FIBER FABRIC & FASHION RESEARCH JOURNAL
วารสารวิจัยเส้นใย ผ้า และแฟชั่น
คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น มทร. พระนคร

ปีที่ 4 ฉบับที่ 1 มกราคม - มิถุนายน 2567
Volume 4 No.1 January - June 2024
ISSN 2773-8620 (Online)

วารสารวิจัยเส้นใย ผ้า และแฟชั่น

ชื่อวารสาร	วารสารวิจัยเส้นใย ผ้า และแฟชั่น (Online)
ISSN	ISSN 2773-8620 (Online)
ผู้พิมพ์	คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
วัตถุประสงค์	เพื่อเผยแพร่บทความวิจัย และบทความวิชาการทางด้านสิ่งทอและแฟชั่น ทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัย และส่งเสริมการเผยแพร่ผลงานวิชาการและวิจัยให้เป็นที่ยอมรับในแวดวงวิชาการ
ลักษณะวารสาร	เป็นวารสารอิเล็กทรอนิคแบบออนไลน์ (E Journal) ขนาด เอ 4
กำหนดการเผยแพร่	ปีละ 2 ฉบับ (ราย 6 เดือน) ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน และฉบับที่ 2 กรกฎาคม – ธันวาคม เผยแพร่ในเวปไซต์ของคณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น http://www.itfd.rmutp.ac.th/itfd2010/e-journal
เนื้อหา	มีเนื้อหาทางด้านวิชาการและวิจัยทางด้านสิ่งทอและแฟชั่น ประกอบด้วย - บทความวิชการและวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี - บทความวิชาการและวิจัยทางด้านมนุษยศาสตร์
ภาษา	ไทย / อังกฤษ
ลักษณะบทความ	1. ต้องไม่เคยเผยแพร่ในวารสารอื่นใดมาก่อนหรือไม่อยู่ในขั้นตอนการพิจารณาเพื่อเผยแพร่ในวารสารอื่นๆ 2. ต้องเป็นผลงานวิจัยที่มีผลกระทบในวงกว้างที่ไม่ใช่งานวิจัยเพียงระดับสถาบัน
การส่งบทความ	ส่งบทความมาที่อีเมล์ rattanaphol.m@rmutp.ac.th ; kongkiat.m@rmutp.ac.th
สำนักงาน/ ติดต่อ	คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร เลขที่ 517 ถนนนครสวรรค์ แขวงสวนจิตลดา เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร 10300 โทรศัพท์ 02 665 3555 โทรสาร 02 6653545 มือถือ 08 6992 3305 08 7484 3723

บทความที่ลงพิมพ์เป็นข้อคิดเห็นของผู้เขียนเท่านั้น
ผู้เขียนจะต้องเป็นผู้รับผิดชอบต่อผลทางกฎหมายใด ๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นจากบทความนั้น

FIBER FABRIC & FASHION RESEARCH JOURNAL

Name of Journal	FIBER FABRIC & FASHION RESEARCH JOURNAL (Online)
ISSN	ISSN 2773-8620 (Online)
Publisher	Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, Faculty of Industrial Textiles and Fashion Design
Objective	To disseminate academic work in textiles and fashion disciplines and Promote the dissemination of academic and research works to be accepted in academic areas.
Type of journal	Online journal by website http://www.itfd.rmutp.ac.th/itfd2010/e-journal
Publication Frequency	2 issues per year (January-June) , (July –December)
Content	Academic and research content in textiles and fashion consists of • Academic and research articles in science and technology • Academic and research articles in the humanities
Language	Thai / English
Article Requirements	1. Authors should be noted that only original articles are accepted for publication. Neither the article submitted, nor a version of it has been published, or is being considered for publication elsewhere. 2. Submitted articles must be beneficial to the public.
Article Submission	Email: rattanaphol.m@rmutp.ac.th ; kongkiat.m@rmutp.ac.th
Office/ Contact	Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, Faculty of Industrial Textiles and Fashion Design. No. 517, Nakhonsawan Road, Suan Chitladda Sub-district, Dusit District, Bangkok, 10300 THAILAND Email: rattanaphol.m@rmutp.ac.th ; kongkiat.m@rmutp.ac.th Tel. +66 (02) 665 3555 โทรสาร +66 (02) 6653545 Mobile +66 (08) 69923305; +66 (08) 74843723

Authors have to be responsible for any legal effects that may occur due to their opinions expressed in the articles.

วารสารวิจัยเส้นใย ผ้า และแฟชั่น

บรรณาธิการที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์สุภัทรา โกศัยกานนท์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ดร. ชาญชัย สิริเกษมเลิศ	สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ

หัวหน้ากองบรรณาธิการ

รองศาสตราจารย์ ดร. รัตนพล มงคลรัตนาสิทธิ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ผู้ช่วยบรรณาธิการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เกษม มานะรุ่งวิทย์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ดร. ก้องเกียรติ มหาอินทร์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

กองบรรณาธิการ

Prof. Ing. Jiří Kryštůfek,	Technical University of Liberec, Czech Republic
Prof. Dr. Chi-wai Kan	Hong Kong Polytechnic University, Hong Kong
Assoc. Prof. Dr. Sheila Shahidi	Islamic Azad University, Iran
Assoc. Dr. Mohammad Khajeh Mehrizi	Isfahan University of Technology, Iran
Assoc. Prof. Dr. Mohd Rozi Ahmad	Universiti Teknologi MARA (UiTM), Malaysia
Assoc. Prof. Dr. Mohamad Faizul Yahya	Universiti Teknologi MARA (UiTM), Malaysia
Dr. Anh Tuan Dao	Hanoi University of Science and Technology, Vietnam
ศาสตราจารย์ ดร. ประณัฐ โพธิยะราช	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ศาสตราจารย์ ดร. จินตนา สายวรรณ์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
รองศาสตราจารย์ ดร. เข็มชัย เหมะจันทร	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
รองศาสตราจารย์ ดร. ทองใส จำนงการ	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รองศาสตราจารย์ ดร. บุญศรี คู่สุขธรรม	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
รองศาสตราจารย์ ดร. ปิยะพร คามภีรภาพพันธ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
รองศาสตราจารย์ ดร. นิรัช สุดสังข์	มหาวิทยาลัยนเรศวร
รองศาสตราจารย์ ดร. จารุพรรณ ทรัพย์ปรุง	มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
รองศาสตราจารย์ ดร. สุพรรณี ฉายะบุตร	มหาวิทยาลัยศิลปากร
รองศาสตราจารย์ ดร. ณัฐยา วุฒิกานนท์	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
รองศาสตราจารย์ ดร. สาคร ชลสาคร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
รองศาสตราจารย์สุทัศนีย์ บุญโญภาส	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
รองศาสตราจารย์ขนิษฐ เจริญลาภ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กรทิพย์ วัชรปัญญาวงศ์ เตชะเมธีกุล	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ขนิษฐา วัชราภรณ์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปวริน ตันตริยานนท์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อโนทัย ชลชาติภิญโญ	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศรันยา เผือกผ่อง	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วารสารวิจัยเส้นใย ผ้า และแฟชั่น

กองบรรณาธิการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ประเทืองทิพย์ ปานบำรุง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุพรรณี บุญเรือง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปิยนุช จริงจิตร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมนึก สังข์หนู	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อภิชาติ สนธิสมบัติ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ดร. สมพร วาสะศิริ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นที ศรีสวัสดิ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชนากานต์ เรืองณรงค์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมลักษณ์ วรรณฤมล กีเยลาโรว่า	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ญาณิศา ละอองอุทัย	มหาวิทยาลัยบูรพา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จิตติ พัทธวณิช	มหาวิทยาลัยบูรพา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธีระยุทธ์ เพ็งชัย	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กนิษฐา เรืองวรรณศักดิ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศิรินันท์ แก่นทอง	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. รวิเทพ มุสิกะปาน	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปาเจรา พัฒนถาบุตร	มหาวิทยาลัยศิลปากร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กรวรรณ งามวรธรรม	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ว่าที่พันตรี ดร.สมชาย อุดร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
ดร. รังสิมา ชลคุป	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ดร. ศันศนีย์ คำบุญชู	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ดร. พีรยา สระมาลา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
ดร. นารีรัตน์ จริยะปัญญา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ดร. มนัส แป้งใส	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ดร. มณฑล นาคปฐม	ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ
ดร. นงนุช ศศิธร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ดร. ลาวัณย์ฉวี พรหโมบล สุจริตตานนท์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ฝ่ายประสานงานและจัดการ

นายวิโรจน์ ยิ้มขลิบ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

FIBER FABRIC & FASHION RESEARCH JOURNAL

Advisory Board

Assoc. Prof. Supatra Kosaiyakanont	Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, Thailand
Dr. Chanchai Sirikasemlert	Thailand Textile Institute, Thailand

Editor-in-Chief

Assoc. Prof. Dr. Rattanaphol Mongkholrattanasit	Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, Thailand

Deputy Editor

Asst. Prof. Dr. Kasem Manarungwit	Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, Thailand
Dr. Kongkiat Maha-in	Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, Thailand

Editorial Board

Prof. Ing. Jiří Kryštůfek,	Technical University of Liberec, Czech Republic
Prof. Dr. Chi-wai Kan	Hong Kong Polytechnic University, Hong Kong
Assoc. Prof. Dr. Sheila Shahidi	Islamic Azad University, Iran
Assoc. Dr. Mohammad Khajeh Mehrizi	Isfahan University of Technology, Iran
Assoc. Prof. Dr. Mohd Rozi Ahmad	Universiti Teknologi MARA (UiTM), Malaysia
Assoc. Prof. Dr. Mohamad Faizul Yahya	Universiti Teknologi MARA (UiTM), Malaysia
Dr. Anh Tuan Dao	Hanoi University of Science and Technology, Vietnam
Prof. Dr. Pranut Potiyaraj	Chulalongkorn University, Thailand
Prof. Dr. Chintana Saiwan	Chulalongkorn University, Thailand
Assoc. Prof. Dr. Khemchai Hemachandra	Chulalongkorn University, Thailand
Assoc. Prof. Dr. Tongsai Jamnongkan	Kasetsart University, Thailand
Assoc. Prof. Dr. Boonsri Kusuktham	Rajamangala University of Technology Krungthep, Thailand
Assoc. Prof. Dr. Piyaporn Kampeerapappun	Rajamangala University of Technology Krungthep, Thailand
Assoc. Prof. Dr. Nirat Soodsang	Naresuan University, Thailand
Assoc. Prof. Dr. Jaruphan Supprung	Suan Sunandha Rajabhat University
Assoc. Prof. Dr. Supanee Chayabutra	Silpakorn University, Thailand
Assoc. Prof. Dr. Nattaya Vuthiganond	Thammasart Universiy, Thailand
Assoc. Prof. Dr. Sakhon Chonsakhon	Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Thailand
Assoc. Prof. Sutusanee Boonyobhas	Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Thailand
Assoc. Prof. Khanittha Charoenlarp	Rajamangala University of Technology Krungthep, Thailand
Asst. Prof. Dr. Korntip Watcharapanyawong Techametheekul	Kasetsart University, Thailand
Asst. Prof. Dr. Kanitta Watcharaporn	Kasetsart University, Thailand
Asst. Prof. Dr. Pawarin Tuntariyanond	Kasetsart University, Thailand

FIBER FABRIC & FASHION RESEARCH JOURNAL

Editorial Board

Asst. Prof. Dr. Anothai Cholchartpinyo	Kasetsart University, Thailand
Asst. Prof. Dr. Sarunya Puakpong	Kasetsart University, Thailand
Asst. Prof. Dr. Pratuangtip Panbumrung	Rajamangala University of Technology Krungthep, Thailand
Asst. Prof. Dr. Supannee Boonrueng	Rajamangala University of Technology Krungthep, Thailand
Asst. Prof. Dr. Piyanut Jingjit	Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Thailand
Asst. Prof. Dr. Somnuk Sungnoo	Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Thailand
Asst. Prof. Dr. Apichart Sonthisombat	Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Thailand
Asst. Prof. Dr. Somporn Wasasiri	Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Thailand
Asst. Prof. Dr. Natee Srisawat	Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Thailand
Asst. Prof. Dr. Chanakarn Ruangnarong	Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Thailand
Asst. Prof. Dr. Somlak Wannarumon Kielarova	Naresuan University, Thailand
Asst. Prof. Dr. Yanisa Laoong-u-thai	Burapha Universityi, Thailand
Asst. Prof. Dr. Jitti Pattavanitch	Burapha Universityi, Thailand
Asst. Prof. Dr. Teerayut Pengchai	Udon Thani Rajabhat Universityi, Thailand
Asst. Prof. Dr. Kanittha Ruangwannasak	Udon Thani Rajabhat Universityi, Thailand
Asst. Prof. Dr. Sirinun Keanthong	Srinakarinwirot University, Thailand
Asst. Prof. Dr. Ravitep Musikapan	Srinakarinwirot University, Thailand
Asst. Prof. Dr. Pajaera Patanatabutr	Silpakorn University, Thailand
Asst. Prof. Dr. Khonrawan Ngamvoratham	King Mongkut's Institute ofTechnology Ladkrabang, Thailand
Asst. Prof. Acting Maj. Dr. Somchai Udon	Rajamangala University of Technology Krungthep, Thailand
Dr. Pithalai Phoophat	Kasetsart University, Thailand
Dr. Rungsima Chollakup	Kasetsart University, Thailand
Dr. Sunsanee Komboonchoo	Chiang Mai University, Thailand
Dr. Peeraya Sramala	Rajamangala University of Technology Krungthep, Thailand
Dr. Nareerut Jariyapunya	Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Thailand
Dr. Manat Paengsai	Srinakarinwirot University, Thailand
Dr. Monthon Nakpathom	National Metal and Materials Technology Center, Thailand
Dr. Nongnut Sasithorn	Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, Thailand
Dr. Lavanchawee Sujarittanonta	Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, Thailand

Coordinators

Mr. Wirote Yimklib	Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, Thailand

คำแนะนำในการเตรียมต้นฉบับบทความ

1. การเรียงลำดับเนื้อหาบทความ

1.1 ชื่อเรื่อง (Title) ภาษาไทยและภาษาอังกฤษควรสั้นกะทัดรัด และสื่อความหมายของเรื่องที่ทำอย่างชัดเจน

1.2 ชื่อ นามสกุลของผู้เขียน ใส่ทุกคน เป็นภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ระบุสถานที่ทำงาน และที่อยู่สำหรับผู้นิพนธ์ประสานงาน (Corresponding Author) ให้ระบุหมายเลขโทรศัพท์ และไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (E-mail)

1.3 บทคัดย่อ (Abstract) ภาษาไทยและภาษาอังกฤษเป็นเนื้อความสรุปสาระสำคัญของเรื่อง วัตถุประสงค์ วิธีการศึกษาผลการศึกษา และผลสรุป มีความยาวไม่เกิน 250 คำ มี 1 ย่อหน้า

1.4 คำสำคัญ (Keyword) ภาษาไทยและภาษาอังกฤษอย่างละ 3–5 คำ ไว้ท้ายบทคัดย่อแต่ละภาษา

1.5 เนื้อหา (Text) บทความวิจัยควรประกอบด้วย

- **บทนำ (Introduction)** บอกความสำคัญหรือที่มาของปัญหาที่นำไปสู่การศึกษา วัตถุประสงค์ และอาจรวมวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง (Literature Review)
- **วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการวิจัย (Materials and Methods)** กล่าวถึงรายละเอียด การวิเคราะห์และทดลองที่กระชับและชัดเจน
- **ผลการทดลอง และการอภิปรายผล (Results and discussion)** บอกผลที่พบอย่างชัดเจน สมบูรณ์และมีรายละเอียดครบถ้วน รวมทั้งเป็นการประเมิน การตีความ และการวิเคราะห์ในแง่มุมต่างๆ ของผลที่ได้ว่าเป็นไปตามวัตถุประสงค์หรือไม่ มีความสอดคล้องหรือขัดแย้งกับผลงานของผู้อื่นอย่างไร ต้องมีการอ้างหลักการหรือทฤษฎีมาสนับสนุนหรือหักล้างอย่างเป็นเหตุเป็นผล
- **สรุปผลการวิจัย (Conclusion)** ส่วนนี้นำเสนอผลลัพธ์ของงานโดยการตีความสิ่งที่ค้นพบในระดับที่สูงกว่าการอภิปรายผล และอาจมีข้อเสนอแนะที่จะนำผลวิจัยไปใช้ประโยชน์

1.6 กิตติกรรมประกาศ (ถ้ามี) ระบุสั้นๆ ว่าได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยและความช่วยเหลือจากที่ใดบ้าง

1.7 เอกสารอ้างอิง (References) การอ้างอิงในบทความใช้การอ้างอิงแบบตัวเลข เอกสารอ้างอิงท้ายบทความทุกฉบับจะต้องมีการอ้างอิงในบทความ มีการอ้างอิงที่ถูกต้องตามหลักวิชาการ ตามรูปแบบของ APA (American Psychological Association) รายละเอียดของเอกสารอ้างอิง ประกอบด้วย ชื่อผู้เขียน ชื่อหนังสือหรือชื่อของบทความ ชื่อของเอกสารที่พิมพ์ สำนักพิมพ์ หรือสถานที่พิมพ์ ปีที่ (ฉบับที่) พิมพ์ และเลขหน้าที่อ้างอิงทั้งนี้การเขียนให้เป็นไปตามรูปแบบของชนิดเอกสารที่อ้างอิง

1.8 ภาคผนวก (ถ้ามี)

1.9 ตารางและรูปภาพ ต้องมีความคมชัดและให้แทรกไว้ในบทความ มีคำอธิบายสั้นๆ แต่สื่อความหมายได้สาระครบถ้วนและเข้าใจ กรณีที่เป็นตาราง ให้ระบุลำดับที่ของตาราง ใช้คำว่า “**ตารางที่...**” และมี

คำอธิบายใส่ไว้เหนือตาราง กรณีที่เป็นรูปให้ระบุลำดับที่ของรูปใช้คำว่า “**ภาพที่...**” และมีคำอธิบายใส่ไว้ใต้รูป

2. คำแนะนำในการเขียนและพิมพ์

2.1 คำแนะนำทั่วไป บทความต้องมีความยาวไม่เกิน 9 หน้ากระดาษ A4 พิมพ์ด้วย Microsoft Word for Windows การตั้งค่าหน้ากระดาษ ขอบด้านบนและด้านล่าง 3 ซม. ด้านซ้ายและ ด้านขวา 2.5 ซม. พิมพ์ 1 คอลัมน์ การลำดับหัวข้อของเนื้อเรื่องให้ใช้เลขกำกับ บทนำเป็นหัวข้อหมายเลข 1 และหากมีหัวข้อย่อยให้ใช้เลขระบบทศนิยมกำกับหัวข้อย่อย เช่น 2.1 เป็นต้น ดูรายละเอียดเพิ่มเติมได้ที่ http://www.itfd.rmutp.ac.th/itfd2010/e-journal

2.2 แบบและขนาดตัวอักษร

- กรณีเป็นบทความภาษาไทย ใช้ตัวอักษรแบบ “TH Sarabun PSK” ชื่อบทความใช้ตัวอักษรขนาด 18 ตัวหนา ชื่อผู้เขียน บทคัดย่อและเนื้อความต่างๆ ใช้ตัวอักษรขนาด 14 ตัวปกติ ชื่อหัวข้อและหัวข้อย่อยใช้ตัวอักษรขนาด 14 ตัวหนา
- กรณีเป็นบทความภาษาอังกฤษ ใช้ตัวอักษรแบบ “Times New Roman” ชื่อบทความใช้ตัวอักษรขนาด 14 ตัวหนา ชื่อผู้เขียน บทคัดย่อและเนื้อความต่างๆ ใช้ตัวอักษรขนาด 12 ตัวปกติ ชื่อหัวข้อและหัวข้อย่อยใช้ตัวอักษรขนาด 12 ตัวหนา

3. เกณฑ์การพิจารณาบทความ

มีดังนี้ ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ คุณค่าทางวิชาการความสมบูรณ์ของเนื้อหาและโครงสร้าง ภาษาที่ใช้ ความชัดเจนของสมมติฐาน/วัตถุประสงค์ ความชัดเจนของการนำเสนอและการจัดระเบียบบทความ ความถูกต้องทางวิชาการ การอภิปรายผล และการอ้างอิงที่ถูกต้องตามหลักวิชาการ

บทความจะต้องได้รับการประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบบทความ (peer reviewer) ซึ่งเป็นบุคคลภายนอกจากหลากหลายสถาบัน อย่างน้อย 3 คน ซึ่งกองบรรณาธิการอาจให้ผู้เขียนปรับปรุงให้เหมาะสมยิ่งขึ้นและทรงไว้ซึ่งสิทธิ์ในการตัดสินลงพิมพ์หรือไม่ก็ได้

Instructions to Authors

1. Order of an Article Content

1.1 Title both in Thai and in English must be concise and clearly convey what is done.

1.2 Name and Surname of the Author(s) in Thai and in English. Office address must be specified. Telephone number and e-mail address of corresponding author (if any) are needed.

1.3 Abstract in Thai and in English of not more than 250 words is compulsory. It must include essence, objectives, methodology, and findings of the research.

1.4 Keywords of 3–5 words are needed to be put below the abstract.

1.5 Text of the article should consist of the followings:

- Introduction: State background and objectives of the study. Literature review may be included.
- Materials and Methods: Concise and clear explanation of details, analysis, and experiment is required.
- Results and Discussion: Report the complete findings. Evaluation, interpretation, and analysis of the findings are to be made so as to show whether the research achieved the objectives or not, how it agrees with or contradicts to other research. Theories and principles are needed to support the discussion in a logical manner.
- Conclusion: This section presents the outcome of the work by interpreting the findings at a higher level of abstraction than the Discussion. Suggestions for making use of the findings may be included.

1.6 Acknowledgement (if any): Briefly identify and acknowledge fund sources and assistance.

1.7 References: **Numbering system is used for in-text references.** Every end-text reference must be referred to in the article. References must be properly written in conforming APA (American Psychological Association) format. Each reference consists of authors' name, book title or article title, document title,

publisher, publishing year, (issue No.) and referenced page number depending on types of reference text.

1.8 Appendix (if any)

1.9 Tables and Figures must be clear and inserted in the article. Brief explanation is needed to convey meaningful and understandable essence. For tables, identify the table number respectively followed by a brief explanation and put it above the table itself. For figures, identify the figure number respectively followed by a brief explanation and put it below the figure itself. (Tables and figures are requested to record in .jpg file in addition to the article file.)

2. Instructions for Writing and Typing

2.1 General Instructions: Each article must not be longer than 9 A4 pages. Microsoft Word for Windows must be used for typing. Page layout is as follows: Upper and bottom edges are 3 cm, left and right edges 2.5 cm. one column. Use numbering system for topic arrangement starting from 1. Introduction and so on. Use decimal system for sub-topics. For more information, see and download from http://www.itfd.rmutp.ac.th/itfd2010/e-journal

2.2 The Proper Use of Fonts and Sizes

- Thai language article: Use 18-point TH Sarabun PSK, single-spaced, boldface type for the title. The authors' name, abstract and contents are to be in 14-point size. Use 14-point boldface font size for the main and subtopics.
- English language article: Use 14-point Times New Roman, single-spaced, boldface type for the title. The authors' name, abstract and contents are to be in 12-point size. Use 12-point boldface font size for the main and subtopics.

3. Criteria for Article Consideration

Creativity, academic value, completeness of content and structure, language usage, clearness of objectives/hypotheses, content presentation and organization, academic accuracy, proper finding discussion and references are to be considered.

An article will be reviewed by at least 3 external peer reviewers from various institutions. The editorial board has a privilege to ask the authors to improve their articles, and to decide whether submitted articles should be published or not.

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิผู้ประเมินบทความ (Peer Review) ประจำฉบับ
ปีที่ 4 ฉบับที่ 1 เดือน มกราคม – มิถุนายน 2567

รองศาสตราจารย์สุทัศนีย์ บุญโญภาส	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
รองศาสตราจารย์ ดร. สาคร ชลสาคร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
รองศาสตราจารย์ ดร. ทองใส จำนงการ	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รองศาสตราจารย์ ดร. ณัฐยา วุฒิกานนท์	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
รองศาสตราจารย์ ดร. รัตนพล มงคลรัตนาสิทธิ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมลักษณ์ วรรณฤมล กีเยลาโรว่า	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ว่าที่พันตรี ดร.สมชาย อุดร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
ดร .มณฑล นาคปฐม	ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ
ดร. รังสิมา ชลคุป	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ดร. มนัส แป้งใส	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ดร. ศันศนีย์ คำบุญชู	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ดร. นารีรัตน์ จริยะปัญญา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

FIBER FABRIC & FASHION RESEARCH JOURNAL
วารสารวิจัยเส้นใย ผ้า และแฟชั่น
คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น มทร. พระนคร
เลขที่ 517 ถนนนครสวรรค์ แขวงสวนจิตลดา เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร 10300
โทรศัพท์ 02 665 3555 โทรสาร 02 6653545 มือถือ 08 6992 3305 08 7484 3723
www.itfd.rmutp.ac.th

	สารบัญ	หน้า
1.	**การย้อมสี การพิมพ์ และการสร้างผลิตภัณฑ์สิ่งทอต้นแบบ โดยใช้สารให้สีจากใบมังคุด** **Dyeing, Printing and Creating Prototypes of Textile Products Using Colourant from Mangosteen Leaves** จงรักษ์ โด่งดัง, ไพลิน โด่งดัง, รัตนพล มงคลรัตนาสิทธิ์, วาสนา ช้างม่วง, จรูญ คล้ายจ้อย, ก้องเกียรติ มหาอินทร์, เกษม มานะรุ่งวิทย์, นงนุช ศศิธร, กรชนก บุญทร, ไกรฤกษ์ วิเสสพันธุ์, จรัสพิมพ์ วังเย็น, หทัยทิพย์ ศรีชมภู, พรพนิต ศศิวัฒน์ชุติกุล และจิราเมธ สุภารัตน์	1-16
2.	**สมบัติเชิงกายภาพและความคงทนของสีของผ้าใบสำหรับทำรองเท้านักเรียน** **The Physical and Colour Fastness Properties of Canvas for Student Sneakers** ณัฐดนย์ รุ่งเรืองกิจไกร, สมชาย อุดร, ศิริอร วณิชโชตยานนท์, ชลธิชา สาลิกานนท์, พรรณราย รักษ์งาร และกิติยาพร ทิมาไชย	17-28
3.	**การพัฒนาผลิตภัณฑ์สิ่งทออิเล็กทรอนิกส์** **Development of Electronic Textile Products** จิตติ พัทธวณิช, ก้องเกียรติ มหาอินทร์, ณัฐดนย์ รุ่งเรืองกิจไกร, นิตยา วันโสภา, ฐิติมา พุทธบูชา และธีรภัทร์ ปัญญาเพียร	29-44
4.	**การออกแบบและการพัฒนาเครื่องแยกเส้นใยและทำความสะอาดเส้นใยผลตาลสุก** **Design and Development of Fiber Separator and Scouring Machinery for Ripe Borassus Fruit Fiber** จิตติ พัทธวณิช, ณัฐดนย์ รุ่งเรืองกิจไกร, รัตนพล มงคลรัตนาสิทธิ์, ก้องเกียรติ มหาอินทร์, จรูญ คล้ายจ้อย, จำลอง สาลิกานนท์, สาคร ชลสาคร	45-66

การย้อมสี การพิมพ์ และการสร้างผลิตภัณฑ์สิ่งทอต้นแบบ โดยใช้สารให้สีจากใบมังคุด

Dyeing, Printing and Creating Prototypes of Textile Products Using Colourant from Mangosteen Leaves

จงรักษ์ โด่งดัง[1*], ไพลิน โด่งดัง[1], รัตนพล มงคลรัตนาสิทธิ์[2], วาสนา ช้างม่วง[2], จรูญ คล้ายจ้อย[2], ก้องเกียรติ มหาอินทร์[2], เกษม มานะรุ่งวิทย์[2], นงนุช ศศิธร[2], กรชนก บุญทร[2], ไกรฤกษ์ วิเสสพันธุ์[2], จรัสพิมพ์ วังเย็น[2], หทัยทิพย์ ศรีชมภู[2], พรพนิต ศศิวัฒน์ชุติกุล[3], และจิราเมธ สุภารัตน์[4]

[1]วิสาหกิจชุมชนแตนบาติก ตำบลบ้านฉาง อำเภอบ้านฉาง จังหวัดระยอง
[2]คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น มหาวิทยาลัยทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
[3]สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืชและภูมิทัศน์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก
[4]บริษัทจุลไหมไทย จำกัด ถนนสามัคคีชัย ตำบลวังชมภู อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์

*ผู้นิพนธ์ประสานงาน: จงรักษ์ โด่งดัง Email: jongrakdang@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ศึกษาการย้อมสีบนผ้าฝ้ายด้วยสีจากใบมังคุด (2) ผลิตสีผงจากใบมังคุดและการประยุกต์ใช้งานสำหรับการพิมพ์และเพ้นท์ผ้าฝ้าย (3) พิมพ์ลอกสีบนผ้าฝ้ายที่ผ่านการย้อมสีจากใบมังคุด และ (4) สร้างผลิตภัณฑ์ต้นแบบจากผ้าที่ผ่านการพิมพ์ ย้อมสีจากใบมังคุด จากผลการทดลองพบว่าผ้าฝ้ายที่ผ่านการย้อมสีจากใบมังคุดจะปรากฏสีน้ำตาลออกแดง และเมื่อใช้สารส้มที่เป็นสารมอร์แดนท์ส่งผลให้ผ้าที่ได้มีความสว่าง สดใส มากยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตามผ้าที่ผ่านการพิมพ์และนำมาทำมอร์แดนท์ด้วยสนิมเหล็กจะให้เฉดสีน้ำตาลออกดำ สีผงจากใบมังคุดสามารถนำมาประยุกต์ใช้สำหรับงานพิมพ์ หรือเพ้นท์สีสิ่งทอ โดยให้เฉดสีเช่นเดียวกับผ้าฝ้ายที่ผ่านการย้อมสีจากใบมังคุด ผ้าฝ้ายที่ผ่านการย้อมสีสามารถที่จะลอกสีออกได้โดยใช้สารประเภทด่างทับทิมโดยมีลวดลายที่ปรากฏเป็นเส้นสีขาวคล้ายกับงานบาติก ค่าความคงทนของสีต่อการซักล้าง แสง และการขัดถูของผ้าฝ้ายย้อมด้วยสีจากใบมังคุดมีค่าอยู่ในระดับปานกลาง อย่างไรก็ตามค่าความคงทนของสีต่อเหงื่อและน้ำมีค่าอยู่ในระดับดี ถึงดีมาก ผ้าที่ผ่านการย้อมและการพิมพ์สามารถนำมาสร้างผลิตภัณฑ์สิ่งทอต้นแบบโดยแปรรูปเป็นเสื้อ รองเท้า กระเป๋า และอื่น ๆ ซึ่งสามารถสร้างเป็นเอกลักษณ์ของกลุ่มวิสาหกิจ

คำสำคัญ: ใบมังคุด สีผงจากธรรมชาติ การย้อมสี การพิมพ์ การเพ้นท์ การพิมพ์ลอกสี

Abstract

The objectives of this research were: (1) to study the dyeing of cotton with natural dye extracted from mangosteen leaves, (2) to produce powdered natural dye from mangosteen leaves and apply it for printing and painting on cotton fabric, (3) to explore discharge printing on cotton dyed with mangosteen leaf dye, and (4) to create prototype products using dyed and printed fabrics made from mangosteen

leaf dye. According to the experimental results, cotton dyed with mangosteen leaf extract appears brownish-red. When alum is used as a mordant, the resulting fabric becomes brighter, while fabrics treated with ferrous sulfate during printing acquire a brownish-black hue. Powdered natural dye from mangosteen leaves can be used for printing or painting on textiles, yielding the same shade as that of cotton dyed with mangosteen leaves. Dyed cotton can be decolorized using potassium permanganate, creating patterns with white veins reminiscent of batik designs. The colour fastness of cotton dyed with mangosteen leaf dye is moderate for washing, light exposure, and rubbing. However, it exhibits good to very good colour fastness to perspiration and water. Dyed and printed fabrics can be processed into various prototype textile products, such as shirts, shoes, and bags, offering a unique identity for the enterprise group.

Keywords: Mangosteen Leaves, Powdered of natural dyes, Dyeing, Printing, Painting, Discharge printing

1. บทนำ

บ้านฉางนอกจากมีชื่อเสียงในเรื่องของหาดทรายที่สวยงาม และใสสะอาด อาหารทะเลที่สดอร่อยแล้ว สิ่งหนึ่งที่ขึ้นชื่อไม่แพ้กันเลย คือ เป็นแหล่งผลิตผ้าบาติกสำคัญของจังหวัดระยอง ซึ่งเมื่อใครเดินทางมาที่นี้เป็นต้องซื้อเป็นของขวัญ ของฝากติดไม้ติดมือกลับไปด้วยทุกครั้ง เพราะที่ตำบลบ้านฉางมีหลายชุมชน ที่ผลิตผ้าบาติกเป็นอาชีพเสริม และสามารถสร้างรายได้เป็นกอบเป็นกำ และวิสาหกิจชุมชนหนึ่งที่มีชื่อสียงบริเวณบ้านฉางก็คือสมาชิกศูนย์ศิลปหัตถกรรมชุมชนวัดบ้านฉาง ที่มีชื่อแบรนด์ว่า “แตนบาติก” ซึ่งที่นี้เป็นทั้งแหล่งซื้อของฝากพื้นเมือง และเป็นแหล่งถ่ายทอดองค์ความรู้การทำผ้าบาติกให้ชุมชนอื่น ๆ ในขณะเดียวกันด้วย โดยจุดเริ่มต้นของวิสาหกิจชุมชนแห่งนี้เริ่มจากการรวมตัวกันของกลุ่มแม่บ้านในละแวกนี้ทำผ้าบาติกชุมชนวัดบ้านฉาง ต่อมาเมื่อมีสมาชิกเพิ่มขึ้นก็พัฒนาสู่การเป็นวิสาหกิจชุมชน ประกอบกับเวลานั้นมีกองทุน SML เข้ามาสนับสนุน จึงทำให้มีแหล่งทุนดำเนินการสะดวกขึ้น จากที่เคยทำผ้าบาติกอย่างเดียวก็ขยายทำผ้ามัดย้อม จักสานตะกร้า ผ้าด้นมือ พวงกุญแจ กระเป๋า และการเพ้นท์เสื้อต่าง ๆ สำหรับจุดขายที่ศูนย์ศิลปหัตถกรรมชุมชนวัดบ้านฉาง แตกต่างจากที่อื่น คือ การทำผลิตภัณฑ์ “หนึ่งเดียวในโลก” หมายถึง การทำสินค้าเพียงชิ้นเดียวสำหรับลูกค้ารายนั้น ๆ เพื่อจะได้เกิดความภูมิใจ ซึ่งสามารถตอบโจทย์ความต้องการได้อย่างดี และมีผู้ให้ความสนใจจำนวนมาก โดยเสียงตอบรับกลับมาส่วนใหญ่จะชื่นชมในเรื่องการออกแบบ ซึ่งสมาชิกของทางศูนย์ฯได้รับความรู้จากวิทยากรของศูนย์การศึกษานอกโรงเรียนที่ได้มาถ่ายทอดความรู้ในด้านการ ออกแบบสำหรับด้านของการตลาดนอกจากจะมีลูกค้าเดินทางมาที่ศูนย์ฯแล้ว ยังมีการเผยแพร่และจำหน่ายผ่านทางเฟสบุก และอินเตอร์เนตอีกทางหนึ่งด้วย ส่วนอีกช่องทางที่เพิ่มขึ้นมาคือมีบริษัทสมาชิกของสมาคม เพื่อนชุมชนหลายบริษัทได้มาแนะนำว่า ควรนำไปจำหน่ายที่นั้น ที่นี้ ซึ่งก็ได้ผลเป็นอย่างดี ถือเป็นความร่วมมือที่พวกเราได้รับจากภาคธุรกิจ

อย่างไรก็ตาม สิ่งที่ศูนย์ศิลปหัตถกรรมชุมชนวัดบ้านฉางดำเนินการในขณะนี้ คือ การเปิดให้เป็นแหล่งเรียนรู้งานฝีมือสินค้าพื้นบ้านที่จำหน่ายอยู่ให้กับชุมชนใกล้เคียงด้วย อาทิ ชุมชนเนินกระปรอก สำนักท้อน พลา และพะยูน เป็นต้น เพื่อถ่ายทอดองค์ความรู้ให้แพร่หลายโดยไม่เก็บไว้คนเดียว ปัจจุบันวิสาหกิจชุมชนแตนบาติก ตั้งอยู่เยื้องวัดบ้านฉาง เลขที่ 155 หมู่ 5 ตำบลบ้านฉาง อำเภอบ้านฉาง จังหวัดระยอง

งานวิจัยนี้จะเป็นการศึกษาเทคนิคการย้อมสี การพิมพ์ ตลอดจนการเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์สิ่งทอด้วยสารให้สีจากใบมังคุด โดยเริ่มตั้งแต่การย้อมสีวัสดุสิ่งทอด้วยสีจากใบมังคุด จากนั้นจะนำวัสดุสิ่งทอที่ผ่านการย้อมสี พิมพ์สี เพื่อให้เกิดลวดลายที่มีความหลากหลาย และเป็นเอกลักษณ์ของวิสาหกิจชุมชน และจังหวัดระยอง [1]

2. วิธีการศึกษา

กระบวนการย้อมสี การพิมพ์ และการสร้างผลิตภัณฑ์สิ่งทอต้นแบบ โดยใช้สารให้สีจากใบมังคุด มีวิธีการศึกษาดังต่อไปนี้

2.1 การย้อมสีโดยใช้สารให้สีจากใบมังคุด

การย้อมสีจากใบมังคุดบนผ้าฝ้ายมีขั้นตอนเริ่มตั้งแต่การสกัดสีย้อมโดยนำใบมังคุดสดมาชั่งปริมาณ 3 กิโลกรัม นำมาหั่นให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ ใส่ภาชนะสเตนเลสและตวงน้ำ 30 ลิตร ใส่ลงในใบมังคุดที่หั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ จากนั้นนำไปต้มเดือดเป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำน้ำสีมากรองเพื่อนำน้ำที่ได้ไปทำการย้อมสีต่อไป (ภาพที่ 1)

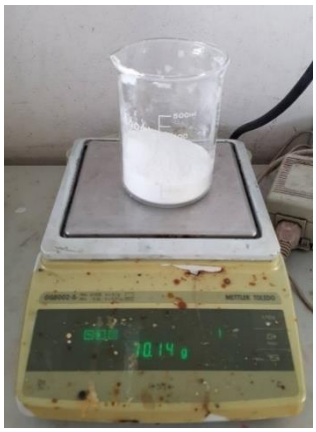
การปรับสภาพผ้าฝ้ายให้สามารถย้อมติดสีได้ดี โดยการเตรียมสารเพิ่มประจุบวก (Cationizing agent) ความเข้มข้น 10 กรัมต่อลิตร และนำไปละลายในน้ำอุ่นที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นำผ้าฝ้ายแช่เป็นเวลา 10 นาที นำผ้าที่ผ่านการปรับสภาพด้วยสารเพิ่มประจุบวกไปทำการย้อมสีด้วยสารละลายสีย้อมจากใบมังคุด โดยใช้อัตราส่วนวัสดุต่อน้ำย้อมเท่ากับ 1:100 ดำเนินการย้อมสีที่อุณหภูมิจุดเดือดเป็นเวลา 30 นาที

การทำมอร์แดนท์บนผ้าที่ผ่านการย้อมสี โดยใช้สารละลายสารส้มเข้มข้น 10 กรัมต่อลิตร หรือเฟอร์รัสซัลเฟต (สนิมเหล็ก) เข้มข้น 10 กรัมต่อลิตร นำผ้าที่ผ่านการย้อมสีมาแช่ลงในสารละลายสารส้ม หรือสารละลายสนิมเหล็กที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำผ้าไปทำการซักล้างเพื่อกำจัดสีส่วนเกินให้หลุดออกไป โดยทำการซักล้างด้วยน้ำยาล้างจาน และล้างด้วยน้ำเปล่าหลาย ๆ ครั้ง นำไปตากแห้ง และทดสอบความคงทนของสีตามลำดับ

ภาพที่ 1 ขั้นตอนการย้อมสีจากใบมังคุดบนผ้าฝ้าย

2.2 การทำสีผงสำหรับงานพิมพ์ และเพนท์ผ้าฝ้าย

การทำสีผงสำหรับพิมพ์หรือเพ้นท์ผ้าฝ้ายมีขั้นตอนการดำเนินงานปรากฏดังภาพที่ 2 โดยเริ่มตั้งแต่เก็บใบมังคุดสดมาชั่งจำนวน 1 กิโลกรัม นำมาหั่นย่อยให้มีชิ้นเล็ก ๆ จากนั้นนำไปต้มสกัดสีโดยใช้อัตราส่วนระหว่างใบมังคุดสดต่อน้ำ เท่ากับ 1 ต่อ 10 ต้มเดือดเป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นทำการกรองเอาส่วนใบมังคุดออก นำสารละลายสีย้อมที่สกัดได้ไปทำการต้มต่อเพื่อให้ปริมาณสารละลายสีย้อมเหลือประมาณ 1 ลิตร เติมมอลโตเด็กตรินปริมาณ 150 กรัมต่อลิตร [2] ลงในสารละลายสีย้อมใบมังคุด กวนสารทั้งหมดให้เข้ากัน นำไปอบหรือตากให้สีแห้ง และนำผงสีมาทำการบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบดสมุนไพรที่มีความเร็วรอบสูง เก็บผงสีจากธรรมชาติ โดยเก็บใส่ถุงซิปล็อค

<table>
<tr><td> </td><td>  </td><td> </td></tr>
<tr><td>การต้มสกัดสีจากใบมังคุด</td><td>การชั่งสารมอลโตรเด็กตริน</td><td>การผสมสารมอลโตรเด็กตริน</td></tr>
<tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>การอบสารให้สีจากใบมังคุด</td><td>การนำสีผงมาบดให้ละเอียด</td><td>สีผงจากใบมังคุด</td></tr>
<tr><td colspan="3">ภาพที่ 2 ขั้นตอนการผลิตสีผงจากใบมังคุด</td></tr>
</table>

2.3 การพิมพ์ผ้าฝ้ายโดยใช้สีผงจากใบมังคุด

การพิมพ์ผ้าฝ้ายโดยใช้สีผงจากใบมังคุดนั้นต้องนำสีผงจากใบมังคุดไปผสมกับแป้งพิมพ์สำเร็จรูป (แป้งพิมพ์ชนิดอะคริลิค) ในอัตราส่วนแป้งพิมพ์ต่อสีผง เท่ากับ 60 ต่อ 40 [2] จากนั้นกวนส่วนผสมให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกันแล้วจึงนำไปใช้สำหรับการพิมพ์ผ้า โดยใช้เทคนิคการพิมพ์แบบใช้แม่พิมพ์บล็อกสกรีน (ภาพที่ 3) ภายหลังการพิมพ์ผ้าเสร็จต้องนำผ้าไปตากแห้ง นำมารีดด้วยเตารีดที่อุณหภูมิประมาณ 150 องศาเซลเซียส เพื่อทำการผนึกสี จากนั้นนำไปทำการมอร์แดนท์ด้วยสารส้ม และสนิมเหล็ก โดยทำตามขั้นตอนข้อ 2.1 และทำการซักล้างเพื่อกำจัดแป้งพิมพ์ให้หลุดออกไป ตามลำดับ

ภาพที่ 3 การพิมพ์ผ้าฝ้ายโดยใช้สารให้สีจากใบมังคุด

2.4 การเพ้นท์ผ้าโดยใช้สีผงจากใบมังคุด

การเพ้นท์ผ้าด้วยสีผงจากใบมังคุดมีส่วนผสมประกอบด้วยสีผงจากใบมังคุด 30 กรัม ไบเดอร์ (กาว) 10 กรัม และน้ำร้อน 60 กรัม สำหรับขั้นตอนการผสมสีให้นำสีผงจากใบมังคุดมาละลายลงในน้ำร้อน กวนให้เข้ากัน และทิ้งไว้ให้เย็น จากนั้นเติมไบเดอร์ (กาว) ใส่ลงไปและกวนต่อผสมให้เข้ากัน นำสารที่ได้ไปทำการเพ้นท์ผ้าหรือวัสดุสิ่งทอโดยใช้พู่กันหรือแปรงเพื่อสร้างลวดลาย (ภาพที่ 4) ภายหลังการเพ้นท์ผ้าเสร็จต้องนำผ้าไปตากให้แห้ง นำมารีดด้วยเตารีดที่อุณหภูมิประมาณ 150 องศาเซลเซียส เพื่อทำการผนึกสี และทำการซักล้างตามลำดับ

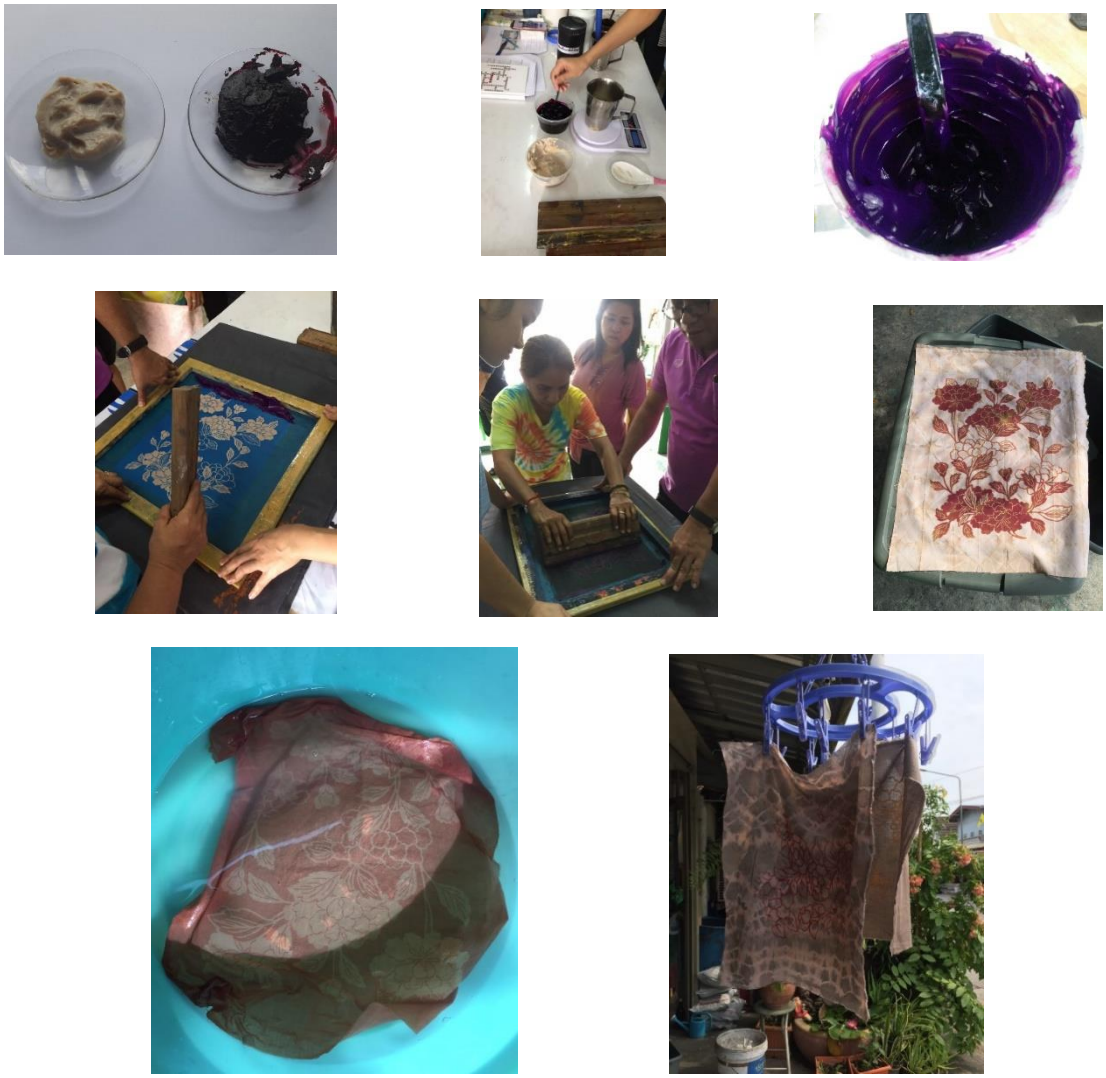
2.5 การพิมพ์ลอกสี หรือกัดสีผ้าฝ้ายที่ย้อมสีจากจากใบมังคุด

ผ้าที่ผ่านกระบวนย้อมสีด้วยสีจากใบมังคุดสามารถนำมาสร้างลวดลายให้เป็นสีขาวโดยใช้เทคนิคการพิมพ์ลอกสี หรือพิมพ์กัดสี (ภาพที่ 5) สำหรับสูตรที่ใช้สำหรับการพิมพ์ลอกสีปรากฏ ดังตารางที่ 1 สำหรับการเตรียมสารกัดสีเริ่มตั้งแต่การชั่งด่างทับทิมและแป้งดินขาวเกาลินตามสัดส่วน จากนั้นทำกวนส่วนผสมสารทั้งสองชนิดให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกันและนำไปใช้สำหรับการพิมพ์ผ้าด้วยบล็อกสกรีน หรือนำไปเพ้นท์ผ้าด้วยพู่กัน เพื่อให้ได้ลวดลายตามที่ต้องการ ภายหลังจากการพิมพ์ หรือเพ้นท์ผ้าด้วยสารกัดสีแล้วจะต้องนำผ้ามาตากให้สารกัดสีแห้ง นำผ้าที่ตากแห้งแล้วไปแช่ลงในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ ที่ความเข้มข้น 10 กรัมต่อลิตร เป็นเวลา 20-30 นาที (สังเกตจากลวดลายในส่วนที่โดนด่างทับทิมหรือสารกัดสีจะปรากฏเป็นสีขาว) เพื่อกำจัดด่างทับทิมออกจากผืนผ้า จากนั้นนำผ้าไปทำการซักล้างและทำให้แห้งตามลำดับ

ตารางที่ 1 สูตรการพิมพ์ลอกสีสำหรับผ้าฝ้ายที่ผ่านการย้อมสีจากใบมังคุด [3]

สารเคมี	(ร้อยละ)
สารกัดสี (ด่างทับทิม)	10
แป้งสำหรับผสมลงในสารกัดสี (แป้งดินขาวเกาลิน)	90
รวม	100

ภาพที่ 4 การเพ้นท์ผ้าฝ้ายโดยใช้สารให้สีจากใบมังคุด



ภาพที่ 5 ขั้นตอนการพิมพ์ลอกสีผ้าฝ้ายที่ผ่านการย้อมสีจากใบมังคุด

3. ผลการศึกษาและการอภิปรายผล

ผลการศึกษาการย้อมสี การพิมพ์ การเพ้นท์ผ้าฝ้าย ตลอดจนการพิมพ์ลอกสีและการสร้างผลิตภัณฑ์สิ่งทอต้นแบบ โดยใช้สารให้สีจากใบมังคุด มีรายละเอียดดังนี้

3.1. ผลการศึกษาการย้อมสีผ้าฝ้ายโดยใช้สารให้สีจากใบมังคุด

ผลของการย้อมสีผ้ามัลติไฟเบอร์ (Multifibres) ด้วยสีย้อมจากใบมังคุด มีรายละเอียดปรากฏ ดังภาพที่ 6 จากภาพที่ 6 สังเกตได้ว่าผ้ามัลติไฟเบอร์ ผ่านการย้อมสีด้วยใบมังคุด จะให้เฉดสีน้ำตาลออกแดงสำหรับเส้นใยไหม และขนสัตว์ ในส่วนของเส้นใยอะซิเตท ผ้าย และเรยอน จะให้สีชมพูออกแดง สำหรับเส้นใยไนลอนจะปรากฏสีแดงออกส้ม อย่างไรก็ตามเมื่อนำผ้าที่ผ่านการย้อมสีจากใบมังคุดไปแช่ลงในน้ำสนิมเหล็ก

หรือเฟอร์รัสซัลเฟต ปรากฏว่าได้สีน้ำตาลออกดำ (ภาพที่ 7) และถ้านำไปแช่ลงในสารส้มจะให้เฉดสีน้ำตาลสว่าง (ภาพที่ 7)

ภาพที่ 6 การย้อมสีบนผ้าหลายเส้นใย (multifibres) ด้วยสีจากใบมังคุด

ภาพที่ 7 การย้อมสีบนเสื้อยืด ด้วยสีจากใบมังคุด

ในส่วนของการทดสอบเพื่อหาค่าความคงทนของสีสำหรับผ้าฝ้ายย้อมด้วยสีจากใบมังคุด ปรากฏรายละเอียดดังตารางที่ 2-4 จากตารางที่ 2 พบว่าค่าความคงทนของสีต่อการซักล้างอยู่ในช่วงปานกลางถึงดี ในส่วนค่าความคงทนของสีต่อน้ำอยู่ในช่วงดีถึงดีมาก สำหรับค่าความคงทนของสีต่อแสงพบว่าอยู่ในระดับปานกลางโดยมีรายละเอียดปรากฏดังตารางที่ 3 ค่าความคงทนของสีต่อการขัดถูอยู่ในระดับปานกลางถึงดี รายละเอียดดังตารางที่ 3 ในส่วนของความคงทนของสีต่อเหงื่ออยู่ในระดับดีถึงดีมาก ทั้งการใช้สารและไม่ใช้สารมอร์แดนท์โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 4

ตารางที่ 2 ความคงทนของสีต่อการซักล้าง (Colour fastness to washing) ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส มาตรฐาน ISO 105-C06 A1S: 2010 [4] และความคงทนของสีต่อน้ำ (Colour fastness to water) มาตรฐาน ISO 105-E01: 2013) [5]

Fastness	Colour fastness to washing			Colour fastness to water		
	Without	$AlK(SO_4)_2$	$FeSO_4$	Without	$AlK(SO_4)_2$	$FeSO_4$
Colour change	3-4	3-4	3-4	4-5	4-5	4-5
Colour staining						
-Acetate	4-5	4-5	4	4-5	4-5	4-5
-Cotton	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
-Nylon	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
-Polyester	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
-Acrylic	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
-Wool	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5

หมายเหตุ: ความคงทนของสี: ระดับ 1 แย่สุด ระดับ 5 ดีที่สุด

ตารางที่ 3 ความคงทนของสีต่อแสง (Colour fastness to light) มาตรฐาน ISO 105-B02: 2014 [6] และความคงทนของสีต่อการขัดถู (Colour fastness to rubbing) มาตรฐาน ISO105- X12: 2016 [7]

Type of mordant	Colour fastness to light (Colour change) **	Colour fastness to rubbing (staining)*			
		Warp		Weft	
		Dry	Wet	Dry	Wet
Without	3	4-5	4	4-5	3-4
$AlK(SO_4)_2$	3	4	4	4	3-4
$FeSO_4$	4	4	4	4	3

หมายเหตุ: * ความคงทนของสี: ระดับ 1 แย่สุด ระดับ 5 ดีที่สุด

** ความคงทนของสี: ระดับ 1 แย่สุด ระดับ 8 ดีที่สุด

ตารางที่ 4 ความคงทนของสีต่อเหงื่อ (Colour fastness to perspiration) ISO 105-E04: 2013) [8]

Fabric/ fastness	เหงื่อสภาวะกรด (Acid)			เหงื่อสภาวะด่าง (Alkaline)		
	Without	$AlK(SO_4)_2$	$FeSO_4$	Without	$AlK(SO_4)_2$	$FeSO_4$
Colour change	4	4-5	4	4	4	4-5
Colour staining						
-Acetate	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
-Cotton	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
-Nylon	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
-Polyester	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
-Acrylic	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
-Wool	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5

หมายเหตุ: ความคงทนของสี: ระดับ 1 แย่สุด ระดับ 5 ดีที่สุด

3.2 ผลการศึกษาการพิมพ์ผ้าฝ้ายโดยใช้สีผงจากใบมังคุด

การพิมพ์ผ้าฝ้ายโดยใช้สีผงจากใบมังคุดโดยใช้อัตราส่วนแป้งพิมพ์ต่อสีผงเท่ากับ 60 ต่อ 40 ได้ผลดังภาพที่ 8 จากภาพที่ 8 สังเกตได้ว่าผ้าที่พิมพ์โดยใช้สีผงจากใบมังคุดและทำการมอร์แดนท์ด้วยสารส้มจะปรากฏเป็นสีน้ำตาลออกแดง ดังภาพที่ 8 (ก) ทั้งนี้เนื่องจากในใบของมังคุดมีสารให้สีประเภทแอนโทไซยานิน (Anthocyanins) [9–10] ซึ่งสารแอนโทไซยานินที่อยู่ในสีผงที่สกัดได้จากใบมังคุดเมื่อนำมาทำการมอร์แดนท์ด้วยสารส้มจะให้สีน้ำตาลออกแดงและสีที่ได้มีความสดใส อย่างไรก็ตามมื่อนำผ้าที่ผ่านการพิมพ์ด้วยสีผงจากใบมังคุดไปทำการมอร์แดนท์ด้วยสนิมเหล็กหรือเฟอร์รัสซัลเฟต ผ้าที่ผ่านการพิมพ์จะปรากฏสีน้ำตาลออกดำ ดังภาพที่ 8 (ข) ทั้งนี้เนื่องจากในใบมังคุดมีสารให้สีประเภทแทนนิน (Tannin) หรือสารรสฝาด [9-10] ซึ่งเมื่อสารแทนนินที่อยู่ในสีผงจากใบมังคุดทำปฏิกริยากับสนิมเหล็กหรือเฟอร์รัสซัลเฟตจึงให้เฉดสีเป็นสีน้ำตาลออกดำหรือสีทึม ผ้าที่ผ่านการพิมพ์โดยใช้แป้งพิมพ์อะคริลิคจะมีผิวสัมผัสที่มีความกระด้างเล็กน้อยเมื่อเทียบกับผ้าที่ไม่ผ่านการพิมพ์ ทั้งนี้เนื่องจากในผ้าที่ผ่านการพิมพ์ยังมีแป้งพิมพ์หลงเหลืออยู่ในผืนผ้าไม่สามารถกำจัดออกได้หมดในระหว่างการซักล้างจึงส่งผลให้ผ้ามีความกระด้าง

3.3 ผลการศึกษาการเพ้นท์ผ้าฝ้ายโดยใช้สีผงจากใบมังคุด

ผลการเพ้นท์ผ้าฝ้ายด้วยสีผงจากใบมังคุด โดยมีส่วนผสมประกอบด้วยสีผงจากใบมังคุด 30 กรัม ไบเดอร์ (กาว) 10 กรัม และน้ำ 60 กรัม ผลการเพ้นท์สีปรากฏดังภาพที่ 9 จากภาพที่ 9 พบว่าผ้าฝ้ายที่ผ่านการเพ้นท์ด้วยสีผงจากใบมังคุดจะให้สีน้ำตาลออกแดงซึ่งมีความคล้ายกับผลการพิมพ์ผ้าด้วยสีผงจากใบมังคุดแต่สีที่ได้ให้เฉดสีที่อ่อนกว่า อย่างไรก็ตามยังพบอีกว่าผ้าที่ผ่านการเพ้นท์ก่อนนำไปซักล้างจะมีสีที่เข้มแต่เมื่อนำไปซักล้างจะได้เฉดสีที่อ่อนลงกว่าเดิม ทั้งนี้เนื่องจากกระบวนการเพ้นท์สีนั้นไม่มีแรงกดที่ทำให้สีเข้าไปติดอยู่

ภายในเส้นใยจึงทำให้สีติดเฉพาะบริเวณผิวหน้าของผืนผ้าเท่านั้น จึงส่งผลให้สีที่เพ้นท์บริเวณผิวหน้าผืนผ้าเกิดการหลุดออกไปในระหว่างการซักล้างส่งผลทำให้สีที่ได้เกิดการซีดจางลง

(ก) สารส้ม

(ข) สนิมเหล็ก

ภาพที่ 8 การพิมพ์ผ้าฝ้ายด้วยสีผงจากใบมังคุด (ก) ทำการมอร์แดนท์ด้วยสารส้ม (ข) ทำการมอร์แดนท์ด้วยสนิมเหล็ก

3.4 ผลการศึกษาการพิมพ์ลอกสี หรือกัดสีผ้าฝ้ายที่ย้อมสีจากจากใบมังคุด

ผลการศึกษาการพิมพ์ลอกสี หรือกัดสีผ้าฝ้ายที่ย้อมสีจากจากใบมังคุด ปรากฏดังภาพที่ 10 จากภาพที่ 10 พบว่าลวดลายบนผ้าฝ้ายที่ผ่านการพิมพ์ปรากฏเป็นสีขาวคล้ายกับการทำผ้าบาติก ลวดลายที่ได้มีความคมชัด อย่างไรก็ตามถ้ามีการเก็บผ้าที่ผ่านการพิมพ์เพื่อลอกสีด้วยด่างทับทิมเกินกว่า 12 ชั่วโมง โดยไม่มีการนำไปแช่สารสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟด์หลังจากที่ลวดลายการพิมพ์แห้งจะส่งผลให้ผ้าบริเวณที่มีลวดลายถูกด่างทับทิมเกิดการเปื่อยและฉีกขาด ทั้งนี้เนื่องจากด่างทับทิมซึ่งมีสภาวะความเป็นด่างและเมื่อถูก

ความร้อน หรือเก็บไว้เป็นเวลานาน ๆ จะทำลายโครงสร้างเส้นใยฝ้ายทำให้เส้นใยฝ้ายอ่อนตัวลดลงและเปื่อยได้ [11]

ภาพที่ 9 การเพ้นท์ผ้าฝ้ายด้วยสีผงจากใบมังคุด

ภาพที่ 10 การพิมพ์ลอกสีบนผืนผ้าฝ้ายที่ผ่านการย้อมสีจากใบมังคุด

3.5 ผลการพัฒนาผลิตภัณฑ์ผ้าฝ้ายที่พิมพ์ เพ้นท์ และย้อมด้วยสีจากใบมังคุด

ผ้าที่ผ่านการพิมพ์ การเพ้นท์ และการย้อมสีด้วยใบมังคุด สามารถนำมาทำการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ได้แก่ ผลิตภัณฑ์กระเป๋าที่มีขนาดแตกต่างกันซึ่งมีการสร้างเอกลักษณ์ประจำกลุ่มโดยทำการตัดผ้าทำ

เป็นรูปผลมังคุดและนำมาเย็บติดกระเป๋าซึ่งภายในผลมังคุดนี้มีการยัดเส้นใยพอลิเอสเทอร์ใส่ไว้ในรูปมังคุดทั้งนี้เพื่อให้ตัวผลมังคุดมีลักษณะนูนขึ้นมาและเด่นชัด รายละเอียดดังภาพที่ 11

ภาพที่ 11 ผลิตภัณฑ์ต้นแบบประเภทกระเป๋า

ผลิตภัณฑ์ต้นแบบอื่น ๆ ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ต้นแบบประเภทเสื้อสตรี ทรงปีกผีเสื้อ รายละเอียดดังภาพที่ 12 รองเท้าสำหรับใส่เดินในบ้าน (ภาพที่ 12) ถาดใส่ของ (ภาพที่ 14) และพวงกุญแจ ดังภาพที่ 15

ภาพที่ 12 ผลิตภัณฑ์ต้นแบบประเภทเสื้อสตรี

ภาพที่ 13 ผลิตภัณฑ์ต้นแบบประเภทถาดใส่ของ

ภาพที่ 14 ผลิตภัณฑ์ต้นแบบประเภทรองเท้าสำหรับใส่เดินในบ้าน

ภาพที่ 15 ผลิตภัณฑ์ต้นแบบประเภทพวงกุญแจ

4. สรุปผลการวิจัย

จากผลการศึกษาการย้อมสี การพิมพ์ การเพ้นท์ผ้า การพิมพ์ลอกสีหรือกัดสีผ้าที่ย้อมสีจากจากใบมังคุด ตลอดจนการพัฒนาผลิตภัณฑ์สามารถสรุปได้ว่าสีจากใบมังคุดสามารถนำมาประยุกต์ใช้สำหรับการย้อมสี การพิมพ์ การเพ้นท์ โดยสีที่ได้จะให้เฉดสีน้ำตาลออกแดง และเมื่อนำมาทำมอร์แดนท์โดยใช้สารส้มจะทำให้เฉดสีที่ปรากฏบนผ้าฝ้ายมีสีน้ำตาลออกแดง แต่มีความสว่างสดสด อย่างไรก็ตามถ้านำผ้ามาทำมอร์แดนท์ด้วย

สนิมเหล็ก ผ้ามีเฉดสีน้ำตาลออกดำ สีจากใบมังคุดสามารถนำมาผลิตเป็นสีผงเพื่อใช้งานพิมพ์และงานเพ้นท์วัสดุสิ่งทอได้ สำหรับผ้าฝ้ายที่ผ่านการย้อมสีด้วยสีจากใบมังคุดตลอดจนนำมาพิมพ์ลอกสีพื้น (สีจากใบมังคุด) จะให้ลวดลายเป็นสีขาวที่มีความคมชัดคล้ายกับงานบาติก ผลการทดสอบความคงทนของสีของผ้าฝ้ายย้อมด้วยสีจากใบมังคุดทั้งทำมอร์แดนท์และไม่ทำมอร์แดนท์ในส่วนความคงทนของสีต่อการซักล้าง การขัดถู และแสงอยู่ในระดับปานกลาง สำหรับความคงทนของสีต่อน้ำและความคงทนของสีต่อเหงื่ออยู่ในระดับดีถึงดีมาก ผ้าฝ้ายที่ผ่านการย้อมหรือการพิมพ์ด้วยสารให้สีจากใบมังคุดสามารถนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ประเภทกระเป๋า รองเท้า เสื้อ และพวงกุญแจ ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่แสดงให้เห็นถึงความเป็นอัตลักษณ์ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชน ตลอดจนเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับใบมังคุด

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณโปรแกรมสนับสนุนการพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรม (ITAP) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ที่ได้ให้ทุนอุดหนุนการทำกิจกรรมส่งเสริมสนับสนุนการวิจัย คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ บริษัทเอสซีจี เคมิคอลส์ จำกัด จังหวัดระยอง ที่ให้ทุนสนับสนุนบางส่วนสำหรับการทำวิจัยโครงการนี้ และขอขอบคุณกลุ่มวิสาหกิจชุมชนวิสาหกิจชุมชนแตนบาติก อำเภอบ้านฉาง จังหวัดระยอง ที่ได้เข้าร่วมการอบรมถ่ายทอดเทคโนโลยีในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] รัตนพล มงคลรัตนาสิทธิ์, วาสนา ช้างม่วง, จรูญ คล้ายจ้อย, ก้องเกียรติ มหาอินทร์, เกษม มานะรุ่งวิทย์, นงนุช ศศิธร, กรชนก บุญทร และ ไกรฤกษ์ วิเสสพันธุ์. (2563). การย้อมสี การพิมพ์ และเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์สิ่งทอ โดยใช้สารให้สีจากใบมังคุด. (รายงานการวิจัย). ปทุมธานี: สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.).

[2] รัตนพล มงคลรัตนาสิทธิ์, วาสนา ช้างม่วง, เกษม มานะรุ่งวิทย์, ก้องเกียรติ มหาอินทร์, กรชนก บุญทร, จารุวรรณ ดิศวัฒน์, ไกรฤกษ์ วิเสสพันธุ์, ณัฏฐธิดา เริงธนพิบูลย์, จิราเมธ สุภารัตน์, หทัยทิพย์ ศรีชมภู, ณัฐยา วุฒิกานนท์, สมพร ติยะศรี, วิรัช วงศ์ภักดี ณัฐดนย์ รุ่งเรืองกิจไกร, นวรัตน์ ชาติวิวัฒน์พรชัย, ทองใส จำนงการ, สมชาย อุดร, พันธ์ยศ วรเชฐวราวัตร์, พรโพยม วรเชฐวราวัตร์, มณฑล นาคปฐม, พรพนิต ศศิวัฒน์ชุติกุล. (2567). คู่มือองค์ความรู้การประยุกต์ใช้แป้งหัวบอนดัดแปรและสีผงจากธรรมชาติสำหรับงานบาติก การพิมพ์และการเพ้นท์วัสดุสิ่งทอ. นนทบุรี: บริษัทลิโอซ่า จำกัด.

[3] รัตนพล มงคลรัตนาสิทธิ์, วาสนา ช้างม่วง, ทองใส จำนงการ, เกษม มานะรุ่งวิทย์, นงนุช ศศิธร, ก้องเกียรติ มหาอินทร์, กรชนก บุญทร, สมชาย อุดร, ไกรฤกษ์ วิเสสพันธุ์, ศิริอร วณิชโชตยานนท์, รังสิมา ชลคุป, ณัฐดนย์ รุ่งเรืองกิจไกร, วิรัช วงศ์ภักดี, สมพร ติยะศรี, สุจิตรา ชนันทวารี, นวรัตน์ ชาติวิวัฒน์พรชัย และ นิตยา วันโสภา. (2565). คู่มือองค์ความรู้ การฟอก ย้อม พิมพ์ ออกแบบ และการสร้างผลิตภัณฑ์ผ้าฝ้ายทอมือ. กรุงเทพ: บริษัทเอ็น บี บี กรุ๊ป จำกัด.

[4] รัตนพล มงคลรัตนาสิทธิ์ และณัฐดนย์ รุ่งเรืองกิจไกร. (2016). การทดสอบความคงทนของสีต่อการซักล้างตามมาตรฐาน ISO 105-C06: 2010 (Tests for colour fastness part C06: Colour fastness to domestic and commercial laundering). Colourway. 21 (122): 23-27.

[5] รัตนพล มงคลรัตนาสิทธิ์ และณัฐดนย์ รุ่งเรืองกิจไกร. (2014). การทดสอบความคงทนของสีต่อน้ำ (Colour Fastness to water) มาตรฐาน ISO105 E01:2010. Colourway. 20 (114): 22-24.

[6] รัตนพล มงคลรัตนาสิทธิ์. (2549). วิธีการทดสอบความคงทนของสีบนวัสดุสิ่งทอตามมาตรฐาน (Standard Test Method for Colour Fastness Testing on textiles). กรุงเทพ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[7] รัตนพล มงคลรัตนาสิทธิ์ และณัฐดนย์ รุ่งเรืองกิจไกร. (2014). การทดสอบความคงทนของสีต่อการขัดถู (Colour Fastness to Rubbing) ตอนที่ 1 มาตรฐาน ISO 105-X12:2001. Colourway. 20 (112): 23-25.

[8] รัตนพล มงคลรัตนาสิทธิ์ และณัฐดนย์ รุ่งเรืองกิจไกร. (2015). การทดสอบความคงทนของสีต่อเหงื่อ (Colour Fastness to Perspiration) มาตรฐาน ISO 105 E04: 2013. Colourway. 21 (118): 20-23.

[9] เสาวนิตย์ กาญจนรัตน์. (2550). สีสกัดจากใบมังคุดเพื่อการมัดย้อมและบาติก. การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยศรีปทุม. 102-107. กรุงเทพ: มหาวิทยาลัยศรีปทุม.

[10] Basri, M. S. M., Ren, B. L. M., Talib, R. A., Zakaria, R., & Kamarudin, S. H. (2021). Novel Mangosteen-Leaves-Based Marker Ink: Color Lightness, Viscosity, Optimized Composition, and Microstructural Analysis. Polymers, 13(10), 1581.

[11] ศศิธร สุขใจ และกิติยาพร ทิมาไชย. (2560). การพิมพ์ลอกสีบนผ้าฝ้ายย้อมสีครามจากธรรมชาติ. (ปริญญานิพนธ์เทคโนโลยีบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีเคมีสิ่งทอ คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร).

สมบัติเชิงกายภาพและความคงทนของสีของผ้าใบสำหรับทำรองเท้านักเรียน

The Physical and Colour Fastness Properties of Canvas for Student Sneakers

ณัฐดนย์ รุ่งเรืองกิจไกร[1*], สมชาย อุดร[2], ศิริอร วณิชโชตยานนท์[2], ชลธิชา สาริกานนท์[3], พรรณราย รักษ์งาร[4], และกิติยาพร ทิมาไชย[1]

[1]ภาควิชาวิทยาการสิ่งทอ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

[2]คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

[3]คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

[4]ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งทอ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

*ผู้นิพนธ์ประสานงาน: ณัฐดนย์ รุ่งเรืองกิจไกร Email: nattadon.r@ku.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติเชิงกายภาพและความคงทนของสีของผ้าใบที่ใช้สำหรับทำรองเท้านักเรียนสีขาว สีดำ และสีน้ำตาล การศึกษาประกอบด้วยการทดสอบอัตราส่วนเส้นใย ขนาดและเกลียวของเส้นด้าย ความหนาของผ้า ความแข็งแรงของผ้าต่อแรงดึงและฉีกขาด ความต้านทานการขัดถู น้ำหนักของผ้า รวมถึงความคงทนของสีต่อการซักล้าง น้ำ แสง และการขัดถู ผลการทดสอบพบว่าผ้าใบทั้งสามสีทำจากเส้นใยฝ้าย และมีสมบัติแตกต่างกันตามสี โดยผ้าสีดำมีความทนทานต่อการขัดถูดีที่สุด ส่วนผ้าสีขาวมีความแข็งแรงต่อแรงดึงและแรงฉีกขาดสูงที่สุด ในด้านความคงทนของสี ผ้าสีดำและสีน้ำตาลมีค่าความคงทนดีถึงดีมาก ขณะที่การขัดถูในสภาวะเปียกมีค่าความคงทนค่อนข้างต่ำ งานวิจัยนี้ให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์สำหรับการพัฒนาคุณภาพรองเท้าผ้าใบสำหรับนักเรียนให้มีความทนทานและเหมาะสมกับการใช้งาน

คำสำคัญ: สมบัติเชิงกายภาพ ความคงทนของสี ผ้าใบ รองเท้าผ้าใบนักเรียน สิ่งทอ

Abstract

This research aims to examine the physical properties and colour fastness of canvas fabrics used for making Student Sneakers in white, black, and brown colours. The study involves testing fiber composition, yarn size and twist, fabric thickness, tensile and tear strength, abrasion resistance, fabric weight, and colour fastness to washing, water, light, and rubbing. The results revealed that all three fabrics are composed of 100% cotton fibers and exhibit different characteristics depending on the colour. Black fabric demonstrated the highest abrasion resistance, while white fabric exhibited the greatest tensile and tear strength. Regarding colour fastness, black and brown fabrics showed good to excellent performance, whereas wet rubbing conditions resulted in relatively lower fastness levels. This research provides valuable insights for enhancing the durability and functionality of canvas school shoes.

Keywords: Physical property, Colour fastness, Canvas fabrics, Student sneakers, Textile

1. บทนำ

รองเท้าผ้าใบนักเรียนเป็นสิ่งที่ใช้สวมใส่และมีความสำคัญในชีวิตของนักเรียนและมีบทบาทสำคัญในหลายมิติของการเรียนและการพัฒนา ได้แก่ (1) ความสะดวกสบายและความปลอดภัย กล่าวคือ รองเท้าผ้าใบได้รับการออกแบบให้เหมาะสมกับกิจกรรมที่ต้องเคลื่อนไหว เช่น การเดิน วิ่ง หรือเล่นกีฬา ซึ่งช่วยลดความเสี่ยงจากการบาดเจ็บ เช่น การลื่นล้ม หรือการกระแทก นอกจากนี้ ยังช่วยปกป้องเท้าจากสิ่งแวดล้อมภายนอก เช่น เศษหิน หรือความร้อนจากพื้นผิว (2) การส่งเสริมสุขภาพเท้า กล่าวคือ การสวมรองเท้าที่เหมาะสมช่วยสนับสนุนโครงสร้างเท้าและกระดูก ทำให้การเดินหรือยืนในเวลานานไม่ก่อให้เกิดปัญหา เช่น ปวดเท้าหรือกระดูกผิดรูป ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญสำหรับสุขภาพในระยะยาว (3) ความสม่ำเสมอและระเบียบวินัย กล่าวคือ รองเท้าผ้าใบนักเรียนเป็นส่วนหนึ่งของเครื่องแบบที่แสดงถึงความเรียบร้อยและความเป็นระเบียบในระบบการศึกษา การสวมใส่รองเท้าที่เหมาะสมช่วยสร้างจิตสำนึกเรื่องความมีระเบียบวินัย และความเคารพต่อกฎระเบียบของโรงเรียน (4) การสนับสนุนกิจกรรมการเรียนรู้ในกิจกรรมที่ต้องใช้ร่างกาย เช่น การเรียนพลศึกษา การเข้าค่าย หรือกิจกรรมกลางแจ้ง รองเท้าผ้าใบช่วยให้นักเรียนสามารถทำกิจกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพและคล่องตัว (5) สัญลักษณ์ของความเป็นนักเรียน กล่าวคือรองเท้าผ้าใบนักเรียนมักถูกกำหนดให้เป็นส่วนหนึ่งของเครื่องแบบ ซึ่งเป็นตัวแทนของความภูมิใจในสถานะนักเรียนและการเป็นส่วนหนึ่งของโรงเรียน และ (6) สร้างทัศนคติที่ดีต่อการดูแลตนเอง กล่าวคือ การรักษาความสะอาดและสภาพของรองเท้าผ้าใบช่วยปลูกฝังให้นักเรียนมีความรับผิดชอบต่อการดูแลสิ่งของส่วนตัวและสร้างความเคยชินที่ดีในชีวิตประจำวัน ด้วยเหตุนี้ รองเท้าผ้าใบนักเรียนจึงไม่ได้เป็นเพียงเครื่องแต่งกาย แต่ยังเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งเสริมพัฒนาการทางร่างกาย จิตใจ และสังคมของนักเรียนในทุกมิติของการใช้ชีวิตในโรงเรียน

อย่างไรก็ตามในปัจจุบันนี้ผู้บริโภคมักจะมีข้อสงสัยหรือปัญหาเกี่ยวกับคุณภาพของรองเท้าผ้าใบที่จะซื้อให้กับลูก หลานตนเองสวมใส่ ทั้งนี้เนื่องจากปัจจุบันนี้รองเท้าผ้าใบที่นักเรียนสวมใส่ มักจะมีคุณภาพที่ไม่ทนทาน กล่าวคือรองเท้าผ้าใบมักจะขาดเร็ว และมีสีซีดไว ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงดำเนินการศึกษาสมบัติเชิงกายภาพและความคงทนของสีของรองเท้าผ้าใบนักเรียนทั้งนี้เพื่อนำข้อมูลที่ได้ส่งต่อให้กัลผู้บริโภคต่อไป

2. วิธีการศึกษา

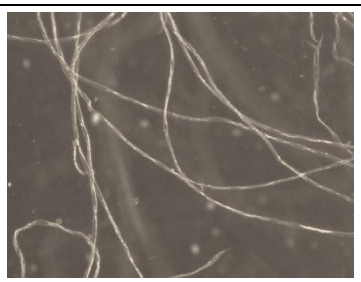
งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาสมบัติเชิงกายภาพ และความคงทนของสี ของผ้าใบที่ใช้สำหรับทำรองเท้านักเรียนสีขาว สีน้ำตาลและสีดำ (ภาพที่ 1) ผ้าใบดังกล่าวได้มาจากบริษัทเมืองทองฟุตเทค จำกัด ซึ่งเป็นผู้ผลิตรองเท้าผ้าใบนักเรียนแบรนด์โกลด์ซิตี้ ผ้าใบทั้ง 3 สี ถูกนำมาทดสอบสมบัติเชิงกายภาพ และความคงทนของสีดังต่อไปนี้ การทดสอบหาอัตราส่วนผสมของเส้นใย (Fiber composition) มาตรฐาน ISO 1833:1977/Amd1: 1980 [1] การทดสอบหาเบอร์ของเส้นด้าย (Yarn number) มาตรฐาน ISO 7211-5: 1984 [2] การทดสอบหาจำนวนเกลียวของเส้นด้าย (Yarn twist) มาตรฐาน BS EN ISO 2061: 2010 [3] การทดสอบหาทิศทางการเข้า

เกลียว (Direction of twist) มาตรฐาน BS EN ISO 2061: 2010 [3] การทดสอบหาเปอร์เซ็นต์ความหยิกงอของเส้นด้ายในผ้าทอ (Crimp of yarn in fabric) มาตรฐาน ISO 7211-3: 1984 [4] การทดสอบหาจำนวนเส้นด้ายในผืนผ้าต่อหน่วยความยาว (Thread per unit length) (มาตรฐาน ISO 7211-2: 1984) [5] การทดสอบหาจำนวนเส้นด้ายควบ (Number of ply) การทดสอบหาลักษณะการทอ (Type of weave) การทดสอบหาค่าความหนาของผ้า (Fabric thickness) มาตรฐาน BS EN ISO 5084:1996 [6] การทดสอบความแข็งแรงของผ้าต่อแรงดึง (Tensile strength) มาตรฐาน BS EN ISO 13934-2: 1999 [7] การทดสอบความแข็งแรงของผ้าต่อแรงฉีกขาด (Tearing strength) มาตรฐาน BS EN ISO 13937-1: 2000 [8] การทดสอบความต้านทานการขัดถู (Abrasion resistance) มาตรฐาน BS EN ISO 12947-2: 1998 [9] การทดสอบหาน้ำหนักของผ้า (Fabric weight) มาตรฐาน ISO 3801:1977 [10] การทดสอบความคงทนของสีต่อการซักล้าง มาตรฐาน ISO 105-C06 A1S: 1994 [11] การทดสอบความคงทนของสีต่อน้ำ มาตรฐาน ISO 105-E01: 1994 [12] การทดสอบความคงทนของสีต่อแสง มาตรฐาน ISO 105-B02: 1994 [13] ความคงทนของสีต่อการขัดถู มาตรฐาน ISO 105-X12: 2001) [14]

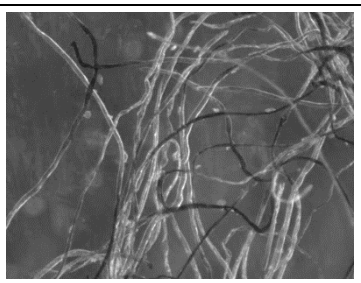
ภาพที่ 1 ตัวอย่างรองเท้าผ้าใบสีขาว สีดำ และสีน้ำตาล

3. ผลการศึกษาและการอภิปรายผล

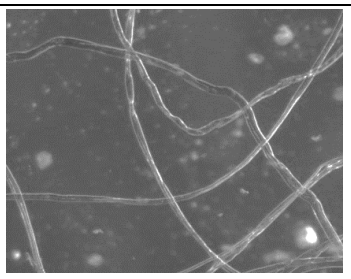
จากการวิเคราะห์ผลโดยการส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ พบว่าลักษณะภาพตัดตามยาวของเส้นใยจะมีลักษณะบิดเป็นเกลียวคล้ายริบบิ้น ดังภาพที่ 2 นอกจากนี้ยังได้มีการทดสอบเส้นใย โดยการละลายด้วยกรดซัลฟิวริกที่ความเข้มข้นร้อยละ 70 พบว่าเส้นใยละลายทั้งหมด สำหรับผ้าทดสอบทั้ง สามชนิด ดังนั้นจากผลการทดสอบยืนยันได้ว่าผ้าตัวอย่างทั้งสามชนิดผลิตมาจากเส้นด้ายที่มีเส้นใยฝ้ายร้อยละ 100 เป็นองค์ประกอบ



ภาพตามยาว (ผ้าสีขาว)



ภาพตามยาว (ผ้าสีดำ)



ภาพตามยาว (ผ้าสีน้ำตาล)

ภาพที่ 2 ลักษณะภาพตามยาวของเส้นใยในผ้าตัวอย่าง 3 ชนิด

ผลการทดสอบหาเบอร์ของเส้นด้ายมีรายละเอียดดังตารางที่ 1 จากตารางที่ 1 พบว่าเบอร์ของเส้นด้ายยืนที่ใช้ทอผืนผ้ามีค่าอยู่ระหว่าง 5.2 – 5.5 (Cotton count; N_{ec}) หรือมีค่าระหว่าง 107-114 เท็กซ์ (Tex) สำหรับเบอร์ของเส้นด้ายพุ่ง มีค่าอยู่ระหว่าง 3.4 – 5.5 (Cotton count; N_{ec}) หรือมีค่าระหว่าง 164 -173 เท็กซ์ (Tex) จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าเส้นด้ายที่นำมาทอผืนผ้าใบเพื่อใช้ในการผลิตรองเท้าจะใช้เส้นด้ายที่มีขนาดใหญ่มาก และขนาดของเส้นด้ายพุ่งจะมีขนาดใหญ่กว่าเส้นด้ายยืน

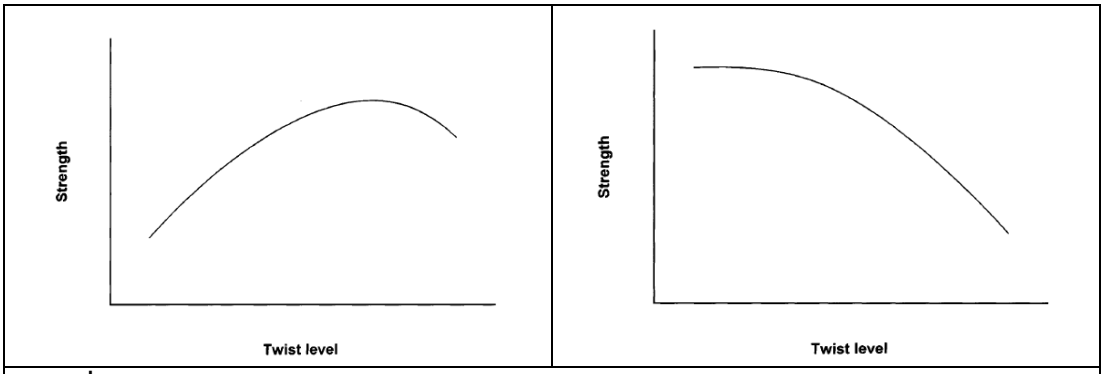
ตารางที่ 1 ผลการทดสอบหาเบอร์ของเส้นด้าย (Yarn number) มาตรฐาน ISO 7211-5: 1984

ผ้าทดสอบ	เบอร์ของเส้นด้าย: เท็กซ์ (Tex)		เบอร์ของเส้นด้าย: Cotton count (Ne_c)	
	เส้นด้ายยืน	เส้นด้ายพุ่ง	เส้นด้ายยืน	เส้นด้ายพุ่ง
ผ้าสีขาว	107.8	173.7	5.5	3.4
ผ้าสีดำ	114.0	172.2	5.2	3.4
ผ้าสีน้ำตาล	110.2	164.8	5.3	3.5

ผลการทดสอบหาจำนวนเกลียวของเส้นด้ายของผ้าใบที่ใช้ทำรองเท้าที่เลาะออกมาจากผืนผ้า ปรากฏดังตารางที่ 2 จากตารางที่ 2 พบว่าการจำนวนเกลียวของเส้นด้ายยืนต่อนิ้ว มีจำนวนเกลียวอยู่ระหว่าง 51-54 ต่อนิ้ว สำหรับแนวด้ายพุ่งมีค่าระหว่าง 61-64 เกลียวต่อนิ้ว จำนวนเกลียวในเส้นด้ายจะส่งผลต่อความแข็งแรง ในกรณีของเส้นด้ายที่ทำมาจากเส้นใยสั้น เช่น ฝ้าย ถ้าเส้นด้ายมีจำนวนเกลียวสูงจะทำให้ความแข็งแรงของผ้าเพิ่มขึ้น แต่ถ้ามากเกินไปก็จะทำให้ความแข็งแรงลดลงได้ ดังกราฟ (ภาพที่ 3: ซ้าย) ในกรณีของเส้นด้ายที่ทำมาจากใยยาวต่อเนื่องเช่นเส้นใยประดิษฐ์ (Continuous filament yarn) ถ้าเส้นด้ายมีจำนวนเกลียวสูงจะทำให้ความแข็งแรงของผ้าลดลงดังกราฟ (ภาพที่ 3: ขวา) [15]

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบหาจำนวนเกลียวของเส้นด้ายต่อหน่วยความยาว (Twist per unit length) มาตรฐาน BS EN ISO 2061: 2010 และผลการทดสอบหาทิศทางการเข้าเกลียว (Direction of twist) มาตรฐาน BS EN ISO 2061: 2010

ผ้าทดสอบ	จำนวนเกลียวต่อนิ้ว		ทิศทางการเข้าเกลียว	
	เส้นด้ายยืน	เส้นด้ายพุ่ง	เส้นด้ายยืน	เส้นด้ายพุ่ง
ผ้าสีขาว	52	62	แซด (Z twist)	แซด (Z twist)
ผ้าสีดำ	54	64	แซด (Z twist)	แซด (Z twist)
ผ้าสีน้ำตาล	51	61	แซด (Z twist)	แซด (Z twist)



ภาพที่ 3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแข็งแรงของเส้นด้ายและจำนวนเกลียว (ซ้าย) เส้นด้ายที่ผลิตมาจากเส้นใยสั้น (ขวา) เส้นด้ายที่ผลิตมาจากเส้นใยยาวต่อเนื่อง [15]

จากผลการทดสอบหาทิศทางการเข้าเกลียวของเส้นด้ายในผืนผ้าตัวอย่างทั้งสามสีมีรายละเอียดดังตารางที่ 2 จากตารางที่ 2 พบว่าทิศทางการเข้าเกลียวในแนวด้ายยืนและแนวด้ายพุ่งเป็นลักษณะการเข้าเกลียวแบบแซด (Z twist) ซึ่งการเข้าเกลียวของเส้นด้ายแบบนี้เป็นเกลียวที่เกิดขึ้นเมื่อแกนของหลอดด้ายหมุนตามเข็มนาฬิกา (ถ้าใช้มือคลายเกลียวเส้นด้ายจะคลายจาก ซ้าย มา ขวา)

ผลจากการหาค่าร้อยละความหยิกงอของเส้นด้ายที่เลาะออกมาจากผืนผ้าทอทั้งสามสีพบว่าในแนวเส้นด้ายยืน เส้นด้ายจะมีความหยิกงออยู่ระหว่างร้อยละ 1.8 – 2.0 และแนวเส้นด้ายพุ่งมีค่าความหยิกงออยู่ระหว่างร้อยละ 1.2 – 1.3 ความหยิกบนเส้นด้าย จะพบได้จากส้นใยที่ใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทอ ซึ่งอาจเกิดจากการจัดเรียงตังของลูกโซ่โมเลกุลมีลักษณะหยิกไปตามโครงสร้างของโมเลกุลหรืออาจเกิดจากการกระทำดัดแปลงรูปร่างของเส้นใยในการบวนการผลิต ลักษณะการหยิกอาจเป็นคลื่น เป็นเกลียว เป็นการดัดงอ เป็นต้น ซึ่งช่วยให้เส้นใยมีการเกาะกันเหนียวแน่นเมื่อปั่นเป็นเส้นด้าย ช่วยให้มีความสามารถในการคืนตัวสูง ทนทานต่อการขูดขีด เบา และอบอุ่น ทั้งยังเพิ่มความสามารถในการดูดซึมน้ำ ก่อให้เกิดความสบายเมื่อสัมผัสผิว แต่ขณะเดียวกันจะทำให้ความมันลดลง

ตารางที่ 3 ผลการหาค่าร้อยละความหยิกงอของเส้นด้ายในผ้าทอ (Crimp of yarn in fabric) มาตรฐาน ISO 7211-3: 1984 และผลการทดสอบหาจำนวนเส้นด้ายในผืนผ้าต่อหน่วยความยาว (Thread per unit length) มาตรฐาน ISO 7211-2: 1984

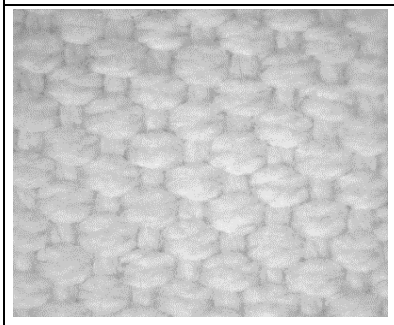
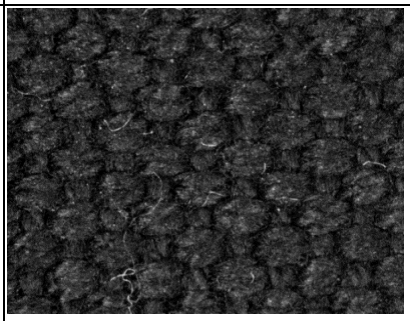
ผ้าทดสอบ	ร้อยละความหยิกงอของเส้นด้าย		จำนวนเส้นด้ายในผืนผ้าต่อ 1 นิ้ว	
	เส้นด้ายยืน	เส้นด้ายพุ่ง	เส้นด้ายยืน	เส้นด้ายพุ่ง
ผ้าสีขาว	1.8	1.3	32/ 2	21
ผ้าสีดำ	1.9	1.3	33/ 2	25
ผ้าสีน้ำตาล	2.0	1.2	32/ 2	20

ผลการทดสอบหาจำนวนเส้นด้ายในผืนผ้าต่อนิ้วมีรายละเอียดดังตารางที่ 3 จากตารางที่ 3 พบว่าจำนวนเส้นด้ายยืนต่อนิ้วในผ้าใบทำรองเท้าทั้งสามสีมีค่าอยู่ระหว่าง 32 – 33 เส้นด้ายต่อนิ้ว โดยเส้นด้ายยืนจะมีลักษณะ 2 เส้นควบเป็น 1 เส้นโดยไม่มีการตีเกลียวสำหรับในแนวด้ายพุ่งพบว่าผ้าสีขาว สีดำ และสีน้ำตาล มีจำนวนเส้นด้ายพุ่งเป็น 21 25 และ 20 เส้นด้ายต่อนิ้วตามลำดับ ความหนาแน่นของเส้นด้ายจะส่งผลต่อคุณสมบัติในด้านความแข็งแรงต่อแรงดึงและแรงฉีกขาดของผืนผ้า กล่าวคือถ้าผืนผ้ามีจำนวนเส้นด้ายมากทั้งแนวด้ายยืนและแนวด้ายพุ่งจะส่งผลให้ผืนผ้ามีความแข็งแรงต่อแรงดึง และแรงฉีกขาดที่สูง เช่นในกรณีนี้จะเห็นได้ว่าปริมาณเส้นด้ายยืนจะมีค่ามากกว่าเส้นด้ายพุ่งดังนั้นความแข็งแรงต่อแรงดึงและแรงฉีกขาดในแนวเส้นด้ายยืนจะมีค่าสูงกว่าแนวเส้นด้ายพุ่ง

ตารางที่ 4 แสดงผลการวิเคราะห์หาจำนวนเส้นด้ายควบของชิ้นผ้าทั้ง 3 ผืน จากตารางพบว่า ด้ายยืนประกอบด้วยเส้นด้ายควบ 2 เส้นโดยไม่มีการตีเกลียวเข้าด้วยกัน ในขณะที่เส้นด้ายพุ่ง มีการควบเส้นด้าย 3 เส้นและมีการตีเกลียวเข้าด้วยกันเหมือนกันทั้ง 3 ผืน ผลการวิเคราะห์หาความหนาของผ้า พบว่า ผ้าสีขาว มีความหนากว่าผ้าสีดำและสีน้ำตาลเพียงเล็กน้อย และจากค่าที่ได้ แสดงว่าผ้าทั้ง 3 ชนิด จัดอยู่ในประเภทผ้าเนื้อหนา (มากกว่า 0.47 มิลลิเมตร) รายละเอียดดังตาราง ที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบหาจำนวนเส้นด้ายควบ (Number of ply) และผลการทดสอบหาค่าความหนาของผ้า (Fabric thickness) มาตรฐาน BS EN ISO 5084:1996

ผ้าทดสอบ	จำนวนเส้นด้ายควบ (เส้น)		ความหนาของผ้า (มิลลิเมตร)
	เส้นด้ายยืน	เส้นด้ายพุ่ง	0.82
ผ้าสีขาว	2 (ไม่ตีเกลียว)	3 (ตีเกลียว)	0.75
ผ้าสีดำ	2 (ไม่ตีเกลียว)	3 (ตีเกลียว)	0.73
ผ้าสีน้ำตาล	2 (ไม่ตีเกลียว)	3 (ตีเกลียว)	0.82

ผ้าสีขาว	ผ้าสีดำ	ผ้าสีน้ำตาล
		
ลายขัด	ลายขัด	ลายขัด

ภาพที่ 4 ลักษณะโครงสร้างผ้าทอทั้ง 3 สี

ภาพที่ 4 แสดงจากการวิเคราะห์หาลักษณะโครางสร้างการทอของผ้าทั้ง 3 ชิ้นด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยายสูง จากภาพพบว่า ผ้าทั้งสามผืน เป็นการทอแบบโครงสร้างลายขัด (Plain weave) ซึ่งโครงสร้างนี้จะให้ค่าความแข็งแรงต่อแรงดึงที่สูง (Breaking strength) ในขณะที่ ความแข็งแรงต่อการฉีกขาด (Tearing strength) มีค่าที่ต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับโครงสร้างลายทอแบบทแยง (Twill weave) และ ลายต่วน (Satin weave) [15]

ผลการทดสอบความแข็งแรงของผ้าต่อแรงดึงขาด ปรากฏดังตารางที่ 5 จากตารางพบว่า ผ้าสีขาว มีความแข็งแรงที่สุด รองลงมา ได้แก่ผ้าสีน้ำตาลและสีดำ ตามลำดับ ทั้งแนวเส้นด้ายยืนและแนวเส้นด้ายพุ่ง นอกจากนั้นแล้ว พบว่าความแข็งแรงของชุดเส้นด้ายยืน มีความแข็งแรงสูงกว่าชุดเส้นด้ายพุ่ง ในส่วนของผลการทดสอบความแข็งแรงการฉีกขาดของผ้าทั้ง 3 ผืน ปรากฏดังตารางที่ 5 จากตารางพบว่าผ้าสีขาว มีความแข็งแรงที่สุด รองลงมา ได้แก่ผ้าสีน้ำตาลและสีดำ ตามลำดับ ทั้งแนวเส้นด้ายยืนและแนวเส้นด้ายพุ่ง นอกจากนั้นแล้ว พบว่าความแข็งแรงของชุดเส้นด้ายยืน มีความแข็งแรงสูงกว่าชุดเส้นด้ายพุ่ง

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบความแข็งแรงของผ้าต่อแรงดึง (Tensile strength) มาตรฐาน BS EN ISO 13934-2:1999 และผลการทดสอบความแข็งแรงของผ้าต่อแรงฉีกขาด (Tearing strength) มาตรฐาน BS EN ISO 13937-1: 2000

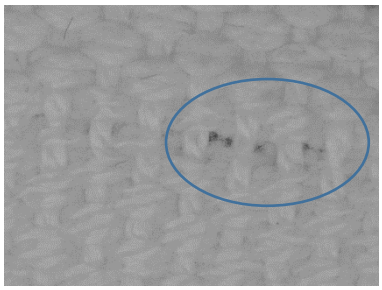
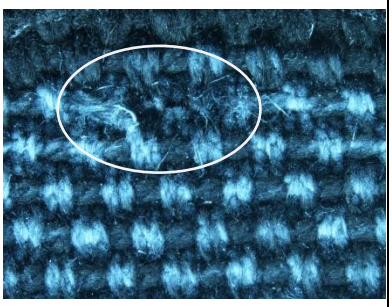
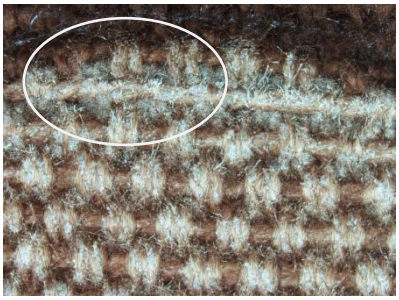
ผ้าทดสอบ	ความแข็งแรงต่อแรงดึง (นิวตัน)		ความแข็งแรงต่อแรงฉีกขาด (นิวตัน)	
	แนวเส้นด้ายยืน	แนวเส้นด้ายพุ่ง	แนวเส้นด้ายยืน	แนวเส้นด้ายพุ่ง
สีขาว	1,102.0	564.0	60.5	66.1
สีดำ	941.0	446.0	37.5	54.0
สีน้ำตาล	1,009.0	487.9	49.0	59.1

ผลการทดสอบความต้านทานการขัดถูมีรายละเอียดดังตารางที่ 6 จากตารางที่ 6 พบว่าผ้าทั้ง 3 ผืน พบว่า ผ้าสีดำสามารถทนต่อการขัดถูได้ดีกว่าผ้าสีขาวและสีน้ำตาลเพียงเล็กน้อย ลักษณะการขาดของเส้นด้ายบนผ้าชิ้นทดสอบทั้ง 3 ผืน ปรากฏดังภาพที่ 5

ตารางที่ 6 ผลการทดสอบความต้านทานการขัดถู (Abrasion resistance) มาตรฐาน BS EN ISO 12947-2:1998 และผลการทดสอบหาน้ำหนักของผ้า (Fabric weight) มาตรฐาน ISO 3801: 1977

ผ้าทดสอบ	จำนวนรอบที่ผ้าขาด (รอบ)	น้ำหนักของผ้า	
		น้ำหนัก (กรัมต่อเมตร^2)	น้ำหนัก (ออนซ์ต่อหลา^2)
สีขาว	73,000	446.6	13.1
สีดำ	87,000	465.3	13.7
สีน้ำตาล	77,000	418.2	12.3

ผลการทดสอบหาน้ำหนักต่อหน่วยพื้นที่ของผ้าทั้ง 3 ผืน ปรากฏดังตารางที่ 6 จากตารางพบว่า ผ้าทั้ง 3 ผืน จัดอยู่ในประเภทของผ้าที่มีน้ำหนักสูงมาก (มากกว่า 375 กรัมต่อตารางเมตร) [15]

ผ้าสีขาว	ผ้าสีดำ	ผ้าสีน้ำตาล
		

ภาพที่ 5 ลักษณะการขาดของเส้นด้ายบนผ้าชิ้นทดสอบทั้ง 3 สี

ผลของการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักล้างมีรายละเอียดดังตารางที่ 7 จากตารางที่ 7 สังเกตได้ว่าผ้าที่ใช้ทำรองเท้าสีดำ และสีน้ำตาล มีค่าความคงทนของสีต่อการซักล้างในระดับที่ดีมาก (4-5) ทั้งในเรื่องของความคงทนต่อการเปลี่ยนแปลงของสี และความคงทนต่อการติดเปื้อนสีบนผ้าขาว

ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อน้ำปรากฏดังตารางที่ 8 การทดสอบนี้เป็นการทดสอบเพื่อที่จะประเมินค่าการเปลี่ยนแปลงของสี และค่าการติดเปื้อนสีบนผ้าเมื่อต้องสัมผัสกับน้ำในอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส และเวลา 4 ชั่วฌโมง ตามที่กำหนด จากผลการทดสอบสังเกตได้ว่าผ้าที่ใช้ทำรองเท้าสีดำ และสีน้ำตาล มีค่าความคงทนต่อการเปลี่ยนแปลงของสีอยู่ในระดับที่ดีมาก (4-5) สำหรับความคงทนต่อการติดเปื้อนสีบนผ้าขาวจะเห็นได้ว่า ผ้าใบที่ใช้ทำรองเท้าสีดำมีสีตกใส่ผ้าขาวในส่วนของเส้นใยฝ้ายและไนลอนในระดับเล็กน้อย ดังนั้นค่าความคงทนต่อการติดเปื้อนสีจึงอยู่ในระดับ ดี ถึง ดีมาก (4 ถึง 4-5) สำหรับผ้าใบสีน้ำตาลนั้นค่าความคงทนต่อการติดเปื้อนสีจะอยู่ในระดับ ปานกลาง ถึง ดี (3- 4 ถึง 4)

ตารางที่ 9 แสดงผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการขัดถูทั้งสองสภาวะ (เปียกและแห้ง) บนผ้าสีดำและสีน้ำตาล (ผ้าสีขาว ไม่ได้นำมทดสอบเนื่องจากมีสีขาว) จากผลการทดสอบพบว่าความคงทนต่อการติดเปื้อนสีบนผ้าขาว (ผ้ามาตรฐาน) ในสภาวะที่แห้ง อยู่ในระดับดีมาก (4-5) ส่วนการขัดถูในสภาวะเปียกซึ่งอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ (2-3)

ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อแสงบนผ้าทดสอบทั้งสามชิ้น มีรายละเอียดดังตารางที่ 10 จากตารางพบว่า ผ้าทั้งสามชิ้นมีค่าความคงทนของสีต่อแสงอยู่ในระดับ ปานกลาง (4-5)

ตารางที่ 7 ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักล้าง มาตรฐาน ISO 105-C06 A1S: 1994 (ทดสอบที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที)

ความคงทนของสีต่อการซักล้าง	ระดับความคงทนของสี		
	ผ้าสีขาว	ผ้าสีดำ	ผ้าสีน้ำตาล
ค่าการเปลี่ยนแปลงของสี	ไม่ทดสอบ	4-5	4-5
ค่าการติดเปื้อนสีบนผ้าขาว			
-อะซีเตท	ไม่ทดสอบ	4-5	4-5
-ฝ้าย	ไม่ทดสอบ	4-5	4-5
-ไนลอน	ไม่ทดสอบ	4-5	4-5
-พอลิเอสเทอร์	ไม่ทดสอบ	4-5	4-5
-อะคริลิค	ไม่ทดสอบ	4-5	4-5
-ขนสัตว์	ไม่ทดสอบ	4-5	4-5

* หมายเหตุ * ระดับ 5 ดีที่สุด, ระดับ 1 ต่ำสุด

ตารางที่ 8 ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อน้ำ มาตรฐาน ISO 105-E01: 1994

ความคงทนของสีต่อน้ำ	ระดับความคงทนของสี		
	ผ้าสีขาว	ผ้าสีดำ	ผ้าสีน้ำตาล
ค่าการเปลี่ยนแปลงของสี	ไม่ทดสอบ	4-5	4-5
ค่าการติดเปื้อนสีบนผ้าขาว			
-อะซีเตท	ไม่ทดสอบ	4-5	4
-ฝ้าย	ไม่ทดสอบ	4	3-4
-ไนลอน	ไม่ทดสอบ	4	3-4
-พอลิเอสเทอร์	ไม่ทดสอบ	4-5	4
-อะคริลิค	ไม่ทดสอบ	4-5	4
-ขนสัตว์	ไม่ทดสอบ	4-5	4

* หมายเหตุ * ระดับ 5 ดีที่สุด, ระดับ 1 ต่ำสุด

ตารางที่ 9 ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการขัดถู มาตรฐาน ISO 105-X12: 2001

ระดับการติดเปื้อนสีบนผ้าขาว (ผ้ามาตรฐาน)											
ผ้าสีขาว				ผ้าสีดำ				ผ้าสีน้ำตาล			
แนวด้ายยืน		แนวด้ายพุ่ง		แนวด้ายยืน		แนวด้ายพุ่ง		แนวด้ายยืน		แนวด้ายพุ่ง	
เปียก	แห้ง	เปียก	แห้ง	เปียก	แห้ง	เปียก	แห้ง	เปียก	แห้ง	เปียก	แห้ง
-	-	-	-	2-3	4-5	2	4-5	3	4-5	3	4-5

หมายเหตุ * ระดับ 5 ดีที่สุด, ระดับ 1 ต่ำสุด

ตารางที่ 10 การทดสอบความคงทนของสีต่อแสง มาตรฐาน ISO 105-B02: 1994

ผ้าทดสอบ	ผ้าสีขาว	ผ้าสีดำ	ผ้าสีน้ำตาล
ระดับการเปลี่ยนแปลงของสี	4	5	4

* หมายเหตุ * ระดับ 8 ดีที่สุด, ระดับ 1 ต่ำสุด

4. สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ศึกษา สมบัติเชิงกายภาพและความคงทนของสีของผ้าใบที่ใช้ผลิตรองเท้าผ้าใบนักเรียน โดยมุ่งเน้นที่ 3 สี ได้แก่ สีขาว สีดำ และสีน้ำตาล ผลการวิจัยสามารถสรุปได้ดังนี้:

(1) สมบัติเชิงกายภาพสรุปได้ว่าเส้นใยของผ้าใบทั้งสามสีมีส่วนประกอบเป็นฝ้าย มีโครงสร้างการทอแบบ "ลายขัด" (Plain Weave) ซึ่งมีความแข็งแรงต่อแรงดึงสูง แต่ความแข็งแรงต่อแรงฉีกขาดต่ำ ความหนาของผ้าใบจัดอยู่ในประเภทผ้าเนื้อหนา โดยผ้าสีขาวมีความหนามากที่สุด ค่าความแข็งแรงต่อแรงดึงของผ้าสีขาวสูงที่สุด รองลงมาคือสีดำ และสีน้ำตาลตามลำดับ และในส่วนของความต้านทานต่อการขัดถูพบว่าสีดำมีความทนทานที่สุด รองลงมาคือสีน้ำตาลและสีขาว

(2) สมบัติความคงทนของสีสรุปได้ว่า ความคงทนของสีต่อการซักล้างสำหรับผ้าใบสีดำและสีน้ำตาลอยู่ในระดับดีมาก (4-5) ความคงทนของสีต่อน้ำสำหรับผ้าใบสีดำมีค่าความคงทนอยู่ในระดับ "ดีถึงดีมาก" (4 ถึง 4-5) ส่วนสีน้ำตาลอยู่ในระดับ “ปานกลางถึงดี” (3-4 ถึง 4) ค่าความคงทนของสีต่อแสงสำหรับผ้าทั้งสามสีมีระดับความคงทน "ปานกลาง" (4-5) ในส่วนของความคงทนของสีต่อการขัดถูทั้งสภาวะเปียกและแห้งสรุปได้ว่าในสภาพแห้งอยู่ในระดับ "ดีมาก" (4-5) แต่ในสภาพเปียกอยู่ในระดับต่ำ (2-3)

(3) ผลการวิจัยสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลในการพัฒนาคุณภาพของรองเท้าผ้าใบนักเรียนและเป็นแนวทางในการเลือกวัตถุดิบให้เหมาะสมกับความต้องการของผู้บริโภค ทั้งในแง่ของความทนทานและความคงทนของสี

เอกสารอ้างอิง

[1] ธนญา ตรึงตราจิตกุล. (2545). คู่มือปริมาณวิเคราะห์ทางเคมีหาส่วนผสมเส้นใย 2 ชนิด ในผลิตภัณฑ์สิ่งทอ ตามมาตรฐาน ISO 1833-1977. กรุงเทพฯ. ส่วนอุตสาหกรรมสิ่งทอ สำนักพัฒนาอุตสาหกรรมรายสาขา กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม.

[2] รัตนพล มงคลรัตนาสิทธิ์ และณัฐดนย์ รุ่งเรืองกิจไกร. (2015). การหาเบอร์ของเส้นด้ายในผืนผ้าทอและผ้าถักแนวขวาง. Colourway. 21 (121): 22-25.

[3] British Standards Institution (BSI). (2010). Textiles - Determination of twist in yarns - Direct counting method (ISO 2061:2010). London: BSI Group Headquarters.

[4] The International Organization for Standardization. (1984). International Standard ISO 7211/3; Textiles - Woven fabrics - Construction - Methods of analysis - Part 3: Part 3: Determination of crimp of yarn in fabric. Geneva: International Organization for Standardization.

[5] The International Organization for Standardization. (1984). International Standard ISO 7211/; Textiles - Woven fabrics - Construction - Methods of analysis - Part 2: Part 2: Determination of number of threads per unit length. Geneva: International Organization for Standardization.

[6] British Standards Institution (BSI). (1999). Textiles - Tensile properties of fabrics - Part 1: Determination of maximum force and elongation at maximum force using the strip method (ISO 13934-1:1999). London: BSI Group Headquarters.

[7] British Standards Institution (BSI). (1997). Textiles - Determination of thickness of textiles andtextile products (ISO 5084:1996). London: BSI Group Headquarters.

[8] British Standards Institution (BSI). (2000). Textiles - Tear properties of fabrics -Part 1: Determination of tear force using ballistic pendulum method (Elmendorf) (ISO 13937-1:2010). London: BSI Group Headquarters.

[9] British Standards Institution (BSI). (2000). Textiles — Determination of abrasion resistance of fabrics by the Martindale method — Part 2: Determination of specimen breakdown (ISO 12947-2:1998). London: BSI Group Headquarters.

[10] รัตนพล มงคลรัตนาสิทธิ์ และณัฐดนย์ รุ่งเรืองกิจไกร. (2015). การทดสอบหาน้ำหนักผ้า (Fabric Weight Testing). Colourway. 21 (120): 24-26.

[11] รัตนพล มงคลรัตนาสิทธิ์ และณัฐดนย์ รุ่งเรืองกิจไกร. (2016). การทดสอบความคงทนของสีต่อการซักล้างตามมาตรฐาน ISO 105-C06: 2010 (Tests for colour fastness part C06: Colour fastness to domestic and commercial laundering). Colourway. 21 (122): 23-27.

[12] รัตนพล มงคลรัตนาสิทธิ์ และณัฐดนย์ รุ่งเรืองกิจไกร. (2014). การทดสอบความคงทนของสีต่อน้ำ (Colour Fastness to water) มาตรฐาน ISO105 E01:2010. Colourway. 20 (114): 22-24.

[13] รัตนพล มงคลรัตนาสิทธิ์. (2549). วิธีการทดสอบความคงทนของสีบนวัสดุสิ่งทอตามมาตรฐาน (Standard Test Method for Colour Fastness Testing on textiles). กรุงเทพ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[14] รัตนพล มงคลรัตนาสิทธิ์ และณัฐดนย์ รุ่งเรืองกิจไกร. (2014). การทดสอบความคงทนของสีต่อการขัดถู (Colour Fastness to Rubbing) ตอนที่ 1 มาตรฐาน ISO 105-X12:2001. Colourway. 20 (112): 23-25.

[15] Collier, B. J. and Epps, H. H. (1999). Textile Testing and Analysis. New Jersey: Prentice-Hall. 1999.

การพัฒนาผลิตภัณฑ์สิ่งทออิเล็กทรอนิกส์

Development of Electronic Textile Products

จิตติ พัทธวณิช[1*],ก้องเกียรติ มหาอินทร์[2], ณัฐดนย์ รุ่งเรืองกิจไกร[3] นิตยา วันโสภา[2] ฐิติมา พุทธบูชา[2] และธีรภัทร์ ปัญญาเพียร[3]

[1]ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
[2]คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
[3]ภาควิชาวิทยาการสิ่งทอ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

*ผู้นิพนธ์ประสานงาน: จิตติ พัทธวณิช email: jitti@eng.buu.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มุ่งเน้นการพัฒนาผลิตภัณฑ์สิ่งทออิเล็กทรอนิกส์สำหรับการออกกำลังกาย โดยนำเทคโนโลยีไมโครคอนโทรลเลอร์และเซนเซอร์ต่างๆ มาใช้ เช่น เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ เซนเซอร์วัดชีพจร และระบบ GPS เพื่อตรวจสอบสภาวะของผู้สวมใส่ในระหว่างการออกกำลังกาย ชุดออกกำลังกายได้รับการออกแบบให้มีส่วนประกอบที่ถอดออกได้เพื่อความสะดวกในการทำความสะอาด และมีหน้าจอแสดงผลแบบ OLED เพื่อนำข้อมูลแสดงผลในเวลาจริง ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าชุดออกกำลังกายสามารถวัดค่าต่างๆ ได้อย่างแม่นยำใกล้เคียงกับอุปกรณ์มาตรฐาน การวิจัยนี้ช่วยสนับสนุนการพัฒนาเทคโนโลยีสิ่งทออัจฉริยะเพื่อประโยชน์ในด้านสุขภาพและคุณภาพชีวิตของผู้ใช้

คำสำคัญ: สิ่งทออิเล็กทรอนิกส์ ชุดออกกำลังกาย เซนเซอร์ การตรวจวัดสุขภาพ เทคโนโลยีสิ่งทออัจฉริยะ

Abstract

This research focuses on the development of electronic textile products for exercise by integrating microcontroller technology and various sensors, such as temperature sensors, heart rate sensors, and GPS systems, to monitor the wearer's conditions during physical activities. The exercise suit is designed with detachable components for easy cleaning and features an OLED display for real-time data visualization. Experimental results show that the suit accurately measures parameters comparable to standard devices. This research contributes to advancing smart textile technology, benefiting health and improving users' quality of life.

Keywords: Electronic textiles, Exercise suit, Sensors, Health monitoring, Smart textile technology

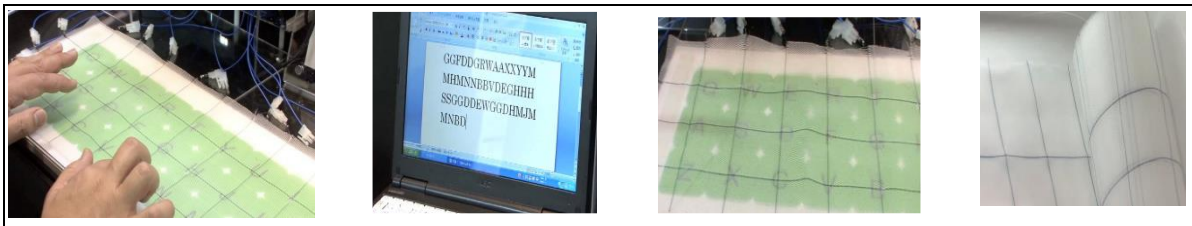
1. บทนำ

สิ่งทอและเครื่องนุ่งห่มถือเป็นอุตสาหกรรมที่ทำรายได้ให้กับประเทศเป็นอันดับ 7 ของการส่งออกทั้งหมด แต่ในช่วง 2-3 ปีที่ผ่านมา ภาพรวมการส่งออกสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่มของไทยกลับลดลงอย่างต่อเนื่องตามสภาพเศรษฐกิจโลกที่ชะลอตัว และยังพบปัจจัยเสี่ยงที่อาจทำให้ภาพรวมการส่งออกสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่มไปไม่ถึงจุดที่ตั้งไว้ ในระยะสั้น 1-2 ปีนี้ แม้ว่าประเทศไทยจะเป็นผู้ผลิตต้นน้ำปลายน้ำที่สมบูรณ์ เหมือนเป็นศูนย์กลางในอาเซียน แต่ปัจจุบันประเทศไทยเผชิญกับต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้น ผู้ผลิตบางรายเริ่มย้ายฐานการผลิตไปยังประเทศใกล้เคียง ทำให้ประเทศเหล่านี้กลายเป็นคู่แข่งสำคัญของไทย

เนื่องจากอุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่มมีสายห่วงโซ่อุปทานที่ยาวเชื่อมโยงหลายอุตสาหกรรมย่อย จึงก่อให้เกิดการจ้างงานสูงถึง 1,023,000 คน คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 19 ของแรงงานในภาคการผลิต โดยแรงงานประมาณ 796,000 คน หรือ ร้อยละ 78 อยู่ในอุตสาหกรรมการผลิตเครื่องนุ่งห่ม อย่างไรก็ตาม เนื่องจากปัญหาค่าแรงที่เพิ่มสูงขึ้น ส่งผลให้อัตราการจ้างงานของอุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่มเริ่มมีแนวโน้มลดลงเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 1.7 ต่อปี จากปัญหาที่เกิดขึ้นกับอุตสาหกรรมสิ่งทอ และเครื่องนุ่งห่ม รวมทั้งอุตสาหกรรมอื่นๆ รัฐบาลได้กำหนดวิสัยทัศน์เชิงนโยบายการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศไทย หรือ โมเดลพัฒนาเศรษฐกิจของรัฐบาล และประกาศนโยบายอย่างชัดเจนในการที่จะผลักดันประเทศไทยเป็น “ประเทศไทย 4.0 กับขับเคลื่อนด้วยนวัตกรรม”

หนึ่งในห้ากลุ่มเทคโนโลยีและอุตสาหกรรมเป้าหมายสู่ไทยแลนด์ 4.0 ที่สำคัญก็คือ กลุ่มดิจิตอลเทคโนโลยีอินเตอร์เน็ตที่เชื่อมต่อและบังคับอุปกรณ์ต่างๆ ปัญญาประดิษฐ์และเทคโนโลยีสมองกลฝังตัว (Digital, IOT, Artificial intelligence & Embedded Technology) อาทิ เทคโนโลยีการเงิน (Fintech) อุปกรณ์เชื่อมต่อออนไลน์โดยไม่ต้องใช้คน (IoT) เทคโนโลยีการศึกษา (Edtech) อี-มาร์เก็ตเพลส (E-Market place) อี-คอมเมิร์ซ (E-Commerce) เป็นต้น

ดังนั้นจากปัญหาที่เกิดขึ้นกับอุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่ม รวมทั้งนโยบายของรัฐบาลที่ต้องการให้ประเทศไทยเป็นไทยแลนด์ 4.0 นั้น จึงมีแนวความคิดที่จะพัฒนาสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่มให้มีฟังก์ชัน และรูปแบบการใช้งานในลักษณะสิ่งทออัจฉริยะ (smart textile) โดยการพัฒนาสิ่งทอ หรือเครื่องนุ่งห่มให้เป็นสิ่งทออิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Textiles หรือ E-Textiles) ซึ่งถือว่าเป็นอีกก้าวหนึ่งของการพัฒนาสิ่งทอทางเทคนิค โดยการนำโมดูล อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ระบบคอมพิวเตอร์ มาประยุกต์ใช้งานกับเสื้อผ้าสำเร็จรูป เพื่อเพิ่มประโยชน์ในการใช้งานให้มากขึ้นนอกเหนือจากการสวมใส่เพื่อปกปิดร่างกาย อุปกรณ์เสริมเหล่านี้จะช่วยเพิ่มความสะดวกสบายของผู้สวมใส่เพื่อสุขภาพกาย และคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น ปัจจุบันมีผู้ประกอบการในต่างประเทศจำนวนมากทำการคิดค้นสิ่งประดิษฐ์ใหม่ๆ มีการพัฒนาสร้างอุปกรณ์ไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ให้มีขนาดเล็กลง มีความมีความเหมาะสม เพื่อให้แนบชิดมากยิ่งขึ้น ทำให้สวมใส่สบาย มีความยืดหยุ่น ไม่อึดอัด และที่สำคัญ คือ มีความ ปลอดภัย ตัวอย่างสิ่งทออิเล็กทรอนิกส์ ที่พัฒนาขึ้นมาในต่างประเทศ มีดังภาพที่ 1-6 [1-5]



ภาพที่ 1 นวัตกรรมระบบสัมผัสเซนเซอร์โดยใช้เทคโนโลยีเชิงบูรณาการด้านสิ่งทอ [1]

ภาพที่ 2 การใช้เส้นใยตัวนำ (Conductive fibers) และแบตเตอร์รีมาประยุกต์ใช้ในเสื้อผ้าอัจฉริยะ [2-3]

ภาพที่ 3 เสื้อผ้าที่ช่วยดูแลการฟื้นฟูสมรรถภาพหัวใจ (cardiac rehabilitation monitor) [2-3]

ภาพที่ 4 เสื้อผ้าที่มีระบบแสงสว่างในตัวเอง [4]

ภาพที่ 5 เทคโนโลยีเกี่ยวกับสิ่งทอที่สามารถสวมใส่และใช้เป็นเสื้อผ้าอัจฉริยะ (Smart clothing) [5]

ภาพที่ 6 การตรวจวัดคลื่นไฟฟ้าของหัวใจโดยการสวมเสื้อที่มีส่วนประกอบของขั้วไฟฟ้า [1]

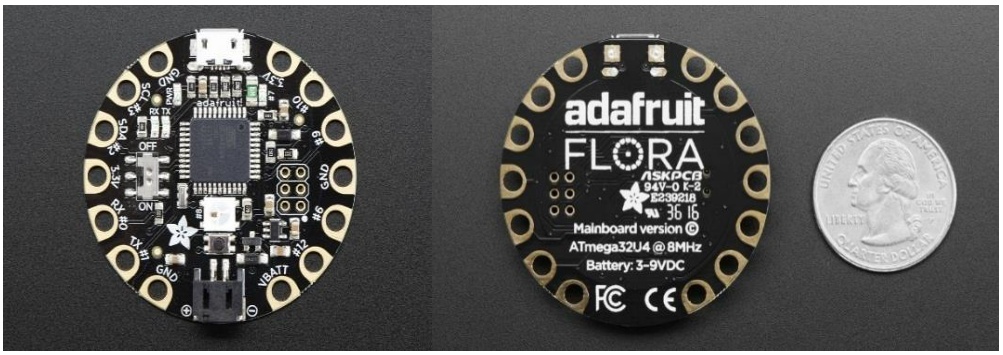
ดังนั้นในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและพัฒนาชุดออกกำลังกายให้สามารถวัดและแสดงผลของสภาวะการออกกำลังกายของผู้สวมใส่ ตลอดจนทดสอบประสิทธิภาพของชุดออกกำลังกายที่ได้พัฒนาขึ้น

2. วิธีการดำเนินการวิจัย

2.1 วัสดุ อุปกรณ์

สืบเนื่องจากวัตถุประสงค์ของการพัฒนาผลิตภัณฑ์สิ่งทออิเล็กทรอนิกส์ที่ว่า เพื่อพัฒนาชุดออกกำลังกายให้สามารถวัดและแสดงผลของสภาวะการออกกำลังกายของผู้สวมใส่ได้ ทางผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาและรวบรวม อุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็ก (microcontroller) และตัวรับรู้ (Sensor) ที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้กับผลิตภัณฑ์สิ่งทอซึ่งจะต้องมีขนาดเล็ก ใช้พลังงานต่ำ และมีความทนทาน อุปกรณ์ที่ทางผู้วิจัยได้เลือกใช้เพื่อให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การพัฒนาผลิตภัณฑ์สิ่งทออิเล็กทรอนิกส์ [6-7] แสดงได้ดังนี้

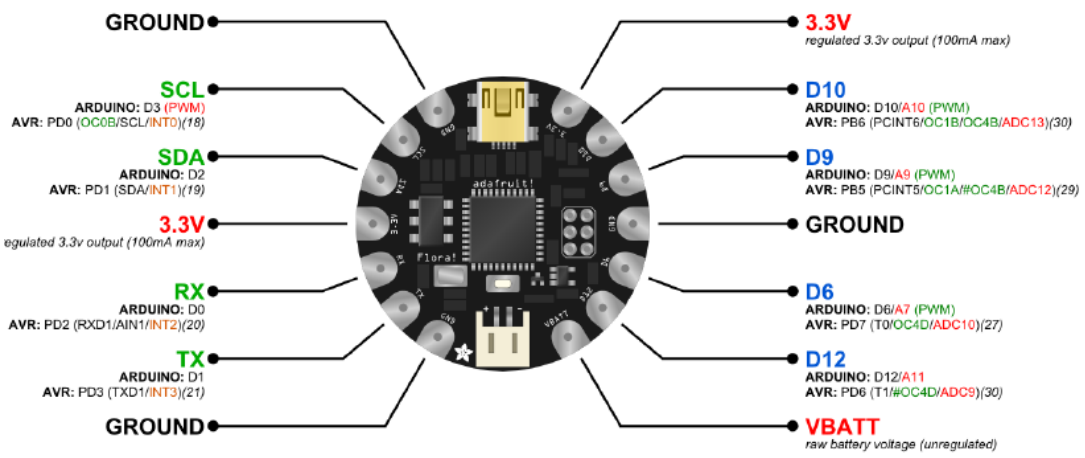
2.1.1. อุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็ก (Microcontroller) เป็นอุปกรณ์ซึ่งใช้เป็นหน่วยประมวลผลหลักมีหน้าที่ในการเชื่อมต่อกับตัวรับรู้ (Sensor) แล้วนำสัญญาณจากตัวรับรู้มาประมวลผลเพื่อคำนวณค่าพารามิเตอร์ที่ต้องการรวมทั้งส่งค่าดังกล่าวไปยังอุปกรณ์แสดงผล ในปัจจุบันได้มีผู้ผลิตอุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็กเป็นจำนวนมากซึ่งเหมาะกับการใช้งานที่แตกต่างกันไป สำหรับอุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็กที่ใช้กับสิ่งทอนั้นควรมีขนาดเล็ก น้ำหนักเบาและสามารถเย็บติดกับสิ่งทอได้ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้เลือกอุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็กรุ่น FLORA V3 (ภาพที่ 7) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็กที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.5 เซ็นติเมตร หนา 5 มิลลิเมตร มีน้ำหนัก 4.7 กรัม ใช้พลังงานต่ำ (ใช้แหล่งจ่ายพลังงาน 3.3 โวลต์)



ภาพที่ 7 อุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็ก FLORA V3

ใช้ชิปประมวลผลรุ่น Atmega32u4 ซึ่งมีความละเอียดในการประมวลผล 8 บิต ความเร็วในการประมวลผล 16 MHz (ดังนั้นจึงใช้เวลาเพียง 63 ns ในการประผล 1 คำสั่ง) มีหน่วยความจำภายใน 2.5 KB (สามารถเขียนคำสั่งได้ถึง 2,500 ตัวอักษร) สามารถรับ/ส่งได้ทั้งแบบสัญญาณดิจิตอลและแบบอนาลอก (0 – 5V) เชื่อมต่อกับอุปกรณ์อื่นผ่านทางช่องสื่อสารแบบ UART (TX/RX) และแบบ I2C (SCL/SCA) ทำให้สามารถ

เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอกได้มากถึง 256 อุปกรณ์ บนบอร์ด FLORA มีช่องเชื่อมต่อแบบ micro-USB ทำให้สะดวกต่อการป้อนโปรแกรมควบคุมเข้าสู่ชิปประมวลผล ช่องสำหรับการทำงานต่างๆแสดงได้ดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 ช่องเชื่อมต่อบนบอร์ด FLORA V3

โปรแกรมควบคุมสามารถถูกเขียนขึ้นโดยใช้ Arduino IDE ซึ่งมีโครงสร้างคล้ายภาษาซีซึ่งทำให้ง่ายต่อการพัฒนาโปรแกรมควบคุม ลักษณะตัวอย่างโครงสร้างโปรแกรมควบคุมแสดงได้ดังภาพที่ 9

```
// Pin D7 has an LED connected on FLORA.
// give it a name:
int led = 7;

// the setup routine runs once when you press reset:
void setup() {
  // initialize the digital pin as an output.
  pinMode(led, OUTPUT);
}

// the loop routine runs over and over again forever:
void loop() {
  digitalWrite(led, HIGH);   // turn the LED on (HIGH is
                             // the voltage level)
  delay(1000);               // wait for a second
  digitalWrite(led, LOW);    // turn the LED off by making
                             // the voltage LOW
  delay(1000);               // wait for a second
}
```

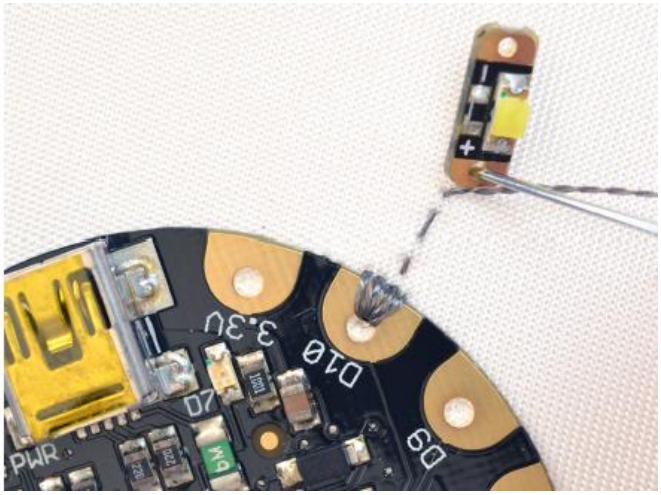
ภาพที่ 9 ตัวอย่างโครงสร้างโปรแกรมควบคุม

อุปกรณ์นี้มีช่องสำหรับใส่แบตเตอรี่แบบ JST เหมาะสำหรับการใช้แบตเตอรี่หลายชนิดเช่น LiIon/LiPoly, LiFe, alkaline or rechargeable NiMh/NiCad. (ภาพที่ 10) ตัวบอร์ดสามารถรับแรงดันไฟฟ้า

ได้ในช่วง 3.5 ถึง 16 โวลต์ หากเกินกว่ากำหนดจะตัดการทำงานโดยอัตโนมัติ นอกจากนี้บอร์ด FLORA ยังสามารถเป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้าขนาด 3.3 โวลต์ 250 มิลลิแอมแปร์ (mA) ให้กับตัวรับรู้และอุปกรณ์ภายนอกได้

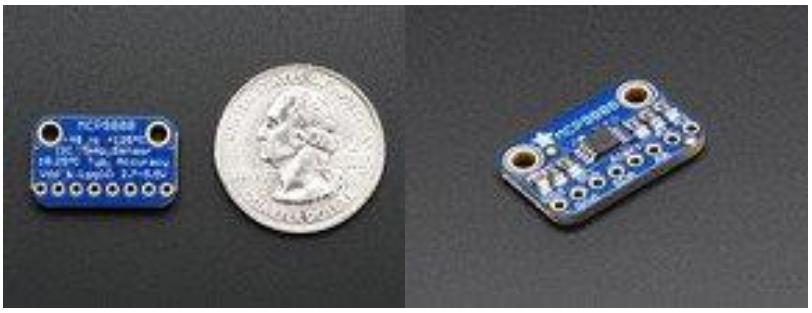
ภาพที่ 10 บอร์ด FLORA เชื่อมต่อกับแบตเตอรี่แบบ LiPoly และแบบ Alkaline

ในการเชื่อมต่อกับตัวรับรู้หรืออุปกรณ์ตัวอื่นสามารถกระทำได้ด้วยสายไฟขนาดเล็กหรือเส้นด้ายนำไฟฟ้าดังแสดงในภาพที่ 11



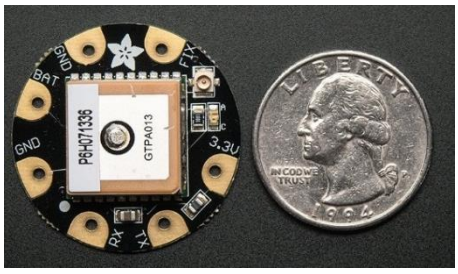
ภาพที่ 11 เชื่อมต่อบอร์ด FLORA ตัวรับรู้หรืออุปกรณ์ตัวอื่นด้วยเส้นด้ายนำไฟฟ้า

2.1.2. ตัวรับรู้สำหรับวัดอุณหภูมิ (Temperature Sensor) ในการวัดอุณหภูมิร่างกายเฉลี่ยของผู้สวมใส่ ได้เลือกใช้ตัววัดอุณหภูมิขนาดเล็กรุ่น MCP 9808 มีขนาด 4 x 2 มิลลิเมตร (ภาพที่ 12) ซึ่งเป็นตัวรับรู้ที่สามารถวัดอุณหภูมิในช่วง -40 องศาเซลเซียส ถึง +125 องศาเซลเซียส มีความถูกต้องในการวัดอุณหภูมิ ±0.25 องศาเซลเซียส และมีความละเอียดในการวัดอุณหภูมิ +0.0625 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นความละเอียดสูง จึงทำให้ค่าอุณหภูมิที่วัดได้มีความถูกต้องสูง เชื่อมต่อกับบอร์ด FLORA ผ่านทางสัญญาณ I2C สามารถใช้กับแหล่งพลังงานไฟฟ้า 2.7 โวลต์ ถึง 5.5 โวลต์ ใช้กระแสไฟฟ้า 200 ไมโครแอมแปร์ (uA)

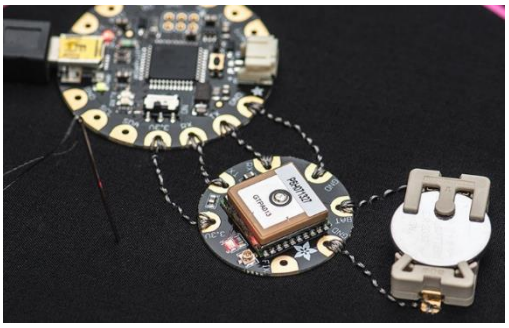


ภาพที่ 12 ตัวรับรู้สำหรับวัดอุณหภูมิ (Temperature Sensor)

2.1.3. ตัวรับรู้สำหรับวัดระยะทางและความเร็วในการเคลื่อนที่ (Distance and Velocity Sensor) ในการวัดระยะทางและความเร็วการเคลื่อนที่จะใช้ตัวรับรู้ประเภทระบบระบุตำแหน่งบนพื้นโลก (Global Positioning System: GPS) ซึ่งสามารถคำนวณระยะทางและความเร็วการเคลื่อนที่จากพิกัดตำแหน่งของผู้สวมใส่ที่ได้ติดตั้งตัวรับรู้ โดยได้ใช้ตัวรับรู้ GPS รุ่น MTK3339 ดังภาพที่ 13 ซึ่งเป็นตัวรับรู้ GPS ขนาดเล็ก มีขนาด 15 มม.x15 มม.x4 มม. น้ำหนัก 4 กรัม สามารถรับสัญญาณจากดาวเทียม 22 ดวงในเวลาเดียวกัน ทำการรับค่าตำแหน่งจากดาวเทียมทุก 0.01 วินาที ถึง 0.1 วินาที ความถูกต้องในการวัดระยะทาง 3 เมตร ความถูกต้องในการวัดความเร็ว 0.1 เมตร/นาที ความเร็วสูงสุดที่ตัวรับรู้สามารถวัดได้ 500 เมตร/นาที มีความไวในการรับสัญญาณดาวเทียม -168 dBm ใช้เวลาในการเริ่มทำงาน 34 วินาที สามารถทำงานที่ความต่างศักย์ระหว่าง 3.0-4.3 โวลต์ ใช้กระแสไฟฟ้า 25 มิลลิแอมแปร์ เชื่อมต่อกับบอร์ด FLORA ผ่านทาง UART ที่อัตราบับ/ส่งข้อมูล (baud rate) 9600 bps หากต้องการให้ตัวรับรู้สามารถเก็บข้อมูลตำแหน่งสุดท้ายก่อนการเลิกใช้งานต้องต่อแบตเตอรี่ขนาด 3.3 โวลต์ เพื่อป้อนกระแสไฟให้กับตัวรับรู้ การเชื่อมต่อระหว่างตัวรับรู้ GPS บอร์ด FLORA และแบตเตอรี่แสดงได้ดังภาพ 14



ภาพที่ 13 ตัวรับรู้ Global Positioning System: GPS



ภาพที่ 14 การเชื่อมต่อระหว่างตัวรับรู้ GPS บอร์ด FLORA และแบตเตอรี่

2.1.4. ตัวรับรู้สำหรับการวัดชีพจร (Heart Rate Pulse Sensor) ในการวัดสัญญาณชีพจรนั้นจะใช้ตัวรับรู้รุ่น Polar T34 Heart Rate Transmitter (ภาพ 15) ในการใช้งานต้องรัดที่ติดไว้ที่หน้าอกของผู้สวมใส่เพื่อสามารถวัดค่าสัญญาณชีพจรมีความถูกต้อง (ภาพ 16)

ภาพที่ 15 ตัวรับรู้สำหรับวัดชีพจร (Heart Rate Pulse Sensor)

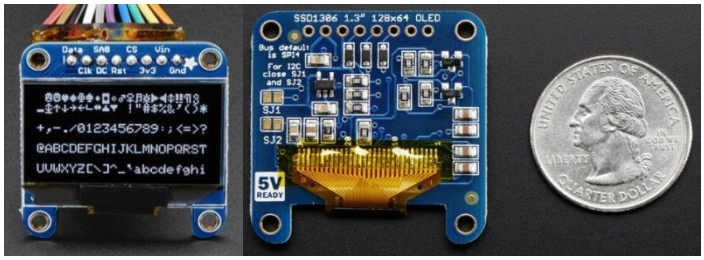
ภาพที่ 16 ตำแหน่งการใช้งานตัวรับรู้สำหรับวัดชีพจร

ตัวรับรู้สัญญาณชีพจรนี้สามารถวัดชีพจรได้โดยไม่ต้องใช้เจลนำไฟฟ้า (electrolyte gel) ระหว่างผิวหนังกับตัวรับรู้ สามารถกันน้ำได้ 30 เมตร มีอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ภายใน 25,000 ชั่วโมง ผิวด้านนอกของตัวรับรู้เคลือบสารป้องกันแบคทีเรีย ตัวรับรู้สามารถถอดซักได้

ในการวัดชีพจร ตัวรับรู้จะส่งสัญญาณการเต้นของหัวใจไปยังตัวรับสัญญาณแบบไร้สาย โดยตัวรับสัญญาณที่เชื่อมต่ออยู่กับบอร์ด FLORA จะแปลงสัญญาณที่ได้รับไปเป็นระดับแรงดันทางไฟฟ้าส่งให้หน่วยประมวลผลผ่านทางช่องสัญญาณดิจิทัลเพื่อนำไปคำนวณอัตราการเต้นชีพจร

2.1.5. หน้าจอแสดงผล (Display) ค่าอุณหภูมิร่างกาย ความเร็ว ระยะทาง และอัตราการเต้นของชีพจร ที่วัดได้ จะถูกแสดงผลที่จอแสดงผลที่ติดอยู่กับผลิตภัณฑ์สิ่งทอ เพื่อการแสดงผลอย่างชัดเจน หน้าจอแสดงผลจะเป็นแบบ OLED ซึ่งจะให้ความสว่างและสามารถอ่านค่าต่างๆได้ ทั้งในบริเวณที่มีแสงสว่างและบริเวณทึบแสง รวมทั้งยังใช้พลังงานต่ำ ลักษณะของหน้าจอแสดงผลแบบ OLED ขนาด 1.3 นิ้ว (ภาพที่ 17)

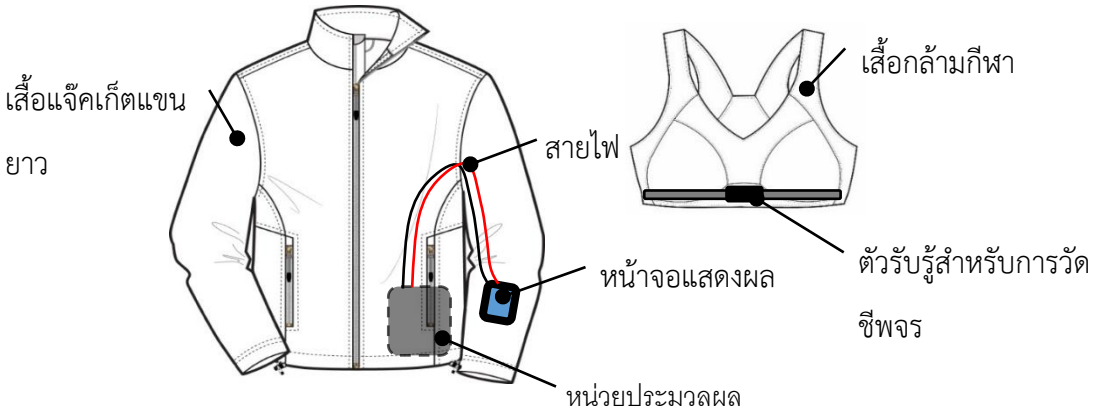
ความละเอียด 128 x 64 พิกเซล (pixel) ความละเอียดในการแสดงสี 16 bits ใช้ชิปประมวลผลกราฟฟิกส์รุ่น SSD1306 พื้นหลังสีดำเพื่อให้แสดงตัวอักษรได้อย่างชัดเจน ใช้กับความต่างศักย์ 3.3 โวลต์ ใช้กระแสไฟ 40 มิลลิแอมแปร์ (mA) เชื่อมต่อกับบอร์ด FLORA ผ่านทาง I2C



ภาพที่ 17 หน้าจอแสดงผล (Display) แบบ OLED 1.3 นิ้ว

2.2. การออกแบบและสร้างชุดออกกำลังกาย

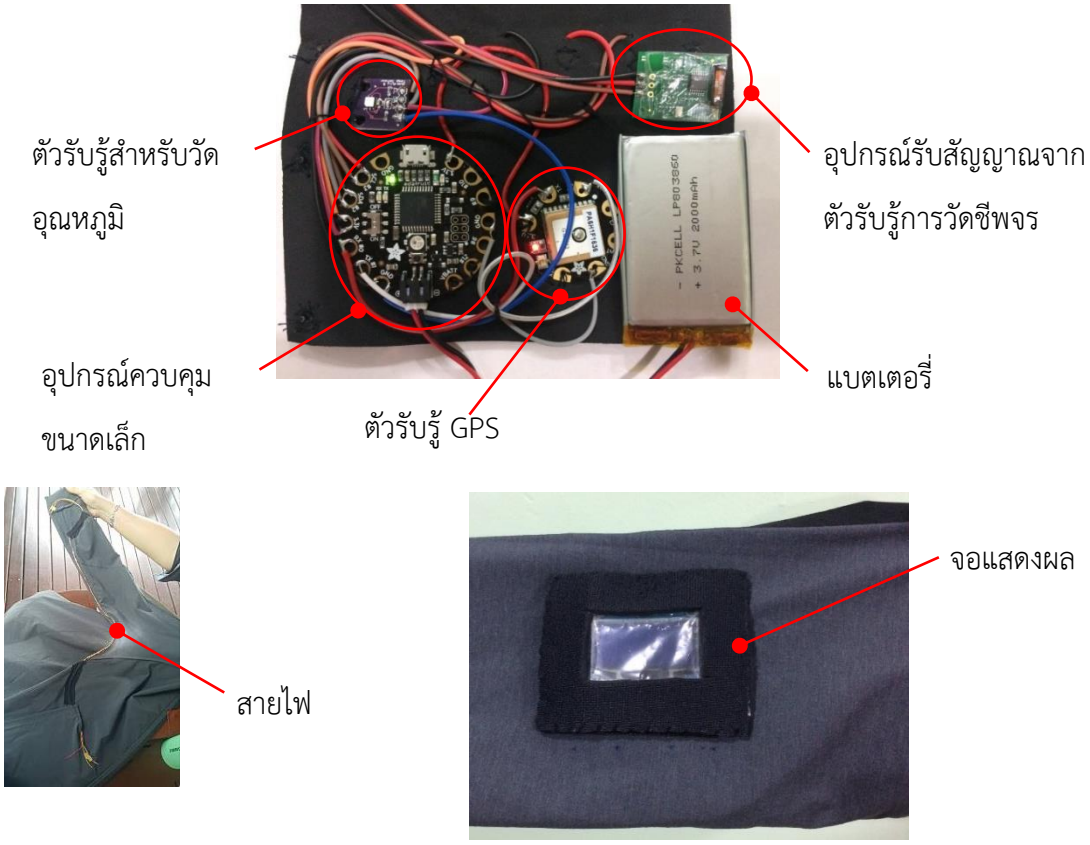
ชุดออกกำลังกายจะแบ่งเป็น 2 ส่วนได้แก่ส่วนของเสื้อคลุมซึ่งเป็นเสื้อแจ๊คเก็ตแขนยาว และส่วนของเสื้อกล้ามกีฬาดังแสดงในแบบร่างผลิตภัณฑ์ภาพที่ 18 โดยในส่วนของเสื้อคลุมจะมีการติดตั้ง อุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็ก ตัวรับรู้สำหรับวัดอุณหภูมิ ตัวรับรู้สำหรับวัดระยะทางและความเร็วในการเคลื่อนที่ และแหล่งพลังงานไฟฟ้า ไว้ที่ด้านในของเสื้อคลุม และติดตั้งหน้าจอแสดงผลที่บริเวณแขนเสื้อด้านซ้าย ในส่วนของเสื้อกล้ามกีฬาซึ่งมีลักษณะเป็นผ้ายืดแนบลำตัว ดังนั้นจึงได้ทำการติดตั้งตัวรับรู้สำหรับการวัดชีพจรไว้ที่ขอบของเสื้อกล้ามกีฬา



ภาพที่ 18 แบบร่างชุดออกกำลังกายที่ได้ออกแบบ

ชุดออกกำลังกายที่ได้ออกแบบได้ถูกนำมาสร้างจริงแสดงได้ดังภาพที่ 19 โดยอุปกรณ์ในหน่วยประมวลผล สายไฟ และจอแสดงผลแสดงได้ดังภาพที่ 20

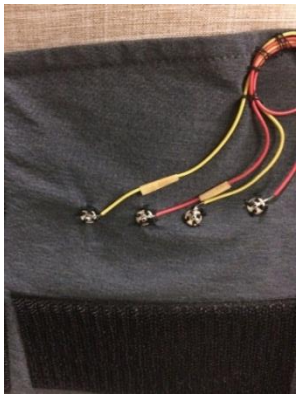
ภาพที่ 19 ชุดออกกำลังกายที่ได้พัฒนาขึ้น



ภาพที่ 20 อุปกรณ์ในหน่วยประมวลผลและจอแสดงผล

เพื่อให้สามารถทำความสะอาดชุดออกกำลังกายได้นั้น ในส่วนของเสื้อแจ๊คเกต ทางผู้วิจัยจึงได้ออกแบบให้หน่วยประมวลผลและหน้าจอแสดงผลสามารถถอดออกและใส่เข้าได้ผ่านทางหมุดนำไฟฟ้าที่เย็บติดในชุดออกกำลังกาย (ภาพที่ 21 และ 22) สำหรับเสื้อกล้ามกีฬาจะออกแบบให้มีที่จับยึดตัวรับรู้สำหรับวัดสัญญาณชีพจร (ภาพที่ 23)

ภาพที่ 21 หน่วยประมวลผลที่สามารถถอดประกอบกับชุดออกกำลังกาย



ภาพที่ 22 หมุดนำไฟฟ้าสำหรับยึดหน่วยประมวลผลและหน้าจอแสดงผลกับชุดออกกำลังกาย

ภาพที่ 23 ตัวรับรู้สำหรับวัดสัญญาณชีพจรในเสื้อกล้ามกีฬา

3. ผลการศึกษาและการอภิปรายผล

เพื่อประเมินค่าความถูกต้องแม่นยำของตัวรับรู้ที่ใช้กับชุดออกกำลังกายที่ได้พัฒนาขึ้นชุดออกกำลังการจึงได้ถูกนำไปทดสอบในสภาวะการใช้งานจริงโดยที่ค่าของตัวแปรที่ถูกวัดจากชุดออกกำลังกายซึ่งได้แก่ ระยะทางการเคลื่อนที่ ความเร็วในการเคลื่อนที่ อุณหภูมิร่างกาย และอัตราการเต้นของชีพจร จะถูกเปรียบเทียบกับข้อมูลที่วัดได้จากเครื่องมือที่มีความเชื่อถือได้ [8]

เนื่องจากได้มีการใช้ตัวรับรู้ชนิด GPS ในการวัดระยะทางและความเร็วในการเคลื่อนที่ของผู้สวมใส่ชุดออกกำลังกาย ซึ่งตัวรับรู้ดังกล่าวได้ใช้หลักการสะท้อนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าระหว่างตัวรับรู้กับดาวเทียมที่โคจรใกล้กับตัวรับรู้ ส่งผลให้บริเวณที่ทำการทดสอบมีผลต่อค่าที่ได้จากตัวรับรู้ ดังนั้นในการทดสอบเพื่อวัดวัดระยะทางและความเร็วในการเคลื่อนที่จะกระทำทั้งบริเวณกลางแจ้งและบริเวณภายในอาคารที่มีหลังคาคลุม ส่วนตัวรับรู้ที่ใช้ในการวัดอุณหภูมิและชีพจรไม่ได้ใช้หลักการทำงานเช่นเดียวกับ GPS [9-10] ดังนั้นในการทดสอบเพื่อวัดค่าดังกล่าวจึงไม่ขึ้นกับสถานที่ในการทดสอบ การทดสอบเพื่อวัดค่าตัวแปรต่างๆสามารถอธิบายได้ดังนี้

3.1. ผลการทดสอบวัดระยะทางการเคลื่อนที่

ในการทดสอบเพื่อหาระยะทางการเคลื่อนที่จะกำหนดให้ผู้สวมใส่ชุดออกกำลังกายเดินและวิ่งตามระยะทางที่กำหนดโดยระยะทางสำหรับการทดสอบมีค่าตั้งแต่ 5 เมตร จนถึง 50 เมตร การทดสอบจะกระทำ 3 ครั้งในแต่ละระยะทาง โดยผลการทดสอบระยะทางเฉลี่ยที่วัดได้แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ระยะทางเฉลี่ยที่วัดได้จากชุดออกกำลังกาย

ระยะทาง (เมตร)	บริเวณกลางแจ้ง				บริเวณภายในอาคาร			
	เดิน (เมตร)	ค่าผิดพลาด (เมตร)	วิ่ง (เมตร)	ค่าผิดพลาด (เมตร)	เดิน (เมตร)	ค่าผิดพลาด (เมตร)	วิ่ง (เมตร)	ค่าผิดพลาด (เมตร)
5	8.3	3.3	9.7	4.7	1.1	-3.9	0.8	-4.2
10	14.2	4.2	15.1	5.1	2.9	-7.1	1.1	-8.9
15	18.1	3.1	19.3	4.3	8.5	-6.5	6.3	-8.7
20	23.6	3.6	24.5	4.5	13.3	-6.7	11	-9
25	28.1	3.1	29.8	4.8	18.2	-6.8	15.4	-9.6
30	33.3	3.3	33.6	3.6	23.8	-6.2	21.6	-8.4
35	39.1	4.1	38.1	3.1	29.7	-5.3	27.3	-7.7
40	44.2	4.2	44	4	34.1	-5.9	33.7	-6.3
45	49.3	4.3	48.2	3.2	38.6	-6.4	36.2	-8.8
50	53.8	3.8	54.3	4.3	43.7	-6.3	41.4	-8.6
เฉลี่ย		**3.7**		**4.2**		**-6.1**		**-8**

จากผลการทดสอบพบว่าที่กิจกรรมเดียวกันค่าระยะทางที่ได้จากชุดออกกำลังกายจากการทดสอบกลางแจ้งจะมีค่าผิดพลาดน้อยกว่าการทดสอบภายในอาคาร และที่การทดสอบที่บริเวณเดียวกันพบว่าค่าผิดพลาดของระยะทางการเดินมีค่าน้อยกว่าการวิ่ง โดยที่ค่าเฉลี่ยผิดพลาดน้อยที่สุดมีค่าเท่ากับ 3.7 เมตร ที่การเดินกลางแจ้ง ในขณะที่ค่าเฉลี่ยผิดพลาดมากที่สุดมีค่าเท่ากับ 8 เมตร ที่การวิ่งภายในอาคาร

3.2. ผลการทดสอบวัดความเร็วการเคลื่อนที่

ในการทดสอบเพื่อวัดความเร็วการเคลื่อนที่จะกำหนดให้ผู้สวมใส่ชุดออกกำลังกายนั่งอยู่บนยานพาหนะที่สามารถเคลื่อนที่ไปตามความเร็วต่างๆที่กำหนดได้ โดยความเร็วที่ทำการทดสอบอยู่ในช่วง 5-40 กิโลเมตร/ชั่วโมง ค่าความเร็วที่อ่านได้จากชุดออกกำลังกายขณะการทดสอบจะกระทำ 3 ครั้งในแต่ละความเร็ว ผลการทดสอบความเร็วเฉลี่ยแสดงได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ความเร็วเฉลี่ยที่วัดได้จากชุดออกกำลังกาย

ความเร็วยานพาหนะ (กิโลเมตร/ชั่วโมง)	บริเวณกลางแจ้ง		บริเวณภายในอาคาร	
	ความเร็วที่อ่านได้ (กิโลเมตร/ชั่วโมง)	ค่าผิดพลาด (กิโลเมตร/ชั่วโมง)	ความเร็วที่อ่านได้ (กิโลเมตร/ชั่วโมง)	ค่าผิดพลาด (กิโลเมตร/ชั่วโมง)
5	6.5	1.5	0.1	-4.9
10	12.3	2.3	4.2	-5.8
15	17.8	2.8	7.6	-7.4
20	23.6	3.6	9.2	-10.8
25	28.4	3.4	15.4	-9.6
30	33.1	3.1	21.9	-8.1
35	38.7	3.7	26.2	-8.8
40	44.2	4.2	31.1	-8.9
เฉลี่ย		**3.1**		**-8.1**

จากผลการทดสอบค่าความเร็วจากชุดออกกำลังกายที่ได้จากการทดสอบบริเวณกลางแจ้งจะมีค่าผิดพลาดเฉลี่ย 3.1 กิโลเมตร/ชั่วโมง ซึ่งน้อยกว่าค่าผิดพลาดที่ได้จากการทดสอบที่บริเวณภายในอาคารซึ่งมีค่าเท่ากับ 8.1 กิโลเมตร/ชั่วโมง

ผลการทดสอบวัดค่าระยะทางและความเร็วในการเคลื่อนที่พบว่าค่าที่วัดได้จากการทดสอบบริเวณกลางแจ้งจะมีค่าผิดพลาดน้อยกว่าบริเวณภายในอาคาร ทั้งนี้เนื่องมาจากการดูดซับและสะท้อนของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของหลังคาส่งผลให้เกิดความผิดพลาดในการวัดค่าตัวแปรของตัวรับรู้ GPS

3.3. การทดสอบวัดอุณหภูมิร่างกาย และอัตราการเต้นของชีพจร

เนื่องจากอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดวัดอุณหภูมิร่างกาย และอัตราการเต้นของชีพจรเป็นอุปกรณ์ที่สามารถวัดสัญญาณทางไฟฟ้าจากตัวอุปกรณ์ได้เองซึ่งไม่ขึ้นกับสถานที่ในการทดสอบ ดังนั้นในการทดสอบจะให้ผู้ใส่ชุดออกกำลังกายเดิน-วิ่งกลางแจ้งสลับกันเป็นเวลา 45 นาที โดยทำการบันทึกวัดอุณหภูมิร่างกาย และอัตราการเต้นของชีพจรทุก 5 นาที ค่าที่วัดได้จะถูกนำมาเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากอุปกรณ์ที่เชื่อถือได้ ซึ่งค่าอุณหภูมิจะถูกวัดเปรียบเทียบกับอุปกรณ์วัดอุณหภูมิแบบอินฟาเรด (ภาพที่ 24) ที่มีค่าความถูกต้องร้อยละ 0.1 และเป็นการวัดอุณหภูมิโดยไม่มีการสัมผัสกับร่างกาย โดยตำแหน่งในการวัดจะอยู่บริเวณใกล้กับตัวรับรู้วัดอุณหภูมิ

ภาพที่ 24 อุปกรณ์วัดอุณหภูมิแบบอินฟาเรด

ภาพที่ 25 อุปกรณ์วัดอัตราการเต้นชีพจรแบบหนีบนิ้ว

ตารางที่ 3 อุณหภูมิร่างกาย และอัตราการเต้นของชีพจร

เวลา (นาที)	กิจกรรม	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)			อัตราการเต้นของชีพจร (BPM)		
		วัดโดยใช้อินฟาเรด	ชุดออกกำลังกาย	ค่าผิดพลาด (%)	อุปกรณ์แบบหนีบที่นิ้ว	ชุดออกกำลังกาย	ค่าผิดพลาด (%)
5	เดิน	36.2	36.4	0.6	75	74	1.3
10	เดิน	36.8	37.3	1.4	81	83	2.5
15	เดิน	37.2	37.5	0.8	95	93	2.1
20	วิ่ง	37.9	38.1	0.5	111	108	2.7
25	วิ่ง	38.4	38.9	1.3	126	123	2.4
30	วิ่ง	39.6	40.2	1.5	137	140	2.2
35	เดิน	38.8	40.0	3.1	130	133	2.3
40	เดิน	38.1	38.6	1.3	125	124	0.8
45	เดิน	37.9	38.2	0.8	119	120	0.8
เฉลี่ย				**1.3**			**1.9**

สำหรับค่าอัตราการเต้นชีพจรถูกวัดเปรียบเทียบกับอุปกรณ์วัดอัตราการเต้นชีพจรที่ใช้ในโรงพยาบาล ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่มีความถูกต้องร้อยละ 5 และวัดอัตราการเต้นชีพจรที่บริเวณปลายนิ้ว ดังแสดงในภาพที่ 25 ค่าอุณหภูมิร่างกาย และอัตราการเต้นของชีพจรที่วัดได้แสดงได้ดังตารางที่ 3

ผลการทดสอบพบว่าค่าอุณหภูมิและอัตราการเต้นของชีพจรที่วัดได้จากชุดออกกำลังกายมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่อ่านได้จากอุปกรณ์ที่นำมาวัดค่าเปรียบเทียบ โดยค่าผิดพลาดในการวัดค่าอุณหภูมิและอัตราการเต้นของชีพจรมีค่าเท่ากับร้อยละ 1.3 และร้อยละ 1.9 ตามลำดับ

4. สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาชุดออกกำลังกายที่มีการติดตั้งอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เช่น เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ เซนเซอร์วัดชีพจร และระบบ GPS สามารถวัดค่าและแสดงผลได้อย่างแม่นยำในสภาพการใช้งานจริง โดยพบว่าการวัดระยะทางและความเร็วแสดงผลการทดสอบกลางแจ้งให้ค่าที่แม่นยำกว่าการทดสอบภายในอาคาร เนื่องจากการสะท้อนของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในอาคารมีผลต่อการวัดค่าของระบบ GPS ในส่วนการวัดอุณหภูมิและอัตราการเต้นของชีพจรแสดงค่าที่วัดได้มีความถูกต้องและใกล้เคียงกับอุปกรณ์มาตรฐาน โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยกว่าร้อยละ 2 สำหรับด้านการออกแบบและใช้งานชุดออกกำลังกายมีการออกแบบให้ถอดประกอบอุปกรณ์ได้ง่าย สะดวกต่อการทำความสะอาด และใช้งานได้ในหลากหลายสถานการณ์

ชุดออกกำลังกายที่ทางทีมงานผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นสามารถวัดค่าระยะทางการเคลื่อนที่ ความเร็วในการเคลื่อนที่ อุณหภูมิร่างกาย และอัตราการเต้นของชีพจร โดยแสดงผลผ่านทางหน้าจอที่ติดไว้บริเวณแขนเสื้อ จากการทดสอบสรุปได้ว่าหากต้องการความถูกต้องของค่าระยะทางและความเร็วในการเคลื่อนที่ ชุดออกกำลังกายควรถูกใช้ในที่กลางแจ้ง

เอกสารอ้างอิง

[1] รัตนพล มงคลรัตนาสิทธิ์ และณัฐดลย์ รุ่งเรืองกิจไกร. นวัตกรรมกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์สิ่งทอในประเทศญี่ปุ่น. **Colourway**. 18 (100) (May-Jun 2012): 22-24. ISSN: 0859-1849.

[2] รัตนพล มงคลรัตนาสิทธิ์, จรูญ คล้ายจ้อย, กิตติศักดิ์ อริยะเครือ, ก้องเกียรติ มหาอินทร์, สมใจ แซ่ภู่ และณัฐดนย์ รุ่งเรืองกิจไกร. นวัตกรรมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่มของไต้หวัน ปี 2014. Colourway. 21 (119) (July-August 2015): 30-32.

[3] Textile International Forum and Exhibition 2014, Taiwan Textile Research Institute.

[4] http://pic.pimg.tw/twtechtextil2011/ef87b276d62213097267051f4b9fd058.jpg

[5]http://www.mdpi.com/sensors/sensors-14-04050/article_deploy/html/images/sensors-14-04050f5-1024.png

[6] Toth-Chernin, J. (2014). E-textiles. Corporate Graphics Inc. North Carolina.

[7] Hartman, K. (2014). Make: Wearable Electronics. Maker Media, Inc., Sebastopol.

[8] James, D. A., & Petrone, N. (2016). Sensors and Wearable Technologies in Sport: Technologies, Trends and Approaches for Implementation (pp. 1-49). Berlin: Springer Nature.

[9] Uğur, S. (2013). Wearing embodied emotions: A practice based design research on wearable technology. Milan: Springer Nature.

[10] Wang, H., Mahmud, M. S., Fang, H., & Wang, C. (2016). Wireless Health. Cham: Springer

การออกแบบและการพัฒนาเครื่องแยกเส้นใยและทำความสะอาดเส้นใยผลตาลสุก

Design and Development of Fiber Separator and Scouring Machinery for Ripe Borassus Fruit Fiber

จิตติ พัทธวณิช[1*], ณัฐดนย์ รุ่งเรืองกิจไกร[2], รัตนพล มงคลรัตนาสิทธิ์[3], ก้องเกียรติ มหาอินทร์[3], จรูญ คล้ายจ้อย[3], จำลอง สาริกานนท์[3], สาคร ชลสาคร[4]

[1]ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
[2]ภาควิชาวิทยาการสิ่งทอ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[3]คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
[4]สาขาวิชาสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่ม คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

*ผู้นิพนธ์ประสานงาน: จิตติ พัทธวณิช email: jitti@eng.buu.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มุ่งเน้นการออกแบบและพัฒนาเครื่องจักรต้นแบบสำหรับแยกเส้นใยและทำความสะอาดเส้นใยจากผลลูกตาลสุก เพื่อนำวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมาเพิ่มมูลค่าและสนับสนุนการผลิตที่ยั่งยืน เครื่องจักรแยกเส้นใยที่พัฒนาขึ้นใช้หลักการแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางและหนามเหล็กในการแยกเส้นใย โดยสามารถแยกเส้นใยได้อย่างมีประสิทธิภาพเฉลี่ยร้อยละ 95-98 ภายใน 5-7 นาที ขณะที่เครื่องทำความสะอาดเส้นใยที่พัฒนาขึ้นสามารถกำจัดแป้ง สิ่งสกปรก และฟอกขาวเส้นใยได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าเส้นใยที่ได้มีคุณสมบัติทางกายภาพเหมาะสมต่อการนำไปใช้ในอุตสาหกรรม เช่น การเป็นฉนวนกันความร้อนและการคืนตัวดี นอกจากนี้ การพัฒนาเครื่องจักรดังกล่าวยังช่วยลดการเหลือทิ้งของวัสดุเหลือใช้จากผลผลิตทางการเกษตร และเพิ่มศักยภาพในการพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

คำสำคัญ: เส้นใย ผลตาลสุก เครื่องแยกเส้นใย เครื่องทำความสะอาดเส้นใย การออกแบบและการพัฒนา

Abstract

This study focuses on designing and developing prototype machinery for separating and cleaning fibers from ripe borassus fruits to enhance the value of agricultural waste and promote sustainable production. The developed fiber-separating machine utilizes centrifugal force and steel spikes to achieve an efficiency of 95-98% within 5-7 minutes. Meanwhile, the cleaning machine effectively removes starch, impurities, and bleaches the fibers. The findings indicate that the extracted fibers possess physical properties suitable for industrial applications, such as thermal insulation and resilience. Moreover, the development of these machines reduces agricultural waste and fosters the potential for advancing eco-friendly textile industries.

Keywords: Fiber; Ripe borassus fruit; Fiber separator; Scouring machinery; Design and development

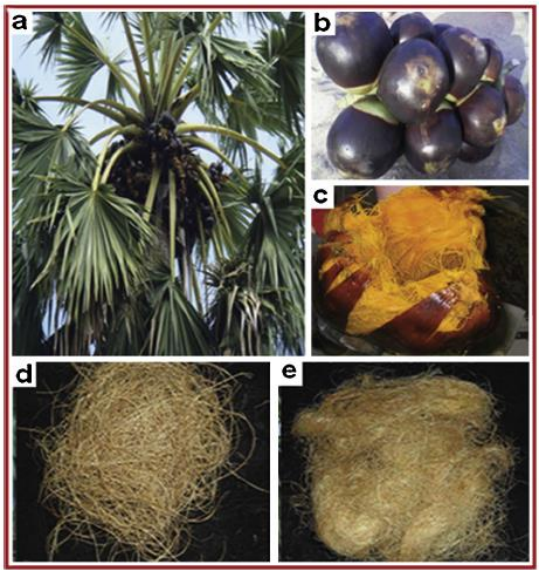
1. บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ซึ่งได้มีการปลูกพืชเศรษฐกิจมากมายที่ทำรายได้ให้กับประเทศไทย เช่น ข้าว ยางพารา ข้าวโพด ปาล์มน้ำมัน อ้อย มันสำปะหลัง พืชผัก ผลไม้ และไม้ดอกไม้ประดับ เป็นต้น โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ข้าว อ้อย น้ำตาล ยางพารา เป็นพืชเศรษฐกิจที่ส่งออกเป็นอันต้น ๆ ของประเทศไทย นอกจากนี้แล้วในการเก็บผลผลิตทางการเกษตรเพื่อนำไปอุปโภค บริโภค จะมีส่วนที่เหลือทิ้งไม่ได้นำไปใช้ประโยชน์ หรือเพิ่มมูลค่าอย่างเต็มที่ ตัวอย่างเช่น กรณีของเส้นใยจากผลของลูกตาลสุก (Borassus fruit fiber) ซึ่งภายหลังที่ผู้บริโภคได้นำเนื้อจากผลตาลสุกไปใช้ประกอบอาหารแล้ว ส่วนที่เหลือทิ้งและไม่ค่อยมีการนำไปใช้ประโยชน์ก็คือส่วนที่เป็นเส้นใย ซึ่งจากข้อมูลพบว่า ตาลนั้นปลูกแทบทุกจังหวัดของประเทศไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง จังหวัดเพชรบุรี สุโขทัย และสงขลาเป็นต้น

สำหรับอุตสาหกรรมสิ่งทอไทย มีความพร้อมที่จะก้าวสู่อุตสาหกรรมอนาคตที่เน้นอุตสาหกรรมที่มีมูลค่าเพิ่มสูงและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม โดยการพัฒนาอุตสาหกรรมต้นน้ำเส้นใยธรรมชาติจากวัตถุดิบเหลือทิ้งทางการเกษตรในประเทศ เนื่องจากประเทศไทยมีอุตสาหกรรมเกษตรที่เข้มแข็ง ผลผลิตโดยตรงจากอุตสาหกรรมเกษตรส่วนใหญ่ ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร ซึ่งวัตถุดิบทางการเกษตรบางส่วน จะเหลือทิ้ง และนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอื่น ๆ ได้ จากการศึกษาที่ผ่านมา วัตถุดิบเหลือทิ้งทางการเกษตรที่มีองค์ประกอบเป็นเซลลูโลส (Cellulose) ซึ่งก็คือเส้นใยจากพืช ซึ่งมีจำนวนมาก เช่น ใบสับปะรด ข่า กาบกล้วย เส้นใยจากผลของลูกตาลสุก เส้นใยมะพร้าว เป็นต้น จากการวิจัยพัฒนาที่ผ่านมา พบว่า เส้นใยเหล่านี้สามารถถูกแยกมาใช้เป็นวัตถุดิบที่มีคุณภาพเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทอ อีกทั้งเป็นการช่วยรักษาสิ่งแวดล้อม ปัจจุบัน ภาคการเกษตรมีวัตถุดิบที่เหลือทิ้งจากเส้นใยของผลลูกตาลสุก โดยภาคอุตสาหกรรมสิ่งทอได้นำวัตถุดิบเหลือทิ้งเหล่านี้ มาใช้ทำเป็นใยธรรมชาติ แต่เนื่องจากยังขาดการเชื่อมโยงที่เป็นรูปธรรมคือ เครื่องมือเครื่องจักรที่สามารถทำการแปรรูปวัตถุดิบเหลือทิ้งเหล่านี้ ซึ่งจะช่วยให้สามารถส่งต่อมายังภาคอุตสาหกรรมสิ่งทอ เพื่อใช้ในการผลิตเส้นใยธรรมชาติให้เพียงพอต่อความต้องการ

เส้นใยจากผลลูกตาล (Borassus Fruit Fiber) (ภาพที่ 1) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Borassus flabellifer* L. (palmyrah palm) ซึ่งเป็นเส้นใยเซลลูโลสที่ได้จากการลอกเส้นใยที่อยู่ภายในผลของลูกตาลโตนด (Palmyrah or Toddy palm) [1] ที่แก่เต็มที่แล้ว ตาลโตนดเป็นพืชที่อยู่ในวงศ์ Arecaceae และพบมากบริเวณเขตร้อนของทวีปแอฟริกา เอเชีย และนิวกินี (New Guinea) ตาลโตนดเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ มากชนิดหนึ่งโดยมีการนำไปใช้ประโยชน์หลากหลาย โดยเฉพาะในประเทศกัมพูชา และอินเดีย ผลของตาลนำไปทำผลิตภัณฑ์อาหาร เส้นใยที่ได้มาจากลูกตาลจะมีสีน้ำตาลเข้ม และจะกลายเป็นสีเหลืองออกน้ำตาลเมื่อนำมาล้างด้วยน้ำเปล่า เส้นใยที่ลอกออกมาแล้วจะประกอบไปด้วย เส้นใยยาว เส้นใยสั้น เส้นใยหยาบ และเส้นใยละเอียด และสังเกตเห็นเส้นใยมีความเรียบ [2-3]

ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาการออกแบบและพัฒนาสร้างเครื่องแยกเส้นใยและเครื่องทำความสะอาดเส้นใยจากผลของลูกตาลสุกตลอดจนศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องดังกล่าว โดยเส้นใยผลตาลสุกที่ได้จะถูกนำไปใช้สำหรับผลิตภัณฑ์ประเภทฉนวนกันความร้อน [4] หรือผลิตภัณฑ์สิ่งทออื่น ๆ ต่อไปในอนาคต [5-6]



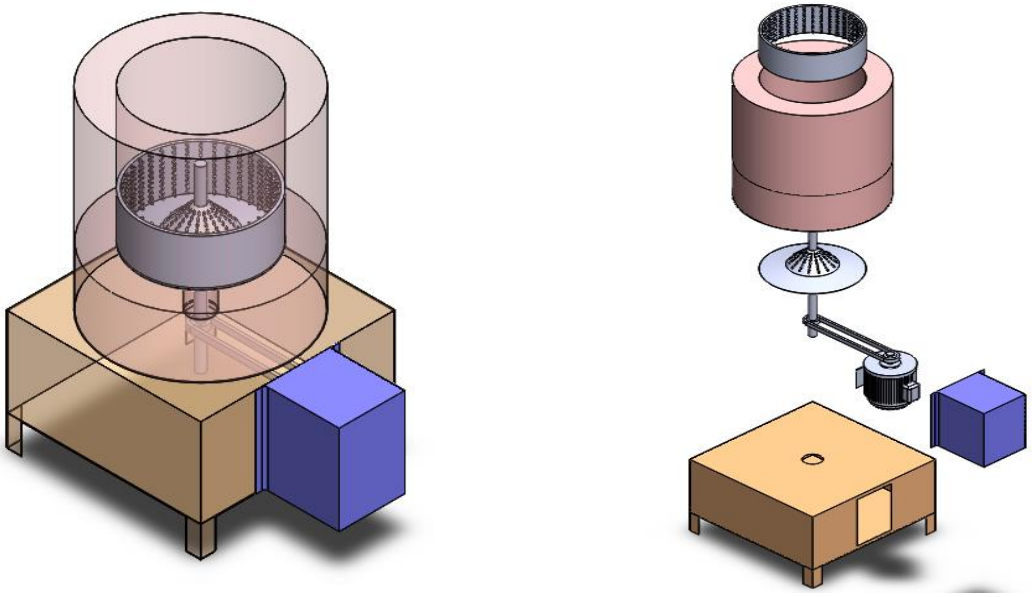
ภาพที่ 1 เส้นใยที่ได้จากผลของลูกตาล (a) ต้นตาล (b) ผลของตาล (c) ผลของตาลสุกที่ประกอบด้วยเส้นใย เยื่อ และเมล็ด (d) เส้นใยหยาบ (e) เส้นใยละเอียด [1]

2. วิธีการดำเนินการวิจัย

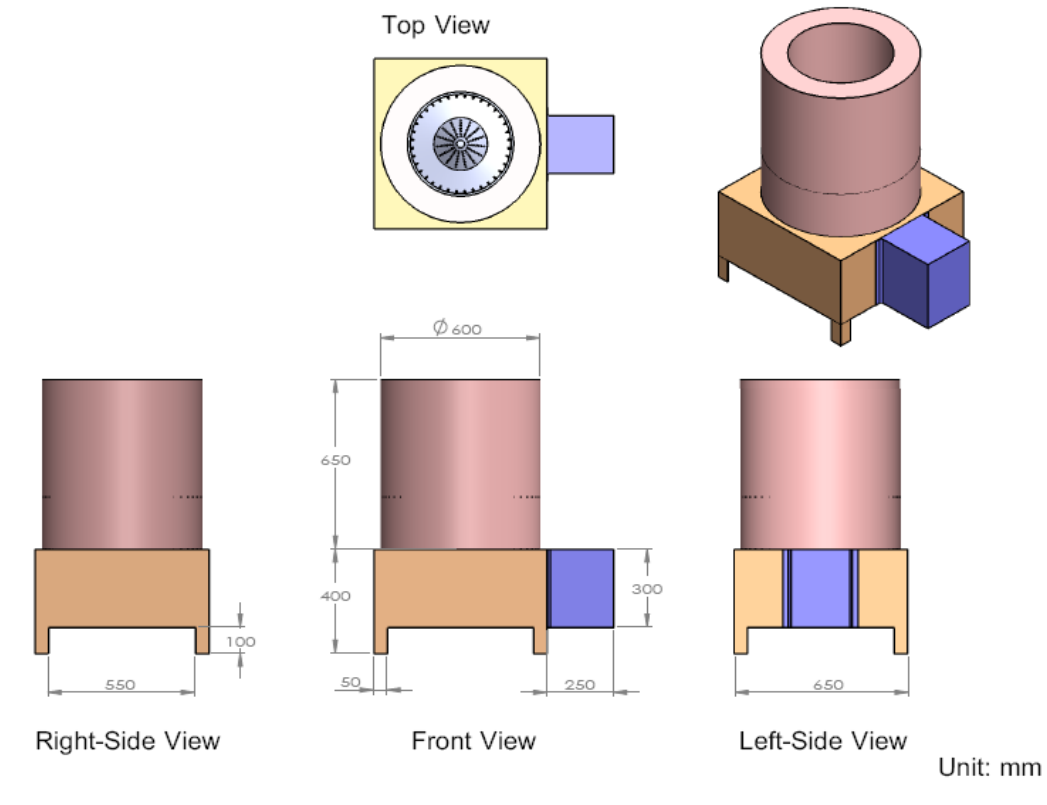
การออกแบบเครื่องจักรต้นแบบสำหรับแยกเส้นใยและเครื่องทำความสะอาดเส้นใยจากผลลูกตาลสุกได้ดำเนินการผลิตเครื่องจักรต้นแบบ ณ บริษัทไทย คิทเช่น มาร์ท จำกัด เลขที่ 99/25 หมู่ 1 ราชพฤกษ์ ตำบลบางขุนกอง อำเภอบางกรวย นนทบุรี 11130 โดยมีรายละเอียดและขั้นตอนดังต่อไปนี้

2.1 การออกแบบเครื่องจักรต้นแบบสำหรับแยกเส้นใยตาล

การออกแบบเครื่องแยกเส้นใยจากผลลูกตาลสุกนี้ อาศัยหลักการเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง หรือสลัดน้ำของเครื่องซักผ้าฝาบน หรือเครื่องขอดเกล็ดปลา โดยบริเวณจานที่อยู่ตรงฐานของตัวเครื่องจะมีการติดตั้งหนามซึ่งทำมาจากเหล็กสกรู นอกจากนี้แล้วตรงบริเวณรอบถังมีการ ติดตั้งหนามโดยรอบถัง หลักการทำงานของเครื่องดึงเส้นใยตาลนี้ใช้หลักการแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง โดยเมื่อใส่เมล็ดตาลลงไปในเครื่อง และทำการเดินเครื่อง จานที่อยู่ตรงฐานของตัวเครื่องจะหมุนเหวี่ยงให้เมล็ดตาลไปปะทะกับหนามที่อยู่รอบ ๆ ถัง และตัวหนามก็จะทำการเกี่ยว และดึงเส้นใยให้หลุดออกมารายละเอียดดังภาพที่ 2 และภาพที่ 3



ภาพที่ 2 ไดอะแกรมของเครื่องตัดเส้นใยจากผลของลูกตาลสุก



ภาพที่ 3 ไดอะแกรมภาพตัดด้านบน ด้านหน้า และด้านข้างของเครื่องตัดเส้นใยจากผลของลูกตาลสุก

2.2 การทดสอบประสิทธิภาพเครื่องจักรต้นแบบสำหรับแยกเส้นใยตาล

ภายหลังจากที่ดำเนินการสร้างเครื่องจักรต้นแบบสำหรับแยกเส้นใยตาลเสร็จแล้ว (ภาพที่ 4) ขั้นตอนต่อมาคือการทดสอบเพื่อดูประสิทธิภาพของเครื่องจักร โดยนำเมล็ดกะลาตาลซึ่งมีเส้นใยที่แห้งติดอยู่ที่กะลาตาล (ภาพที่ 5) ประมาณ 10-30 เมล็ด จำนวน 2 ชุด มาทำการชั่งน้ำหนัก และบันทึกน้ำหนักที่ได้ของแต่ละชุด

นำเมล็ดกะลาตาลซึ่งมีเส้นใยที่เปียกติดอยู่ที่กะลาตาล (ภาพที่ 6) ประมาณ 10-30 เมล็ด จำนวน 2 ชุด มาทำการชั่งน้ำหนัก และบันทึกน้ำหนักที่ได้ของแต่ละชุด นำเมล็ดตาลแต่ละชุดเข้าเครื่องจักรสำหรับแยกเส้นใยตาลจากนั้น ดำเนินการเดินเครื่องจักร 3 นาที และทำการหยุดเครื่องเพื่อนำเส้นใยที่ถูกแยกออกมาจากกะลาตาลมาทำการชั่งน้ำหนัก และบันทึกค่าน้ำหนักที่ได้ภายหลังจากการเดินเครื่องจักรครบ 3 นาที

ดำเนินการเดินเครื่องจักรต่ออีก 2 นาที และทำการหยุดเครื่องเพื่อนำเส้นใยที่ถูกแยกออกมาจากกะลาตาลมาทำการชั่งน้ำหนัก และบันทึกค่าน้ำหนักที่ได้ภายหลังจากการเดินเครื่องจักรครบ 5 นาที (3 นาทีแรก + 2 นาทีหลัง)

ดำเนินการเดินเครื่องจักรต่ออีก 2 นาที และทำการหยุดเครื่องเพื่อนำเส้นใยที่ถูกแยกออกมาจากกะลาตาลมาทำการชั่งน้ำหนัก และบันทึกค่าน้ำหนักที่ได้ภายหลังจากการเดินเครื่องจักรครบ 7 นาที (3 นาทีแรก + 2 นาทีกลาง + 2 นาทีหลัง)

นำเมล็ดตาลที่ถูกแยกเส้นใยออกไปออกมาจากเครื่องจักร และนำมาชั่งน้ำหนัก และบันทึกน้ำหนักที่ได้ดำเนินการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องจักรแยกเส้นใยตาล ของชุดเมล็ดตาลที่เหลือ

ทำการคำนวณหาปริมาณร้อยละ (%) ของเส้นใยตาลที่หลุดออกมาในนาทีที่ 3, 5 และ 7 แยกจากกันในแต่ละชุด และหาค่าเฉลี่ย

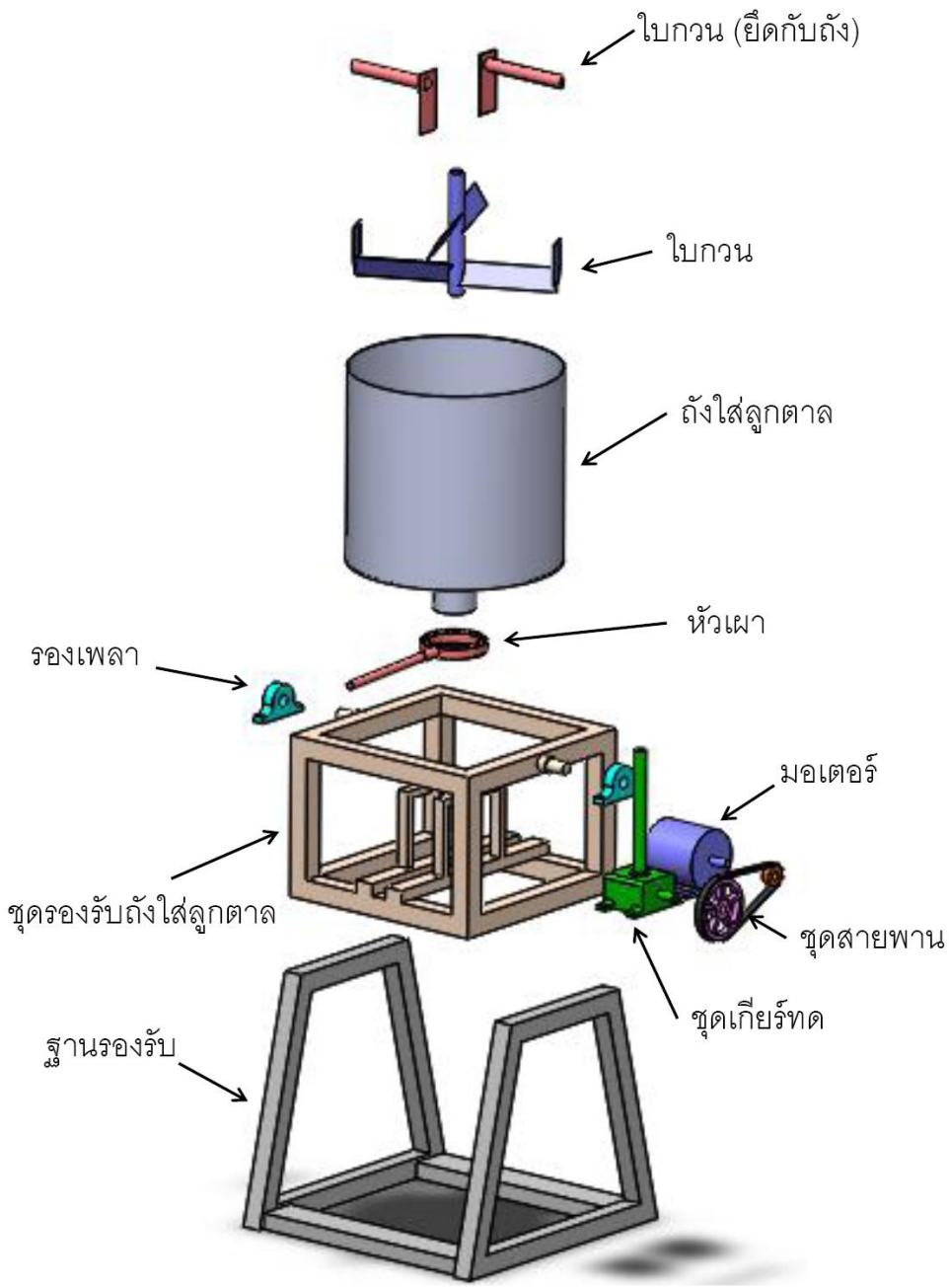
ภาพที่ 4 ลักษณะภายในและภายนอกของเครื่องจักรต้นแบบสำหรับแยกเส้นใยตาล

ภาพที่ 5 เมล็ดกะลาตาลซึ่งมีเส้นใยที่แห้งติดอยู่ที่กะลาตาล

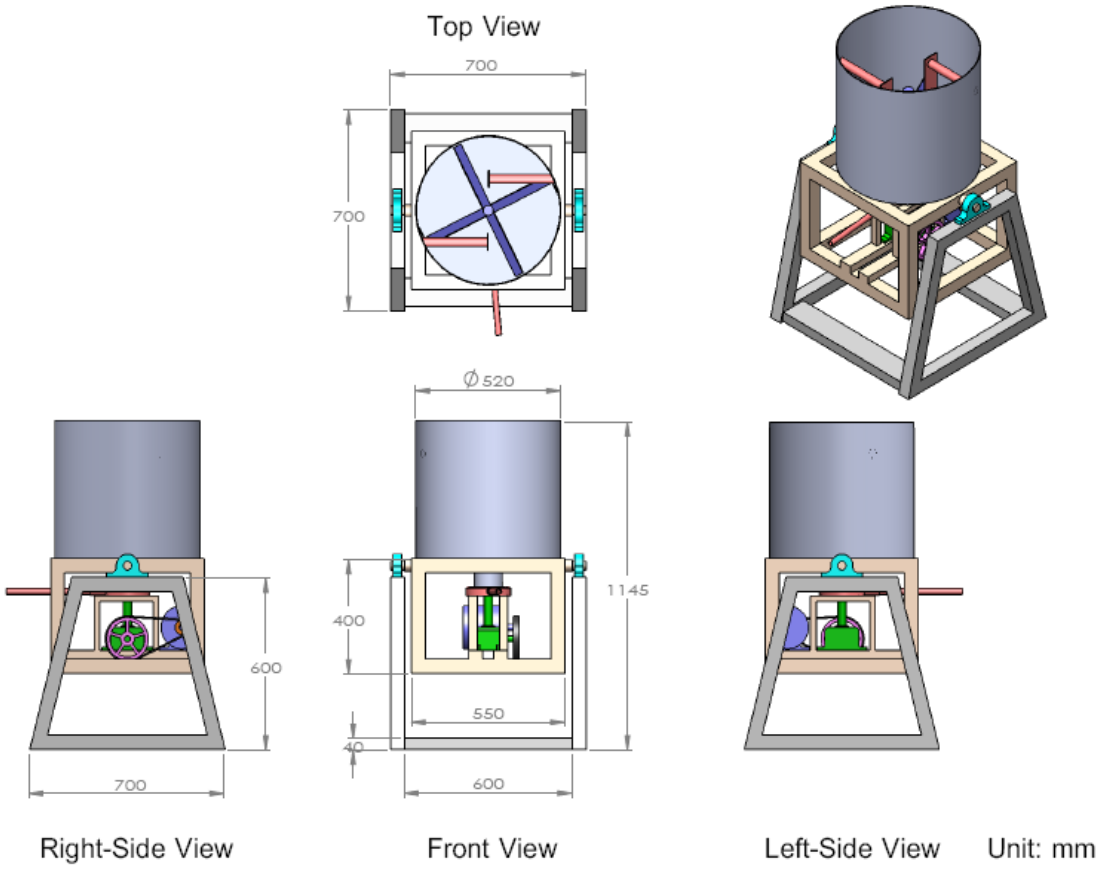
ภาพที่ 6 เมล็ดกะลาตาลซึ่งมีเส้นใยที่เปียกติดอยู่ที่กะลาตาล

2.3 การออกแบบเครื่องจักรต้นแบบสำหรับทำความสะอาดเส้นใยจากผลตาลสุก

เครื่องจักรต้นแบบสำหรับทำความสะอาดเส้นใยตาล เครื่องจักรชุดนี้เป็นอุปกรณ์ที่ใช้กำจัดแป้ง หรือกำจัดสิ่งสกปรก หรือฟอกขาวจากเส้นใยที่ได้มาจากเครื่องแยกเสนใย การออกแบบอุปกรณ์ชุดนี้จะอาศัยระบบแก๊ซเป็นตัวให้ความร้อน โดยใช้มอร์เตอร์ขนาด 1 แรงม้าเป็นตัวขับเคลื่อนใบพัดที่เป็นตัวกวน ตัวอุปรณ์ใช้โลหะสแตนเลสในการผลิตหนาประมาณ 4 มิลลิเมตร มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 50 เซนติเมตร และมีขนาดความสูงประมาณ 100 เซนติเมตร โดยมีกำลังการผลิตที่คาดการณ์ไว้ ประมาณ 5 กิโลกรัม ของเส้นใยตาลเปียก หรือเส้นใยแห้งประมาณ 1-2 กิโลกรัม/ ต่อการทำความสะอาด 1 ครั้ง/ 1-1.5 ชั่วโมง โดยชุดทำความสอาดนี้มีปริมาตร 50 ลิตร ภาพไดอะแกรมของเครื่องจักรต้นแบบสำหรับทำความสะอาดเส้นใยตาลปรากฏดังภาพที่ 7 และภาพที่ 8



ภาพที่ 7 ไดอะแกรมของเครื่องทำความสะอาดเส้นใยจากผลของลูกตาลสุก



ภาพที่ 8 ไดอะแกรมภาพตัดด้านบน ด้านหน้า และด้านข้างของเครื่องทำความสะอาดเส้นใยจากผลของลูกตาลสุก

ภาพที่ 9 ลักษณะภายในและภายนอกของเครื่องจักรต้นแบบสำหรับทำความสะอาดเส้นใย

2.4 การทดสอบประสิทธิภาพเครื่องจักรต้นแบบสำหรับทำความสะอาดเส้นใยตาล

ภายหลังจากที่ดำเนินการสร้างเครื่องจักรต้นแบบสำหรับสำหรับทำความสะอาดเส้นใยตาลเสร็จแล้ว (ภาพที่ 9) ขั้นตอนต่อมาคือการทดสอบเพื่อดูประสิทธิภาพของเครื่องจักร โดยมีขั้นตอนดังนี้

2.4.1 ขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องจักรต้นแบบสำหรับทำความสะอาดเส้นใยตาลในส่วนของการทำความสะอาดเส้นใยตาลเบื้องต้น โดยนำเส้นใยจากผลตาลที่ได้จากการแยกเส้นใยออกจากกะลาตาลมาทำความสะอาดด้วยผงซักฟอก ความเข้มข้น 4 กรัมต่อลิตร โดยใช้สัดส่วนเส้นใยจากผลตาลสุกต่อสารละลายผงซักฟอกมาตรฐานเท่ากับ 1:20 จากนั้นนำไปต้มเดือดเป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำมาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำเปล่าหลาย ๆ ครั้ง และนำมาทำให้แห้งตามลำดับ

2.4.2 ขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องจักรต้นแบบสำหรับทำความสะอาดเส้นใยตาลในส่วนการกำจัดแป้งที่อยู่บนเส้นใยตาล มีขั้นตอนปฏิบัติโดยนำเส้นใยจากผลตาลที่ผ่านการทำความสะอาดมาแช่ลงในเอ็นไซม์ ที่ความเข้มข้น 5 กรัมต่อลิตร โดยใช้สัดส่วนเส้นใยจากผลตาลสุกต่อสารละลายเอ็นไซม์ เท่ากับ 1:20 จากนั้นนำไปต้มเดือดเป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำมาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำเปล่าหลาย ๆ ครั้ง และนำมาทำให้แห้งตามลำดับ

2.4.3 ขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องจักรต้นแบบสำหรับทำความสะอาดเส้นใยตาลใน ส่วนการกำจัดสิ่งสกปรกและฟอกขาวที่อยู่บนเส้นใยตาล มีขั้นตอนปฏิบัติโดยนำเส้นใยจากผลตาลที่ผ่านการทำความสะอาดและกำจัดแป้งมาแช่ลงในสารละลายสำหรับกำจัดสิ่งสกปรกและฟอกขาวซึ่งประกอบไปด้วยไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ เข้มข้น 30 กรัมต่อลิตร โซดาไฟ เข้มข้น 20 กรัมต่อลิตร และโซเดียมซิลิเกต เข้มข้น 7 กรัมต่อลิตร โดยใช้สัดส่วนเส้นใยจากผลตาลสุกต่อสารละลาย เท่ากับ 1:20 จากนั้นนำไปต้มเดือดเป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำมาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำเปล่าหลาย ๆ ครั้ง และนำมาทำให้แห้งตามลำดับ

2.5 การทดสอบสมบัติเชิงกายภาพของเส้นใยที่ได้จากผลลูกตาล

จากนั้นนำเส้นใยที่ได้มาทำการทดสอบสมบัติเชิงกายภาพ ได้แก่ การทดสอบความละเอียดของเส้นใยมาตรฐาน ASTM D1577 การวิเคราะห์ลักษณะภาพตัดตามยาว และภาพภาคตามขวางโดยใช้เครื่อง Scanning electron microscopy; SEM การทดสอบหาความแข็งแรงของเส้นใย (Tensile stress) และค่า Young Modulus มาตรฐาน ASTM D 3039-78 และค่าระยะการยืดตัว ณ จุดขาด (เครื่อง INSTRON 3369 Universal Testing Machine ในการทดสอบ โดยใช้ความเร็วในการดึงขาด 10 มิลลิเมตรต่อนาที และใช้ Gage length 50 มิลลิเมตร) การหาค่าความชื้นของเส้นใย (Moisture Content (%) มาตรฐาน ASTM D2654

3. ผลการศึกษาและการอภิปราย

3.1 ผลการออกแบบและสร้างเครื่องจักรต้นแบบสำหรับแยกเส้นใยตาล

เครื่องแยกเส้นใยจากผลขอลลูกตาลสุกที่ถูกผลิตขึ้นมาปรากฏดังภาพที่ 10 เครื่องแยกหรือเครื่องดึงเส้นใยตาลออกจากกะลาตาลนี้ เป็นเครื่องต้นแบบที่มีการใช้งานที่ง่าย ไม่ยุ่งยาก

ลักษณะของเส้นใยตาลที่ได้จากดึงเส้นใยโดยใช้เครื่องที่ถูกออกแบบมาปรากฏดังภาพที่ 11 และภาพที่ 12 โดยภาพที่ 11 แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพการดึงเส้นใยมื่อผ่านการดึง นาทีที่ 3 นาทีที่ 5 และนาทีที่ 7 ซึ่งจะสังเกตได้ว่าเมื่อสิ้นสุดนาที่ที่ 3 เส้นใยจะหลุดออกมาจากกะลาตาลประมาณร้อยละ 50 เมื่อสิ้นสุดนาทีที่ 5 เส้นใยจะหลุดออกมาจากกะลาตาลประมาณร้อยละ 30 และ เมื่อสิ้นสุดนาทีที่ 7 เส้นใยจะหลุดออกมาจากกะลาตาลประมาณร้อยละ 17 และเมื่อเสร็จสิ้นการดึงเส้นใยตาลออกจากเมล็ดตาลหรือกะลาตาลแล้วยังมีเส้นใยที่ติดอยู่ที่เมล็ดตาลหรือกะลาตาลประมาณร้อยละ 3

เมื่อนำเมล็ดตาลที่มีเส้นใยตาลที่เปียกมาเข้าเครื่องดึงเส้นใย ผลปรากฏดังภาพที่ 13 และภาพที่ 14 จากภาพจะสังเกตได้ว่าเมื่อสิ้นสุดนาที่ที่ 3 เส้นใยจะหลุดออกมาจากกะลาตาลประมาณร้อยละ 52 เมื่อสิ้นสุดนาทีที่ 5 เส้นใยจะหลุดออกมาจากกะลาตาลประมาณร้อยละ 30 และ เมื่อสิ้นสุดนาทีที่ 7 เส้นใยจะหลุดออกมาจากกะลาตาลประมาณร้อยละ 16 และเมื่อเสร็จสิ้นการดึงเส้นใยตาลออกจากเมล็ดตาลหรือกะลาตาลแล้วยังมีเส้นใยที่ติดอยู่ที่เมล็ดตาลหรือกะลาตาลประมาณร้อยละ 2

ภาพที่ 10 ลักษณะภายในและภายนอกของเครื่องตัดเส้นใยจากผลของลูกตาลสุก

นาที ที่ 3	นาที ที่ 5	นาที ที่ 7

ภาพที่ 11 ประสิทธิภาพของเครื่องดึงเส้นใยตาลทำการดึงเส้นใยตาลจากเมล็ดตาลแห้ง ณ เวลา ที่แตกต่างกัน

ภาพที่ 12 เส้นใยตาลที่ได้จากเมล็ดตาลแห้งที่ผ่านการดึงหรือแยกเส้นใยโดยเครื่องดึงหรือแยกเส้นใยตาล

เมล็ดตาลที่มีเส้นใยตาลที่เปียก	นาที ที่ 3	นาที ที่ 5	นาที ที่ 7

ภาพที่ 13 ประสิทธิภาพของเครื่องดึงเส้นใยตาลทำการดึงเส้นใยตาลจากเมล็ดตาลเปียก ณ เวลา ที่แตกต่างกัน

ภาพที่ 14 เส้นใยตาลที่ได้จากเมล็ดตาลเปียกที่ผ่านการดึงหรือแยกเส้นใยโดยเครื่องดึงหรือแยกเส้นใยตาล

3.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องจักรต้นแบบสำหรับแยกเส้นใยตาล

ประสิทธิภาพของเครื่องดึงเส้นใยตาลออกจากกะลาตาล ปรากฏดังตารางที่ 1 จากตารางจะสังเกตได้ว่าเครื่องดึงเส้นใยตาลออกจากกะลาตาลให้ประสิทธิภาพการทำงานประมาณร้อยละ 95-98 ทั้งนี้ในการดึงเส้นใยโดยใช้เครื่องดึงเส้นใยนี้ อาจจะทำการดึงเส้นใยโดยใช้เวลาประมาณ 5 นาที ก็ได้ซึ่งจะให้ประสิทธิภาพประมาณร้อยละ 80 และที่สำคัญยังมีเส้นใยที่เหลือติดอยู่ที่กะลาตาลอีกประมาณร้อยละ 20 ซึ่งเส้นใยในส่วนที่เหลือนี้มีประโยชน์สำหรับเกษตรกรผู้ทำอาชีพผ่าจาวตาล กล่าวคือ ในการผ่าจาวตาลออกมานั้นจะต้องมีเส้นใยไว้จับส่วนหนึ่งเพื่อให้การผ่าจาวตาลนั้นเป็นไปอย่างสะดวกและรวดเร็ว

ตารางที่ 1 ประสิทธิภาพของเครื่องดึงเส้นใยตาล

รายละเอียด (ประสิทธิภาพ)	ปริมาณเส้นใยที่หลุดออกมาเมื่อเสร็จสิ้นนาที ที่ 3	ปริมาณเส้นใยที่หลุดออกมาเมื่อเสร็จสิ้นนาที ที่ 5	ปริมาณเส้นใยที่หลุดออกมาเมื่อเสร็จสิ้นนาที ที่ 7	ปริมาณเส้นใยที่ไม่หลุด (ติดกะลา)	ปริมาณเส้นใยทั้งหมด	ปริมาณของเมล็ดตาลที่ไม่มีเส้นใยติด
ครั้งที่ 1 เมล็ดกะลาตาลพร้อมเส้นใยที่แห้ง ประมาณ 12 เมล็ด น้ำหนัก 2,156.95 กรัม	63.03 กรัม	39.35 กรัม	22.91 กรัม	2.70 กรัม	127.99 กรัม	2,068.98 กรัม
ประสิทธิภาพ นาทีที่ 3, 5 และ 7	49.22 %	30.74 %	17.89 %	2.15 %	100 %	-
ประสิทธิภาพรวม 7 นาที	-	-	97.85 %	2.15 %	100 %	-
ครั้งที่ 2 เมล็ดกะลาตาลพร้อมเส้นใยที่แห้ง ประมาณ 30 เมล็ด น้ำหนัก 4,983 กรัม	-	-	300.53 กรัม	17.78 กรัม	318.31 กรัม	4,664.69 กรัม
ประสิทธิภาพรวม 7 นาที	-	-	94.40 %	5.60 %	100 %	-
ครั้งที่ 3 เมล็ดกะลาตาลพร้อมเส้นใยที่เปียก ประมาณ 10 เมล็ด น้ำหนัก 1,998.03 กรัม	210.96 กรัม	119.34 กรัม	64.61 กรัม	5.15 กรัม	399.79 กรัม	1,597.97 กรัม
ประสิทธิภาพ นาทีที่ 3, 5 และ 7	52.76 %	29.85 %	16.16 %	1.23 %	100 %	-
ประสิทธิภาพรวม 7 นาที	-	-	98.77 %	1.23 %	100 %	-
ครั้งที่ 4 เมล็ดกะลาตาลพร้อมเส้นใยที่เปียก ประมาณ 25 เมล็ด น้ำหนัก 4,793.32 กรัม	-	-	1,002.82 กรัม	29.05 กรัม	1,031.87 กรัม	3,761.45 กรัม
ประสิทธิภาพรวม 7 นาที	-	-	97.18 %	2.82 %	100 %	-

3.3 ผลการออกแบบและสร้างเครื่องจักรต้นแบบสำหรับทำความสะอาดเส้นใยตาล

เครื่องจักรต้นแบบสำหรับทำความสะอาดเส้นใยตาลจากผลของลูกตาลสุกที่ถูกผลิตขึ้นมาปรากฏดังภาพที่ 8 จากการใช้เครื่องทำความสะอาดเส้นใยที่ได้จากผลของลูกตาลสุก พบว่าเครื่องทำความสะอาด สามรถทำความสะอาดเส้นใยตาลได้ในระดับดีถึงดีมาก แต่ปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการทำความสะอาดคือ เส้นใยมักจะไปติดที่ใบกวนที่อยู่ด้านบน ทำให้เส้นใยไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ ดังนั้นจึงดำเนินการถอดใบกวนที่อยู่ด้านบนออก ให้เหลือเฉพาะใบกวนที่อยู่ด้านล่างเท่านั้น ซึ่งภายหลังจากการถอดใบกวนออกแล้ว ไม่ปรากฏว่าเกิดปัญหาเส้นใยติดอยู่ที่ใบกวนด้านบน ลักษณะของเส้นใยจากผลลูกตาลสุกที่ไม่ผ่าน และผ่านการทำความสะอาดเบื้องต้น การขจัดแป้ง การขจัดสิ่งสกปรก และฟอกขาว ปรากฏดังภาพที่ 15 ถึงภาพที่ 19 ตามลำดับ

ภาพที่ 15 เส้นใยจากผลตาลสุกที่ไม่ผ่านการทำความสะอาด

ภาพที่ 16 เส้นใยจากผลตาลสุกที่ผ่านการทำความสะอาดเบื้องต้น (Washing)

ภาพที่ 17 เส้นใยจากผลตาลสุกที่ผ่านการขจัดแป้ง (Desizing)

ภาพที่ 18 เส้นใยจากผลตาลสุกที่ผ่านการขจัดสิ่งสกปรก (Scouring)

ภาพที่ 19 เส้นใยจากผลตาลสุกที่ผ่านการฟอกขาว (Bleaching)

3.4 ผลการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องจักรต้นแบบสำหรับทำความสะอาดเส้นใยตาล

จากผลการทำความสะอาด การกำจัดสิ่งสกปรกและการฟอกขาวเส้นใยที่ได้จากผลของลูกตาลสุกเมื่อนำเส้นใยที่ได้ในแต่ละขั้นตอนไปทำการวิเคราะห์โดยการใช้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยายสูง ผลปรากฏดังภาพที่ 20–22 จากภาพที่ 20 [7] พบว่าลักษณะของเส้นใยที่ได้จากผลของลูกตาลและยังไม่ผ่านการกำจัดแป้งจะเห็นได้ว่าบริเวณผิวเส้นใยยังมีแป้งติดอยู่ ภาพที่ 21 [7] แสดงให้เห็นว่าเมื่อใช้เอ็นไซม์ในการลอกแป้ง แล้วปรากฏว่าไม่ปรากฏแป้งเหลืออยู่บริเวณผิวเส้นใย และภาพที่ 22 [7] แสดงภาพของเส้นใยที่ผ่านการกำจัดสิ่งสกปรกและการฟอกขาว

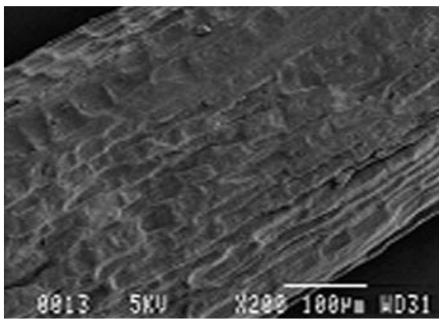
ภาพที่ 20 ลักษณะของเส้นใยที่ได้จากผลของลูกตาลสุกและยังไม่ผ่านการกำจัดแป้ง [7]

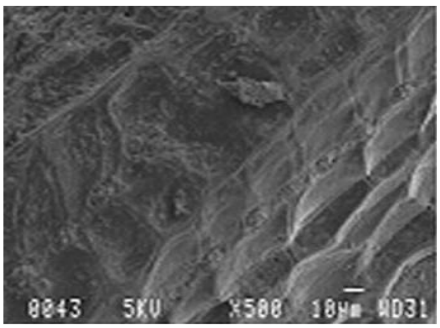
ภาพที่ 21 ลักษณะของเส้นใยที่ได้จากผลของลูกตาลสุกและผ่านการกำจัดแป้ง [7]

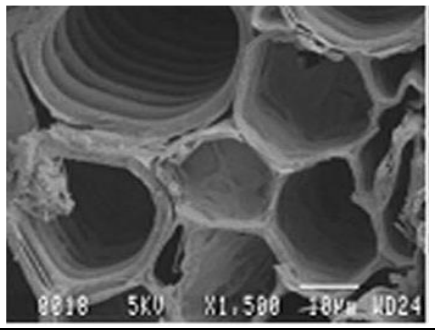
ภาพที่ 22 ลักษณะของเส้นใยที่ได้จากผลของลูกตาลสุกและผ่านการกำจัดสิ่งสกปรกและฟอกขาว [7]

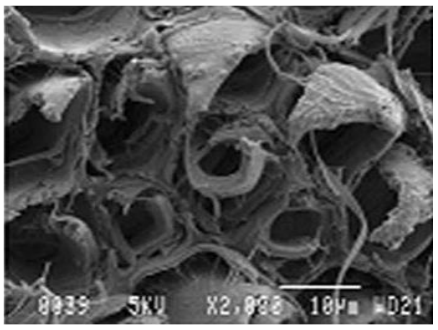
เมื่อนำเส้นใยจากผลตาลสุกไปทำการถ่ายภาพโดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด (SEM) พบว่า ส่วนภาพตามยาวมีลักษณะผิวขรุขระ ภาพภาคตัดขวางของเส้นมีรูกลวง (ภาพที่ 23) [8] ซึ่งจะส่งผลให้เส้นใยมีสมบัติคืนตัวได้ดี และทำหน้าที่เป็นฉนวนกันความร้อนได้ดี (Thermal Insulation) [9-10]

การคิดคำนวณประสิทธิภาพของเครื่องทำความสะอาดเส้นใยตาลนั้นจะคำนวณแยกกันในแต่ละกระบวนการ ทั้งนี้เพื่อเป็นฐานข้อมูลสำหรับลูกค้าที่ต้องการเส้นใยตาลในแต่ละประเภท ที่ต้องการนำไปทำผลิตภัณฑ์ประเภทต่าง ๆ โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 2-5 ทั้งนี้มีการกำหนดราคาค่าน้ำ1 ลูกบาศก์เมตร หรือ 1,000 ลิตร ราคา 16 บาท ค่าไฟฟ้าหน่วยละ 8.19 บาท และเปิดแก๊ซ 1 ชั่วโมง ราคา 23 บาท จากตารางที่ 2 พบว่า ต้นทุนของการกำจัดสิ่งสกปรกมีค่าประมาณ 56 บาทต่อกิโลกรัม ในส่วนต้นทุนการกำจัดแป้งมีค่าประมาณ 107 บาทต่อกิโลกรัม ต้นทุนในส่วนของการกำจัดสิ่งสกปรกมีค่าประมาณ 168 บาทต่อกิโลกรัม และถ้าทำการกำจัดสิ่งสกปรกและฟอกขาวในขั้นตอนเดียวกันพบว่าต้นทุนมีค่าประมาณ 192 บาทต่อกิโลกรัม









ภาพตัดตามยาวของเส้นใยหยาบจากผลตาล | ภาพตัดตามขวางของเส้นใยละเอียดจากผลตาล

ภาพที่ 23 ลักษณะภาพตามยาว และภาพตัดตามขวางของเส้นใยที่ได้จากผลตาล [8]

ตารางที่ 2 ค่าใช้จ่ายการล้างทำความสะอาดเส้นใยเบื้องต้น (1.5 ชั่วโมง/ เส้นใยแห้ง 2 กิโลกรัม)

ลำดับที่	รายการ	ค่าใช้จ่าย (บาท)
1	ค่าเส้นใย (2 กิโลกรัม X 17.4 บาท) ที่ได้จากเครื่องดึงเส้นใย	34.8
2	ค่าน้ำ (40 ลิตร x 3 ครั้ง) 120 ลิตร	1.92
3	ค่าไฟฟ้า (746 วัตต์ x 1.5 ชั่วโมง) /1000 = 1.119 หน่วย	9.16
4	ค่าผงซักฟอก	10.00
	ทำความสะอาดเส้นใยแห้ง 2 กิโลกรัม มีค่าใช้จ่าย	55.88
	ทำความสะอาดเส้นใยแห้ง 1 กิโลกรัม มีค่าใช้จ่าย	27.94
5	คิดค่าแรงงาน (ค่าแรงชั่วโมงละ 37.5 บาท x 1.5 ชั่วโมง)	
	คิดค่าแรงงานทำความสะอาดเส้นใยแห้ง 2 กิโลกรัม มีค่าใช้จ่าย (55.88 + 56.25)	112.13
	คิดค่าแรงงานทำความสะอาดเส้นใยแห้ง 1 กิโลกรัม มีค่าใช้จ่าย	56.06

ตารางที่ 3 ค่าใช้จ่ายการกำจัดแป้ง (Desizing) บนเส้นใย (1.5 ชั่วโมง/ เส้นใยแห้ง 2 กิโลกรัม)

ลำดับที่	รายการ	ค่าใช้จ่าย (บาท)
1	ค่าเส้นใย (2 กิโลกรัม) ที่ผ่านการทำความสะอาดเบื้องต้น	112.13
2	ค่าน้ำ (40 ลิตร x 3 ครั้ง) 120 ลิตร	1.92
3	ค่าไฟฟ้า (746 วัตต์ x 1.5 ชั่วโมง) /1000 = 1.119 หน่วย	9.16
4	ค่าแก๊ซ 1 ชัวโมง	23.00
5	ค่าเอ็นไซม์กำจัดแป้ง ใช้ 5 มล./ ลิตร (200 ml x 0.06 บาท)	12.00
	ลอกแป้งเส้นใยแห้ง 2 กิโลกรัม มีค่าใช้จ่าย	158.21
	ลอกแป้งเส้นใยแห้ง 1 กิโลกรัม มีค่าใช้จ่าย	79.10
6	คิดค่าแรงงาน (ค่าแรงชั่วโมงละ 37.5 บาท x 1.5 ชั่วโมง)	
	คิดค่าแรงงาน ลอกแป้งเส้นใยแห้ง 2 กิโลกรัม มีค่าใช้จ่าย (158.21 + 56.25)	214.46
	คิดค่าแรงงาน ลอกแป้งเส้นใยแห้ง 1 กิโลกรัม มีค่าใช้จ่าย	107.23

ตารางที่ 4 ค่าใช้จ่ายการกำจัดสิ่งสกปรก ประเภทไขมัน น้ำมัน (Scouring) บนเส้นใย (1.5 ชั่วโมง/ เส้นใยแห้ง 2 กิโลกรัม)

ลำดับที่	รายการ	ค่าใช้จ่าย (บาท)
1	ค่าเส้นใย (2 กิโลกรัม) ที่ผ่านการทำความสะอาดเบื้องต้น และลอกแป้ง	214.46
2	ค่าน้ำ (40 ลิตร x 3 ครั้ง) 120 ลิตร	1.92
3	ค่าไฟฟ้า (746 วัตต์ x 1.5 ชั่วโมง) /1000 = 1.119 หน่วย	9.16
4	ค่าแก๊ซ 1 ชัวโมง	23.00
5	ค่าโซดาไฟ ใช้ 20 มล./ ลิตร (800 ml x 0.04 บาท)	32.00
	กำจัดสิ่งสกปรกเส้นใยแห้ง 2 กิโลกรัม มีค่าใช้จ่าย	280.24
	กำจัดสิ่งสกปรกเส้นใยแห้ง 1 กิโลกรัม มีค่าใช้จ่าย	140.12
6	คิดค่าแรงงาน (ค่าแรงชั่วโมงละ 37.5 บาท x 1.5 ชั่วโมง)	
	คิดค่าแรงงาน กำจัดสิ่งสกปรกเส้นใยแห้ง 2 กิโลกรัม มีค่าใช้จ่าย (280.24 + 56.25)	336.49
	คิดค่าแรงงาน กำจัดสิ่งสกปรกเส้นใยแห้ง 1 กิโลกรัม มีค่าใช้จ่าย	168.24

ตารางที่ 5 ค่าใช้จ่ายการกำจัดสิ่งสกปรก ประเภทไขมัน น้ำมัน (Scouring) และ ฟอกขาว (Bleaching) เส้นใยพร้อมกัน (1.5 ชั่วโมง/ เส้นใยแห้ง 2 กิโลกรัม)

ลำดับที่	รายการ	ค่าใช้จ่าย (บาท)
1	ค่าเส้นใย (2 กิโลกรัม) ที่ผ่านการทำความสะอาดเบื้องต้น และลอกแป้ง	214.46
2	ค่าน้ำ (40 ลิตร x 3 ครั้ง) 120 ลิตร	1.92
3	ค่าไฟฟ้า (746 วัตต์ x 1.5 ชั่วโมง) /1000 = 1.119 หน่วย	9.16
4	ค่าแก๊ซ 1 ชัวโมง	23.00
5	ค่าโซดาไฟ ใช้ 20 มล./ ลิตร (800 ml x 0.04 บาท)	32.00
6	ค่าโฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ ใช้ 30 มล./ ลิตร (1,200 ml x 0.04 บาท)	48.00
	กำจัดไขมัน และฟอกขาวเส้นใยแห้ง 2 กิโลกรัม มีค่าใช้จ่าย	328.54
	กำจัดไขมัน และฟอกขาวเส้นใยแห้ง 1 กิโลกรัม มีค่าใช้จ่าย	164.27
7	คิดค่าแรงงาน (ค่าแรงชั่วโมงละ 37.5 บาท x 1.5 ชั่วโมง)	
	คิดค่าแรงงาน กำจัดไขมัน และฟอกขาวเส้นใยแห้ง 2 กิโลกรัม มีค่าใช้จ่าย (328.54+ 56.25)	384.79
	คิดค่าแรงงาน กำจัดไขมัน และฟอกขาวเส้นใยแห้ง 1 กิโลกรัม มีค่าใช้จ่าย	192.39

4. สรุปผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีเป้าหมายเพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องจักรต้นแบบสำหรับแยกเส้นใยและทำความสะอาดเส้นใยจากผลลูกตาลสุก โดยมีผลการศึกษาและพัฒนาซึ่งสรุปได้ว่าเครื่องจักรต้นแบบสำหรับแยกเส้นใยใช้หลักการแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง และติดตั้งหนามเหล็กเพื่อดึงเส้นใยออกจากผลลูกตาล เครื่องสามารถแยกเส้นใยได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 95-98 ภายในระยะเวลา 5-7 นาที สำหรับเครื่องจักรต้นแบบทำความสะอาดเส้นใย ได้ออกแบบระบบให้สามารถกำจัดแป้ง สิ่งสกปรก และฟอกขาวเส้นใยได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เส้นใยที่แยกได้จากเครื่องจักรมีสมบัติที่เหมาะสมสำหรับนำไปใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทอ เช่น เป็นฉนวนกันความร้อน มีความแข็งแรง และสามารถนำไปพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ได้ กระบวนการทำความสะอาดช่วยปรับปรุงคุณภาพของเส้นใย โดยกระบวนการกำจัดสิ่งสกปรกและฟอกขาวสามารถลดสิ่งปนเปื้อนและทำให้เส้นใยมีคุณสมบัติที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานต่อไป โดยต้นทุนการทำความสะอาดและปรับปรุงเส้นใยขึ้นอยู่กับกระบวนการ โดยมีค่าใช้จ่ายเฉลี่ย 56-192 บาทต่อกิโลกรัม

การพัฒนาเครื่องจักรต้นแบบดังกล่าวสามารถลดการเหลือทิ้งของเส้นใยผลลูกตาล และเพิ่มมูลค่าให้กับเศษเหลือจากการเกษตร นอกจากนี้ยังพบว่า ผลการวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการพัฒนา

เครื่องจักรเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทอ และช่วยลดปัญหาสิ่งแวดล้อมจากการทิ้งเศษเหลือของผลผลิตทางการเกษตรได้อย่างยั่งยืน

เอกสารอ้างอิง

[1] Saravanan, D., Pallavi, N., Balaji, R., and Parthiban, R. (2008). Investigations into structural aspects of *Borassus flabellifer* L (palmyrah palm) fruit fibres. The Journal of The Textile Institute, 99 (2), 133-140.

[2] Sudhakara, P., Jagadeesh, D., Wang, Y., Prasad, C. V., Devi, A. K., Balakrishnan, G., Kim, B. S. and Song, J. I. (2013). Fabrication of Borassus fruit lignocellulose fiber/PP composites and comparison with jute, sisal and coir fibers. Carbohydrate polymers 98 (1), 1002-1010.

[3] Reddy, K. O., Guduri, B. R., & Rajulu, A. V. (2009). Structural characterization and tensile properties of borassus fruit fibers. Journal of Applied polymer science, 114(1), 603-611.

[4] รัตนพล มงคลรัตนาสิทธิ์, จรูญ คล้ายจ้อย, กิตติศักดิ์ อริยะเครือ, ก้องเกียรติ มหาอินทร์, ศรัณย์ จันทร์แก้ว, สาครชลสาคร, ณัฐดนย์ รุ่งเรืองกิจไกร, ศิริอร วณิชโชตยานนท์, ณัฐยา พรรณรัตนศิลป์, จิตติ พัทธวณิช, เริงศักดิ์ มานะสุนทร, มนัส แป้งใส, จันทร์เพ็ญ ชุมแสง, พิทักษ์ อุปัญญ์ และ เอนก ชาวเหนือ. (2015). การประยุกต์ใช้เส้นใยจากผลลูกตาลเพื่อผลิตแผ่นกันความร้อน ตอนที่ 2 สมบัติของแผ่นกันความร้อนจากผ้าม่ทอ (Nonwoven) ที่ผลิตจากเส้นใยผลลูกตาลสุกผสมเส้นใยพอลิเอสเทอร์. Colourway. 20 (116), 17-20.

[5] รัตนพล มงคลรัตนาสิทธิ์, จรูญ คล้ายจ้อย, กิตติศักดิ์ อริยะเครือ, ก้องเกียรติ มหาอินทร์, ศรัณย์ จันทร์แก้ว, สาครชลสาคร, ณัฐดนย์ รุ่งเรืองกิจไกร, ศิริอร วณิชโชตยานนท์, ณัฐยา พรรณรัตนศิลป์, จิตติ พัทธวณิช, เริงศักดิ์ มานะสุนทร, มนัส แป้งใส, จันทร์เพ็ญ ชุมแสง, พิทักษ์ อุปัญญ์ และ เอนก ชาวเหนือ. (2015). การประยุกต์ใช้เส้นใยจากผลลูกตาลเพื่อผลิตแผ่นกันความร้อน ตอนจบ การพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบแผ่นกันความร้อนจากผ้าไม่ทอ (Nonwoven) ที่ผลิตจากเส้นใยผลลูกตาลสุกผสมเส้นใยพอลิเอสเทอร์. Colourway. 20 (117), 45-48

[6] รัตนพล มงคลรัตนาสิทธิ์, เส้นใยจากวัสดุทางการเกษตรสู่อุตสาหกรรมสิ่งทอเทคนิค ตอนที่ 1 เส้นใยจากผลตาล เพื่อผลิตแผ่นกันความร้อน. Textile digest. 23 (195), 28-30.

[7] รัตนพล มงคลรัตนาสิทธิ์, จรูญ คล้ายจ้อย, กิตติศักดิ์ อริยะเครือ, ก้องเกียรติ มหาอินทร์, ศรัณย์ จันทร์แก้ว, สาครชลสาคร, ณัฐดนย์ รุ่งเรืองกิจไกร, ศิริอร วณิชโชตยานนท์, ณัฐยา พรรณรัตนศิลป์, จิตติ พัทธวณิช, เริงศักดิ์ มานะสุนทร, มนัส แป้งใส, จันทร์เพ็ญ ชุมแสง, พิทักษ์ อุปัญญ์ และ เอนก ชาวเหนือ. (2014). การประยุกต์ใช้เส้นใยจากผลลูกตาลเพื่อผลิตแผ่นกันความร้อน ตอนที่ 1 สมบัติเชิงกายภาพและเชิงเคมีของเส้นใยจากผลลูก. Colourway.20 (115), 23-26.

[8] Boopathi, L., Sampath, P. S., and Mylsamy, K. (2012). Investigation of physical, chemical and mechanical properties of raw and alkali treated Borassus fruit fiber. Composites Part B: Engineering, 43(8), 3044-3052.

[9] Reddy, K. O., Maheswari, C. U., Rajulu, A. V., and Guduri, B. R. (2009). Thermal degradation parameters and tensile properties of Borassus flabellifer fruit fiber reinforcement. Journal of Reinforced Plastics and Composites, 28(18), 2297-2301.

[10] Sudhakara, P., Kamala Devi, A. P., Venkata Prasad, C., Obi Reddy, K., Dong Woo, L., Kim, B. S., and Song, J. I. (2012). Thermal, mechanical, and morphological properties of maleated polypropylene compatibilized Borassus fruit fiber/polypropylene composites. Journal of Applied Polymer Science. 128(2), 976-982.

FIBER FABRIC & FASHION RESEARCH JOURNAL
วารสารวิจัยเส้นใย ผ้า และแฟชั่น
คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น มทร. พระนคร
เลขที่ 517 ถนนนครสวรรค์ แขวงสวนจิตลดา เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร 10300
โทรศัพท์ 02 665 3555 โทรสาร 02 6653545 มือถือ 08 6992 3305 08 7484 3723
www.itfd.rmutp.ac.th