakhon Sawan, Dusit, Suan Chittralada, Bangkok, 10300

Received 8 May 2018; Accepted 6 July 2018

Abstract

The purpose of this research was to investigate the use of soaked black bean water and to add value to it, otherwise it is considered as the colored waste water. The soaked black bean water was analyzed for phytochemicals and dyeing process was carried out on silk, cotton, and polyester fibers. Dried black beans were soaked in water, ratio 1:1, for at least 12 hours. The dyeing process involved soaking the fiber in soaked black bean water at 100°C for 30 min. to determine the type of fiber, staining, and color fastness. Results showed presence of Anthocyanin, Anthraquinonoid, Terpenoid, Saponin, Tannin and Flavonoids in soaked black bean water. It was found that dye could be absorbed by silk fabric in an acidic condition. The shade appeared red-brown at L*44.17, a*16.88 and b*20.13, color strength was 6.19 and ultraviolet protection was blocked more than 97.5 percentages as UPF 50^{+}. Moreover, the color fastness grading in crocking property was very good to excellent (CF 4-5), good washing fastness (WF 4) and moderate fastness in the presence of light (LF 4). In conclusion, soaked black bean water can be used for dyeing for silk fabric and enhance UV protection.

Keywords : Soaked Black Beans Water; Phytochemical; Silk Fabric Dyeing; UV Protection; Color Fastness

** Corresponding Author. Tel.: +668 9994 5959, E-mail Address: kanchana.l@rmutp.ac.th*

1. บทนำ

วัสดุจากธรรมชาติจัดเป็นทรัพยากรที่สำคัญนำมาซึ่งการใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวางทั้งในด้านการวิจัย และการคิดค้นวัสดุทดแทนประเภทต่าง ๆ เช่น กระดาษ [1] พลาสติกชีวภาพ หรือการใช้ประโยชน์ในรูปของสีธรรมชาติก็เป็นอีกทางหนึ่งที่มีการศึกษาอย่างแพร่หลาย จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าสีธรรมชาติและรงควัตถุในสีธรรมชาติ (Pigment) มีการใช้งานมาอย่างยาวนานตั้งแต่ยุคประวัติศาสตร์ ถึงแม้ว่าการใช้สีธรรมชาติยังไม่เป็นที่แพร่หลายในระดับอุตสาหกรรม เนื่องจากมีการคิดค้น และนำสีสังเคราะห์มาใช้กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมต่าง ๆ แต่ยังพบว่าการใช้สีธรรมชาติก็ยังคงมีความสำคัญ และเป็นที่นิยมในการใช้งานทั้งในอุตสาหกรรมอาหาร เครื่องสำอาง หรือในอุตสาหกรรมสิ่งทอโดยเฉพาะเสื้อผ้า งานแฟชั่น และงานสิ่งประดิษฐ์ที่มีลักษณะเฉพาะตัว อีกทั้งในสังคมปัจจุบันมีการตระหนักถึงปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม และสุขภาพของผู้บริโภค จึงทำให้การใช้สีธรรมชาติที่จัดเป็นกลุ่มสารให้สีที่มีความเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม (Eco-friendly) [2] ยังคงส่วนแบ่งของผู้บริโภคในตลาดได้อย่างต่อเนื่อง

สารให้สีจากธรรมชาติมีมากมาย สามารถให้เฉดสีที่แตกต่างกัน เช่น สีเขียวจากคลอโรฟิลล์ (Chlorophylls) สีเหลืองจากฟลาโวน (Flavones) และฟลาโวนอล (Flavonoles) สีน้ำตาลจากฟลาโวนอยด์ (Flavonoides) และแทนนิน (Tan- nin) สีน้ำเงินจากอินดิโก (Indigo) สีม่วงแดงจากแอนไซยานิน (Anthocyanin) เป็นต้น [3] ในบางครั้งพบการนำพืชที่มีสารให้สีต่างชนิดกันมาผสมกันเพื่อให้ได้สีที่มีความหลากหลายมากขึ้น

ถั่วดำ หรือถั่วเขียวสีดำ (Phaseolus Vulgaris L.) จัดอยู่ในวงศ์ถั่ว FABACEAE หรือLEGUMINOSAE และอยู่ในวงศ์ย่อยถั่ว FABOIDEAE (PAPILIONOIDEAE หรือ PAPILIONACEAE เป็นหนึ่งในพืชตระกูลถั่วที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง จัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของเอเชีย ถั่วดำมีถิ่นกำเนิดในแถบประเทศอินเดียหรือในพม่า เนื่องจากมีหลักฐานที่ระบุว่ามีศูนย์กลางแหล่งกำเนิดอยู่ในประเทศอินเดียและเอเชียกลาง และภายหลังได้แพร่กระจายไปยังเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ได้แก่ ประเทศไทย พม่า มาเลเซีย และฟิลิปปินส์ ตลอดจนถึงทวีปอเมริกา แอฟริกา และออสเตรเลีย เมล็ดถั่วดำมีองค์ประกอบที่สำคัญได้แก่ แป้ง โปรตีน เส้นใยอาหาร เกลือแร่ และวิตามินต่าง ๆ โดยเฉพาะโปรตีนมีปริมาณมากถึงร้อยละ 20–25 [4],[5] ถั่วดำสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างหลากหลาย เช่น ในประเทศญี่ปุ่นจะเพาะถั่วงอก ประเทศอินเดียนิยมนำไปทำถั่วซีกหรือบริโภคทั้งเมล็ด และใช้เป็นส่วนประกอบในอาหารจำพวกซุป หรือส่วนผสมในแกงต่าง ๆ นอกจากนี้ยังมีการใช้ถั่วดำทำเป็นอาหารประเภทหมัก เช่นถั่วเน่า ส่วนในประเทศไทยนิยมนำถั่วดำมาใช้เป็นส่วนประกอบในอาหารทั้งประเภทอาหารคาว และอาหารหวาน ถั่วดำเป็นพืชที่สามารถทนแล้งได้ดี สามารถปลูกได้ในดินแทบทุกชนิด การเพาะปลูกนิยมปลูกเป็นพืชรองในปลายฤดูฝนตามหลังพืชหลัก เช่นถั่วเหลือง หรือข้าวโพด ในถั่วดำโดยเฉพาะส่วนเปลือกจะมีสารแอนไซยานินที่สามารถใช้เป็นสารให้สีในอาหารประมาณ 2.5 มิลลิกรัมต่อกรัมของเปลือกถั่วดำ สารนี้มีความสำคัญและมีประโยชน์ในการต่อต้านอนุมูลอิสระ ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของระบบภูมิคุ้มกันในร่างกาย และป้องกันการเกิดมะเร็งได้ [6],[7]

แอนโธไซยานินเป็นสารให้สีกลุ่มใหญ่ที่สุดของสารให้สีในกลุ่มฟีนอลิก และเป็นกลุ่มสำคัญในการให้สีในผลไม้ ผัก ธัญพืช และดอกไม้ [6] แอนโธไซยานินให้โทนสีที่หลากหลาย ทั้งสีม่วง สีแดง สีส้ม และสีน้ำเงิน สารนี้ไม่เป็นพิษต่อร่างกาย มีความสามารถในการละลายน้ำได้ดี จึงนิยมนำมาใช้เป็นสารให้สีในอาหาร [7] โครงสร้างของแอนโทไซยานิน ประกอบด้วยแอนโทไซยานิดิน หรืออะไกลโคน (Aglycone) มีโครงสร้างพื้นฐานประกอบด้วย คาร์บอนเชื่อมต่อกันในรูป C_6-C_3-C_6 เชื่อมต่อกัน ซึ่งแอนโธไซยานิดินที่พบมากในปัจจุบัน

จะมีอยู่ 6 ชนิด คือ เพลาโกนิดินไซยานิดิน เดลฟินิดิน พีโอนิดิน เพทุนิดิน และมอลวิดิน น้ำตาล จะเกิดพันธะกับคาร์บอนตำแหน่งที่ 3 หรือตำแหน่งที่ 3 และ 5 โดยน้ำตาลที่เกิดพันธะได้ เช่น กลูโคส กาแลกโตส รูติโนส แรมโนส และโครงสร้างที่เป็นกรดเรียกว่า นอนอะซิเลตเทต แอนโทไซยานิน ถ้าไม่มีกรดเป็นองค์ประกอบเรียกว่า อะซิเลตเทต แอนโทไซยานิน ในการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าอุณหภูมิ และ ความเป็นกรด ด่าง (pH) เป็นตัวแปรหลักสำคัญที่สามารถทำให้สารนี้เกิดการสลายตัว และมีการเปลี่ยนแปลงเปลี่ยนแปลงของสีได้ [8],[9] นอกจากแอนโธไซยานินแล้วยังพบสารอื่น เช่น ฟลาโวนอยด์ และแอนทราควิโนน ที่มีผลต่อการเกิดสีบนพืช ผัก และผลไม้อีกด้วย

ในการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์หลักในการนำสารให้สีจากน้ำแช่เมล็ดถั่วดำแห้งมาเพิ่มประโยชน์ใช้งานในกระบวนการย้อมสีสิ่งทอ แทนการปล่อยน้ำสีทิ้งลงสู่แหล่งน้ำทันที ในการวิจัยนี้ศึกษาองค์ประกอบพฤกษเคมีที่สำคัญ ค่า pH ที่เกิดขึ้นจากการย้อมสีบนผืนผ้า ผลการศึกษาสามารถนำไปใช้ในงานสิ่งทอและงานอื่นที่เกี่ยวข้อง

2. ระเบียบวิธีวิจัย

2.1 วัตถุดิบและสารเคมี

ในการศึกษานี้ใช้ถั่วดำอบแห้งจากบริษัทไร่ธัญญะ (ไร่ทิพย์) โดยไม่ผ่านกระบวนการทำความสะอาด ผ้าที่ใช้ในการวิจัยประกอบไปด้วยผ้าไหม น้ำหนัก 92.82 กรัมต่อตารางเมตร ผ้าฝ้ายน้ำหนัก 137.22 กรัมต่อตารางเมตร และผ้าพอลิเอสเตอร์ น้ำหนัก 100.42 กรัมต่อตารางเมตร ผ้าทั้งหมดเป็นผ้าทอลายขัด ก่อนนำผ้าไปใช้งานนำมาผ่านกระบวนการทำความสะอาดเพื่อกำจัดสิ่งสกปรกบนผืนผ้า ด้วยน้ำสบู่ 2 กรัมต่อลิตร และโซเดียมคาร์บอเนต 2 กรัมต่อลิตร ต้มที่อุณหภูมิ 95-97องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที

2.2 การตรวจสอบสารพฤกษเคมี

การสกัดสีจากน้ำแช่ถั่วดำใช้การสกัดแบบแช่โดยมีน้ำเป็นตัวทำละลาย อัตราส่วนน้ำหนักเมล็ดถั่วดำแห้งต่อปริมาตรน้ำ 1 ต่อ 2 แช่ที่อุณหภูมิห้องไม่น้อยกว่า 12 ชั่วโมง ก่อนนำสารละลายจากน้ำแช่ถั่วดำมาตรวจสอบสารพฤกษเคมีเบื้องต้นด้วยปฏิกิริยาการเกิดสีหรือตะกอนด้วยสารสกัดเอทิลแอซีเตตและเอทานอล [10],[11] สำหรับแอนโธไซยานิน แอนทราควิโนน เทอร์พีนอยด์ ฟลาโวนอยด์ ซาโปนิน แทนนิน แอลคาลอยด์ และคาร์ดิแอกไกลโคไซด์

2.3 การย้อมและประเมินค่าการติดสี

นำสารละลายจากน้ำแช่ถั่วดำที่ได้ไประเหยน้ำบางส่วนออกในอัตราส่วน 2:1 คือ ใช้น้ำสีตั้งต้น 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร ระเหยให้เหลือเพียง 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร เพื่อทำให้สารละลายมีความเข้มของสีเพิ่มขึ้นด้วยอ่างน้ำชนิดควบคุมอุณหภูมิ (Water Bath รุ่น WNB7, MEMMERT, Germany) ที่อุณหภูมิไม่เกิน 65 องศาเซลเซียส ก่อนนำไปย้อมที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที บนผ้าไหม ผ้าฝ้าย และ 130 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที บนผ้าพอลิเอสเตอร์ เมื่อเลือกประเภทผ้าที่เหมาะสมแล้วศึกษาผลของการย้อมสี โดยปรับน้ำย้อมให้มีค่า pH ที่ 3, 7 และ 10 ตามลำดับ

ผ้าย้อมที่ได้ในแต่ละกระบวนการนำมาวัด และประเมินค่าสี (Color coordinate) ตามมาตรฐาน CIE L*, a*, b* และประเมินค่าความเข้มสี (Spectra Value; K/S) เมื่อ L* แทนค่าความมืด-ความสว่าง a* แทนค่าสีแดง-สีเขียว b* แทนค่าสีเหลือง-น้ำเงิน ด้วยเครื่อง Spectraflash SF600 PLUS-CT, Datacolor international, USA ด้วยโปรแกรม Data Match Color Tools กำหนดให้ D_{65} เป็นแหล่งกำเนิดแสง ที่มุมมอง 10 องศา

2.4 การประเมินคุณสมบัติของผ้าย้อมสี

2.4.1 การประเมินความสามารถในการป้องกันรังสียูวี (UV Protection)

ความสามารถในการป้องกันรังสีแสดงผลในรูปของร้อยละการป้องกันรังสียูวี และระดับการป้องกันรังสียูวี (UPF) ด้วยเครื่อง วัดรังสีอัลตราไวโอเลต รุ่น Solarmeter MODEL 5.7 TOTAL UV (A+B), Sol artech Inc. สามารถประเมินผลได้ตามตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 1 การป้องกันรังสียูวี

UPF	การส่องผ่านแสงยูวี (%)	ระดับการป้องกัน
<15	>6.7	ไม่สามารถป้องกัน
15-24	6.7-4.2	ดี
25-39	4.1-2.6	ดีมาก
40-50, 50^{+}	£ 2.5	ดีเยี่ยม

ที่มา: The role of natural dyes in the UV protection of fabrics made of vegetable fibres โดย Daniele Grifoni and et.al. Dyes and Pigments, vol. 91, pp. 279-285, April 2011. [12]

2.4.2 การประเมินความคงทนของสี

ความคงทนของสีเป็นการประเมินคุณภาพผ้าย้อมในด้านความคงทนของสีต่อการซักบนวัสดุสิ่งทอ (Color Fastness to Washing) ตามมาตรฐาน ISO-105C ด้วยเครื่อง Gyrowash, James H. & Halifax, England ความคงทนของสีต่อการขัดถู ตามมาตรฐาน AATCC 8-1996 ด้วยเครื่อง Crockmeter รุ่น M238AA, SDL Atlas, USA และความคงทนของสีต่อแสงแดดเทียม ตามมาตรฐาน AATCC 16-1998 ด้วยเครื่อง Solar Box, รุ่น Air-cooled Xenon lamp, MEZGER, INC., USA) การประเมินผลความคงทนของสีใช้เครื่อง Spectraflash SF600 PLUS-CT, Datacolor International, USA ใช้ Function Gray Scale for Change เพื่อดูผลการเปลี่ยนแปลงของสี และ Gray Scale for Staining เพื่อดูผลการตกเปื้อนของสีบนผ้าขาว

3. ผลการศึกษาและอภิปรายผล

3.1 การตรวจสอบสารพฤกษเคมี

สารประกอบที่สกัดได้น้ำแช่เมล็ดถั่วดำแห้ง มีลักษณะใส ให้สีน้ำตาลแดง เมื่อนำไปตรวจสอบประเภทสารพฤกษเคมีได้ผลดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สารพฤกษเคมีในน้ำแช่เมล็ดถั่วดำแห้ง

สารพฤกษเคมี	เอทิลแอซีเตต	เอทานอล
แอนโธไซยานิน	+	+
แอนทราควิโนน	+	+
เทอร์พีนอยด์	+	+
ฟลาโวนอยด์	+	+
ซาโปนิน	+	+
แทนนิน	+	+
แอลคาลอยด์	-	-
คาร์ดิแอกไกลโคไซด์	-	-

หมายเหตุ: - ตรวจสอบไม่พบ, + ตรวจสอบพบ

จากตารางที่ 2 พบว่าในน้ำแช่เมล็ดถั่วดำแห้งพบสารประกอบแอนโธไซยานิน ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่ให้สีในเมล็ดถั่วดำ[5] อีกทั้งยังตรวจพบสารประกอบแอนทราควิโนน เทอร์พีนอยด์ ฟลาโวนอยด์ ซาโปนิน และแทนนิน

สารประกอบทั้งหมดที่พบในน้ำแช่เมล็ดถั่วดำแห้งจัดเป็นสารประกอบพอลิฟีนอล (Polyphenolic Compounds) กล่าวคือเป็นสารในกลุ่มสารประกอบฟีนอลที่มีโครงสร้างเป็นวงแหวนแอโรแมติกและมีจำนวนหมู่ไฮดรอกซิลในโมเลกุล ตั้งแต่ 2 วงขึ้นไป พบทั่วไปในพืชเป็นสารที่มีความสามารถในการป้องกันการเกิดอนุมูลอิสระและป้องกันการเกิดมะเร็งในมนุษย์ [13] อีกทั้งยังพบว่าสารประกอบนี้มีความสามารถป้องกันรังสียูวีได้ [8],[14]

3.2 การย้อมสีบนเส้นใย

น้ำแช่เมล็ดถั่วดำแห้งในสภาวะเริ่มต้นมีค่า pH » 6 นำมาย้อมสีบนผ้าพอลิเอสเตอร์ ผ้าฝ้ายและผ้าไหม ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที และปรับค่าความเป็นกรด ด่างเพื่อศึกษาลักษณะสี และความเข้มสีบนผืนผ้า ผลการศึกษาดังต่อไปนี้

รูปที่ 1 ผลการติดสีบนผ้าประเภทต่าง ๆ

จากรูปที่ 1 จะเห็นได้ว่าน้ำแช่เมล็ดถั่วดำแห้งสามารถติดสีได้ดีที่สุดบนผ้าไหม ส่วนผ้าฝ้ายสามารถติดสีได้เล็กน้อย และไม่สามารถติดสีได้บนผ้าพอลิเอสเตอร์ ซึ่งสามารถอธิบายผลการติดสีบนผ้าเทียบเคียงกับกลไกการติดสีของโมเลกุลสีแอซิด ที่สามารถติดสีได้ในภาวะกรด โดยเฉพาะกับเส้นใยโปรตีน เช่น ไหม ในกระบวนการย้อมสีโดยเฉพาะในน้ำสีที่มีภาวะกรด พบว่าหมู่อะมิโนจะรับโปรตอน เพื่อเปลี่ยนโครงสร้างเป็น (Protonated Terminal Amino Group) ที่มีความสามารถในการยึดเกาะกับประจุลบของโมเลกุลสี และเกิดการผนึกสีบนเส้นใยได้ [20,22] แสดงได้ดังสมการที่ 1

$$NH_2 - silk - COOH + DSO_3^- Na^+$$

$$\downarrow H^+$$

$$DSO_3^- {}_3^+HN - silk - COOH \quad -1)$$

เห็นได้ว่ากลการติดสีจะเกิดทั้งพันธะไฮโดรเจน แรงวาลว์เดอวาลล์ และพันธะอิออนิก แต่พันธะอิออนิกจะเป็นตัวสำคัญที่สุดในการอธิบายผลการติดสี ดังนั้นกรณีของผ้าฝ้าย ซึ่งเป็นเส้นใยที่มีหมู่ไฮดรอกซิลเป็นประจุลบเช่นเดียวกันกับโมเลกุลของสีทำให้ได้ผลการติดสีที่ต่ำ และเส้นใยพอลิเอสเตอร์ไม่แสดงประจุในการย้อมทำให้ไม่สามารถติดสีได้

เมื่อสังเกตลักษณะสีที่ติดบนผ้าไหมพบเป็นสีน้ำตาลแดง เนื่องจากการผสมของสารให้สีในสารละลายน้ำแช่ถั่วดำของแอนโธไซยานินที่มีสารให้สีม่วงแดง ฟลาโวนอยด์ และแทนนินมีสารให้สีโทนสีน้ำตาล [3],[15] ในกระบวนการย้อมสีใช้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เพื่อทำให้สีสามารถแทรกซึมและผนึกเข้าไปในผืนผ้าส่งผลให้แอนโธยานินบางส่วนเกิดการสลายตัว [21] อีกทั้งการเพิ่มอุณหภูมินี้จะเร่งให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของสาร ประกอบออโธไดฟีนอล (o-Diphenol) ให้กลายเป็นสารประกอบออโธควิโนน (o-Quinone) จึงทำให้ผ้าที่ได้มีการเปลี่ยนแปลงจากสีน้ำตาลแดงออกไปเป็นสีน้ำตาลเข้ม [16],[17]

เมื่อพิจารณาผลของค่า pH สามารถแสดงผลการศึกษาได้ตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าลักษณะสี (Color Coordination)

pH	L*	a*	b*	K/S
3	44.17	16.88	20.13	6.19
7	50.06	12.26	23.56	1.70
10	71.26	8.28	26.84	0.59

จากตารางที่ 2 ผลการปรับค่า pH ในการย้อมสีบนผ้าไหม พบว่าที่สภาวะการย้อมที่ pH 3 สารละลายจะมีความเป็นกรดสูง เมื่อนำไปย้อมบนผ้าไหมจะมีสีน้ำตาลแดง แต่เมื่อค่า pH สูงขึ้นพบว่าผ้าที่ได้ออกไปทางน้ำตาลเหลือง [18] แสดงว่าน้ำแช่ถั่วดำมีคุณสมบัติการเป็นอินดิเคเตอร์ ส่วนความสามารถในการติดสีบนผืนผ้าลดน้อยลง เนื่องจากกลไกการติดสีอาศัยพันธะอิออนิกเป็นกลไกหลักดังที่กล่าวมาแล้ว ดังนั้นเมื่อพิจารณาการติดสี โดยเฉพาะบนผ้าไหมพบว่าเมื่อเพิ่มค่า pH ส่งผลเกิดการเปลี่ยนแปลงของหมู่น้อยลง ในขณะที่หมู่คาร์บอกซิลิก จะทำให้เกิดการไอออไนซ์เซชันและเปลี่ยนไปเป็นหมู่ ทำให้เกิดแรงผลักออก

ระหว่างสีย้อมและเส้นใยตามสมการที่ 2 [22] ส่งผลให้ความเข้มสี (K/S) ที่ติดบนผืนผ้าลดลง

$$H_3N^+ - silk - COOH \rightarrow H_2N - Silk - CO_2^- \quad (2)$$

Acidic ⟶ Alkaline

3.3 การป้องกันรังสียูวี

รังสีอัลตราไวโอเลต หรือรังสียูวี (UV) เป็นคลื่นแม่เหล็ก ไฟฟ้าที่ถูกแผ่ออกมาจากดวงอาทิตย์ ถ้าสัมผัสแสง UV โดยตรง หรือระยะเวลานานจะส่งผลต่อผิวหนัง ทำให้ผิวหนังไหม้เกรียม หรือเป็นสาเหตุให้เกิดมะเร็งผิวหนังได้ ตามมาตรฐานสิ่งทอการป้องกันรังสียูวีจะแสดงในรูปร้อยละการส่องผ่านของรังสียูวี และอัตราส่วนปริมาณรังสีที่ถูกผิวในขณะไม่มีผืนผ้าต่อปริมาณรังสีเมื่อมีผืนผ้า หรือค่า UPF ทั่วไปจะมีค่าระหว่าง 15-50 ขึ้นกับปัจจัยต่าง ๆ เช่นความเข้มสี ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ความสามารถในการป้องกัน UV

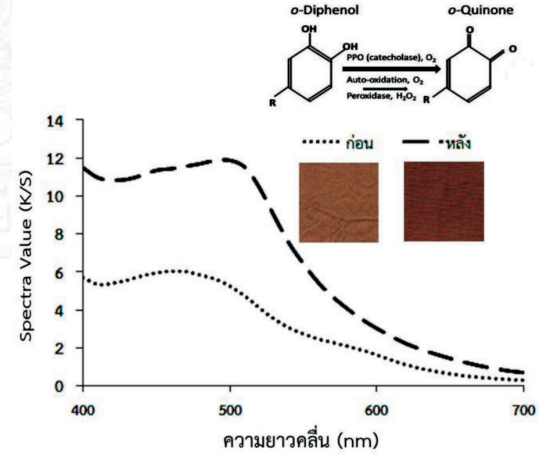
pH	K/S	การส่องผ่าน UV (%)	UPF	ระดับการป้องกัน
Control	-	15.78	<15	ไม่สามารถป้องกัน
3	6.19	2.55	50^+	ดีเยี่ยม
7	1.70	6.36	15-24	ดี
10	0.59	8.65	<15	ไม่สามารถป้องกัน

หมายเหตุ: Control คือผ้าไหมไม่ผ่านการย้อมสี

จากตารางที่ 3 พบว่าผ้าไหมย้อมสีที่ pH 3 มีค่าความเข้มสีสูงสุด มีร้อยละการส่องผ่านแสง UV 2.55 หรือสามารถป้องกันรังสียูวีได้มากกว่าร้อยละ 97.5 คิดเป็น UPF 50 (หรือ 50^+) แสดงว่าผ้าย้อมสีจากน้ำแช่เมล็ดถั่วดำสามารถป้องกันรังสียูวีได้ดีเยี่ยม และเมื่อความเข้มสีลดลงในการย้อมที่ pH 7 จะทำให้ความสามารถในการป้องกันรังสี UV ลดลงด้วย และที่ pH 10 การติดสีบนผืนผ้าลดลงอย่างมากจนแทบไม่เกิดการติดสีจึงทำให้ผ้าที่ได้ไม่มีความสามารถในการป้องกันรังสียูวี จากผลการศึกษาที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมาที่พบว่าผ้าจากใยธรรมชาติและขนสัตว์ไม่มีความสามารถในการป้องกันรังสียูวี และความสามารถในการป้องกันรังสียูวีสามารถเพิ่มขึ้นจากการย้อมสี โดยเฉพาะสีธรรมชาติที่มีองค์ประกอบเป็นแทนนิน แคโรทีนอยด์ และแอนโธไซยานิน [14],[19]

3.4 ความคงทนของสี

ผ้าไหมที่ผ่านการย้อมสีที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที ถูกนำมาศึกษาสมบัติด้านความคงทนของสีในด้านความคงทนของสีต่อการซักล้าง การขัดถู และแสง พบว่าผ้าที่ได้มีความคงทนของสีต่อการขัดถูทั้งการเปลี่ยนแปลงสี และการตกเปื้อนบนผ้าขาวอยู่ในระดับ 4-5 หมายถึงดีถึงดีมาก ความคงทนของสีต่อแสงระดับ 4 อยู่ในเกณฑ์พอใช้ และความคงทนของสีต่อการซักล้างด้านการตกเปื้อนระดับ 4 อยู่ในเกณฑ์ดี แต่มีการเปลี่ยนแปลงของสีไปจากเดิม ดังแสดงผลในรูปที่ 2



รูปที่ 2 ความคงทนของสีต่อการซัก

จากรูปที่ 2 พบว่าผ้าที่ผ่านการทดสอบการซักล้างตามมาตรฐานที่กำหนดมีค่าความเข้มสีสูงขึ้นเมื่อเทียบกับผ้าก่อนทดสอบ โดยเป็นผลของสารพอลิฟีนอล (o-Diphenol) ถูกออกซิไดส์เกิดเป็นโอควิโนน (o-Quinone) ซึ่งเป็นสารหลักที่ทำให้พืชเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้ม [17]

4. สรุป

จากผลการศึกษาสามารถสรุปได้สารละลายจากน้ำแช่เมล็ดถั่วดำแห้งมีสารแอนโธไซยานิน แอนทรา-ควิโนน เทอร์พีนอยด์ ฟลาโวนอยด์ ซาโปนิน และแทนนินเป็นองค์ประกอบ เป็นสารสำคัญที่พบที่พบได้ในพืชต่าง ๆ สารละลายที่ได้สามารถนำมาใช้ย้อมสีได้ดีบนผ้าไหม ให้สีน้ำตาลแดง ผ้าไหมย้อมสีมีความสามารถป้องกันรังสียูวีและมีความคงทนของสีที่เหมาะสมต่อการใช้งานทั้งในด้านความคงทนของสีต่อการซักล้างและการขัดถูสามารถนำผ้าที่ได้จากการย้อมไปทำเป็นผลิตภัณฑ์ประเภทต่าง ๆ ได้แก่เสื้อคลุม หรือหมวก จากผลการศึกษาเห็นได้ว่าการใช้ประโยชน์จากน้ำแช่ถั่วดำในการย้อมสีจัดได้ว่าเป็นการใช้สีธรรมชาติที่มีคุณค่า (Eco-friendly Natural Dyeing) ไม่สร้างมลพิษให้แก่สิ่งแวดล้อม ยังเป็นการเพิ่มคุณค่าให้กับน้ำทิ้งที่เหลือจากกระบวนการใช้งานหลัก แทนการปล่อยน้ำสีลงสู่แหล่งน้ำในทันที ในการวิจัยต่อไปสามารถประยุกต์ใช้ผลการศึกษาเพื่อต่อยอดด้านการสร้างสรรค์ลวดลายให้แก่ผืนผ้าด้วยเทคนิคการพิมพ์สี หรือใช้สารมอแดนท์เพื่อเพิ่มความคงทนของสี และทำให้ได้เฉดสีที่หลากหลายมากขึ้น เช่น สารส้ม (Potassium Alum) ซึ่งไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

6. เอกสารอ้างอิง

[1] K. Luepong, N. Sasithon and K. Manarungwit, “Kraft Paper Preparation from Water Hyacinth, Pineapple Leaves and Leaf Sheath of Banana Tree,” *RMUTP Research Journal*, vol. 11, pp. 15-22, 2017.

[2] R. A. M. Mussak and T. Bechtold, “Natural Colorants in Textile Dyeing,” in *Handbook of Natural Colorants*, T. "Bechtold and R. Mussak, Eds. Chichester, UK : John Wiley & Sons Ltd., 2009, pp. 315-337.

[3] Andrea Biertumpfel and Gunter Wurl, “Dye Plants in Europe,” in *Handbook of Natural Colorants*, T. "Bechtold and R. Mussak, Eds. Chichester, UK : John Wiley & Sons Ltd., 2009, pp. 39-52.

[4] L. Jiang et al., “Effects of ultrasound on the structure and physical properties of black bean protein isolates,” *Food Research International*, vol. 62, pp. 595-601, Aug. 2014.

[5] C. D. Ferreira, V. Ziegler, I. da S. Lindemann, J. F. Hoffmann, N. L. Vanier and M. de Oliveira, “Quality of black beans as a function of long-term storage and moldy development: Chemical and functional properties of flour and isolated protein,” *Food Chemistry*, vol. 246, pp. 473–480, Apr. 2018.

[6] J. A. do Evangelho, N. L. Vanier, V. Z. Pinto, J. J. D. Berrios, A. R. G. Dias and E. da R. Zavareze, “Black bean (Phaseolus vulgaris L.) protein hydrolysates: Physicochemical and functional properties,” *Food Chemistry*, vol. 214, pp. 460-467, Jan. 2017.

[7] Y. Aguilera, L. Mojica, M. Rebollo-Hernanz, M. Berhow, E. G. de Mejía and M. A. Martín-Cabrejas, "Black bean coats: New source of anthocyanins stabilized by β-cyclodextrin copigmentation in a sport beverage," *Food Chemistry,* vol. 212, pp. 561-570, Dec. 2016.

[8] Y. Ren, J. Gong, F. Wang, Z. Li, J. Zhang, R. Fu and J. Lou, "Effect of dye bath pH on dyeing and functional properties of wool fabric dyed with tea extract," *Dyes and Pigments*, vol. 134, pp. 334–341, Jul. 2016.

[9] S. Wahyuningsih, L. Wulandari, M. W. Wartono, H. Munawaroh and A. H. Ramelan, "The Effect of pH and Color Stability of Anthocyanin on Food Colorant," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng*., vol. 193, no. 1, Apr. 2017.

[10] S. Chattiranan, W. Sabaijai and S. NiyomThai, "Phytochemical Screening and Antioxidant Activity of Clerodendrum disparifolium Leaves," *KKU Sci. J*., vol. 41, pp. 723-730, Sep. 2013.

[11] T. Prashant, K. Bimlesh, K. Mandeep, K. Gurpreet and K. Harleen, "Phytochemical screening and Extraction: A Review," *Internationale Pharmaceutica Sciencia*, vol. 1, no. 1, pp. 98-106, Jan. 2011.

[12] D. Grifoni, L. Bacci, G. Zipoli, L. Albanese, and F. Sabatini, "The role of natural dyes in the UV protection of fabrics made of vegetable fibres," *Dyes and Pigments*, vol. 91, no. 3, pp. 279–285, Apr. 2011.

[13] M. Dueñas et al., "Impact of cooking and germination on phenolic composition and dietary fibre fractions in dark beans (Phaseolus vulgaris L.) and lentils (Lens culinaris L.)," *LWT - Food Sci. Technol.*, vol. 66, pp. 72–78, Mar. 2016.

[14] M. Germ, V. Stibilj, S. Kreft, A. Gaberščik and I. Kreft, "Flavonoid, tannin and hypericin concentrations in the leaves of St. John's wort (Hypericum perforatum L.) are affected by UV-B radiation levels," *Food Chemistry.*, vol. 122, no. 3, pp. 471–474, Oct. 2010.

[15] R. A. M. Mussak, T. Bechtold, "Natural Colorants in Textile Dyeing," in *Handbook of Natural Colorants*, T. Bechtold and R. Mussak, Eds. Chichester, UK : John Wiley & Sons Ltd., 2009, pp. 135-137.

[16] A. Marquez, M. Perez-Serratosa, M. A. Varo and J. Merida, "Effect of Temperature on the Anthocyanin Extraction and Color Evolution during Controlled Dehydration of Tempranillo Grapes," *J. Agric. Food Chem.*, vol. 62, no. 31, pp. 7897–7902, Aug. 2014.

[17] M. R. F. Lee, "Forage polyphenol oxidase and ruminant livestock nutrition," *Front. Plant Sci.*, vol. 5, Dec. 2014.

[18] H. Wang, P. Li and W. Zhou, "Dyeing of Silk with Anthocyanins Dyes Extract from Liriope platyphylla Fruits," *Journal of Textiles*, vol. 2014, pp. 1-9, Aug. 2014.

[19] D. Grifoni, L. Bacci, G. Zipoli, L. Albanese and F. Sabatini, "The role of natural dyes in the UV protection of fabrics made of vegetable fibres," *Dyes Pigments*, vol. 91, no. 3, pp. 279–285, Dec. 2011.

[20] E.P.G. Gohl and L.D. Vilensky, "*Textile science*," Chennai, India: CBS Publishers & Distributors PVT.LTD., 2005.

[21] A. Chaovanalikit, S. Apichayaluk, S. Kongtong and S. Chuprathum, "Effect of pH and Temperature on the stability and Visual Color of Roselle and Butterfly Pea Extracts," *Agricultural Sci. J.*, vol. 40, pp. 5-8, Sep. 2009.

[22] M. A. Rahman Bhuiyan, A. Islam, A. Ali and M. N. Islam, "Color and Chemical constitution of natural dye henna (Lawsonia inermis L) and its application in the coloration of textiles," *Journal of Cleaner Production*, vol. 167, pp. 14-22, Aug. 2017.