



การพัฒนาเม็ดสีสะท้อนรังสีอินฟราเรดจากดินลูกรังเพื่อย้อมเส้นใยฝ้าย

โยธิน กัลยาเลิศ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา

บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี

พ.ศ. 2566



2615280817

VRU :Thesis 58B74670106 thesis / recv : 07062566 19:06:35 / seq: 20



58B74670106_2615280817



DEVELOPMENT OF INFRARED REFLECTIVE PIGMENTS FROM LATERITE SOIL FOR
DYEING COTTON FIBERS

YOTIN KALLAYALERT

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILMENT OF THE REQUIREMENTS
FOR THE DEGREE OF DOCTOR OF PHILOSOPHY
IN SCIENCE EDUCATION
GRADUATE SCHOOL
VALAYA ALONGKORN RAJABHAT UNIVERSITY
UNDER THE ROYAL PATRONAGE
PATHUM THANI PROVINCE

2023



2615280817

VRU :Thesis 58B74670106 thesis / recv : 07062566 19:06:35 / seq: 20

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี

ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์ การพัฒนาเมล็ดสีสะท้อนรังสีอินฟราเรดจากดินลูกรังเพื่อย้อมเส้นใยฝ้าย
ชื่อนักศึกษา โยธิน กัลยาเลิศ
รหัสประจำตัว 58B74670106
ปริญญา ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชา วิทยาศาสตร์ศึกษา

คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธาน ประธาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิ่นนรภัส ถกลภักดี) (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญยง นิลแสง)

..... กรรมการ กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ศศมล ผาสุข) (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เขาวภา แสงพยับ)

..... กรรมการ กรรมการ
(ดร.ชุมพล บุชบก) (รองศาสตราจารย์ ดร.ศศมล ผาสุข)

..... กรรมการ กรรมการ
(ดร.ชุมพล บุชบก) (รองศาสตราจารย์ ดร.ศศมล ผาสุข)

..... กรรมการ กรรมการ
(ดร.ชุมพล บุชบก) (รองศาสตราจารย์ ดร.ศศมล ผาสุข)

..... กรรมการ กรรมการ
(ดร.ชุมพล บุชบก) (รองศาสตราจารย์ ดร.ศศมล ผาสุข)

..... กรรมการ กรรมการ
(ดร.ชุมพล บุชบก) (รองศาสตราจารย์ ดร.ศศมล ผาสุข)

..... กรรมการและเลขานุการ กรรมการและเลขานุการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิ่นนรภัส ถกลภักดี)

..... ผู้ทรงคุณวุฒิ ผู้ทรงคุณวุฒิ
(ดร.วาสนา ช้องวงศ์)

..... ผู้ทรงคุณวุฒิ ผู้ทรงคุณวุฒิ
(ดร.ปิยาลักษณ์ เงินชุกกลิ่น)

..... กรรมการและเลขานุการ กรรมการและเลขานุการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิ่นนรภัส ถกลภักดี)

..... ผู้ทรงคุณวุฒิ ผู้ทรงคุณวุฒิ
(ดร.วาสนา ช้องวงศ์)

..... ผู้ทรงคุณวุฒิ ผู้ทรงคุณวุฒิ
(ดร.ปิยาลักษณ์ เงินชุกกลิ่น)

..... กรรมการและเลขานุการ กรรมการและเลขานุการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิ่นนรภัส ถกลภักดี)

..... กรรมการและเลขานุการ กรรมการและเลขานุการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิ่นนรภัส ถกลภักดี)

..... กรรมการและเลขานุการ กรรมการและเลขานุการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิ่นนรภัส ถกลภักดี)

..... กรรมการและเลขานุการ กรรมการและเลขานุการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิ่นนรภัส ถกลภักดี)

..... กรรมการและเลขานุการ กรรมการและเลขานุการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิ่นนรภัส ถกลภักดี)

..... กรรมการและเลขานุการ กรรมการและเลขานุการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิ่นนรภัส ถกลภักดี)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี

โยธิน กัลยาเลิศ. (2566). การพัฒนาเม็ดสีสะท้อนรังสีอินฟราเรดจากดินลูกรังเพื่อย้อมเส้นใยฝ้าย. ปรึชญาศุภวิบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา. อาจารย์ที่ปรึกษา : ผศ.ดร.ปณัณร์ภัส ถกลกักดิ์ รศ.ดร.ศศมล ผาสุข ดร.ชุมพล บุชบก

บทคัดย่อ

การวิจัยและพัฒนา มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาเม็ดสีจากดินลูกรังในช่วงอุณหภูมิ 900 – 1300 °C ให้มีสมบัติสะท้อนรังสีอินฟราเรดชนิด NIR ด้วยปฏิกิริยาสถานะของแข็ง 2) ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการติดสีในการย้อมเส้นใยฝ้ายจากสีที่สังเคราะห์ได้จากดินลูกรัง 3) ศึกษาประสิทธิภาพของเม็ดสีที่สังเคราะห์ได้จากดินลูกรังในการย้อมเส้นใยฝ้ายที่ทอเป็นผ้า และ 4) ถ่ายทอดเทคโนโลยีการย้อมเส้นใยฝ้ายโดยใช้เม็ดสีที่สังเคราะห์ได้สู่ชุมชน โดยนำดินลูกรังที่ชุมชนในย้อมผ้าจาก 5 แห่งในประเทศไทย คือ ดินบ้านวังโฮ จังหวัดมุกดาหาร ดินบ้านเจริญสุข จังหวัดบุรีรัมย์ ดินบ้านคำไผ่ จังหวัดกาฬสินธุ์ บ้านโนนป่าซาง ตำบลโนนป่าซาง จังหวัดเลย และดินบ้านรางหวาย จังหวัดกาญจนบุรี นำมาวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและองค์ประกอบเคมีแล้วคัดเลือกให้เหลือ 2 แห่ง ได้แก่ จังหวัดมุกดาหาร และจังหวัดเลย นำดินลูกรังไปบดและคัดขนาดให้มีขนาดต่ำกว่า 45 ไมโครเมตร จากนั้นนำไปเผาแคลไซน์ที่อุณหภูมิ 900-1300°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำผงที่ผ่านการเผาแคลไซน์มาบดเพื่อให้มีขนาดต่างกัน ตรวจสอบลักษณะด้วยเครื่อง Scanning electron microscope (SEM), X-ray diffractometer (XRD) และวัดการสะท้อนรังสีอินฟราเรดด้วยเครื่อง UV-Vis-NIR spectrophotometer นำเม็ดสีไปย้อมด้ายฝ้ายและนำไปทอเป็นผืน ตรวจสอบการสะท้อนรังสีอินฟราเรดและทดสอบความคงทนของสีตาม มอก. 121-2552 นำผลงานวิจัยที่ได้ไปฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการให้แก่ชุมชน ทดสอบความรู้ก่อนและหลังอบรม สถิติที่ใช้ ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าที

ผลการวิจัยพบว่า 1) เม็ดสีจากดินลูกรังของแหล่งดินจังหวัดมุกดาหารสะท้อนรังสีอินฟราเรด ได้ 70-80% ที่อุณหภูมิเผาแคลไซน์ 1000°C โดยพบ ควอทซ์ เฮมาไทต์ และคาโอลิไนท์ เป็นองค์ประกอบหลัก ดินลูกรังจากจังหวัดเลย สะท้อนรังสีอินฟราเรดได้ 80-100% ที่อุณหภูมิเผาแคลไซน์ 1300°C โดยพบควอทซ์ และ $FeAl_2O_4$ เป็นองค์ประกอบหลัก 2) สารที่ช่วยให้ติดสีกับเส้นใยได้ดีได้แก่โซเดียมคลอไรด์ ใช้เวลาในการแช่ย้อม คือ 24 ชั่วโมง อุณหภูมิในการย้อม 80°C 3) ด้ายฝ้ายที่ย้อมด้วยเม็ดสี มีความคงทนต่อแสงซินอนอาร์ก ต่อการซัก ต่อเหงื่อ แต่ไม่ทนต่อการขัดถู และ 4) ผู้เข้าร่วมอบรมเชิงปฏิบัติการมีความรู้เพิ่มขึ้น แตกต่างจากก่อนอบรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีความพึงพอใจในการเข้าร่วมอบรมอยู่ในระดับดี ($M = 4.42, SD = .65$)

องค์ความรู้หรือนวัตกรรมที่ได้จากการวิจัยในครั้งนี้ คือ ได้เทคนิคการย้อมเส้นใยฝ้ายที่มีประสิทธิภาพในการสะท้อนความร้อนด้วยเม็ดสีจากดินลูกรัง ซึ่งสามารถสะท้อนรังสีอินฟราเรดได้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 80 และเป็น การเพิ่มมูลค่าเส้นใยฝ้ายที่ใช้ทอเป็นผลิตภัณฑ์

คำสำคัญ : ดินลูกรัง เม็ดสีจากดินลูกรัง ผ้าสะท้อนรังสีอินฟราเรด

Yotin Kallayalert. (2023). Development of Infrared Reflective Pigments from Laterite Soil for Dyeing Cotton Fibers. Doctor of Philosophy (Science Education). Advisors: Asst. Prof. Dr.Pannraphat Takolpuckdee, Assoc. Prof. Dr.Sasamol Phasuk, Dr.Chumphol Busabok.

ABSTRACT

This research and development aimed to 1) develop pigments from calcined lateritic soil at a temperature range of 900-1300°C for near-infrared (NIR) reflective properties through solid-state reactions, 2) investigate the factors influencing color fastness of cotton fibers dyed with synthesized dyes from lateritic soil, 3) study the efficiency of pigments synthesized from lateritic soils in dyeing cotton fibers, and 4) transfer cotton fiber dyeing technology using synthetic pigments to the community. Lateritic soils from five sources in Thailand were characterized the physical properties and chemical composition: Ban Wanghai soil, Mukdahan province; Ban Charoensuk soil, Buri Ram province; Ban Khamphai soil, Kalasin province; Ban Nonpasang soil, Loei province; Ban Rangwai soil, Kanchanaburi province. Ban Wanghai soil and Ban Nonpasang soil were selected for further investigation. The selected soils were ground, sieved for particles with a size of less than 45 μm , and calcined at temperatures ranging from 900-1300°C for one hour. The calcined soils were characterized using a scanning electron microscope (SEM), an X-ray diffractometer (XRD) and an UV-Vis-NIR spectrophotometer. The prepared pigments were used to dye cotton threads, which were subsequently woven into fabrics. The resulting products were assessed for infrared radiation reflection and color fastness, in accordance with TIS 121-2552 standards. Technology transfer was facilitated through workshop trainings, with participants' knowledge assessed before and after training. Statistical analyses, such as mean, standard deviation, and t-tests, were conducted to evaluate the effectiveness of the workshops.

The results demonstrated the following: 1) at a calcination temperature of 1000°C, lateritic soil pigments from Mukdahan province exhibited 70-80% infrared radiation reflection, with quartz, hematite, and kaolinite as the primary phases. At 1300°C, lateritic soil pigments from Loei province reflected 80-100% infrared radiation, with quartz and FeAl_2O_4 as the main phases. 2) Sodium chloride proved to be an effective auxiliary when dyeing at 80°C for 24 hours. 3) Fabrics made from dyed cotton threads using the prepared pigments were tested for colorfastness according to TIS 121-2552, exhibiting resistance to xenon arc light, washing, and perspiration, but not rubbing. And 4) after the workshop, participants demonstrated a statistically significant increase in knowledge ($p < .05$) and expressed satisfaction with the training ($M = 4.42$, $SD = .65$).

The knowledge or innovation gained from this research is the development of an effective technique for dyeing cotton fibers using pigments derived from lateritic soils. These pigments can reflect at least 80% of infrared radiation, thereby adding value to the cotton fibers used in producing various products.

Keywords: Lateritic Soil, Pigment from Lateritic Soil, Infrared Reflective Fabric

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยดีผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ที่ได้ให้ทุนการศึกษาจนจบหลักสูตรการศึกษา ปริญญาตรีบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา และสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) ที่อนุเคราะห์ทุนวิจัยภาคีบัณฑิต จนทำให้วิทยานิพนธ์สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปณณรภัส ถกภักดี ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ผลักดันในการเข้ารับการศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาและกรุณาให้คำปรึกษา ข้อเสนอแนะ ตรวจสอบเอกสารงานวิจัยให้ความคิดเห็นตลอดจนชี้แนะแนวทางอันเป็นประโยชน์ในการทำงานวิจัยมาโดยตลอด เพื่อให้งานวิจัยฉบับนี้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณ ดร.ชুমพล บุษก ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ภายนอก ที่กรุณาให้คำปรึกษา การใช้เครื่องมือปฏิบัติการการทดลอง ข้อเสนอแนะ ความคิดเห็นตลอดจนชี้แนะแนวทางอันเป็นประโยชน์ในการทำงานวิจัยมาโดยตลอด

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ศศมล ผาสุข กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่กรุณาให้คำปรึกษา ข้อเสนอแนะ ตรวจสอบเอกสารงานวิจัยเพื่อให้งานวิจัยฉบับนี้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น และให้ความคิดเห็นตลอดจนชี้แนะแนวทางอันเป็นประโยชน์ในการทำงานวิจัยมาโดยตลอด

ขอกราบขอบพระคุณ ประธานการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปณณนุช นิลแสง และกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เยาวภา แสงพยัคฆ์ ดร.วาสนา ฮ่องวงศ์ ดร.ปิยาลักษณ์ เงินชุกลิน ที่ให้ความกรุณาให้คำแนะนำในงานวิจัยเพื่อให้งานวิจัยฉบับนี้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณ คุณปณิดา ทวีถาวร นักวิจัยศูนย์เชี่ยวชาญชาวนวัตกรรมวัสดุ และคุณกฤษ เหลืองโสภานันท์ นักวิชาการอาวุโสศูนย์พัฒนาและวิเคราะห์สมบัติของวัสดุ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) ที่กรุณาให้คำปรึกษาการใช้เครื่องมือปฏิบัติการการทดลอง และการวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดลอง

ขอกราบขอบพระคุณกลุ่มทอผ้าและตัดเย็บบ้านสันติภาพพัฒนา หมู่ที่ 9 ตำบลโนนป่าซาง อำเภอผาขาว จังหวัดเลย ที่อนุเคราะห์สถานที่ในการถ่ายทอดเทคโนโลยีการย้อมเส้นใยฝ้ายจากการพัฒนาเม็ดสีสะท้อนรังสีอินฟราเรดจากดินลูกรัง

ขอขอบพระคุณครอบครัวรวมทั้งเพื่อนร่วมงานทุกท่านที่เป็นกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ จนเสร็จสมบูรณ์ คุณูปการจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ขอบขอบคุณงามความดีทั้งหลาย เพื่อตอบแทนแต่บิดามารดา ครูอาจารย์ทุกท่านที่ให้ความเมตตา อบรม สั่งสอน และให้ความรู้เพื่อเป็นผลให้มีกำลังใจในการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

โยธิน กัลยาเลิศ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....ค	ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....ง	ง
กิตติกรรมประกาศ.....จ	จ
สารบัญ.....ฉ	ฉ
สารบัญตาราง.....ฅ	ฅ
สารบัญภาพ.....ญ	ญ
บทที่ 1 บทนำ..... 1	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย..... 3	3
1.3 กรอบแนวคิด..... 3	3
1.4 ขอบเขตการวิจัย..... 4	4
1.5 สมมติฐาน..... 5	5
1.6 คำจำกัดความที่ใช้ในการศึกษา..... 6	6
1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 6	6
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 7	7
2.1 ดินลูกรัง..... 7	7
2.2 ฝ้าย..... 14	14
2.3 การย้อมเส้นใยจากวัสดุธรรมชาติ..... 20	20
2.4 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า..... 26	26
2.5 รังสีจากดวงอาทิตย์..... 28	28
2.6 การปฏิสัมพันธ์ของวัสดุและรังสีจากดวงอาทิตย์..... 29	29



2615280817

VRU :Thesis 58574670106 thesis / recv: 07062566 19:06:35 / seq: 20

2.7 การแผ่รังสีของดวงอาทิตย์และการถ่ายเทความร้อน (Solar radiation and heat transfer)	31
2.8 เม็ดสีและสีย้อม (Pigments and dyes)	33
2.9 หลักการประหยัดพลังงานด้วยวัสดุสะท้อนรังสี NIR	34
2.10 วัสดุสะท้อนรังสี NIR	35
2.11 ลักษณะการสะท้อนของรังสีในผิววัสดุ	40
2.12 กระบวนการเตรียมสารด้วยวิธีปฏิกิริยาสถานะของแข็ง (Solid state reaction)	41
2.13 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	42
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	45
3.1 สารเคมี อุปกรณ์และเครื่องมือ	45
3.2 การเตรียมตัวอย่าง	46
3.3 ศึกษาลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของแหล่งดินลูกรังจากชุมชนที่ใช้ดินลูกรังย้อมผ้า	47
3.4 พัฒนาเม็ดสีจากดินลูกรังให้มีสมบัติสะท้อนรังสีอินฟราเรดและค่าสีของเม็ดสี	48
3.5 ปัจจัยที่มีผลต่อการติดสีในการย้อมสีที่สังเคราะห์ได้จากดินลูกรัง และเปรียบเทียบผลการสะท้อนรังสี NIR	49
3.6 ศึกษาประสิทธิภาพความคงทนของเม็ดสีจากดินลูกรังในการย้อมสิ่งทอ	49
3.7 ถ่ายทอดนวัตกรรมผลิตภัณฑ์สู่ชุมชน	49
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	52
4.1 ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของแหล่งดินลูกรังจากชุมชนที่ใช้ดินลูกรังย้อมผ้า	52
4.2 ผลการพัฒนาเม็ดสีจากดินลูกรังให้มีสมบัติสะท้อนรังสีอินฟราเรด	62
4.3 ผลการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการติดสีในการย้อมสีที่สังเคราะห์ได้จากดินลูกรัง และเปรียบเทียบผลการสะท้อนรังสี NIR	76
4.4 ผลการศึกษาประสิทธิภาพความคงทนของเม็ดสีจากดินลูกรังในการย้อมสิ่งทอ	86
4.5 ผลการถ่ายทอดนวัตกรรมผลิตภัณฑ์สู่ชุมชน	89

บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	91
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	91
5.2 อภิปรายผลวิจัย.....	92
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	104
บรรณานุกรม.....	105
ภาคผนวก.....	111
ภาคผนวก ก รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือ และผลการประเมินค่าดัชนีความ สอดคล้อง.....	112
ภาคผนวก ข โครงการอบรมเชิงปฏิบัติการเผยแพร่และถ่ายทอดองค์ความรู้จากผลงานวิจัย เรื่อง การย้อมเส้นใยฝ้ายจากการพัฒนาเม็ดสีสะท้อนรังสีอินฟราเรดจากดินลูกรัง...	119
ภาคผนวก ค ผลการจัดอบรมเชิงปฏิบัติการ.....	144
ภาคผนวก ง เอกสารขอจดสิทธิบัตร.....	159
ภาคผนวก จ กิจกรรมการอบรมเชิงปฏิบัติการและขั้นตอนการย้อมเส้นใยฝ้ายด้วยเม็ดสี สะท้อนรังสีอินฟราเรดในระดับชุมชน.....	161
ประวัติผู้วิจัย.....	166



สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 ตัวแปรต้นและตัวแปรตามที่ใช้ในการทดลอง	4
ตารางที่ 2 องค์ประกอบทางเคมีของดินแดงภาคใต้	10
ตารางที่ 3 องค์ประกอบทางเคมีของดินแดงภาคกลาง	11
ตารางที่ 4 องค์ประกอบทางเคมีของดินแดงภาคเหนือ	12
ตารางที่ 5 องค์ประกอบทางเคมีของดินแดงภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	13
ตารางที่ 6 ชนิดของพืชพันธุ์ไม้ที่ให้สี	21
ตารางที่ 7 ค่าการปลดปล่อยรังสีของ อะลูมิเนียม ทองแดงและเงิน	37
ตารางที่ 8 สมบัติการสะท้อนรังสี NIR ของโลหะออกไซด์ที่มีผลึกเล็กและผลึกใหญ่	38
ตารางที่ 9 สารเคมี อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	45
ตารางที่ 10 องค์ประกอบเคมีของดินลูกรังจากแหล่งบ้านวังไฮ อำเภอหนองสูง จังหวัดมุกดาหาร ...	53
ตารางที่ 11 องค์ประกอบเคมีของดินลูกรังจากแหล่งบ้านโนนป่าซาง อำเภอผาขาว จังหวัดเลย.....	55
ตารางที่ 12 องค์ประกอบเคมีของดินลูกรังจากแหล่งบ้านเจริญสุข อำเภอเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดบุรีรัมย์	56
ตารางที่ 13 องค์ประกอบเคมีของดินลูกรังจากแหล่งบ้านคำไผ่ อำเภอสมเด็จ จังหวัดกาฬสินธุ์	58
ตารางที่ 14 องค์ประกอบเคมีของดินลูกรังจากแหล่งบ้านรางหวาย อำเภอพนมทวน จังหวัดกาญจนบุรี.....	60
ตารางที่ 15 องค์ประกอบเคมีของดินลูกรังจากแหล่ง 5 แหล่ง	61
ตารางที่ 16 ผลการทดสอบระดับความเชื่อมั่นทางสถิติของคะแนนสอบผู้เข้าฝึกอบรมก่อนและหลังฝึกอบรม	90



2615280817

VRU_1Thesis_58574670106_thesis / recv: 07062566 19:06:35 / seq: 20

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย	3
ภาพที่ 2 ลักษณะของดินลูกรัง	8
ภาพที่ 3 แหล่งดินลูกรังในประเทศไทย	9
ภาพที่ 4 ฝ้าย	14
ภาพที่ 5 เครื่องทียบฝ้ายชนิดลูกกลิ้ง	15
ภาพที่ 6 เครื่องทียบฝ้ายชนิดฟันเลื่อย	16
ภาพที่ 7 การติดฝ้ายหรือแก้ฝ้าย	16
ภาพที่ 8 การปั่นฝ้ายให้เป็นเส้นใย	17
ภาพที่ 9 การปั่นฝ้ายให้เป็นเส้นใย	18
ภาพที่ 10 ไม้เปียฝ้าย	18
ภาพที่ 11 โครงสร้างทางกายภาพของเส้นใยฝ้าย	19
ภาพที่ 12 โครงสร้างของเส้นใยฝ้าย	20
ภาพที่ 13 การวัดค่าสีระบบ Munsell	23
ภาพที่ 14 การวัดค่าสีระบบ CIELAB	24
ภาพที่ 15 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	26
ภาพที่ 16 ชนิดของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ความยาวคลื่นแตกต่างกัน	27
ภาพที่ 17 ปรากฏการณ์การปฏิสัมพันธ์ของรังสีจากดวงอาทิตย์และของแข็ง	29
ภาพที่ 18 ปรากฏการณ์ของแสงเมื่อกระทบของแข็ง	30
ภาพที่ 19 แสดงการดูดกลืนรังสีและการเปล่งรังสีของอะตอม	31
ภาพที่ 20 สเปกตรัมการแผ่รังสีอาทิตย์	32
ภาพที่ 21 ปรากฏการณ์การกระทบของรังสีกับวัสดุ	33



2615280817

VRU :Thesis 58574670106 thesis / recv: 07062566 19:06:35 / seq: 20

ภาพที่ 22 กระจกสะท้อนรังสี NIR (Low emissive coating)	35
ภาพที่ 23 การสะท้อนรังสีของโลหะ	36
ภาพที่ 24 Multilayer low emissive coating	36
ภาพที่ 25 เม็ดสีสะท้อนรังสี NIR ที่มีในท้องตลาด)	38
ภาพที่ 26 โครงสร้างและการสะท้อนรังสีอินฟราเรดของ copper phthalocyanine	39
ภาพที่ 27 โครงสร้างและการสะท้อนรังสีอินฟราเรดของ azo	39
ภาพที่ 28 การสะท้อนของรังสีบนผิวเรียบ	40
ภาพที่ 29 การสะท้อนของรังสีบนผิวขรุขระ	41
ภาพที่ 30 ตำแหน่งการเก็บตัวอย่างดิน	46
ภาพที่ 31 การสุ่มตัวอย่างดิน (ก) การผสมดินให้เข้ากัน (ข) การแบ่งส่วนตัวอย่างดิน	46
ภาพที่ 32 ลักษณะโครงสร้างจุลภาคของดินลูกรังจากแหล่งบ้านวังไฮ อำเภอหนองสูง จังหวัด มุกดาหาร	53
ภาพที่ 33 ผลการวิเคราะห์โครงสร้างผลึกด้วย XRD ของดินลูกรังจากแหล่งบ้านวังไฮ อำเภอหนองสูง จังหวัดมุกดาหาร	54
ภาพที่ 34 ลักษณะโครงสร้างจุลภาคของดินลูกรังจากแหล่งบ้านโนนป่าซาง อำเภอผาขาว จังหวัดเลย	55
ภาพที่ 35 ผลวิเคราะห์โครงสร้างผลึกด้วย XRD ของดินลูกรังจากแหล่งบ้านโนนป่าซาง อำเภอผาขาว จังหวัดเลย	55
ภาพที่ 36 ลักษณะโครงสร้างจุลภาคของดินลูกรังจากแหล่งบ้านเจริญสุข อำเภอเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดบุรีรัมย์	56
ภาพที่ 37 ผลวิเคราะห์โครงสร้างผลึกด้วย XRD ของดินลูกรังจากแหล่งบ้านเจริญสุข อำเภอ เฉลิม พระเกียรติ จังหวัดบุรีรัมย์	57
ภาพที่ 38 ลักษณะโครงสร้างจุลภาคของดินลูกรังจากแหล่งบ้านคำไผ่ อำเภอสมเด็จ จังหวัดกาฬสินธุ์	58
ภาพที่ 39 ผลวิเคราะห์โครงสร้างผลึกด้วย XRD ของดินลูกรังจากแหล่งบ้านคำไผ่ อำเภอสมเด็จ จังหวัดกาฬสินธุ์	59

ภาพที่ 40 ลักษณะโครงสร้างจุลภาคของดินลูกรังจากแหล่งบ้านรางหวาย อำเภอพนมทวน จังหวัดกาญจนบุรี.....60

ภาพที่ 41 ผลวิเคราะห์โครงสร้างผลึกด้วย XRD ของดินลูกรังจากแหล่งบ้านรางหวาย อำเภอ พนมทวน จังหวัดกาญจนบุรี.....61

ภาพที่ 42 ผลวิเคราะห์โครงสร้างผลึกด้วย XRD ของดินลูกรังจากบ้านวังไฮ อำเภอหนองสูง จังหวัดมุกดาหารที่ผ่านการเผาแคลไซน์ที่อุณหภูมิ 900-1300°C.....62

ภาพที่ 43 โครงสร้างจุลภาคของดินลูกรังจากแหล่งบ้านวังไฮ อำเภอหนองสูง จังหวัดมุกดาหาร ที่ผ่านการเผาแคลไซน์ที่อุณหภูมิ 900-1300°C (ก) 900°C (ข) 1000°C (ค) 1100°C (ง) 1200°C และ (จ) 1300°C.....63

ภาพที่ 44 ผลการสะท้อนรังสีอินฟราเรดของดินลูกรังจากแหล่งบ้านวังไฮ อำเภอหนองสูง จังหวัดมุกดาหาร ที่ผ่านการเผาแคลไซน์ที่อุณหภูมิลดหล่น 900-1300°C.....64

ภาพที่ 45 ค่าความสว่างและค่าสีของเม็ดสีจากดินลูกรังแหล่งบ้านวังไฮ อำเภอหนองสูง จังหวัดมุกดาหาร ที่ผ่านการเผาแคลไซน์ที่อุณหภูมิ 900-1300°C (ก) 900°C (ข) 1000°C (ค) 1100°C (ง) 1200°C และ (จ) 1300°C.....66

ภาพที่ 46 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเผาแคลไซน์กับค่าความสว่างและค่าสีของเม็ดสีจากดินลูกรังแหล่งบ้านวังไฮ อำเภอหนองสูง จังหวัดมุกดาหาร67

ภาพที่ 47 ค่าความแตกต่างของสีของเม็ดสีจากดินลูกรังแหล่งบ้านวังไฮ อำเภอหนองสูง จังหวัดมุกดาหาร67

ภาพที่ 48 ขนาดอนุภาคของเม็ดสีจากดินลูกรังบ้านวังไฮ อำเภอหนองสูง จังหวัดมุกดาหาร ที่ผ่านการเผาแคลไซน์ที่อุณหภูมิ 1000°C บดด้วยระยะเวลาที่ต่างกัน68

ภาพที่ 49 ผลการวัดการสะท้อนรังสีอินฟราเรดของเม็ดสีจากดินลูกรังจากแหล่งบ้านวังไฮ อำเภอหนองสูง จังหวัดมุกดาหาร ที่มีการกระจายขนาดอนุภาคแตกต่างกัน.....69

ภาพที่ 50 ผลวิเคราะห์โครงสร้างผลึกด้วย XRD ของเม็ดสีจากดินลูกรังแหล่งบ้านโนนป่าซาง อำเภอผาขาว จังหวัดเลย ที่ผ่านการเผาแคลไซน์ที่อุณหภูมิ 900-1300°C 70

ภาพที่ 51 ลักษณะโครงสร้างจุลภาคของเม็ดสีจากดินลูกรังแหล่งบ้านโนนป่าซาง อำเภอผาขาว จังหวัดเลย ที่ผ่านการเผา แคลไซน์ที่อุณหภูมิ 900-1300°C (ก) 900°C (ข) 1000°C (ค) 1100°C (ง) 1200°C และ (จ) 1300°C.....71

ภาพที่ 52 ผลการวัดการสะท้อนรังสีอินฟราเรดของเม็ดสีจากดินลูกรังแหล่งบ้านโนนป่าซาง อำเภอผาขาว จังหวัดเลย ที่ผ่านการเผาแคลไซน์ที่อุณหภูมิ 900-1300°C.....71

ภาพที่ 53 ค่าความสว่างและค่าสีของเม็ดสีจากดินลูกรังแหล่งบ้านโนนป่าซาง อำเภอผาขาว จังหวัด
 เลย ที่ผ่านการเผาแคลไซน์ที่อุณหภูมิ 900-1300°C (ก) 900°C (ข) 1000°C (ค) 1100°C (ง) 1200°C
 และ (จ) 1300°C 73

ภาพที่ 54 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเผาแคลไซน์กับค่าความสว่างและค่าสีของเม็ดสีจากดินลูกรัง
 แหล่งบ้านโนนป่าซาง อำเภอผาขาว จังหวัดเลย..... 74

ภาพที่ 55 ค่าความแตกต่างของสีของเม็ดสีจากดินลูกรังแหล่งบ้านโนนป่าซาง อำเภอผาขาว จังหวัดเลย74

ภาพที่ 56 การกระจายขนาดอนุภาคของเม็ดสีจากดินลูกรังแหล่งบ้านโนนป่าซาง อำเภอผาขาว
 จังหวัดเลย ที่ผ่านการบดด้วยเวลาแตกต่างกัน 75

ภาพที่ 57 ผลการวัดการสะท้อนรังสีอินฟราเรดของเม็ดสีจากดินลูกรังแหล่งบ้านโนนป่าซาง อำเภอ
 ผาขาว จังหวัดเลย ที่มีการกระจายขนาดแตกต่างกัน..... 76

ภาพที่ 58 ลักษณะโครงสร้างจุลภาคของด้ายฝ้ายที่ย้อมด้วยตัวเติมโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) และ
 โซเดียมซัลเฟต (Na₂SO₄) 79

ภาพที่ 59 โครงสร้างจุลภาคของด้ายฝ้ายที่ย้อมด้วยเม็ดสีจากดินลูกรังแหล่งบ้านโนนป่าซาง อำเภอ
 ผาขาว จังหวัดเลย ที่อุณหภูมิการย้อมต่างกัน (ก) อุณหภูมิห้อง (ข) 60°C (ค) 80°C 80

ภาพที่ 60 ค่าความสว่างและสีของผ้าฝ้ายที่ทอจากด้ายฝ้ายย้อมด้วยเม็ดสีจากดินลูกรังแหล่งบ้านโนน
 ป่าซาง อำเภอผาขาว จังหวัดเลย ที่อุณหภูมิการย้อมต่างกัน (ก) อุณหภูมิห้อง (ข) 60°C (ค) 80°C .81

ภาพที่ 61 โครงสร้างจุลภาคของด้ายฝ้ายที่ย้อมด้วยเม็ดสีจากดินลูกรังแหล่งบ้านวังไฮ อำเภอหนองสูง
 จังหวัดมุกดาหาร ที่อุณหภูมิการย้อมต่างกัน (ก) อุณหภูมิห้อง (ข) 60°C (ค) 80°C 82

ภาพที่ 62 ค่าความสว่างและสีของผ้าฝ้ายที่ทอจากด้ายฝ้ายย้อมด้วยเม็ดสีจากดินลูกรังแหล่งบ้านวังไฮ อำเภอ
 หนองสูง จังหวัดมุกดาหาร ที่อุณหภูมิการย้อมต่างกัน (ก) อุณหภูมิห้อง (ข) 60°C (ค) 80°C..... 83

ภาพที่ 63 ผลของเวลาในการย้อมต่อการสะท้อนรังสีอินฟราเรดของผ้าฝ้ายที่ผ่านการย้อมด้วยเม็ดสี
 จากดินลูกรังแหล่งบ้านโนนป่าซาง อำเภอผาขาว จังหวัดเลย 84

ภาพที่ 64 ค่าสีของผ้าฝ้าย (ก) ยังไม่ผ่านการย้อม (ข) ย้อมด้วยเม็ดสี 6 ชั่วโมง (ค) ย้อมด้วยเม็ดสี 12
 ชั่วโมง (ง) ย้อมด้วยเม็ดสี 24 ชั่วโมง..... 85

ภาพที่ 65 ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อแสงซินอนอาร์ก (ก) ค่าสีก่อนการทดสอบ (ข) ค่าสีหลัง
 การทดสอบ..... 86

ภาพที่ 66 ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักด้วยสบู่ (ก) ค่าสีก่อนการทดสอบ (ข) ค่าสีหลัง
 การทดสอบ..... 87

ภาพที่ 67 ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อเหงื่อ (ก) ค่าสีก่อนการทดสอบ (ข) ค่าสีหลังการทดสอบ.. 88

ภาพที่ 68 ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการขัดถู (ก) ค่าสีก่อนการทดสอบ (ข) ค่าสีหลังการทดสอบ
.....89



GRAD VRU



2615280817

VRU iThesis 58B74670106 thesis / recv: 07062566 19:06:35 / seq: 20

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

พลังงานแสงจากดวงอาทิตย์ซึ่งประกอบด้วย รังสีอัลตราไวโอเล็ต (Ultraviolet ray) ประมาณร้อยละ 3 ความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 200-400 นาโนเมตร แสงที่มองเห็นด้วยตาเปล่า (Visible light) ประมาณร้อยละ 47 ความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 400-700 นาโนเมตร และรังสีอินฟราเรด (Infrared) ประมาณร้อยละ 50 ที่ส่องมายังโลก (เสริม จันทร์ฉาย, 2560) โดยเฉพาะรังสีอินฟราเรด ซึ่งเป็นรังสีที่มีปริมาณมากที่สุดและทำให้เกิดความร้อน เนื่องจากรังสีอินฟราเรดไปกระตุ้นให้โมเลกุลของสสารเกิดการสั่นและการเปลี่ยนตำแหน่งของอะตอม ทำให้เกิดความร้อนขึ้นกับสสารนั้น ๆ (Costas, 2018; Song, Sprague, Macleod, & Jacobson, 1985) เมื่อโลกดูดกลืนรังสีอินฟราเรดไว้ในปริมาณเพิ่มขึ้นทำให้อุณหภูมิของโลกเพิ่มขึ้น

รังสีอินฟราเรดสามารถแบ่งออกเป็น 3 ช่วง ได้แก่ 1) IR-A หรืออินฟราเรดช่วงใกล้แสงที่มองเห็นด้วยตาเปล่า (Near-Infrared, NIR) ความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 700-1500 นาโนเมตร 2) IR-B หรืออินฟราเรดช่วงกลาง (Mid-Infrared, MIR) ความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 1500-3000 นาโนเมตร และ 3) IR-C หรืออินฟราเรดช่วงไกล (Far-Infrared, FIR) ความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 3000-1000000 นาโนเมตร ซึ่งรังสีจากดวงอาทิตย์ที่แผ่มายังโลกประกอบด้วย IR-A มากที่สุด และจากรายงานพบว่า IR-A มีผลทางชีววิทยาต่อผิวหนังมนุษย์โดย IR-A เมื่อตกกระทบที่ผิวหนังและถูกดูดกลืนโดยผิวหนัง ทำให้ผิวหนังสูญเสียความยืดหยุ่นและลดความเต่งตึงของผิวเป็นผลให้อายุของผิวหนังสั้นลง (Cho et al., 2011) โดยรังสีอินฟราเรดสามารถทำให้ผิวหนังของมนุษย์มีอุณหภูมิสูงเกินกว่า 40°C (Lee et al., 2006) ผิวหนังที่สัมผัสรังสีอินฟราเรดติดต่อกันเป็นเวลานาน จะสะสมเกิดความเสียหายและส่งผลร้ายต่อผิวหนัง ได้แก่ ริ้วรอยลึก เที้ยยุ่นแก่ก่อนวัย ผิวหนังสูญเสียความยืดหยุ่น รวมถึงเกิดความหมองคล้ำ และที่น่ากลัวที่สุดคือ มะเร็งผิวหนัง กลุ่มเกษตรกรและคนงานก่อสร้างที่ต้องทำงานท่ามกลางแสงแดดจึงเกิดความเสี่ยงในภาวะที่กล่าวมาข้างต้น

ดังนั้นหากเราสามารถป้องกันไม่ให้ IR-A กระทบกับผิวหนังได้ จะทำให้ผิวหนังมีความสมบูรณ์ทางกายภาพ รวมถึงมีอายุยาวขึ้น ซึ่งการสร้างเครื่องนุ่งห่มที่สามารถสะท้อนความร้อนได้จะเป็นการช่วยแก้ปัญหาดังกล่าวได้อีกวิธีหนึ่ง

อุตสาหกรรมหลายประเภทในประเทศไทยมีการขยายตัวและเพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมาก อุตสาหกรรมสิ่งทอเป็นอุตสาหกรรมหนึ่งที่มีจำนวนเพิ่มขึ้นเช่นกัน สิ่งสำคัญที่เกิดขึ้นและมาพร้อมกับการขยายตัวของอุตสาหกรรมก็คือ ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม สิ่งทอในอุตสาหกรรมไทยสามารถแบ่งออกเป็นสิ่งทอประเภทเส้นใยธรรมชาติ ได้แก่ ฝ้าย ไหม ลินิน ขนสัตว์ เป็นต้น สิ่งทอจากเส้นใยสังเคราะห์หรือเส้นใยประดิษฐ์ ได้แก่ อะคริลิก ไนลอน เรยอน โพลีเอสเตอร์ เป็นต้น (นันทิยา อัจฉรวรรณ ไพรัช วงศ์ยุทธไกร และสมพล มงคลพิทักษ์สุข, 2554)

การย้อมผ้าเป็นงานศิลป์ที่อยู่คู่กับวัฒนธรรมมนุษย์มาอย่างยาวนาน ย้อนหลังไปหลายพันปี โดยประเทศจีน ถือเป็นชนชาติแรกที่ปรากฏหลักฐานว่ามีการย้อมผ้า นอกจากนี้ยังพบชนชาติอื่น ๆ ที่มีการย้อมผ้า เช่น ชาวยุโรปในยุคโคลัมบัส ชาวอินเดีย และชาวอียิปต์ ที่พบหลักฐาน การย้อมผ้าให้มี

สีเส้นหลากหลายในสมัยโบราณ มนุษย์ตกแต่งผ้าจากวัสดุธรรมชาติชนิดต่าง ๆ เช่น การใช้ใบไม้ ดอกไม้ หรือกิ่งไม้ ยึดติดกับผ้าด้วยไขขาว หรือเลือด อีกวิธีหนึ่งคือการย้อมสีที่มีสีต่าง ๆ ลงบนผ้า ซึ่งมีข้อเสียคือไม่ทนต่อการซักล้าง และการสวมใส่ จนกระทั่งมนุษย์สามารถค้นพบวิธีการย้อมผ้าด้วยสีธรรมชาติ (นันทวุฒิ ป้องจันทร์ และคณะ, 2554)

นับแต่โบราณคนไทยรู้จักการนำวัสดุธรรมชาติมาประดิษฐ์และตกแต่งเป็นของใช้ในวิถีชีวิต ดังพบเห็นได้จากการนำใบตอง ใบมะพร้าว ใบจาก มาใช้ในงานต่าง ๆ เป็นความรู้อีกแขนงหนึ่งที่มีการสืบทอดกันต่อมาจากอดีตถึงปัจจุบัน (พลทรัพย์ สวนเมือง ตูลาพันธุ์, 2542) จากอดีตสีย้อมผ้า โดยมากยังเป็นสีที่ได้จากพืช แมลง ดินลูกรัง โคลนและเนื้อไม้ เช่น ครั่งตัวเมียจะมีสีม่วงแดง ดินลูกรังจะมีสีแดงเหมาะสำหรับย้อม ผ้าย โหมและขนสัตว์ รากของต้นเข็มให้สีแดง คนในสมัยโบราณมีวิธีได้สีมาหลายวิธี เช่น เอาเหล็กแช่น้ำส้มจนเป็นสนิมกรองให้สะอาด ใช้น้ำย้อมผ้าจะได้สีน้ำตาลแดง (อัจฉราพร ไชละสุต, 2533 น. 58)

จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่า ภูมิปัญญาท้องถิ่นในการทำสีย้อมผ้าจากธรรมชาติ เป็นความรู้และภูมิปัญญาของชาวบ้านที่ถ่ายทอดสืบทอดกันมาจากรุ่น สู่รุ่นและเป็นวิถีชีวิตและวัฒนธรรมที่สอดคล้องกับชุมชนการทำสีย้อมผ้าจากธรรมชาติเป็นกระบวนการที่พึ่งพิงกับวัสดุธรรมชาติ เป็นการใช้ประโยชน์จากธรรมชาติ และการทำสีย้อมผ้าจากธรรมชาติมีคุณค่าและผูกพันกับธรรมชาติ เป็นสีที่มีลักษณะพิเศษ มีเสน่ห์ในตัว มีโทนสีขิมดูสบายตา มีกลิ่นหอมของวัสดุที่ให้สีย้อม ไม่เกิดปฏิกิริยากับกรด-ด่าง จากเหงื่อขณะสวมใส่ เป็นผ้าที่ปลอดภัยสารพิษ ไม่เป็นอันตรายต่อร่างกาย จึงควรส่งเสริมให้ชุมชนเริ่มหันมาอนุรักษ์ทรัพยากรท้องถิ่น รวมถึง รื้อฟื้นภูมิปัญญาพื้นบ้านในการย้อมผ้าด้วยสีธรรมชาติ

ดินลูกรังหรือดินศิลาแลง (Laterite) เป็นวัสดุธรรมชาติที่เกิดขึ้นจากการผุพังสลายตัวของหิน และแร่ ส่วนใหญ่มีองค์ประกอบของเหล็กและอะลูมินาในปริมาณสูง ตลอดจนการสลายตัวของซากพืชและสัตว์ ผสมคลุกเคล้ากัน โดยได้รับอิทธิพลจากสภาพแวดล้อม เช่น สภาพภูมิอากาศ พื้นที่ระยะเวลาในการเปลี่ยนสภาพที่แตกต่างกัน ดินลูกรังเกิดจากหินหลายชนิด เช่น หินแกรนิต หินไนส์ หินบะซอลท์ และหินดินดาน ดินลูกรังในประเทศไทยพบมากที่สุด ที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีพื้นที่ครอบคลุม 23,271 ตารางกิโลเมตร (Vijarnsorn, 1984) โดยพบมากที่สุดตอนเหนือของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ปริมาณ 3 ใน 4 ของพื้นที่ หรือ ประมาณ 17,000 ตารางกิโลเมตร (สุมิตรา วัฒนา, 2548) ดินลูกรังแต่ละบริเวณจะมีสีแตกต่างกันไป เช่น สีดำ สีน้ำตาล สีแดง สีส้ม สีเหลือง สีเทา เป็นต้น ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบต่าง ๆ ในดิน (สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน, 2558) จึงมีชุมชนได้นำดินแดงหรือดินลูกรังมาย้อมผ้า เช่น ผ้าอาบแดงจากดินแดงชุดดินดาน ถวายพระสงฆ์ สายวิปัสสนากรรมฐานของบ้านวังโฮ ตำบลภูวง อำเภอนองสูง จังหวัดมุกดาหาร การทอผ้าพื้นเมืองย้อมแดงจากดินภูเขาไฟ บ้านเจริญสุข ตำบลเจริญสุข อำเภอนครราชสีมา และการพัฒนาหมู่บ้านต้นแบบการทอผ้าฝ้ายพื้นเมืองย้อมดินแดง บ้านคำไผ่ ตำบลหนองกุง อำเภอมือง จังหวัดกาฬสินธุ์ (ธีรกานต์ โพธิ์แก้ว, 2557) ผ้าย้อมดินแดง บ้านโนนป่าซาง ตำบลโนนป่าซาง อำเภอนาหวาย จังหวัดเลย ดินแดง บ้านรางหวาย ตำบลรางหวาย อำเภอนมทวน จังหวัดกาญจนบุรี (นันทวิทยา อัจฉราวรรณ ไพรัช วงศ์ยุทธไกร และสมพล มงคลพิทักษ์สุข, 2554) จากที่ชุมชนได้นำดินแดงหรือดินลูกรังมาใช้ย้อมผ้าเพื่อให้เกิดสีแดงกับสิ่งทอ แต่ปัญหาด้านคุณภาพสีย้อมในด้านความ



2615280817

VRU_1Thesis_58B74670106_thesis / recv: 07062566 19:06:35 / seq: 20

คงทนของสี ส่งผลต่อการเปลี่ยนสีเมื่อซัก และการตกเป็นสีบนผ้าขาว ความคงทนของสีต่อการขัดถู เหงื่อไคล ระบายผิวต่อการสวมใส่ และความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

ดังนั้นผู้วิจัยจึงเล็งเห็นว่าสิ่งทอที่ใช้ตัดเย็บเครื่องนุ่งห่มมีความจำเป็นที่จะต้องปรับปรุงคุณสมบัติการสะท้อนรังสีอินฟราเรดชนิด NIR หรือ IR-A เพื่อแก้ปัญหาสุขภาพที่เกิดจากการรับรังสี NIR ในปริมาณมาก ให้ดีขึ้น โดยนำดินลูกรังมาปรับปรุงคุณภาพด้วยการแยกขนาดและเผาแคลไซน์ที่ อุณหภูมิต่าง ๆ และบดให้มีขนาดมากกว่าครึ่งหนึ่งของความยาวคลื่นของรังสีอินฟราเรด (Yamada, Nagahara, Satoh and Kurosaki, 2000) แล้วนำมาทำเป็นสารย้อมเส้นใยฝ้าย เพื่อให้เกิดการสะท้อนรังสีอินฟราเรดได้ดีและคงทนต่อการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและทางกายภาพ ให้มีความคงทนของสี ได้แก่ ความคงทนของสีต่อแสง ความคงทนของสีต่อการซัก ความคงทนของสีต่อเหงื่อ ความคงทนของสีต่อการขัดถู สามารถป้องกันรังสี NIR และนำองค์ความรู้ไปถ่ายทอดให้แก่ชุมชน เพื่อให้ชุมชนสามารถผลิตวัสดุย้อมที่ปลอดภัยจากสารเคมี เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และยังเป็น การนำทรัพยากรที่มีอยู่ในท้องถิ่นมาใช้ประโยชน์สูงสุด เป็นการเพิ่มรายได้ ส่งเสริมความเข้มแข็งให้กับชุมชน สามารถผลิตสินค้าในเชิงพาณิชย์ และเป็นการส่งเสริมให้ชุมชนเตรียมความพร้อมไปสู่การพัฒนาประเทศไทย 4.0

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

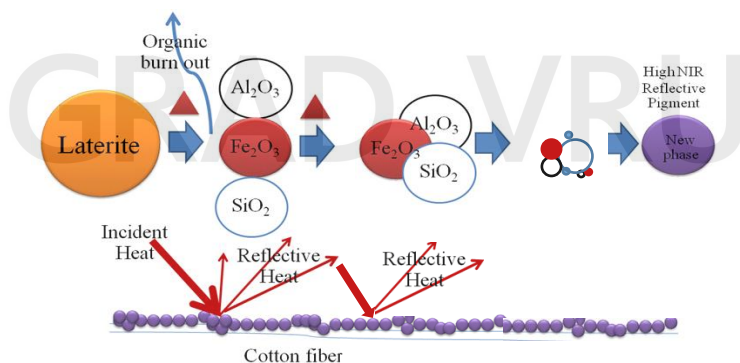
1.2.1 เพื่อพัฒนาเม็ดสีจากดินลูกรังในช่วงอุณหภูมิ 900 – 1300 °C ให้มีสมบัติสะท้อนรังสีอินฟราเรดชนิด NIR ด้วยปฏิกิริยาสถานะของแข็ง

1.2.2 เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการติดสีในการย้อมเส้นใยฝ้ายจากสีที่สังเคราะห์ได้จากดินลูกรัง

1.2.3 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของเม็ดสีที่สังเคราะห์ได้จากดินลูกรังในการย้อมเส้นใยฝ้ายที่ทอเป็นผ้า

1.2.4 เพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีการย้อมเส้นใยฝ้ายโดยใช้เม็ดสีที่สังเคราะห์ได้สู่ชุมชน

1.3 กรอบแนวคิด



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

ผู้วิจัยมีแนวคิดที่จะนำดินลูกรังมาทำการเผาแคลไซน์ด้วยอุณหภูมิในช่วง 900-1300°C เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาสถานะของแข็ง (Solid State Reaction) บดให้มีขนาดมากกว่าครึ่งหนึ่งของความยาวคลื่นของรังสีอินฟราเรด จะได้เม็ดสีที่เป็นสารใหม่ที่สะท้อนรังสี NIR ได้ดี แล้วนำไปย้อมเส้นใยฝ้ายเพื่อทอเป็นสิ่งทอให้มีการสะท้อน NIR (ภาพที่ 1)

ผลผลิตที่ได้จากแนวคิดคือ ฝ้ายย้อมจากเม็ดสีสามารถสะท้อนความร้อนเมื่อนำไปตัดเย็บใช้งานที่ต้องรับรังสีจากดวงอาทิตย์ แล้วรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ไม่สามารถเข้าถึงร่างกายได้หรือได้น้อย

จากกรอบแนวคิดงานวิจัยข้างต้น ตัวแปรต้นและตัวแปรตามที่ใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตัวแปรต้นและตัวแปรตามที่ใช้ในการทดลอง

ตัวแปรต้น	ตัวแปรตาม
- แหล่งดิน	- องค์ประกอบทางกายภาพและทางเคมีของแหล่งดินลูกรังจากชุมชน
- อุณหภูมิการแคลไซน์	- โครงสร้างของสารที่เกิดขึ้นจากการแคลไซน์
- ขนาดอนุภาคของเม็ดสี	- ความสามารถในการสะท้อนรังสีอินฟราเรดชนิด NIR
- สารช่วยให้สีติด - เวลาและอุณหภูมิในการย้อมสิ่งทอ	- การยึดติดระหว่างเม็ดสีกับสิ่งทอ
- เวลาที่โดนแสง	- เม็ดสีที่เปลี่ยนไป
- จำนวนครั้งในการซัก - เวลาในการสัมผัสเหงื่อ - เวลาและความแรงในการขูดถู	- ปริมาณการหลุดร่อนของเม็ดสี
- ผู้ใช้งานเม็ดสีและสิ่งทอ	- ความพึงพอใจในการใช้งาน

1.4 ขอบเขตการวิจัย

1.4.1 ศึกษาลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของแหล่งดินลูกรังจากชุมชนที่ใช้ดินลูกรังย้อมผ้าแล้วคัดเลือกแหล่งดินลูกรังเพื่อนำมาใช้ในการพัฒนาให้เป็นเม็ดสีที่สะท้อนรังสีอินฟราเรดชนิด NIR ได้ดี ซึ่งแหล่งดินลูกรังจากชุมชนที่มีการใช้ดินลูกรังย้อมผ้า จำนวน 5 แหล่ง ได้แก่ 1) ดินบ้านวังไฮ อำเภอนองสูง จังหวัดมุกดาหาร 2) ดินบ้านเจริญสุข อำเภอนครราชสีมา จังหวัดบุรีรัมย์ 3) ดินบ้านคำไผ่ อำเภอสมเด็จ จังหวัดกาฬสินธุ์ 4) ดินบ้านโนนป่าซาง อำเภอดงหลวง จังหวัดเลย และ 5) ดินบ้านรางหวาย อำเภอนมทวน จังหวัดกาญจนบุรี การเก็บตัวอย่างดินลูกรัง โดยเก็บตัวอย่างดินลูกรังที่ผิวดิน และลึกลงใต้ผิวดินระยะ 10 เซนติเมตร (นนททยา อัจฉรวรรณ ไพรัช

วงศ์ยุทธไกร และสมพล มงคลพิทักษ์สุข, 2554) โดยดินแต่ละจุดห่างกัน 25 เมตร จากพื้นที่ 400x200 ตารางเมตร นำดินมาบดรวมกันเป็นเหมือนภูเขาแล้วเกลี่ยให้ราบเป็นวงกลม จากนั้นแบ่งเป็น 4 ส่วน แล้วเลือกเอาฝั่งตรงข้ามกัน 2 ส่วน ผสมให้เข้ากันอีกครั้ง กองเป็นภูเขาแล้วเกลี่ยให้เป็นวงกลมแบ่ง 4 ส่วน อีกครั้ง และเลือกเอา 2 ส่วน ทำอย่างนี้จนได้ดินเท่าที่จะนำมาทดลอง เพื่อให้ได้ตัวอย่างดินที่เป็นตัวแทนของดินจริง ๆ

1.4.2 พัฒนาเม็ดสีจากดินลูกรังในช่วงอุณหภูมิ 900 – 1300°C ให้มีสมบัติสะท้อนรังอินฟราเรดชนิด NIR ด้วยปฏิกิริยาสถานะของแข็ง (solid state reaction) โดยการนำดินลูกรังมาแยกองค์ประกอบที่เป็นทรายหยาบและสารอินทรีย์ออกแล้วนำไปแคลไซน์เพื่อให้เกิดเม็ดสีที่มีเฉดสีต่างกันและพัฒนาให้มีขนาดที่สามารถสะท้อนรังอินฟราเรดชนิด NIR ได้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 70

1.4.3 ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการติดสีในการย้อมเส้นใยฝ้ายจากสีที่สังเคราะห์ได้จากดินลูกรัง โดยการเติม สารช่วยติดสี อุณหภูมิในการย้อม เวลาในการย้อมแล้วนำมาทอเป็นผ้าทดสอบการสะท้อนรังอินฟราเรดชนิด NIR

1.4.4 ศึกษาประสิทธิภาพของเม็ดสีที่สังเคราะห์ได้จากดินลูกรัง ในการย้อมเส้นใยฝ้ายที่ทอเป็นผ้า ด้วยการทดสอบความคงทนของสี เปรียบเทียบบนเกรย์สเกลมาตรฐานอุตสาหกรรม โดยศูนย์วิเคราะห์และทดสอบสิ่งทอ สถาบันอุตสาหกรรมสิ่งทอ ตามเกรย์สเกลความคงทนของสีมาตรฐานอุตสาหกรรม มอก. 121-2552 ประกาศในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศและงานทั่วไป เล่ม 127 ตอนพิเศษ 33 ง. วันที่ 15 มีนาคม 2553 ได้แก่ประสิทธิภาพความคงทนของสีต่อแสง ประสิทธิภาพความคงทนของสีต่อการซัก ประสิทธิภาพความคงทนของสีต่อเหงื่อ และประสิทธิภาพความคงทนของสีต่อการขัดถู

1.4.5 ถ่ายทอดเทคโนโลยีการย้อมเส้นใยฝ้ายโดยใช้เม็ดสีที่สังเคราะห์ได้ ให้กลุ่มวิสาหกิจชุมชนผู้ประการ กลุ่มทอผ้าหรือผู้สนใจทั่วไปจำนวน 30 คน โดยจัดอบรมเชิงปฏิบัติการ

1.5 สมมติฐาน

1.5.1 เม็ดสีที่สังเคราะห์จากดินลูกรังที่มีขนาดอนุภาคมากกว่าครึ่งหนึ่งของความยาวคลื่นของรังอินฟราเรดสามารถสะท้อนรังอินฟราเรดได้

1.5.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการติดสีในการย้อมเส้นใยฝ้ายจากสีที่สังเคราะห์ได้จากดินลูกรัง ได้แก่ สารช่วยติดสี อุณหภูมิในการย้อม และเวลาในการย้อม

1.5.3 เส้นใยฝ้ายที่ย้อมด้วยเม็ดสีที่สังเคราะห์จากดินลูกรังที่มีโครงสร้างสปีเนลของสารที่สังเคราะห์ขึ้นแล้วทอเป็นผ้ามีความคงทน ตามเกรย์สเกลความคงทนของสีมาตรฐานอุตสาหกรรม มอก. 121-2552 ประกาศในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศและงานทั่วไป เล่ม 127 ตอนพิเศษ 33 ง. วันที่ 15 มีนาคม 2553 ได้แก่ประสิทธิภาพความคงทนของสีต่อแสง ประสิทธิภาพความคงทนของสีต่อการซัก ประสิทธิภาพความคงทนของสีต่อเหงื่อ และประสิทธิภาพความคงทนของสีต่อการขัดถู

1.5.4 ชุมชนที่ได้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยีการย้อมเส้นใยฝ้ายโดยใช้เม็ดสีสังเคราะห์ได้ มีความรู้และความพึงพอใจในการเข้ารับการถ่ายทอดเทคโนโลยีการย้อมเส้นใยฝ้ายจากเม็ดสีที่สังเคราะห์ได้

1.6 คำจำกัดความที่ใช้ในการศึกษา

ดินลูกรัง (Laterite) หมายถึง ดินที่ได้มาจาก 5 แหล่ง ได้แก่ 1) ดินบ้านวังไฮ อำเภอหนองสูง จังหวัดมุกดาหาร 2) ดินบ้านเจริญสุข อำเภอเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดบุรีรัมย์ 3) ดินบ้านคำไผ่ อำเภอสมเด็จ จังหวัดกาฬสินธุ์ 4) ดินบ้านโนนป่าซาง อำเภอผาขาว จังหวัดเลย และ 5) ดินบ้านรางหวาย อำเภอพนมทวน จังหวัดกาญจนบุรี

ปฏิกิริยาสภาวะของแข็ง หมายถึง การนำดินลูกรังมาเผาแคลไซน์ในช่วงอุณหภูมิ 900 – 1300°C ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นระหว่างของแข็งกับของแข็ง โดยการให้อุณหภูมิกับวัสดุนั้น แล้วโมเลกุลของวัสดุเกิดการแพร่เข้าหากันแล้วเกิดปฏิกิริยา

เส้นใยฝ้าย หมายถึง ด้ายฝ้ายธรรมชาติที่ผ่านการฟอกขาว แล้วย้อมด้วยเม็ดย้อมที่เตรียมได้ในเจดสีที่อุณหภูมิ 900°C 1000°C 1100°C 1200°C และ 1300°C

ประสิทธิภาพของเม็ดย้อม หมายถึง การนำเม็ดย้อม ที่ได้จากดินลูกรังไปทดสอบความคงทนของสี เปรียบเทียบบนเกรย์สเกลมาตรฐานอุตสาหกรรม โดยศูนย์วิเคราะห์และทดสอบสิ่งทอ สถาบันอุตสาหกรรมสิ่งทอ ตามเกรย์สเกลความคงทนของสีมาตรฐานอุตสาหกรรม มอก. 121-2552 ประกาศในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศและงานทั่วไป เล่ม 127 ตอนพิเศษ 33 ง. วันที่ 15 มีนาคม 2553 ได้แก่ ประสิทธิภาพความคงทนของสีต่อแสง ประสิทธิภาพความคงทนของสีต่อการซัก ประสิทธิภาพความคงทนของสีต่อเหงื่อ ประสิทธิภาพความคงทนของสีต่อการขัดถู และสามารถสะท้อนรังสีอินฟราเรด ได้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของรังสีอินฟราเรดที่เข้ามาตกกระทบกับเส้นใยฝ้าย

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.7.1 ได้เม็ดย้อมที่พัฒนาจากดินลูกรังที่สามารถสะท้อนรังสีอินฟราเรด ซึ่งสามารถย้อมเส้นใยจากฝ้าย

1.7.2 ได้เทคนิคใหม่ในการย้อมเส้นใยฝ้ายจากเม็ดย้อมที่พัฒนาจากดินลูกรังที่ชุมชนสามารถนำไปใช้งานได้จริง

1.7.3 ได้เม็ดย้อมที่พัฒนาจากดินลูกรังที่มีประสิทธิภาพเป็นไปตามมาตรฐานอุตสาหกรรม มอก. 121-2552

1.7.4 ชุมชนสามารถนำเส้นใยฝ้ายที่ย้อมด้วยเม็ดย้อมที่สังเคราะห์จากดินลูกรัง ทำเป็นผลิตภัณฑ์และสามารถจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ได้

GRAD VRU



2615280817

VRU -Thesis 58B74670106 thesis / recv: 07062566 19:06:35 / seq: 20

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาวิจัยเรื่อง การพัฒนาเม็ดสีสะท้อนรังสีอินฟราเรดจากดินลูกรังเพื่อย้อมเส้นใยฝ้าย ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาค้นคว้าทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังต่อไปนี้

2.1 ดินลูกรัง

ความหมายของดินลูกรัง

ดินลูกรัง หรือ ดินศิลาแลง (lateritic soils) หมายถึง ดินที่เกิดจากการสลายตัวและพัฒนาภายใต้สภาพภูมิอากาศอุณหภูมิสูงแบบร้อนชื้น ที่มีองค์ประกอบของเหล็กและอะลูมินาออกไซด์ในปริมาณสูง (ราชบัณฑิตยสถาน, 2544) ดินลูกรังมักมีสีแดง คุณสมบัติของดินลูกรังจะขึ้นอยู่กับส่วนประกอบทางเคมี และสภาพภูมิอากาศภายใต้ สภาพออกซิเดชัน-รีดักชัน (oxidation-reduction) ภายในชั้นดินที่มีการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำใต้ดิน (Buol et al., 1989)

คำว่า “laterite” โดยคำว่า laterite มาจากรากศัพท์ภาษาละตินซึ่ง later แปลว่า “อิฐ” โดยใช้เรียกดินที่พบในมาลาบาร์ ประเทศอินเดีย ซึ่งหมายถึง ดินที่มีสีแดงอิฐ (brick-red rock) มีความแข็งคล้ายอิฐเนื่องจากมีเหล็กผสมอยู่ในปริมาณสูง สามารถตัดเป็นแผ่นหรือเมื่อขุดขึ้นมาจะแข็งตัวอย่างรวดเร็วเมื่อตั้งทิ้งไว้ในอากาศ จึงนิยมนำมาทำเป็นอิฐเพื่อใช้ในงานก่อสร้าง Alexander and Cady (1962)

Matin and Doynе (1927) ได้แบ่งชนิดของดินลูกรัง ตามอัตราส่วนของซิลิกาต่ออะลูมินา ซึ่งสามารถจำแนกออกเป็น 3 ประเภทดังนี้

- True Laterite มีอัตราส่วนของ $\text{SiO}_2 / \text{Al}_2\text{O}_3$ น้อยกว่า 1.33
- Silicate Laterite มีอัตราส่วนของ $\text{SiO}_2 / \text{Al}_2\text{O}_3$ ระหว่าง 1.33 – 2.00
- Laterite Clay มีอัตราส่วนของ $\text{SiO}_2 / \text{Al}_2\text{O}_3$ มากกว่า 2.00

กระบวนการเกิดดินลูกรัง

กระบวนการเกิดดินลูกรังแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน (Sivarajasingham, Alexander, Cady and Cline, 1962; Mahalinga-lyer and Williams, 1991)

1) Decomposition เป็นกระบวนการทางเคมีฟิสิกส์ ที่ทำให้วัตถุดินกำเนิดดินสลายตัวเป็นสารประกอบออกไซด์ประเภทต่าง ๆ เช่น เหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3) อะลูมินาออกไซด์ (Al_2O_3) ซิลิกาออกไซด์ (SiO_2) แมงกานีสออกไซด์ (MnO_2) แคลเซียมออกไซด์ (CaO) โซเดียมออกไซด์ (Na_2O) โพแทสเซียมออกไซด์ (K_2O) แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) และอื่น ๆ ที่อยู่ในรูปของอนินทรีย์สาร

2) Laterization เป็นกระบวนการที่ซิลิกาออกไซด์ (SiO_2) ถูกชะล้างออกไปเนื่องจากมีการระบายน้ำที่เหมาะสม แต่เหลือเหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3) อะลูมินาออกไซด์ (Al_2O_3) ซิลิกาออกไซด์ (SiO_2) แมงกานีสออกไซด์ (MnO_2) จึงเกิดการรวมตัวกันของพวกซิลิกา ต่างและสารประกอบออกไซด์

3) Dehydration หรือ Desiccation เป็นกระบวนการที่ทำให้เกิดความสูญเสียความชื้นเป็นผลทำให้เกิดการแข็งตัวและการสูญเสียความชื้นในสารละลายที่มีออกไซด์ของเหล็กปนอยู่จะทำให้ความเข้มข้นของเพิ่มขึ้นจนเกิดการตกผลึกของเหล็กออกไซด์ในรูปของ Geothite Lemonite และ

Hematite กระบวนการแข็งตัวของลูกรังที่เกิดจากเหล็กออกไซด์ทั้ง 3 รูปแบบ เคลือบอยู่ที่บนอนุภาคของดินซึ่งส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของ Hematite

กระบวนการ Decomposition และ Laterization เป็นกระบวนการทางเคมีฟิสิกส์ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติที่ทำให้เกิดแร่ดินเหนียวในกลุ่มของแร่คาโอลิไนท์ (Kaolinite Group) เมื่อเวลาผ่านไปซิลิกาและแร่ดินเหนียวจะถูกชะล้างออกไป จะเหลือแต่สารประกอบออกไซด์ของอะลูมินา เช่น Gibbsite หรือออกไซด์ของเหล็ก เช่น Goethite หรือ Lemonite กระบวนการพัฒนาดังกล่าวถูกเรียกว่า กระบวนการก่อกำเนิดลูกรัง (Laterization Process) (Mohr and Van Beren, 1954)

ลักษณะของดินลูกรัง

ดินลูกรัง (lateritic soil) ลักษณะของดินลูกรัง จัดอยู่ในประเภท skeletal soil ดินที่มีเศษหินขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร หรือใหญ่กว่าอยู่ในดินเป็นปริมาณ 35 เปอร์เซ็นต์หรือมากกว่าโดยปริมาตรที่มีความลึกไม่เกิน 50 เซนติเมตรจากผิวดิน เป็นได้ทั้งดินทราย (sandy - skeletal) ดินร่วน (loamy - skeletal) และดินเหนียว (clay - skeletal) เกิดได้ทุกสภาพพื้นที่ (Vijarnsorn, 1984; Soil Survey Staff, 1999)

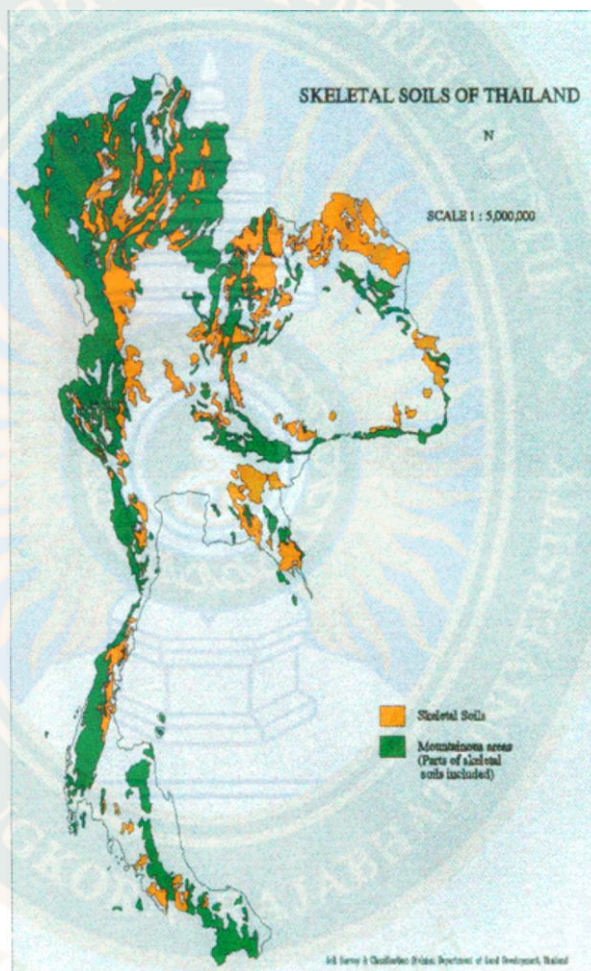


ภาพที่ 2 ลักษณะของดินลูกรัง

ที่มา : กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (2547)

ดินลูกรังแต่ละแหล่งมีลักษณะแตกต่างกันไปโดยทั่วไปที่เด่นชัด คือ ดินมีปริมาณเหล็กออกไซด์ และอะลูมินา ในปริมาณสูง และในบางครั้งอาจจะมีซิลิกา แร่ควอตซ์ และคาโอลิไนท์ ในปริมาณสูง ลักษณะพิเศษของดินลูกรัง คือ มีคุณสมบัติที่แข็งตัวได้เมื่อสัมผัสกับอากาศ

ประเทศไทยมีพื้นที่ดินลูกรังประมาณ 68,765 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 13.4 ของพื้นที่ทั้งประเทศ ซึ่งดินลูกรังส่วนมากจะพบอยู่ในบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตอนกลางของภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และพบเล็กน้อยในภาคกลางและภาคใต้



ภาพที่ 3 แหล่งดินลูกรังในประเทศไทย

ที่มา : กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (2547)

ประเภทของดินลูกรัง

ประเภทของดินลูกรังตามคุณสมบัติทางฟิสิกส์ สามารถแบ่งออกเป็นดังนี้

1) Laterite หรือลูกรัง หมายถึง ดินที่เกิดจากกระบวนการผุพังในอัตราค่อนข้างสูง และมีคุณสมบัติแข็งตัวเมื่อสัมผัสกับอากาศ

2) Lateritic soil หรือดินลูกรัง หมายถึง ดินสีแดงซึ่งมีออกไซด์ของเหล็กและอะลูมิเนียมในปริมาณสูง ซึ่งเป็นผลมาจากกระบวนการ laterization มีคุณสมบัติแข็งตัวได้เองและมี laterite rock และ laterite gravel ผสมอยู่

3) Tropical red soil (latosols) หมายถึง ดินสีแดงที่ไม่มีคุณสมบัติแข็งตัวได้เอง และไม่มี laterite rock และ laterite gravel ผสมอยู่

4) Laterite rock หรือหินลูกรัง หมายถึง ดินลูกรังที่เกิดจากการแข็งตัวเองอย่างสมบูรณ์ มีความเหนียวและแข็ง มีคุณสมบัติเป็นหินมากกว่าดิน เช่น หินศิลาแลง เป็นต้น

5) Phinthise หมายถึง หินลูกรังประเภทหนึ่ง ซึ่งสามารถตัดด้วยเครื่องตัดโลหะได้ในขณะอยู่ใต้ดิน เมื่อตั้งทิ้งไว้ในอากาศจะเกิดการแข็งตัวและไม่กลับสู่สภาพเดิม

6) Laterite gravel หรือกรวดลูกรัง หมายถึง ลูกรังที่ประกอบด้วยวัสดุเม็ดหยาบเป็นเม็ดเล็ก มีความแข็งแตกต่างกัน บางที่อาจยึดเกาะกันเป็นมวลใหญ่ หรืออาจร่วนเป็น silty และ (หรือ) clayey lateritic soil

องค์ประกอบทางเคมีของดินแดง

องค์ประกอบทางเคมีของดินแดงของประเทศไทย ที่มีการสำรวจ ในแต่ละภูมิภาค (ธนวัฒน์ จารุพงษ์สกุล และคณะ, 2546) โดยดินแดงแต่ละแหล่งแสดงผลการวิเคราะห์องค์ประกอบ ดังนี้

ตารางที่ 2 องค์ประกอบทางเคมีของดินแดงภาคใต้

องค์ประกอบทางเคมี	1	2	3	4
SiO ₂	64.23	61.57	60.67	63.85
Al ₂ O ₃	18.49	21.52	20.08	21.04
Fe ₂ O ₃	3.67	3.30	6.54	2.74
TiO ₂	0.95	0.95	0.89	0.95
Na ₂ O	1.65	0.79	0.43	0.27
MgO	1.03	1.10	1.20	0.78
K ₂ O	2.24	2.02	2.23	2.20
CaO	0.10	0.11	0.13	0.06
LOI.	7.19	8.34	7.63	7.93

ที่มา : ธนวัฒน์ จารุพงษ์สกุล และคณะ (2546)

หมายเหตุ

- (1) ดินบ้านสทิงหม้อ ตำบลสทิงหม้อ อำเภอสิงหนคร จังหวัดสงขลา
- (2) ดินบ้านบ่อขาด ตำบลป่าขาด อำเภอสิงหนคร จังหวัดสงขลา
- (3) ดินบ้านทุ่งน้ำเค็ม ตำบลโมคลาน อำเภอท่าศาลา จังหวัดนครศรีธรรมราช
- (4) ดินบ้านศาลาบางปู ตำบลปากพูน อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช

ตารางที่ 3 องค์ประกอบทางเคมีของดินแดงภาคกลาง

องค์ประกอบทางเคมี	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SiO ₂	60.67	65.86	57.93	68.17	60.35	66.13	64.49	70.64	61.60	60.60
Al ₂ O ₃	15.18	13.82	17.69	17.34	21.73	16.95	64.49	14.51	17.40	22.37
Fe ₂ O ₃	7.61	6.89	12.51	4.35	4.50	3.95	7.12	4.82	6.80	4.46
TiO ₂	1.18	1.12	0.68	0.65	0.58	0.57	1.15	0.80	1.00	-
Na ₂ O	0.56	0.73	<0.10	0.20	<0.10	<0.10	0.71	0.49	1.70	-
MgO	1.15	1.30	0.22	<0.10	0.31	<0.10	1.31	0.48	1.00	0.32
K ₂ O	3.12	3.31	1.30	1.07	2.22	1.44	3.38	1.80	1.90	2.12
CaO	0.79	0.79	0.37	0.42	0.45	1.84	0.79	0.63	1.00	0.27
LOI.	9.72	6.14	9.24	7.78	9.80	9.04	6.50	5.81	7.6	9.84

ที่มา : ธนวัฒน์ จารุพงษ์สกุล และคณะ (2546)

- หมายเหตุ
- (1) ดินอำเภอบางบาล จังหวัดพระนครศรีอยุธยา
 - (2) ดินอำเภอบางปะหัน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา
 - (3)-(6) ดินตำบลคลองสระบัว อำเภพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา
 - (7) ดินอำเภอบางบาล จังหวัดอ่างทอง
 - (8) ดินอำเภอบางระจัน จังหวัดสิงห์บุรี
 - (9) ดินทะเลแก้วตาบลพลาญชุมพล อำเภอมือง จังหวัดพิษณุโลก
 - (10) ดินอำเภอบางบาล จังหวัดนนทบุรี

ตารางที่ 4 องค์ประกอบทางเคมีของดินแดงภาคเหนือ

องค์ประกอบทางเคมี	1	2	3	4	5	6	7
SiO ₂	59.55	63.09	48.43	55.65	55.53	58.86	56.12
Al ₂ O ₃	19.70	20.93	20.74	23.75	24.44	25.80	23.92
Fe ₂ O ₃	8.32	4.55	4.45	5.80	5.30	1.09	4.39
TiO ₂	0.88	0.65	0.68	0.85	0.77	0.45	0.97
Na ₂ O	0.33	0.12	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10
MgO	0.89	0.93	0.43	0.59	0.42	<0.10	0.51
K ₂ O	2.30	3.44	2.03	2.43	2.26	1.84	3.35
CaO	0.65	0.27	0.54	0.47	0.37	0.12	0.26
MnO ₂	-	-	0.10	0.13	0.09	<0.05	0.09
LOI.	7.25	5.10	-	-	-	-	-

ที่มา : ธนวัฒน์ จารุพงษ์สกุล และคณะ (2546)

- หมายเหตุ
- (1) ดินบ้านม่อนเขาแก้ว ตำบลพิชัย อำเภอเมืองจังหวัดลำปาง
 - (2) ดินบ้านแพะสันใหม่ ตำบลน้ำบ่อหลวง อำเภอสันป่าตอง จังหวัดเชียงใหม่
 - (3)-(4) ดินอำเภอสารภี จังหวัดเชียงใหม่
 - (5) ดินบ้านสร้างอำเภอแมริม จังหวัดเชียงใหม่
 - (6) ดินหนองป่าสร้างอำเภอแมริม จังหวัดเชียงใหม่
 - (7) ดินบ้านสันทราย อำเภอไชยปราการ จังหวัดเชียงใหม่

GRAD VRU

ตารางที่ 5 องค์ประกอบทางเคมีของดินแดงภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

องค์ประกอบทางเคมี	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SiO ₂	66.60	53.75	60.00	69.33	67.45	60.46	66.09	67.20	60.20
Al ₂ O ₃	17.46	24.62	19.56	17.19	15.40	18.22	20.63	20.44	24.40
Fe ₂ O ₃	3.63	4.20	4.93	5.00	3.28	3.62	1.71	2.47	4.31
TiO ₂	1.08	1.18	0.98	0.93	1.03	1.08	1.26	1.37	-
Na ₂ O	0.19	0.23	0.10	0.57	0.36	0.25	0.38	0.07	0.41
MgO	0.65	0.84	1.34	1.01	0.76	0.10	0.40	0.50	0.54
K ₂ O	0.74	0.66	2.11	1.39	1.01	1.55	0.28	0.18	0.53
CaO	0.31	0.35	0.50	0.20	0.65	1.29	0.13	0.67	0.43
LOI.	9.23	14.11	10.46	5.87	9.77	11.26	9.04	7.34	12.50

ที่มา : ธนวัฒน์ จารุพงษ์สกุล และคณะ (2544–2546)

- หมายเหตุ
- (1) ดินบ้านหม้อ ตำบลเขวา อำเภอเมืองฯ จังหวัดมหาสารคาม
 - (2) ดินบ้านเชียงเครือ ตำบลเชียงเครือ อำเภอเมืองฯ จังหวัดสกลนคร
 - (3) ดินบ้านโค้งสวรรค์ ตำบลโนนทัน อำเภอเมืองฯ จังหวัดหนองบัวลำภู
 - (4) ดินบ้านท่าไทร ตำบลท่าไทร อำเภอเชียงใน จังหวัดอุบลราชธานี
 - (5) ดินบ้านหัวบึง ตำบลดอนช้าง อำเภอเมืองฯ จังหวัดขอนแก่น
 - (6) ดินบ้านคำอ้อ ตำบลบ้านเชียง อำเภอหนองหาน จังหวัดอุดรธานี
 - (7) ดินบ้านเทอดไทย ตำบลเทอดไทย กิ่งอำเภอทุ่งเขาหลวง จังหวัดร้อยเอ็ด
 - (8) ดินบ้านโพนทราย ตำบลหนองบัว อำเภอกันทรารมย์ จังหวัดศรีสะเกษ
 - (9) ดินบ้านดงเปือย ตำบลกุดขาคีม อำเภอรัตนบุรี จังหวัดสุรินทร์

GRAD VRU

2.2 ฝ้าย

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Gossypium herbaceum* L.
 วงศ์ : Malvaceae
 ชื่อสามัญ : Cotton, Sea Iceland Cotton
 ชื่ออื่น : ฝ้ายเทศ (ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ),
 ฝ้ายชัน (ลำปาง), ฝ้ายดอก (เชียงใหม่)



ภาพที่ 4 ฝ้าย

ที่มา : พิพิธภัณฑ์ผ้า มหาวิทยาลัยนเรศวร (2551)

ลักษณะ : ฝ้ายเป็นไม้พุ่ม ลำต้น มีสีน้ำตาลแดงอาจเป็นเหลี่ยม ใบ เดี่ยว รูปไข่กว้าง ปลายใบแหลม ขอบใบหยัก ฐานใบเป็นรูปหัวใจ ก้านใบค่อนข้างยาว ดอก เดี่ยว กลีบดอกสีเหลือง ผล กลม ปลายยาวแหลม เมล็ด รูปไข่ มีขนสีขาวยาว 3-5 เซนติเมตร รอบ ๆ เมล็ด

คำว่า ฝ้าย หรือ cotton มาจากภาษาอาหรับว่า qutun ฝ้ายเป็นพันธุ์ไม้สกุลกอสไซเพียมในวงศ์ชบา เป็นไม้ขนาดเล็ก ถิ่นเดิมอยู่ในแถบทวีปอเมริกาใต้ โดยหลักฐานทางโบราณคดีที่เก่าแก่ที่สุดเกี่ยวกับฝ้าย คือ ผ้าฝ้ายอายุประมาณ 5000 ปีก่อนคริสตกาล พบที่ประเทศเม็กซิโก ส่วนในประเทศไทย พบหลักฐานทางโบราณคดีเป็นแนวดินเผาที่ใช้ปั่นฝ้ายสมัยก่อนประวัติศาสตร์อายุประมาณ 3000 ปี ที่บ้านเชียง อำเภอนองหาน จังหวัดอุดรธานี (พิพิธภัณฑ์ผ้า มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2551)

พันธุ์ฝ้ายพื้นเมืองที่ปลูกกันโดยทั่วไปในประเทศไทยแยกตามสีของปุยฝ้ายออกเป็น 2 ชนิด คือ พันธุ์สีตุ่น ปุยฝ้ายมีสีตุ่นคือสีน้ำตาลอ่อน ๆ และพันธุ์สีขาวมีปุยฝ้ายสีขาว เมื่อเข้าสู่ฤดูหนาวฝ้ายจะแก่และแตกปุย เป็นช่วงเวลาที่เหมาะสมเพราะอากาศในฤดูหนาวจะแห้ง มีความชื้นน้อย ทำให้ปุยฝ้ายแห้งดี เหมาะที่นำมาปั่นเป็นเส้นใยฝ้าย



การผลิตเส้นใยฝ้าย

การผลิตและอุปกรณ์ในการผลิตเส้นใยฝ้ายนั้นเป็นภูมิปัญญาที่สืบทอดกันมายาวนาน พัฒนาการเหมาะสมกับวิถีชีวิตคนไทยในสังคมเกษตรกรรม การผลิตเส้นใยฝ้าย มีกระบวนการตามลำดับ ดังนี้

การเก็บปุ๋ยฝ้าย

คัดเลือกเฉพาะปุ๋ยฝ้ายที่แก่เต็มที่ โดยคัดเลือกเก็บปุ๋ยฝ้ายที่สะอาด ไม่ชื้นหรือมีเชื้อรา ซึ่งอาจจะทำให้ปุ๋ยฝ้ายจะเสียหายทั้งกระบวนการ และไม่ให้เศษใบไม้ติดปนมาด้วย

การตากปุ๋ยฝ้าย

เพื่อให้ปุ๋ยฝ้ายแห้งและป้องกันเชื้อราต้องนำปุ๋ยฝ้ายไปตากแดด โดยใส่ปุ๋ยฝ้ายในกระด้ง เสื่อ ผ้าขาวบาง ตากโดยไม่ให้ซ้อนทับกันหนาจนแสงแดดส่องไม่ถึงทั่วถึง และหมั่นพลิกปุ๋ยฝ้ายเป็นระยะ ๆ เพื่อให้ปุ๋ยฝ้ายแห้งสนิทและฟู

การคัดแยกเมล็ดออกจากปุ๋ยฝ้าย

ปุ๋ยฝ้ายที่สะอาดและแห้งดีแล้ว อาจจะมีเมล็ดฝ้ายอยู่ข้างในจึงต้องคัดแยกเมล็ดออกจากปุ๋ยฝ้ายโดยใช้เครื่องมือที่เรียกตามภาษาถิ่นว่า อัดฝ้าย อิวฝ้าย หรือ หีบฝ้าย เครื่องมือนี้ทำจากไม้เนื้อแข็ง คล้ายรูปอักษร T ในภาษาอังกฤษ ในส่วนหัวของอักษร T จะมีหลักไม้ทรงสี่เหลี่ยม เครื่องหีบฝ้ายมี 2 ประเภท

1. แบบลูกกลิ้ง (roller gin)

มีอยู่ 2 ชนิดคือ ชนิดลูกกลิ้งเดี่ยว (single roller gin) และชนิดลูกกลิ้งคู่ (double roller gin) มีหลักการทำงานคล้ายกัน เพียงแต่มีลูกกลิ้งเดี่ยวหรือคู่เท่านั้น เครื่องหีบฝ้ายจะนำฝ้ายป้อนเข้าไป ลูกกลิ้งจะพาเส้นใยเข้าไปยังใบมีด ส่วนเมล็ดฝ้ายผ่านเข้าไปไม่ได้ก็จะตกลงอีกด้านหนึ่ง ถ้าเป็นลูกกลิ้งคู่ก็จะได้ฝ้ายเพิ่มขึ้นอีกเท่าตัว เหมาะสำหรับหีบฝ้ายชนิดเส้นใยที่ยาว



ภาพที่ 5 เครื่องหีบฝ้ายชนิดลูกกลิ้ง

ที่มา : พิพิธภัณฑสถานผ้า มหาวิทยาลัยนเรศวร (2551)

2. แบบฟันเลื่อย (saw gin)

เครื่องทียบฝ้ายชนิดนี้เป็นเครื่องทียบฝ้ายที่ทำงานได้รวดเร็ว ทำให้ต้นทุนการทียบต่ำ หลักการของเครื่องทียบชนิดนี้ คือ มีใบเลื่อยวงเดือนจำนวนหลายใบเรียงอยู่ชิดกัน มีตะแกรงเหล็กเป็นซี่ ๆ วางชิดกัน ขนาดเมล็ดฝ้ายลอดไม่ได้ ตั้งขนานกับแนวของใบเลื่อย เมื่อเอาฝ้ายทั้งเมล็ดเข้ามาในเครื่องทียบ แล้วหมุนใบเลื่อย ใบเลื่อยก็จะดึงเอาปุ๋ยฝ้ายติดมากับฟันเลื่อย แล้วจะถูกแปรงกวาดออกไปอีกทางหนึ่ง ส่วนเมล็ดซึ่งลอดตะแกรงไม่ได้ก็จะตกไปอยู่ด้านหนึ่ง



ภาพที่ 6 เครื่องทียบฝ้ายชนิดฟันเลื่อย
ที่มา : พิพิธภัณฑสถานแห่งชาติ (2551)

การติดฝ้ายหรือแก็บฝ้าย

นำปุ๋ยฝ้ายที่คัดแยกเมล็ดออกหมดแล้วมาติด โดยใช้กงติดฝ้าย กังยิงฝ้าย หรือ กงแก็บฝ้าย ซึ่งทำจากซี่ไม้ไผ่ ผูกเชือกที่ปลายทั้งสองข้างเพื่อให้ไม้โค้งเข้าหากันคล้ายกับคันธนู อุปกรณ์ที่ใช้คู่กันคือ ปล้องไม้ไผ่ขนาดเล็กยาวพอเหมาะกับผู้ใช้งาน และกระบุงขนาดใหญ่ ทรงปากกว้าง เพื่อเวลาติดฝ้าย ปากกระบุงจะได้ยกหนุนสูงขึ้นจากพื้น



ภาพที่ 7 การติดฝ้ายหรือแก็บฝ้าย
ที่มา : พิพิธภัณฑสถานแห่งชาติ (2551)

วิธีการติดฝ้ายหรือแก้มฝ้าย

นำปุ๋ยฝ้ายมาใส่กะเพียด กะเพด หรือกะลม แล้วเอามือหนึ่งจับกึ่งติดฝ้ายหรือ กังยงฝ้าย จับด้านคันธนูไว้ให้เส้นเชือกถูปุ๋ยฝ้าย แล้วใช้อีกมือจับปล้องไม้ไผ่ ขนาดเล็กติดเส้นเชือก ต่อเนื่องไป เพื่อให้ปุ๋ยฝ้ายกระจายตัวเป็นปุ๋ยละเอียด หมั่นคนปุ๋ยฝ้าย ให้เชือกติดถูกจนทั่วสม่ำเสมอ กันเป็นปุ๋ยละเอียด ไม่ควรติดฝ้ายทั้งค้างไว้เพราะปุ๋ยฝ้ายจะคืนตัวจับกันเป็นก้อนเหมือนเดิม

การปั่นฝ้ายให้เป็นเส้นใย

โดยใช้อุปกรณ์ ดังนี้

1. แป้นล้อฝ้าย ทำจากไม้เนื้อแข็ง เป็นแผ่นไม้หนา รูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้ามีที่จับ
2. ไม้ล้อฝ้าย ทำจากไม้เนื้อแข็ง รูปทรงคล้ายตะเกียบ



ภาพที่ 8 การปั่นฝ้ายให้เป็นเส้นใย

ที่มา : พิพิธภัณฑสถานแห่งชาติผ้า มหาวชิราวุธราชวิทยาลัยนครสวรรค์ (2551)

วิธีการม้วนฝ้ายหรือล้อฝ้าย

นำปุ๋ยฝ้ายที่ติดเป็นปุ๋ยละเอียดแล้ว วางลงบนแป้นล้อฝ้าย ให้กระจายสม่ำเสมอ กัน วางไม้ล้อฝ้ายไว้ด้านบนปุ๋ยฝ้าย จากนั้นเอาฝ่ามือถูปุ๋ยฝ้ายให้ม้วนขนานเข้าไปกับไม้ล้อฝ้าย โดยไม่ม้วน ฝ้ายแน่นหรือหลวมเกินไป แล้วดึงไม้ล้อฝ้ายออก จะได้ฝ้ายเป็นม้วนหลอดกลมยาว บางท้องถิ่นเรียก หลอดม้วนฝ้ายนี้ว่า ดิ้ว การม้วนฝ้ายหรือล้อฝ้ายนี้จะต้องทำจนหมดปุ๋ยฝ้ายที่ติดไว้ แล้วทยอยนำไป ปั่นเป็นเส้นด้าย แต่ก็ไม่ควรเก็บม้วนฝ้ายหรือล้อฝ้ายไว้นานเกินไป หลังจากม้วนฝ้ายหรือล้อฝ้ายได้ พอประมาณจึงนำไปปั่นเป็นเส้นใย

การปั่นฝ้ายให้เป็นเส้นใย

การปั่นฝ้ายให้เป็นเส้นใยฝ้ายจะใช้เครื่องมือที่เรียกว่า กังปั่นฝ้าย หรือ หลาปั่นฝ้าย การปั่นฝ้ายนี้ภาษาท้องถิ่นทางภาคอีสานเรียกว่า การเข็นฝ้าย การปั่นฝ้าย หรือ หลาปั่นฝ้าย ส่วนโครงสร้างทำจากไม้เนื้อแข็ง ส่วนวงล้อนั้นประกอบจากซี่ไม้ มีลักษณะคล้ายวงล้อจักรยาน ที่แกนกลางวงล้อนี้จะต่อยาวออกมาเป็นที่จับสำหรับหมุนปั่นฝ้าย มีเหล็กปลายแหลมเรียกว่า ไน มีเส้น เชือกผูกโยงรอบวงล้อมาหาแกนของเหล็กไน เมื่อหมุนวงล้อเหล็กไนก็หมุนปั่นด้ายไปด้วย



ภาพที่ 9 การปั่นฝ้ายให้เป็นเส้นใย
ที่มา : พิพิธภัณฑสถานผ้า มหาวิทยาลัยนเรศวร (2551)

วิธีการปั่นฝ้ายหรือเส้นฝ้าย

เอาปลายม้วนฝ้ายจ่อไว้ที่เหล็กไน ส่วนมืออีกข้างจับที่หมุนในหัววงล้อหมุน ส่วนเหล็กไนก็นี่จะหมุนตาม จนเส้นฝ้ายเต็มเหล็กไน จึงค่อย ๆ คลายเส้นใยฝ้ายจากเหล็กไนใส่ไม้เปียฝ้ายหรือไม้เปียฝ้าย

การเปียฝ้าย

การเปียฝ้ายเป็นขั้นตอนที่ทำด้ายที่ปั่นเส้นใยฝ้ายให้เป็นปอยหรือใจฝ้าย โดยใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า ไม้เปีย ไม้เปีย หรือ ไม้เป ทำจากไม้เนื้อแข็ง ซึ่งมี 2 แบบด้วยกัน ได้แก่



ภาพที่ 10 ไม้เปียฝ้าย
ที่มา : พิพิธภัณฑสถานผ้า มหาวิทยาลัยนเรศวร (2551)



2615280817

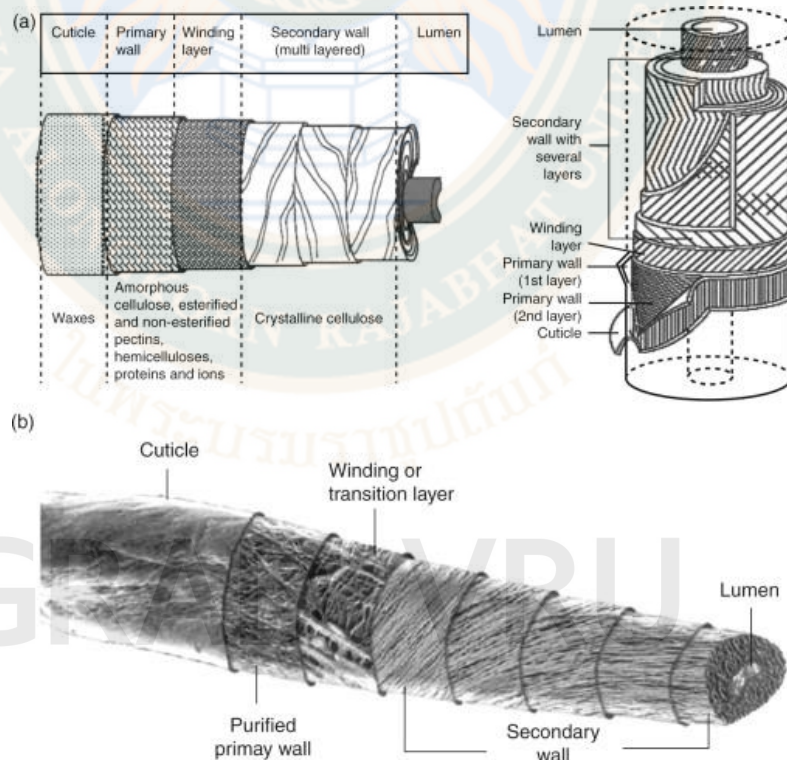
VRU :Thesis 58B74670106 thesis / recv: 07062566 19:06:35 / seq: 20

1. ไม้เปียแบบไขว้ เป็นแบบที่พบว่าใช้กันมากในหลายกลุ่มวัฒนธรรมของประเทศไทย เช่น ไทยวน ไทยลื้อ ไทพวน และภูไท หรือ ผู้ไทยเป็นต้น ไม้เปียแบบนี้จะปิดหัวท้ายหรือส่วนบนส่วนล่างจะไขว้สลับทิศกัน

2. ไม้เปียแบบขนาน เป็นแบบที่พบในกลุ่มวัฒนธรรมไทครั้ง ไม้เปียแบบนี้จะปิดหัวปิดท้ายหรือส่วนบนส่วนล่างจะเป็นแนวขนานกัน วิธีการเปียฝ้าย นำใยฝ้ายที่ม้วนไว้กับเหล็กไนมา คลายออกแล้วค่อย ๆ พันกับไม้เปีย เมื่อได้เส้นใยฝ้ายในปริมาณที่ต้องการ ก็จะคลายออกมาพันเป็นปอย หรือใจด้าย เพื่อเก็บเส้นใยฝ้ายไม่ให้พันกันเป็นระเบียบพร้อมที่จะนำไปทอผ้า

โครงสร้างทางกายภาพและเคมีของเส้นใยฝ้าย

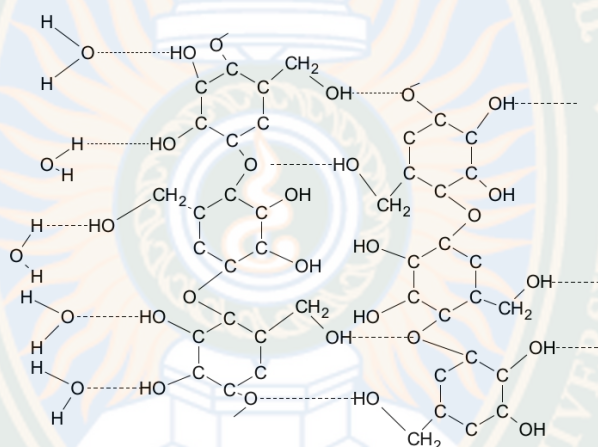
เส้นใยฝ้ายเป็นเส้นใยสั้น เส้นใยฝ้ายมีความละเอียดมาก สีของใยฝ้ายมีตั้งแต่ขาวไปจนถึงเหลืองเทา เมื่อศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์จะเห็นว่าเส้นใยไม่เป็นเส้นตรงแต่จะบิดตัวเป็นเกลียวเป็นระยะ ๆ รูปร่างด้านภาคตัดขวางมีลักษณะคล้ายรูปไต หรือเมล็ดถั่วตรงกลางมีช่อง เรียกว่าลูเมน (lumen) รอบ ๆ ลูเมนเป็นผนังเซลล์ซึ่งเกิดจากไฟบริลเซลลูโลส (cellulose fibril) เรียงซ้อน ๆ เป็นแถบเวียนไปเป็นเกลียวโดยรอบเส้นใย การจัดตัวของไฟบริลจะไม่เวียนไปในทิศทางเดียวกันเสมอ เมื่อเส้นใยแก่ตัวลงบริเวณลูเมนและช่องเล็ก ๆ ในผนังเซลล์จะยุบตัวลงทำให้ใยฝ้ายบิดตัวเป็นเกลียว ซึ่งเป็นผลดีต่อการนำไปปั่นเป็นเส้นด้าย



ภาพที่ 11 โครงสร้างทางกายภาพของเส้นใยฝ้าย
ที่มา : Dochia et al. (2012)

โครงสร้างเส้นใยฝ้าย

เส้นใยฝ้ายเป็นพอลิเมอร์เชิงเส้น หน่วยที่เล็กที่สุดของพอลิเมอร์ของเส้นใยฝ้าย คือ เซลโลไบโอส (cellobiose) จะประกอบด้วยหน่วยของกลูโคส 2 หน่วย เส้นใยฝ้ายประกอบด้วย เซลลูโลสประมาณ 5,000 หน่วย นับว่าเป็นเส้นใยที่มีพอลิเมอร์ที่มีความยาวมาก และมีความยาว ประมาณ 5,000 นาโนเมตร และมีความหนาประมาณ 0.8 นาโนเมตร หมู่ฟังก์ชันที่สำคัญของเส้นใย คือ หมู่ไฮดรอกซิล (-OH) ซึ่งจะมีหมู่เมธิล (-CH₂OH) เนื่องจากหมู่เหล่านี้เป็นหมู่ฟังก์ชันที่มีขั้ว จึงทำให้มีพันธะสำคัญ คือพันธะไฮโดรเจนบริเวณหมู่-OH ของพอลิเมอร์ที่อยู่ใกล้ ๆ จะมีแรงวนเดอร์ วาลส์ ซึ่งแรงนี้จะมีขนาดน้อยมากเมื่อเทียบกับพันธะไฮโดรเจน (Dochia et al. 2012)



ภาพที่ 12 โครงสร้างของเส้นใยฝ้าย

ที่มา : Dochia et al. (2012)

2.3 การย้อมเส้นใยจากวัสดุธรรมชาติ

การย้อมสิ่งทอด้วยสีธรรมชาติเป็นภูมิปัญญาที่สืบทอดกันมาตั้งแต่ในอดีตจนถึงปัจจุบัน ด้วยการศึกษาค้นคว้าและทดลองแบบลองผิดลองถูก ด้วยการใช้ส่วนต่าง ๆ ที่ได้จากพืช สัตว์ ดิน และแร่ธาตุ มาเป็นวัตถุดิบในการสกัดน้ำสีที่ใช้สำหรับการย้อมสิ่งทอ โดยวัสดุจากธรรมชาติที่ให้สีสามารถจำแนก ออกมาได้ ดังนี้

1. สีธรรมชาติจากแร่ธาตุ (Mineral Dyes)

เป็นสีที่เกิดจากสารประกอบของโลหะ จำพวกเหล็กโครเมียม ตะกั่วแมงกานีส ทองแดง โคบอลต์ และนิกเกิล ซึ่งในอดีตเป็นกลุ่มสีที่มีความสำคัญมาก แต่ในปัจจุบันไม่ปรากฏแหล่งผลิตและการใช้สีกลุ่มดังกล่าว สำหรับประเทศไทยในปัจจุบัน ยังมีการใช้สีธรรมชาติจากแร่ธาตุในการย้อม สี สิ่งทอ คือ สีจากโคลนและ ดินแดง ซึ่งเป็นวัสดุที่มี สารประกอบจำพวกอลูมิเนียมซิลิเกต และ สารประกอบโลหะ

2. สีธรรมชาติจากสัตว์ (Animal Dyes)

เป็นสีที่ได้จากสารที่ขับออกจากตัวสัตว์ หรือตัวสัตว์เอง สำหรับประเทศไทยมีการใช้สีจาก แมลง คือ ครั่งโดยตัวครั่งจะดูดกินน้ำเลี้ยงของต้นไม้ แล้วขับสารสี แดงที่เรียกว่า ยางครั่งออกมาหุ้ม

รอบตัวเป็นรัง สารสีแดงที่ถูกขับออกมาจากตัวครั้งดังกล่าว ได้นำมาใช้ประโยชน์ทั้งในการย้อมสิ่งทอ ผสมในอาหารและใช้ในอุตสาหกรรมหลาย ประเภทสำหรับเส้นใยที่ย้อมด้วยครั้ง คือ เส้นใยไหม ขน สัตว์ และเส้นใยฝ้าย เชื่อกันว่าคุณภาพของสีที่ได้จากการย้อมด้วยครั้งขึ้นอยู่กับชนิดของต้นไม้ที่ใช้ เลี้ยงครั้งด้วย

3. สีธรรมชาติจากพืช (Vegetable Dyes)

เป็นกลุ่มสารสีหลักของสี ย้อมธรรมชาติ เป็นสี ย้อมที่ได้ จากทุกส่วนของพืชพันธุ์ไม้ทั้งราก เปลือก ลำต้น เนื้อไม้ ใบ ดอก ผล และเมล็ด สีย้อมกลุ่มนี้มีความหลากหลายมากมาย ดังแสดง ในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ชนิดของพืชพันธุ์ไม้ที่ให้สี

ชนิดของวัสดุ/วัตถุดิบ	ส่วนที่ใช้	สีที่ได้
ครั้ง	รัง	แดง/ ชมพู
แหม่ม	แก่น/ ก้าน	เหลือง
แก่นฝาง	แก่นของลำต้น	แดง/ชมพู/โอลโรส
ขี้เหล็ก	แก่นของลำต้น	เหลืองเข้ม
ขนุน	แก่นของลำต้น	เหลือง
ขมิ้นชัน	หัว/เหง้า	เหลือง
มะม่วง	เปลือกของลำต้น	เขียว
เพกา	เปลือกของลำต้น	เขียวอ่อน
สมอ	เปลือก/ลำต้น	น้ำตาล/เขียว
ประดู่, ทุ่น, สะเดา	เปลือกของลำต้น	น้ำตาล
มะพร้าวสด	เปลือกของผล	เทา
มะพร้าวแห้ง	เปลือกของผล	น้ำตาล/ ดำ
มังคุด	เปลือกของผล	น้ำตาล
สัก	ใบอ่อน, เปลือก, ต้น	น้ำตาล
คำแสด	เมล็ด	เหลือง/ส้ม
ยอ	ราก	แดง/ น้ำตาล
คราม/ ฮ่อม	ต้น	ฟ้า/ น้ำเงิน/ คราม
หูกวาง	ใบ	เขียวขี้ม้า
สบู่ดำ	ใบ	เขียว
มะเกลือ	ผล	ดำ
สมอ	ผล	เทา
กระเจี๊ยบแดง	ดอก	แดง
อัญชัน	ดอก	ม่วง
ดาวเรือง	ดอก	น้ำตาลเหลือง
คำฝอย	ดอก	เหลือง/ ส้ม

ที่มา : เฉลิมพร ทองพลู และคณะ (2559)

4. สารช่วยย้อม (Mordant) หรือสารกระตุ้นสี

มอร์แดนต์เป็นภาษาลาตินมีหมายความว่า 'to bite' เป็นสารที่ช่วยให้สีติดกับเส้นใยขณะทำการย้อมได้ดีขึ้นและช่วยปรับเฉดสีให้เปลี่ยนไปจากเดิม เมื่อแรกเริ่มใช้มูลหรือปัสสาวะสัตว์ เป็นสารกระตุ้นสี โดยการเทลงในถังย้อม ปัจจุบันมีการใช้ทั้งสารที่ได้จากธรรมชาติและสารเคมี เส้นใยธรรมชาติจากพืชแต่ละชนิดที่นำมาย้อมสี และความคงทนต่อการซักถูหรือแสงแดดไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับองค์ประกอบภายในของพืชและชนิดของเส้นใยที่นำมาย้อม ดังนั้นจึงมีการใช้สารช่วยติดต่าง ๆ เป็นตัวช่วยทำให้เส้นใยดูดซับสี ให้สีเกาะเส้นใยได้ แน่นขึ้นมี ความทนทานต่อแสงและการซักถูเพิ่มขึ้น สารเหล่านี้นอกจากจะเป็นตัวจับย้อมสี และเพิ่มการติดสี ในเส้นใยแล้วยังช่วยเปลี่ยนเฉดสีให้เข้มจางหรือสดใสสว่างขึ้นด้วย ตัวอย่างเช่น การย้อมสีเส้นใยด้วยใบหูกวาง สีที่ได้ คือ สีเขียวขี้ม้า เมื่อนำเส้นใยที่ได้แบ่งส่วนหนึ่งจุ่มลงในสารช่วยติด (น้ำสนิมเหล็ก) จะได้สีเขียวอ่อน ส่วนหนึ่ง จุ่มลงในสารช่วยติด (น้ำปูนใส) จะได้สีเขียวอมเหลือง และถ้านำจุ่มลงในสารช่วยติด (น้ำโคลน) จะได้สีเขียวเข้ม เป็นต้น สารช่วยติดหรือสารกระตุ้นสี หรือสารช่วยย้อม จำแนกได้ ดังนี้

4.1 น้ำปูนใส ได้จากปูนขาวที่ใช้กันกับหมาก หรือทำจากปูนจากการเผา เปลือกหอย โดยละลายปูนขาวในน้ำสะอาด ทิ้งไว้ให้ตกตะกอนจะได้น้ำปูนใสมาใช้เป็นสารช่วยย้อมต่อไป

4.2 น้ำค้าง หรือน้ำขี้เถ้า ได้จากขี้เถ้าพืช เช่น จากส่วนต่าง ๆ ของกล้วย ต้นผักขม เปลือกของผลนุ่นกากมะพร้าว เป็นต้น เลือกพืชชนิดใดชนิดหนึ่งที่ยังสด ๆ นำมาผึ่งแดดให้หมาด จากนั้นเผาให้เป็นขี้เถ้าสีขาว นำขี้เถ้าไปใส่ในอ่างที่มีน้ำอยู่กวนให้ทั่วทิ้งไว้ ให้ขี้เถ้าจะตกตะกอนนำน้ำที่ได้ไปกรองให้สะอาดแล้วจึงนำไปใช้งาน เรียกว่า “น้ำค้างหรือน้ำขี้เถ้า” อีกวิธีหนึ่งนำขี้เถ้าที่ได้ไปใส่ในกระป๋องที่เจาะรูเล็ก ๆ รอกันด้วยปุ๋ยฝ้ายหรือโยมะพร้าวใส่ขี้เถ้าจนเกือบเต็มกดให้แน่นเติมน้ำให้ท่วมขี้เถ้าแขวนกระป๋องทิ้งไว้รองเอาแต่น้ำค้างไปใช้งาน

4.3 กรด ได้จากพืชที่มีรสเปรี้ยว เช่น น้ำมะนาว น้ำใบหรือฝักส้มป่อยน้ำมะขามเปียก

4.4 น้ำบาดาล หรือ น้ำสนิมเหล็กจะใช้น้ำบ่อบาดาลที่เป็นสนิมหรือน้ำเหล็กไปเผาไฟให้แดงแล้วนำไปแช่น้ำทิ้งไว้ นำน้ำสนิมมาใช้ได้ น้ำสนิมจะช่วยให้สีเข้มขึ้น ให้เฉดสีเทา-ดำเหมือนมอร์แดนต์เหล็กแต่ถ้าสนิมมากเกินไปจะทำให้เส้นใยเปื่อยได้เช่นกัน

4.5 น้ำโคลนเตรียมจากโคลนใต้สระหรือบ่อที่มีน้ำขังตลอดปี ใช้ดินโคลนมาละลายในน้ำเปล่าสัดส่วนน้ำ 1 ส่วนต่อดินโคลน 1 ส่วนจะช่วยให้ได้โทนสีเข้มขึ้น หรือโทนสีเทา-ดำ เช่นเดียวกับน้ำสนิม

การใช้สารช่วยในการย้อมผ้ามี 3 วิธี คือ

1. การใช้ก่อนการย้อมสีซึ่งต้องนำเส้นด้ายไปชุบสารช่วยย้อมก่อนนำไปย้อมสีธรรมชาติ

2. การใช้พร้อมกับการย้อมสีเป็นการใส่สารช่วยย้อมไปในน้ำสีแล้วจึงนำเส้นด้ายลงย้อม

3. การใช้หลังย้อมสีนำเส้นด้ายไปย้อมสีก่อนแล้วจึงนำไปย้อมกับสารช่วยย้อมภายหลัง

5. สารช่วยให้สีติด

ในการย้อมสีธรรมชาติ มีการใช้สารช่วยให้สีติดเส้นด้าย โดยสารดังกล่าวจะใช้ย้อมเส้นด้ายก่อนการย้อมสี หรือใช้ผสมในน้ำสีย้อม (เฉลิมพร ทองพลู และคณะ, 2559)



5.1 สารฟาด หรือแทนนิน สารแทนนินจะมีอยู่ในส่วนต่าง ๆ ของพืชที่มีรสฝาดและขม เช่น ลูกหมาก เปลือกเพกา เปลือกสีเสียด เปลือกผลทับทิม เปลือกประดู่ ใบยูคาลิปตัส ใบเหมือดแอ เป็นต้น ซึ่งสารดังกล่าวมีคุณสมบัติช่วยให้สีติดกับเส้นด้ายได้ดีขึ้น

5.2 โปรตีนจากน้ำถั่วเหลือง ใช้ต้มกับเส้นด้ายก่อนการย้อมสี เพื่อช่วยในการเพิ่มโปรตีนบนเส้นด้ายทำให้สามารถย้อมสีติดได้ดีมากขึ้น ประเทศญี่ปุ่นจะชุบฝ้ายใหม่ด้วยน้ำถั่วเหลืองก่อนย้อมเสมอ โดยแช่ไว้ 1 คืน ยิ่งทำให้สีติดมาก

5.3 เกลือแกง จะใช้ผสมกับน้ำสีย้อม เพื่อช่วยให้สีติดเส้นด้ายได้ง่ายขึ้น เกลือจะทำหน้าที่ลด ประจุลบ ของเส้นใยทำให้แอนไอออนของสีสามารถซึมเข้าไปใกล้เส้นใยจนกระทั่งเกิดแรง แวนเดอร์วาลส์ มีประสิทธิภาพทำให้เกิดการติดสีบนเส้นใยได้

6. ค่าสี

สายตาของมนุษย์เมื่อมองสี จะพบว่า บางครั้งเราไม่สามารถจำแนกความแตกต่างระหว่างสี 2 สี ที่มีเฉดสีใกล้เคียงกันจึงมีการตั้งระบบสำหรับวัดค่าสีขึ้น ในปัจจุบัน นิยมใช้มี 2 ระบบ คือ

ระบบ Munsell เป็นระบบค่าสีพื้นฐาน อาศัยสมบัติการมองเห็น 3 ประการ คือ

1. ความสว่าง (lightness หรือ value) เป็นความสว่างของสี
2. ความเข้ม (saturation หรือ chroma)
3. เฉดสี (hue) คือ สีที่มนุษย์เรามองเห็น 10 สี คือ แดง (R) แดงเหลือง (RY) เหลือง (Y) เหลืองเขียว (YG) เขียว (G) เขียวน้ำเงิน (GB) น้ำเงิน (B) น้ำเงินม่วง (BP) ม่วง (P) และม่วงแดง (PR) สมบัติทั้ง 3 จะปรากฏเป็นแกนตั้งฉากซึ่งกันและกัน ค่าสีที่วัดได้ในระบบ Munsell จะมีทั้งตัวอักษรและตัวเลขของ เฉดสี ความสว่าง และความเข้ม เช่น 6.5 R 8/2 หมายถึง สีนี้ เฉดสีมีค่า 6.5 (สีแดงออกเหลือง) ความสว่างเป็น 8 (มีสีอ่อน) และความเข้มเป็น 2 (ยังไม่อิ่มตัว) สีนี้จึงมองเห็นเป็นสีชมพูซีด ดังแสดงในภาพที่ 13



ภาพที่ 13 การวัดค่าสีระบบ Munsell

ที่มา : เฉลิมพร ทองพลู และคณะ (2559)

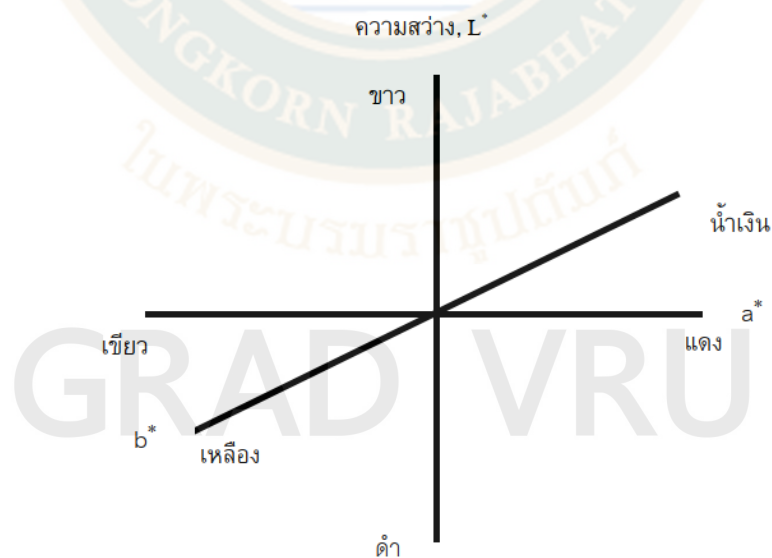
ระบบ CIELAB เป็นระบบการวัดสีที่พัฒนาจากระบบ CIE Tristimulus Value (x , y และ z) และ CIE Chromaticity Coordinates (x , y และ Y) โดยปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงจนสามารถบอกความแตกต่างของสีได้อย่างสม่ำเสมอและใกล้เคียงกับความแตกต่างของสีที่ตามองเห็น ดังภาพที่ 14

ระบบนี้ CIELAB เป็นระบบค่าสี มีองค์ประกอบ 3 ประการ คือ

1. แหล่งกำเนิดแสงมาตรฐาน
2. วัตถุสีที่ต้องการวัดค่าสี ซึ่งเมื่อแสงตกกระทบจะเกิดการกระจายแสงออกมา
3. ผู้ทำการวัด

ค่าที่วัดได้ในระบบ CIELAB คือ

1. ความสว่าง (L^*) มีค่า 0 – 100
สีที่มีความสว่าง $L^* = 0$ เป็นสีดำ (มืด)
 $L^* = 100$ เป็นสีขาว (สว่าง)
2. ค่า a^* เป็นค่าบอกสี แดง – เขียว
สีแดง มีค่า a^* เป็นบวก
สีเขียว มีค่า a^* เป็นลบ
3. ค่า b^* เป็นค่าบอกสี เหลือง – น้ำเงิน
สีเหลือง มีค่า b^* เป็นบวก
สีน้ำเงิน มีค่า b^* เป็นลบ
ดังนี้



ภาพที่ 14 การวัดค่าสีระบบ CIELAB
ที่มา : เฉลิมพร ทองพลู และคณะ (2559)



2615280817

VRU-IThesis 58B74670106 thesis / recv: 07062566 19:06:35 / seq: 20

ระบบ CIELAB ค่า a^* และ b^* มีสัมพันธ์กับค่าเฉดสีและความเข้มของสีในระบบ Munsell ทำให้ได้ค่าอีก 2 ค่า คือ มุมเฉดสี (hue angle, h^*) และความเข้ม (chroma, C^*) ค่ามุมเฉดสี, h^* มีหน่วยเป็นองศา บอกตำแหน่งของปริภูมิสี ดังนี้

$h^* = 0$ องศา แสดงว่า เป็นสีแดง

$h^* = 90$ องศา แสดงว่า เป็นสีเหลือง

$h^* = 180$ องศา แสดงว่า เป็นสีเขียว

$h^* = 270$ องศา แสดงว่า เป็นสีน้ำเงิน

ค่าความเข้ม, C^* บอก ความสดใสของสีที่ความสว่างหนึ่ง ๆ หาได้จาก

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}$$

7. การทดสอบความคงทนของสี

7.1 ความคงทนของสีต่อแสงซินอนอาร์ค มอก.121 เล่ม 2 - 2552 หลักการทดสอบ โดย นำชิ้นส่วนออบแสงภายใต้สภาวะที่กำหนด พร้อมกับผ้าขนสัตว์สีน้ำเงินมาตรฐาน ประเมินค่าความคงทนของสีต่อแสงของชิ้นทดสอบ โดยเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงสีของชิ้นทดสอบกับผ้าขนสัตว์สีน้ำเงินมาตรฐาน

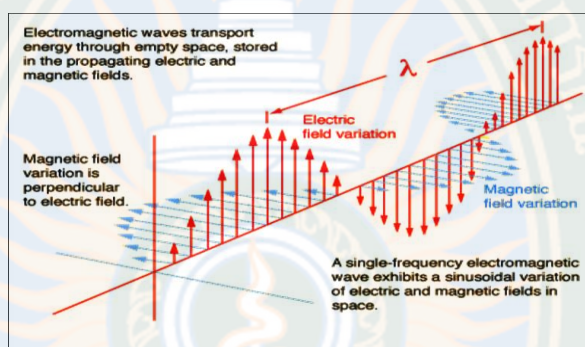
7.2 ความคงทนของสีต่อการซักด้วยสบู่ มอก.121 เล่ม 3 - 2552 หลักการทดสอบ โดย นำตัวอย่างมาเย็บติดกับผ้าประกอบ นำไปซักด้วยสารละลายสบู่ ในเครื่องทดสอบการซักตามสภาวะที่กำหนด จากนั้นล้างออก แล้วผึ่งตัวอย่างและผ้าประกอบให้แห้ง ประเมินการเปลี่ยนสีของตัวอย่างและการเปลี่ยนสีของผ้าประกอบ โดยเปรียบเทียบกับเกรย์สเกล (grey scale) หรือใช้สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (spectrophotometer) หรือมาตรเทียบสี (colorimeter)

7.3 ความคงทนของสีต่อเหงื่อ มอก.121 เล่ม 4 - 2552 หลักการทดสอบ โดย นำตัวอย่างมาเย็บติดกับผ้าประกอบแช่ในสารละลายเหงื่อเทียม 2 ชนิด นำออกจากสารละลายแล้ววางระหว่างแผ่นกระจกหรืออะคริลิกเรซิน (acrylic resin) นำวางลงในอุปกรณ์ทดสอบที่อุณหภูมิและเวลาที่กำหนด ผึ่งตัวอย่างและผ้าประกอบให้แห้ง ประเมินการเปลี่ยนสีของตัวอย่างและการเปลี่ยนสีของผ้าประกอบ โดยเปรียบเทียบกับเกรย์สเกล (grey scale) หรือใช้สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (spectrophotometer) หรือมาตรเทียบสี (colorimeter)

7.4 ความคงทนของสีต่อการขัดถู มอก.121 เล่ม 5 - 2552 หลักการทดสอบ โดยนำตัวอย่างมาขัดถูด้วยผ้าฝ้ายมาตรฐานในสภาพแห้งและสภาพเปียก หัวขัดถูที่ใช้มี 2 ชนิด ชนิดที่หนึ่งสำหรับการทดสอบผ้าสีพื้นหรือที่มีลายขนาดใหญ่ (solid color or large print) และอีกชนิดหนึ่งสำหรับผ้าขน ประเมินการเปลี่ยนสีบนผ้าฝ้ายขัดถูมาตรฐาน โดยเปรียบเทียบกับเกรย์สเกล (grey scale) หรือใช้สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (spectrophotometer) หรือมาตรเทียบสี (colorimeter)

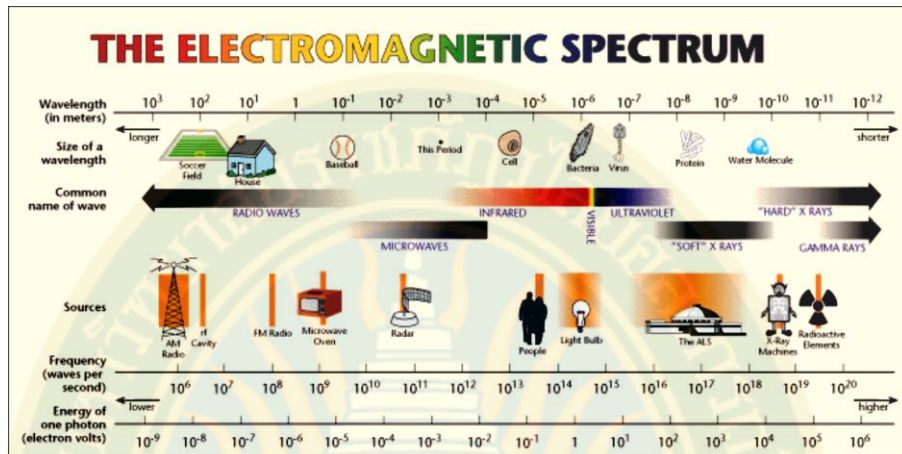
2.4 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เป็นคลื่นที่ประกอบด้วยคลื่นของสนามแม่เหล็กและคลื่นของสนามไฟฟ้าที่ตั้งฉากกัน ได้แก่ รังสีแกมมา รังสีเอ็กซ์ รังสีอัลตราไวโอเล็ต แสง รังสีอินฟราเรด ไมโครเวฟ คลื่นวิทยุ เป็นต้น ซึ่งคลื่นแต่ละชนิดมีความแตกต่างกันที่ความถี่ ความยาวคลื่น พลังงานโฟตอนและแหล่งกำเนิดที่ต่างกัน ซึ่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเหล่านี้มีการเคลื่อนที่โดยไม่ต้องอาศัยตัวกลาง ลักษณะการเคลื่อนที่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้างดแสดงในภาพที่ 15



ภาพที่ 15 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า
ที่มา : Costas (2018)

คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นคลื่นที่ไม่ต้องอาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่ ดังจะสังเกตได้ เช่น แสง จากดวงอาทิตย์ ที่เดินทางผ่านอวกาศซึ่งมีบางช่วงเป็นสุญญากาศ ไม่มีตัวกลางที่จะส่งต่อพลังงานได้ แต่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าอย่างคลื่นแสงก็ยังสามารถส่งผ่านมายังผิวโลกได้โดยไม่ต้องมีตัวกลาง จึงนับได้ว่าคลื่นแสงเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดหนึ่ง เพราะเมื่อพิจารณาสมบัติของคลื่นทั้ง 4 ประการคือ สามารถสะท้อน หักเห เลี้ยวเบน และแทรกสอดได้ ซึ่งคลื่นแสงมีสมบัติครบทั้ง 4 ประการ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ถูกค้นพบโดยนักวิทยาศาสตร์ชาวสก็อตซ์ ชื่อว่า เจมส์ คลาร์ก แมกซ์เวลล์ (James Clerk Maxwell) ได้ทดลองหมุนขดลวดที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านอยู่ ตัดกับสนามแม่เหล็ก ได้พบความสัมพันธ์ระหว่างสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก ซึ่งคลื่นทั้งสองชนิดมีระนาบที่ตัดกันเป็นมุมฉาก และเคลื่อนที่ไปด้วยกัน ดังนั้น ทั้งคลื่นสนามแม่เหล็กและคลื่นสนามไฟฟ้า จะมีความยาวของคลื่นและความเร็วคลื่นเท่ากัน คือ เท่ากับความเร็วของแสง หรือมีความเร็วประมาณ 300 ล้านเมตรต่อวินาที ทำให้คลื่นแม่เหล็กและคลื่นไฟฟ้าเคลื่อนที่ไปพร้อม ๆ กัน จึงได้นำความสัมพันธ์ระหว่างสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้า ไปประยุกต์ใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับที่ใช้ในอาคารบ้านเรือน ที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของขดลวดไฟฟ้าตัดกับสนามแม่เหล็ก (Generator) หรือ การเหนี่ยวนำทางไฟฟ้า



ภาพที่ 16 ชนิดของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ความยาวคลื่นแตกต่างกัน
ที่มา : Costas (2018)

การจำแนกคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าสามารถแยกได้ตามความถี่ของคลื่น โดยเฉพาะความถี่ของคลื่นมองเห็นได้ (Visible Light) จะมองเห็นเป็นสีต่าง ๆ ตามความยาวคลื่น แต่ถึงแม้จะมองไม่เห็นในบางช่วงความถี่ เนื่องจากไม่อยู่ในช่วงที่เซลล์ของดวงตามนุษย์จะสัมผัสได้ ก็ไม่ได้หมายความว่าไม่มีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เช่น คลื่นอินฟราเรด (Infrared) คือคลื่นที่มีความถี่ต่ำกว่าแสงสีแดง มีพลังงานต่ำกว่า มักใช้งานในอุปกรณ์ส่งสัญญาณเช่น รีโมทคอนโทรล หรืออุปกรณ์รับส่งข้อมูลในยุคเริ่มต้น ส่วนคลื่นที่มีความถี่สูง เช่น คลื่นอัลตราไวโอเล็ต (Ultraviolet) หรือรังสีเหนือม่วง มีพลังงานและอำนาจในการทะลุทะลวงสูง มักจะปะปนกับแสงแดด ทำให้เกิดมะเร็งผิวหนังได้ นอกจากนี้ยังมีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ใช้ประโยชน์สำหรับส่งข้อมูลต่าง ๆ เช่น คลื่นวิทยุ คลื่นโทรทัศน์ คลื่นโทรศัพท์ ซึ่งเป็นคลื่นที่มองไม่เห็นด้วยตาเปล่า แต่สามารถส่งต่อข้อมูลผ่านความถี่คลื่นจากเครื่องส่งไปยังเครื่องรับ ทำให้สามารถติดต่อสื่อสารกันได้ ดังภาพที่ 16

ความสัมพันธ์ของพลังงาน ความถี่และความยาวคลื่นเป็นดังสมการที่ 2.1, 2.2 และ 2.3

$$E = h\nu \quad (2.1)$$

$$\nu = \frac{c}{\lambda} \quad (2.2)$$

จากสมการที่ 2.1 และ 2.2 จะได้

$$E = \frac{hc}{\lambda} \quad (2.3)$$

เมื่อ E คือ พลังงานมีหน่วยเป็น eV

h คือ ค่าคงที่ของพลังค์ มีค่าเท่ากับ 6.62×10^{-27} erg/s

c คือ ความเร็วแสง มีค่าเท่ากับ 3.0×10^8 m/s

λ คือ ความยาวคลื่นของรังสี มีหน่วยเป็น เมตร

ν คือ ความถี่ มีหน่วยเป็น Hz

เมื่อรังสีมีความถี่สูงจะมีค่าพลังงานสูงตามไปด้วยและความยาวคลื่นจะสั้น ซึ่งจะมีผลต่อร่างกายมาก ส่วนรังสีที่มีความถี่ต่ำจะมีค่าพลังงานต่ำด้วยทำให้มีผลต่อร่างกายน้อย คลื่นแต่ละชนิดถูกนำไปใช้งานตามผลของความถี่ พลังงานและความยาวคลื่น ที่ตกกระทบกับวัสดุแล้วเกิดปรากฏการณ์ ต่าง ๆ ขึ้น เช่น เมื่อรังสีอัลตราไวโอเลตตกกระทบวัสดุทำให้พันธะเคมีของสารอินทรีย์ขาดจากกันทำให้เกิดความเสียหาย แสงที่มองเห็นเมื่อตกกระทบวัสดุจะไปกระตุ้นอิเล็กตรอนให้อยู่ในสถานะที่ถูกกระตุ้นและหลุดไปยังชั้นที่มีการนำไฟฟ้า ทำให้เกิดปรากฏการณ์การสั่นหรือเปลวไฟขึ้น ส่วนรังสีอินฟราเรด เมื่อตกกระทบวัสดุจะทำให้โมเลกุลของวัสดุเกิดการสั่นหรือเปลี่ยนตำแหน่งของอะตอมทำให้เกิดความร้อนขึ้น (Costas, 2018)

2.5 รังสีจากดวงอาทิตย์

รังสีแม่เหล็กไฟฟ้าเมื่อตกกระทบวัสดุจะเกิดปรากฏการณ์สามอย่างคือ การสะท้อน การดูดกลืนและการส่งผ่าน ซึ่งจะเกิดปรากฏการณ์ใดมากหรือน้อยขึ้นกับสมบัติของวัสดุ (Cho *et al.*, 2011) จึงมีพัฒนาการพัฒนาสมบัติการสะท้อนรังสีอินฟราเรดขึ้นเพื่อทำให้สีสามารถป้องกันความร้อนจากแสงแดดได้ โดยอาศัยสมบัติการสะท้อนรังสีแม่เหล็กไฟฟ้าของสารตัวเติม พลังงานจากดวงอาทิตย์ที่ส่องมายังโลกส่วนใหญ่จะถูกดูดกลืนด้วยชั้นบรรยากาศ ไม่ได้ส่องมายังโลกทั้งหมด และส่วนที่ส่องมายังผิวโลกจะถูกดูดกลืนไว้โดยผิวโลก (Ashwini *et al.*, 2008, Lee *et al.*, 2006) ซึ่งรังสีที่มาถึงพื้นผิวโลกมีช่วงคลื่นจาก 295-2500 นาโนเมตร ซึ่งประกอบไปด้วย

2.5.1 รังสีอัลตราไวโอเลต (Ultraviolet, UV) เป็นรังสีที่มีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 295-400 นาโนเมตร ซึ่งเป็นช่วงคลื่นที่มีความยาวคลื่นสั้นกว่าแสงสีม่วงและไม่สามารถมองเห็นด้วยตาของมนุษย์ รังสีไวโอเลตมีสมบัติในการสลายพันธะของสารอินทรีย์ให้สลายไปได้ ซึ่งรังสีอัลตราไวโอเลตมีทั้งผลทางบวกและทางลบต่อสุขภาพของมนุษย์ ถ้าเราได้รับรังสีอัลตราไวโอเลตที่มีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 295-320 นาโนเมตร (UVB) เป็นเวลาสั้น ๆ รังสีอัลตราไวโอเลตจะไปกระตุ้นให้ร่างกายสร้างวิตามินดีขึ้น แต่หากร่างกายได้รับรังสีอัลตราไวโอเลตเป็นเวลานาน รังสีอัลตราไวโอเลตจะไปทำลายพันธะของผิวหนังทำให้ผิวหนังเกิดการไหม้ได้ รังสีอัลตราไวโอเลต มีประมาณร้อยละ 5 ของพลังงานจากแสงอาทิตย์ที่ส่องมายังโลก

2.5.2 แสงที่มองเห็นด้วยตาเปล่า (Visible Light) เป็นช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าของมนุษย์ ซึ่งมีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 400-700 นาโนเมตร เราสามารถมองเห็นสีเหล่านี้ในช่วงของสีรุ้ง คือตั้งแต่สีที่มีความยาวคลื่นสั้นไปจนถึงความยาวคลื่นสูงสุดที่ตามนุษย์สามารถมองเห็นได้ ได้แก่ สีม่วง สีคราม สีน้ำเงิน สีเขียว สีเหลือง สีแสดและสีแดง รังสีในช่วงนี้มีประมาณร้อยละ 50 ของพลังงานจากดวงอาทิตย์ที่ส่องมายังโลก

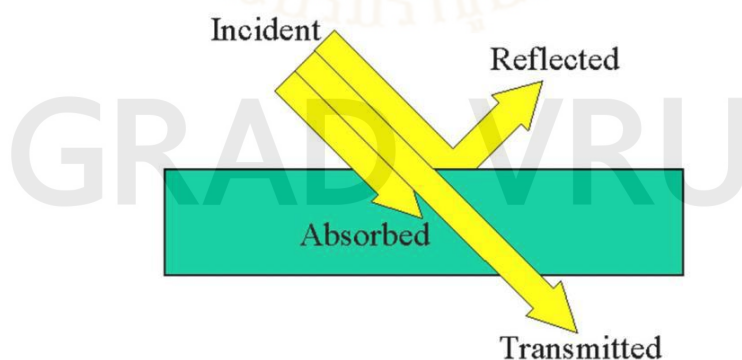
2.5.3 รังสีอินฟราเรดใกล้ (Near Infrared, NIR) เป็นรังสีที่มีความยาวคลื่นมากกว่าความยาวคลื่นของแสงสีแดง ซึ่งความยาวคลื่นของรังสีอินฟราเรดอยู่ในช่วง 700-2500 นาโนเมตร รังสีอินฟราเรดมีความยาวคลื่นมากกว่าความยาวคลื่นของแสงที่มนุษย์มองเห็น แสดงว่ามนุษย์เราไม่สามารถมองเห็นพลังงานจากแสงอาทิตย์อีกจำนวนถึงร้อยละ 45 ของพลังงานจากแสงอาทิตย์ที่ส่องมายังโลก ความร้อนที่เกิดขึ้นเนื่องจากแสงอาทิตย์ เกิดจากรังสีอินฟราเรดที่อยู่ในช่วงความยาวคลื่น 700-1100 นาโนเมตร ซึ่งเป็นผลทำให้พื้นผิวโลกหรือวัสดุต่าง ๆ ที่ดูดกลืนเอารังสีอินฟราเรดในช่วง

ความยาวคลื่นดังกล่าวจึงเกิดความร้อนขึ้น สารอนินทรีย์ที่ใช้เป็นตัวเติมในสีที่มีสมบัติสะท้อนรังสีอินฟราเรดโดยทั่วไปถูกเตรียมโดยวิธีการนำโลหะออกไซด์หรือเกลือไนเตรทมาเผาที่อุณหภูมิสูงทำให้เกิดสารออกไซด์ชนิดใหม่ ซึ่งมีความคงทนต่อสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ทนต่อความเป็นกรดต่างได้ดี ซึ่งวิธีเตรียมดังกล่าวเรียกว่า การแคลไซน์ (Calcination) ซึ่งเป็นการทำปฏิกิริยาระหว่างของแข็งกับของแข็ง ได้สารใหม่ที่มีโครงสร้างผลึกที่เสถียรเป็น สปิเนล หรือ รูไทล์ (Sainz, Castello, Pla, & Gallart, 2003) ปัจจุบันการสะท้อนรังสีอินฟราเรดถูกนำมาใช้ในอาคารบ้านเรือนสูง เนื่องจากช่วยประหยัดพลังงานและยังช่วยให้สีมีอายุการใช้งานที่สูงขึ้นด้วย เนื่องจากรังสีอินฟราเรดยังไปทำให้สีอายุสั้นลง (White, 2000) ในชุมชนเมืองที่มีอาคารสูงจำนวนมาก ผังอาคารเหล่านั้นจะดูดกลืนความร้อนในตอนกลางวัน และแผ่ความร้อนออกมาในตอนกลางคืน ทำให้เกิดปรากฏการณ์ที่เรียกว่า Urban heat island effect ความร้อนจากผังอาคารแผ่ออกมารวมกันทำให้อุณหภูมิร้อนขึ้น ทำให้การทำงานของเครื่องปรับอากาศหนักขึ้น ซึ่งปัจจุบันเราต้องการการใช้พลังงานให้คุ้มค่า จึงต้องหาตัวที่สะท้อนรังสีอินฟราเรดคือตัวเติมในสีที่สะท้อนรังสีอินฟราเรดได้ดี ทนต่อ โอโซน ซัลไฟด์ ไนโตรทหรือมลพิษทางอากาศ สมบัติหลักที่ต้องการของตัวเติม คือ ไม่ดูดกลืนรังสีอินฟราเรด ซึ่งปัจจัยที่สำคัญ ได้แก่ ขนาดอนุภาคและดัชนีหักเหของแสงของวัสดุนั้น

2.6 การปฏิสัมพันธ์ของวัสดุและรังสีจากดวงอาทิตย์

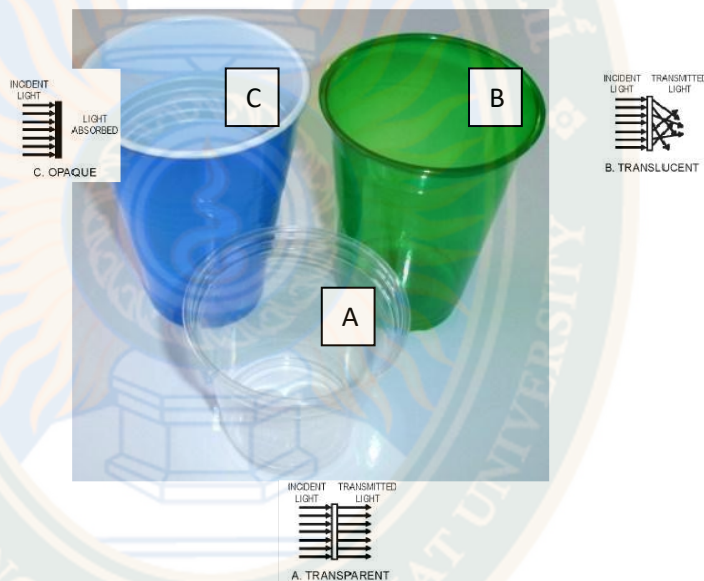
เมื่อรังสีผ่านจากตัวกลางหนึ่งไปยังอีกตัวกลางหนึ่ง เช่น จากอากาศไปยังของแข็ง จะเกิดปรากฏการณ์ขึ้นหลายอย่าง ได้แก่ การส่งผ่าน (Transmission) การดูดกลืน (Absorption) และการสะท้อน (Reflection) ความเข้มของรังสีต้นกำเนิด (I_0) ที่สัมผัสกับผิวของของแข็งจะต้องเท่ากับผลรวมของความเข้มของรังสีที่เกิดปรากฏการณ์ทั้งสาม กำหนดให้ I_T คือ รังสีที่ส่งผ่าน I_A คือ รังสีที่ดูดกลืน และ I_R คือ รังสีที่สะท้อน

โดยทั่วไปเมื่อรังสีตกกระทบวัตถุที่รังสีสงวนใบบางส่วน รังสีที่ตกกระทบบางส่วนจะถูกสะท้อนจากผิวของวัตถุส่วนที่เหลือจะผ่านเข้าไปในเนื้อของวัตถุและบางส่วนถูกดูดกลืน โดยส่วนที่เหลือจะสงวนวัตถุออกไปภายนอก ดังภาพที่ 17



ภาพที่ 17 ปรากฏการณ์การปฏิสัมพันธ์ของรังสีจากดวงอาทิตย์และของแข็ง
ที่มา : Song, Sprague, Macleod & Jacobson (1985)

ค่าความสามารถในการส่งผ่าน (Transmissivity, T) มีค่าเท่ากับ I_t/I_0 ค่าความสามารถในการดูดกลืน (Absorptivity, A) มีค่าเท่ากับ I_a/I_0 และค่าความสามารถในการสะท้อน (Reflectivity, R) มีค่าเท่ากับ I_r/I_0 ซึ่งทำให้ $T + A + R = 1$ นั้นหมายถึง เมื่อ $T = 1$ วัสดุจะมีการส่งผ่านแสงทั้งหมด วัสดุนั้นจะเป็นวัสดุโปร่งใส (transparent) และเมื่อ $T = 0$ แสงไม่สามารถส่งผ่านวัสดุนั้นได้ วัสดุนั้นเป็นวัสดุทึบแสง (Opaque) เมื่อแสงถูกดูดกลืนและเกิดการกระเจิงภายในเนื้อวัสดุ และสะท้อนออกมาบางส่วน และบางส่วนสามารถส่งผ่านวัสดุไปได้ วัสดุนั้นเป็นวัสดุ โปร่งแสง (Translucent) ดังแสดงในภาพที่ 18



ภาพที่ 18 ปรากฏการณ์ของแสงเมื่อกระทบของแข็ง
ที่มา : Song, Sprague, Macleod & Jacobson (1985)

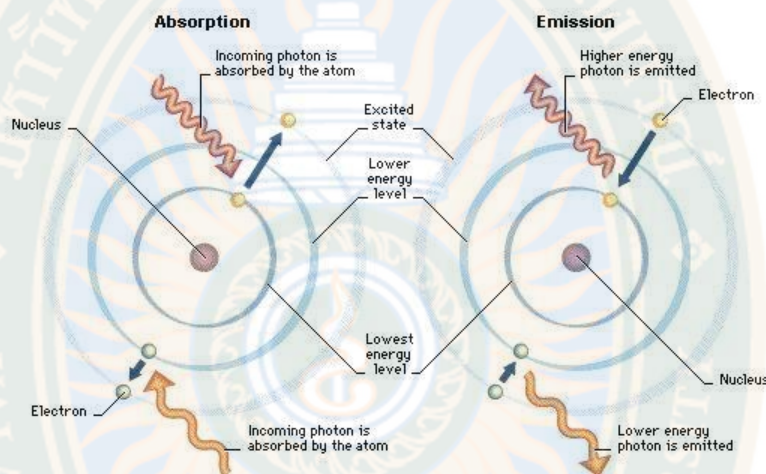
ปรากฏการณ์ทางแสงในของแข็ง เป็นการปฏิสัมพันธ์กันระหว่างคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากับอะตอม อิออน และ/หรือ อิเล็กตรอน ของของแข็ง ซึ่งประกอบด้วยปฏิสัมพันธ์ที่สำคัญ 2 ชนิด คือ electronic polarization และ electron energy transitions ซึ่งแต่ละปรากฏการณ์สามารถอธิบายได้ดังนี้

Electronic Polarization เป็นปรากฏการณ์ที่สนามไฟฟ้าจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าปฏิสัมพันธ์กับกลุ่มหมอกอิเล็กตรอนที่อยู่รอบอะตอมแล้วเกิดการเหนี่ยวนำให้เกิดการโพลาไรซ์ขึ้นหรือสนามไฟฟ้าไปเหนี่ยวนำให้กลุ่มหมอกอิเล็กตรอนเปลี่ยนทิศทางไปตามสนามไฟฟ้าเมื่อเทียบกับนิวเคลียสของอะตอม ซึ่งจากปรากฏการณ์ดังกล่าวทำให้เกิดการดูดกลืนรังสีบางส่วนและและรังสีเกิดการเปลี่ยนแปลงความเร็วในการผ่านตัวกลางนั้น (Song, Sprague, Macleod & Jacobson, 1985)

Electron Transition การดูดกลืนและการเปล่งรังสีแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นผลให้อิเล็กตรอนในวัสดุเกิดการเคลื่อนที่จากชั้นของอิเล็กตรอนหนึ่งไปสู่อีกชั้นของอิเล็กตรอนหนึ่ง เมื่อพลังงานจากรังสี



แม่เหล็กไฟฟ้าถูกดูดกลืนโดยอะตอม ทำให้อะตอมอยู่ในภาวะถูกกระตุ้นและอิเล็กตรอนของอะตอม นั้นกระโดดไปอยู่ในระดับพลังงานที่สูงกว่า ซึ่งเรียกอิเล็กตรอนนั้นว่า อิเล็กตรอนที่อยู่ในภาวะถูก กระตุ้น เมื่ออิเล็กตรอนที่อยู่ในภาวะที่ถูกกระตุ้นกลับสู่ระดับพลังงานเดิม อะตอมจะเปล่งรังสีออกมา ปรากฏการณ์การดูดกลืนและการเปล่งรังสีของอะตอม (Song, Sprague, Macleod & Jacobson, 1985) ดังแสดงในภาพที่ 19



ภาพที่ 19 แสดงการดูดกลืนรังสีและการเปล่งรังสีของอะตอม
ที่มา : Song, Sprague, Macleod & Jacobson (1985)

จากปรากฏการณ์ที่กล่าวมาข้างต้น ทำให้เกิดปรากฏการณ์การส่งผ่านพลังงานจากรังสีแม่เหล็กไฟฟ้าจากอะตอมสู่อะตอม ทำให้อะตอมสามารถผ่านวัสดุไปได้ ซึ่งขึ้นกับการจัดเรียงตัวของโครงสร้างของวัสดุแต่ละชนิด ที่ทำให้อะตอมสามารถผ่านได้รวดเร็วหรือถูกดูดกลืนไว้เป็นเวลานานแล้วค่อยปล่อยออกมา ในกรณีรังสีอินฟราเรดเมื่อถูกดูดกลืนจะทำให้อะตอมเกิดการสั่นและทำให้เกิดความร้อนขึ้น ซึ่งความร้อนจะถูกส่งผ่านด้วยปรากฏการณ์การนำความร้อน (Thermal conduction) การพาความร้อน (Thermal convection) และการแผ่รังสี (Thermal radiation) ซึ่งความร้อนที่เกิดขึ้นมีผลต่อการดำเนินชีวิตของมนุษย์ หากเราสามารถสร้างสิ่งป้องกันไม่ให้ความร้อนส่วนเกินที่มีผลต่อการดำเนินชีวิตออกไปได้ จะทำให้มีชีวิตรอดและสุขภาพที่แข็งแรง ซึ่งการสะท้อนรังสีอินฟราเรด เป็นอีกวิธีหนึ่งที่เราสามารถป้องกันความร้อนได้ ซึ่งมีงานวิจัยที่มีผู้วิจัยเกี่ยวกับการสะท้อนรังสีอินฟราเรด ซึ่งจะได้กล่าวถึงในหัวข้อถัดไป

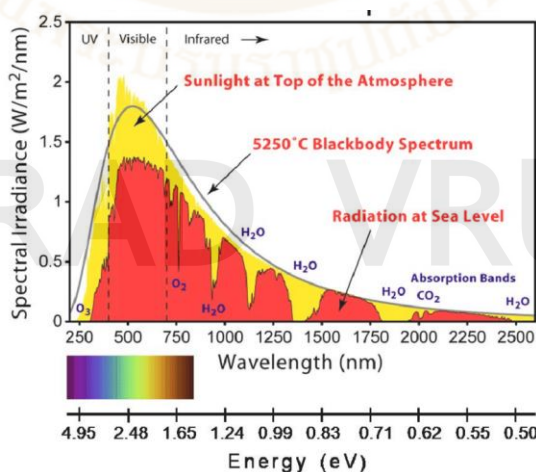
2.7 การแผ่รังสีของดวงอาทิตย์และการถ่ายเทความร้อน (Solar radiation and heat transfer)

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยมุ่งไปที่การศึกษาการสะท้อนรังสีอินฟราเรดชนิดใกล้ (Near infrared, NIR) ของวัสดุทึบซึ่งไม่มีการส่งผ่านรังสีจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์

การถ่ายเทความร้อน (Heat transfer) ประกอบด้วย การนำความร้อน (Thermal conduction) การพาความร้อน (thermal convection) และการแผ่รังสี (Thermal radiation)

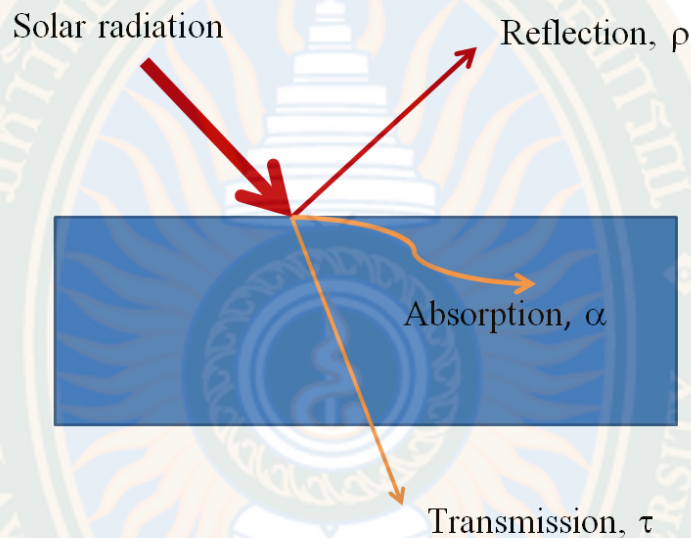
(เสริม จันทรฉาย, 2560ข) การนำความร้อนเป็นกระบวนการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นบนผิวของวัสดุที่มีอุณหภูมิแตกต่างกัน ผิวส่วนที่ได้รับความร้อนเกิดการสั่นของอะตอม เมื่ออะตอมหนึ่งเกิดการสั่นและถูกต่อต้านจากอะตอมหนึ่งที่อยู่ติดกัน หรืออิเล็กตรอนเคลื่อนที่จากอะตอมหนึ่งไปยังอีกอะตอมหนึ่ง ทำให้เกิดความร้อนขึ้นในอะตอมถัดไป การนำความร้อนเป็นสมบัติที่แสดงออกชัดเจนมากในกระบวนการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นในของแข็ง การพาความร้อนเป็นกระบวนการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นของเหลวและก๊าซ ซึ่งอาศัยปรากฏการณ์การแพร่และการพาจากการเคลื่อนที่ของของไหล การนำความร้อนและการพาความร้อนถูกขับเคลื่อนด้วยอุณหภูมิที่แตกต่างกันสองจุดและต้องอาศัยตัวกลางในการถ่ายเทความร้อน พลังงานที่ถูกถ่ายเทอยู่ในรูปของอนุภาคนิวเคลียสของวัสดุและค่าคงที่ทางความร้อนของวัสดุ ซึ่งเราสามารถลดการนำความร้อนและการพาความร้อนด้วยการใช้วัสดุที่มีการนำความร้อนต่ำ การแผ่รังสีเป็นการถ่ายเทความร้อนโดยอาศัยการเคลื่อนที่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ปริมาณของพลังงานที่ถูกถ่ายเทโดยการแผ่รังสีขึ้นอยู่กับอุณหภูมิยกกำลัง 4 รูปทรงเรขาคณิตของวัสดุและความสามารถในการปลดปล่อยรังสี (emissivity, ϵ) ความสามารถในการปลดปล่อยรังสีของวัสดุคือความสามารถสัมพัทธ์ของผิววัสดุที่ปลดปล่อยพลังงานด้วยการแผ่รังสี ซึ่งเป็นอัตราส่วนของพลังงานที่ถูกแผ่ออกมาโดยวัสดุกับพลังงานที่ถูกแผ่ออกมาโดยวัสดุสีดำสนิทที่อุณหภูมิเดียวกัน วัสดุสีดำสนิทมีความสามารถในการปลดปล่อย ϵ เท่ากับ 1 ขณะที่วัสดุอื่น ๆ จะมีค่าความสามารถในการปลดปล่อยน้อยกว่า 1 การแผ่รังสีเป็นการถ่ายเทความร้อนที่ไม่ต้องอาศัยตัวกลาง ตัวอย่างการแผ่รังสีได้แก่ แสงอาทิตย์ ซึ่งแผ่รังสีออกมาเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่อยู่ในช่วงรังสีอัลตราไวโอเล็ตถึงช่วงรังสี NIR

ภาพที่ 20 แสดงสเปกตรัมการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ตามค่ามาตรฐาน ASTM ของรังสีอาทิตย์บนพื้นดิน ในรูปแสดงสเปกตรัมการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ที่วัดบนผิวโลกและที่ระดับน้ำทะเล เมื่อรังสีอาทิตย์ผ่านเข้ามาในชั้นบรรยากาศ รังสีบางส่วนถูกดูดซับโดยก๊าซ พลังงานจากดวงอาทิตย์ประกอบด้วยรังสีอัลตราไวโอเล็ต (UV, ความยาวคลื่น 200-400 nm.) ร้อยละ 4.6 แสงที่มองเห็นด้วยตาเปล่า (Vis., 400-700 nm.) ร้อยละ 43.4 และรังสีอินฟราเรดไกล (NIR, 700-2,500) ร้อยละ 52



ภาพที่ 20 สเปกตรัมการแผ่รังสีอาทิตย์
ที่มา : Granqvist (1985)

เมื่อแสงกระทบกับผิวของวัสดุ จะเกิดการสะท้อน การดูดกลืนหรือการส่งผ่าน ดังแสดงในภาพที่ 21 ปรากฏการณ์การกระเจิง (Scattering) ซึ่งเกิดขึ้นกับผิวที่ไม่เรียบของวัสดุ เกิดขึ้นในการสะท้อน ผลของการดูดกลืนแสงทำให้พลังงานของวัสดุเพิ่มขึ้น ในส่วนของวัสดุที่ไม่โปร่งแสง แสงที่ถูกดูดกลืนจะถูกเปลี่ยนให้เป็นความร้อนทำให้อุณหภูมิสูงขึ้น การดูดกลืนรังสี NIR เป็นสาเหตุหลักที่ทำให้วัสดุมีความร้อนเพิ่มขึ้น เนื่องจาก NIR มีปริมาณมากถึง ร้อยละ 52 ของปริมาณรังสีอาทิตย์ทั้งหมด



ภาพที่ 21 ปรากฏการณ์การกระทบของรังสีกับวัสดุ
ที่มา : Granqvist (1985)

จากภาพที่ 21 พลังงานรวมของรังสีที่ถูกสะท้อน ดูดกลืนและส่งผ่านมีค่าเท่ากับพลังงานของรังสีที่ตกกระทบ สมการที่ 2.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณการสะท้อน (ρ) การดูดซับ (α) และการส่งผ่าน (τ)

$$\rho + \alpha + \tau = 1 \quad 2.4$$

เมื่อผิวของวัสดุเป็นวัสดุทึบ การส่งผ่านมีค่าเป็น 0 สมการที่ 2.4 จึงลดรูปเป็น $\rho + \alpha = 1$ จากสมการที่ 2.4 สรุปได้ว่า วัสดุที่มีการสะท้อนสูงจะต้องมีการดูดกลืนและ/หรือการส่งผ่านต่ำ

2.8 เม็ดสีและสารถย้อม (Pigments and dyes)

สารตัวเติมที่ให้สีเป็นสารที่สามารถสร้างให้เกิดเฉดสีขึ้นกับตัวรองรับ (Substrate) เช่น สี กระจก และ/หรือสิ่งทอ เป็นต้น เม็ดสีและสารถย้อมเป็นสารให้สีที่สำคัญที่ให้สีและเปลี่ยนสีของวัสดุต่าง ๆ ข้อแตกต่างระหว่างสารถย้อมและเม็ดสี ได้แก่ สารถย้อมสามารถละลายเข้าไปในแผ่นรองรับ การทาและกระจายเข้าไปถึงระดับโมเลกุลของแผ่นรองรับ ในขณะที่เม็ดสีไม่สามารถละลายแต่กระจายตัวในรูปของอนุภาค สารถย้อมมีสีที่สว่างกว่าเม็ดสี แต่มีความคงทนของสีต่ำกว่า และการคงอยู่ที่ต่ำกว่าด้วย



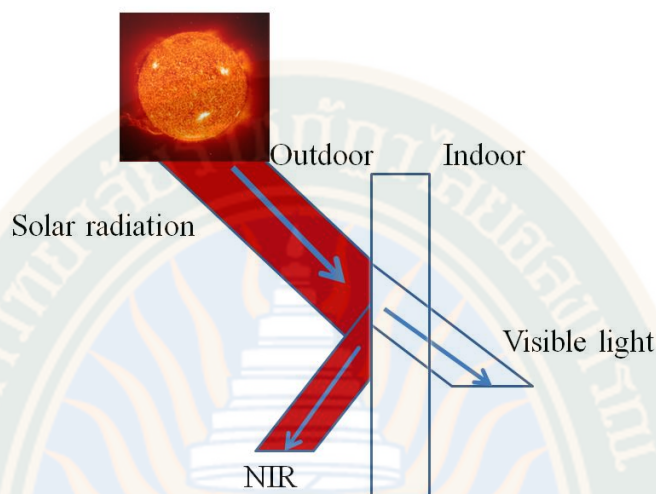
เม็ดสีมีทั้งที่มีสีและไม่มีสี หรือบางครั้งก็มีสมบัติเป็นสารฟลูออเรสเซนต์ มีทั้งที่เป็นสารอินทรีย์และอนินทรีย์ เป็นของแข็งและไม่ละลายในตัวทำละลาย มีความคงทนต่อตัวกลาง เม็ดสีทั้งชนิดที่เป็นสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์เป็นผลึกของของแข็งซึ่งทำให้ไม่ละลายในตัวกลาง เช่น ในหมึกหรือในสี สมบัติของเม็ดสีขึ้นกับลักษณะทางกายภาพของอนุภาค (Kirk - Othmer, 1998) สารย้อม เป็นสารที่มีสีที่สามารถละลายในตัวทำละลายได้ในขณะที่มีการนำไปใช้งาน สมบัติของสารย้อมขึ้นกับโครงสร้างทางเคมีของตัวมันเองและความสามารถในการแพร่เข้าไปสู่โมเลกุลของแผ่นรองรับ

เม็ดสีจากธรรมชาติ เช่น จากพืชชนิดต่าง ๆ ที่เป็นสารอินทรีย์ถูกใช้งานโดยถูกเรียกว่าสารย้อมกับวัสดุที่เป็นเส้นใย หนัง พลาสติก กระดาษ อาหารและเครื่องสำอาง เป็นต้น ส่วนสารย้อมได้จากการสังเคราะห์ปิโตรเลียมและสกัดจากพืช สัตว์ และแร่ธาตุต่าง ๆ (Singh and Bharati, 2014) สารให้สีส่วนใหญ่เป็นเม็ดสีที่เป็นสารอนินทรีย์ที่อยู่ในรูปของเกลือและออกไซด์ ซึ่งกระจายตัวในรูปของผงในตัวกลางที่เป็นของเหลว เช่น เหล็กออกไซด์ โครเมียมออกไซด์ โดยสมบัติของสารเหล่านี้ขึ้นกับขนาดอนุภาคและลักษณะผลึกเป็นสำคัญ สารเหล่านี้ถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรม เช่น พลาสติก สี เซรามิก กระดาษ อาหาร เครื่องสำอาง เป็นต้น

2.9 หลักการประหยัดพลังงานด้วยวัสดุสะท้อนรังสี NIR

ดังที่กล่าวมาข้างต้น การนำความร้อนและการพาความร้อนเป็นการป้องกันความร้อนด้วยการใช้วัสดุที่มีสภาพการนำความร้อนต่ำ แต่การป้องกันความร้อนด้วยการสะท้อนรังสี NIR เป็นวิธีที่แตกต่างไปจากวิธีข้างต้น คือป้องกันไม่ให้เกิดการดูดกลืนและการส่งผ่านเข้าไปในเนื้อวัสดุโดยการสะท้อนออกไปก่อนที่จะเกิดปรากฏการณ์นี้ ทำให้การแผ่รังสีความร้อนถูกบล็อกไม่ให้รังสีเข้าไปในเนื้อวัสดุ ตัวอย่างการสะท้อนรังสี NIR คือ การเคลือบผิวฟิล์มด้วยสารที่เป็น low emissive coating เพื่อป้องกันการส่งผ่าน NIR ดังแสดงในภาพที่ 22 เมื่อรังสีอาทิตย์ตกกระทบกับหน้าต่าง แสงที่มองเห็นด้วยตาเปล่าถูกส่งผ่านกระจกเข้าไปได้และมีการสะท้อนเพียงเล็กน้อย ส่วนรังสี NIR ถูกสะท้อนกลับเกือบทั้งหมดสู่ภายนอกอาคาร ในกรณีเช่นนี้ ภาระการทำความเย็นภายในอาคารถูกลดลงอย่างเห็นได้ชัดโดยไม่ทำให้แสงที่มองเห็นด้วยตาเปล่าสูญเสียไป การเคลือบผิวกระเบื้องเพื่อให้สะท้อน NIR เป็นการกระทำในลักษณะเดียวกันกับการเคลือบฟิล์มด้วย low emissive coating แต่แตกต่างกันตรงที่แสงที่มองเห็นด้วยตาเปล่าไม่สามารถผ่านไปได้

GRAD VRU



ภาพที่ 22 กระจกสะท้อนรังสี NIR (Low emissive coating)

ที่มา : Meek, Greathouse & Allendorf (2011)

ความสามารถในการสะท้อน (Reflectivity) ของวัสดุขึ้นอยู่กับดัชนีหักเหของวัสดุ ซึ่งเป็นไปตามสมการที่ 2.5 เช่น เมื่อแสงอาทิตย์ส่องไปบนกระจกที่อยู่ในอากาศ ซึ่งดัชนีหักเหของอากาศมีค่าเท่ากับ 1 และของกระจกมีค่า 1.5 ดังนั้นความสามารถของกระจกจึงมีค่า 4 % แสดงว่าดัชนีหักเหของวัสดุสองชนิดยิ่งแตกต่างกันมากยิ่งมีความสามารถในการสะท้อนสูงที่ผิวซึ่งเป็นไปตามกฎของสเนลล์ (Snells's Law)

$$R = \left(\frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2} \right)^2 \quad 2.5$$

เมื่อ n_1, n_2 เป็นค่าดัชนีหักเหของตัวกลางสองชนิด

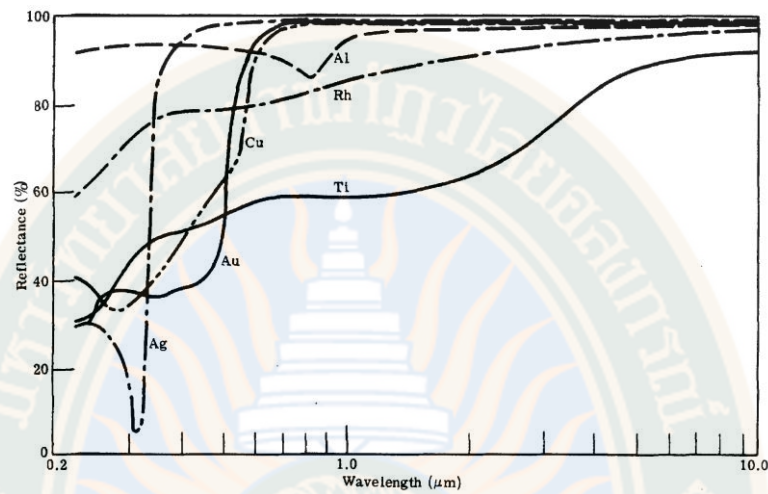
2.10 วัสดุสะท้อนรังสี NIR

วัสดุสะท้อนรังสี NIR สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ประเภท ได้แก่ โลหะทรานซิชัน สารอินทรีย์ สารอินทรีย์และวัสดุธรรมชาติ

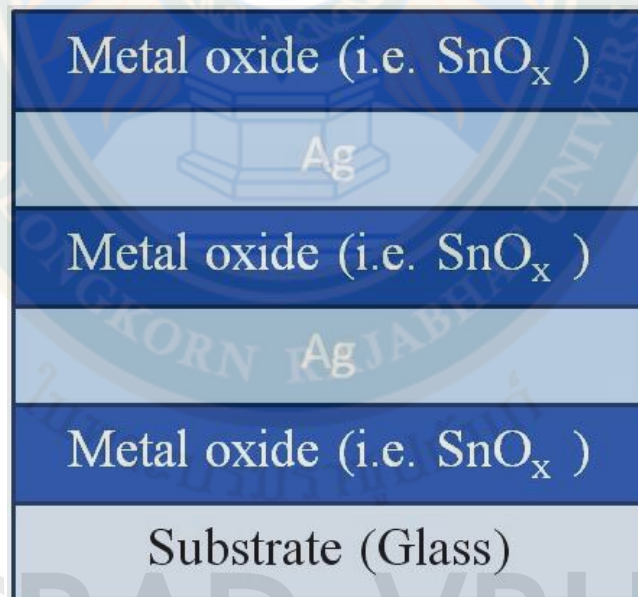
2.10.1 โลหะทรานซิชัน (Transition metal)

โลหะทรานซิชันเป็นวัสดุสะท้อนรังสี NIR ทั้งหมด เช่น ทอง เงิน ทองแดง อะลูมิเนียม ไททานเนียม และโรเดียม เป็นต้น การสะท้อนของโลหะทรานซิชัน อะลูมิเนียมสะท้อนอยู่ในช่วงตั้งแต่รังสีอัลตราไวโอเล็ตถึง NIR แต่มีการดูดกลืนบางส่วนที่ความยาวคลื่น 820 นาโนเมตร เงินเป็นโลหะทรานซิชันที่มีการความสามารถในการสะท้อนสูงสุดจากความยาวคลื่น 400 นาโนเมตร จนถึง 10 ไมโครเมตร พฤติกรรมการสะท้อนของทองแดงและทองมีการดูดกลืนอยู่ในช่วงแสงที่มองเห็นบางส่วน การสะท้อน NIR ถ้าสามารถทำให้สะท้อนได้ที่ความหนา 10 นาโนเมตร จะเป็นสิ่งที่ดีมาก เนื่องจากที่ความหนาที่แสงที่มองเห็นด้วยตาเปล่าสามารถผ่านไปได้ เงินเป็นโลหะที่ถูกใช้มากที่สุดในการเตรียม multilayer NIR reflective low emissive coatings ชั้นของเงินถูกขนาบด้วยโลหะออกไซด์ที่มีดัชนีหักเหสูงเพื่อลดความจำจากโลหะ ดังแสดงในภาพที่ 23





ภาพที่ 23 การสะท้อนรังสีของโลหะ
ที่มา : Koo & Kim (2008)



ภาพที่ 24 Multilayer low emissive coating
ที่มา : Koo & Kim (2008)

การแผ่รังสีต่ำของวัสดุในช่วงความยาวคลื่นของ NIR เป็นสิ่งสำคัญในปัญหาการถ่ายเทความร้อนของการแผ่รังสี เพื่อที่จะลดการกระจายความร้อนและการสูญเสียความร้อนโดยการแผ่รังสี วัสดุที่มีค่า emissivity ต่ำเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับปรากฏการณ์ดังกล่าว ในกรณีของการปลดปล่อยรังสีอินฟราเรด วัสดุที่ดีที่สุดคือ ทองหรือเงิน ซึ่งตารางที่ 7 แสดงค่าการปลดปล่อยรังสีของ อะลูมิเนียม ทองและเงิน ที่ได้จากการคำนวณที่ความยาวคลื่น 6 และ 10 ไมโครเมตร (Koo & Kim, 2008)



2615280817

VRU 1Thesis 58574670106 thesis / recv: 07062566 19:06:35 / seq: 20

ตารางที่ 7 ค่าการปลดปล่อยรังสีของ อะลูมิเนียม ทองแดงและเงิน

Metal	6 μm		10 μm	
	n-ik	Emissivity	n-ik	Emissivity
Aluminum	10.8-i48.54	0.0221	26.0-i67.3	0.0198
Gold	4.7-i35.2	0.0148	11.5-i67.3	0.00976
Silver	4.15-i42.6	0.0090	10.69-i69.0	0.00873

ที่มา : Koo & Kim (2008)

โลหะทรานซิชันที่ใช้เป็นตัวสะท้อนรังสี NIR ถูกใช้ในรูปของฟิล์มบาง วิธีการเตรียมฟิล์มบางสามารถเตรียมได้หลายวิธีทั้งทางฟิสิกส์และเคมี ได้แก่ physical vapor deposition (PVD), Chemical vapor deposition (CVD) หรือ Electro/electroless plating. PVD เป็นกระบวนการที่สามารถเตรียมฟิล์มบางของเงินได้อย่างสม่ำเสมอและมีความโปร่งใสที่ดีแสงที่มองเห็นด้วยตาเปล่าสามารถส่องผ่านได้ ข้อด้อยของ PVD คือไม่สามารถเตรียมชิ้นงานขนาดใหญ่ได้ เนื่องจากเครื่องต้องการสุญญากาศที่ต่ำมาก ถ้าเครื่องมีขนาดใหญ่ทำให้ต้องใช้ปั๊มสุญญากาศที่มีขนาดใหญ่ตามไปด้วยซึ่งมีราคาสูง สำหรับ CVD มีข้อจำกัดด้วยสารตั้งต้นที่ใช้มีความซับซ้อนและไวต่อปฏิกิริยา นอกจากนี้เครื่องที่มีขนาดใหญ่ยังมีราคาสูงอีกด้วย ในส่วนของ electro plating เป็นวิธีที่มีราคาต่ำที่สุดและใช้งานที่อุณหภูมิในช่วงอุณหภูมิห้องถึง 60°C Substrate สามารถมีรูปร่างที่ซับซ้อนได้และต้องนำไฟฟ้าได้ดีด้วย วิธีนี้ความหนาของฟิล์มยังสูงอยู่ ซึ่งเป็นความท้าทายของการทดลองทำให้ฟิล์มมีขนาดความหนาน้อยกว่า 50 nm (Koo & Kim, 2008)

2.10.2 สารอนินทรีย์ (Inorganic materials)

สารอนินทรีย์ที่ใช้สะท้อนรังสี NIR ชนิดหลัก ได้แก่ โลหะออกไซด์และโลหะซัลไฟด์ ซึ่งวัสดุเหล่านี้ถูกใช้เป็นเม็ดสีที่สะท้อนรังสี NIR โดยการนำไปเคลือบอาคารบ้านเรือนและอาคารสำนักงาน สารเหล่านี้ยังสามารถใช้งานในการพรางตัวจากการจับสัญญาณรังสีอินฟราเรดได้อีกด้วย โดยทั่วไปโลหะออกไซด์ถูกใช้ในการดูดกลืนแสงที่มองเห็นในบางช่วงความยาวคลื่น โลหะออกไซด์และซัลไฟด์ที่ถูกใช้มากที่สุด ได้แก่ TiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3 , Cr_2O_3 , MnO_x และ CdS ซึ่งยังสามารถใช้โลหะอื่น ๆ เป็นสารเจือในโครงสร้างเพื่อเปลี่ยนแปลงสีให้มีเฉดสีต่าง ๆ เกิดขึ้น เช่น Ni, Sb, Fe, Mn, Zn, Cr, Bi, Sr, Y, Cu เป็นต้น จากสารทั้งหมดที่ใช้ทำเป็นเม็ดสี ไททาเนียมออกไซด์ถูกใช้เป็นเม็ดสีมากที่สุดเนื่องจากเป็นสารไม่อันตรายและมีความเสถียรสูง ในทางการค้า มีการผลิตเม็ดสีที่สะท้อนรังสี NIR ให้มีเฉดสีต่าง ๆ กัน ดังแสดงในภาพที่ 25 (Stiefel, 2004)

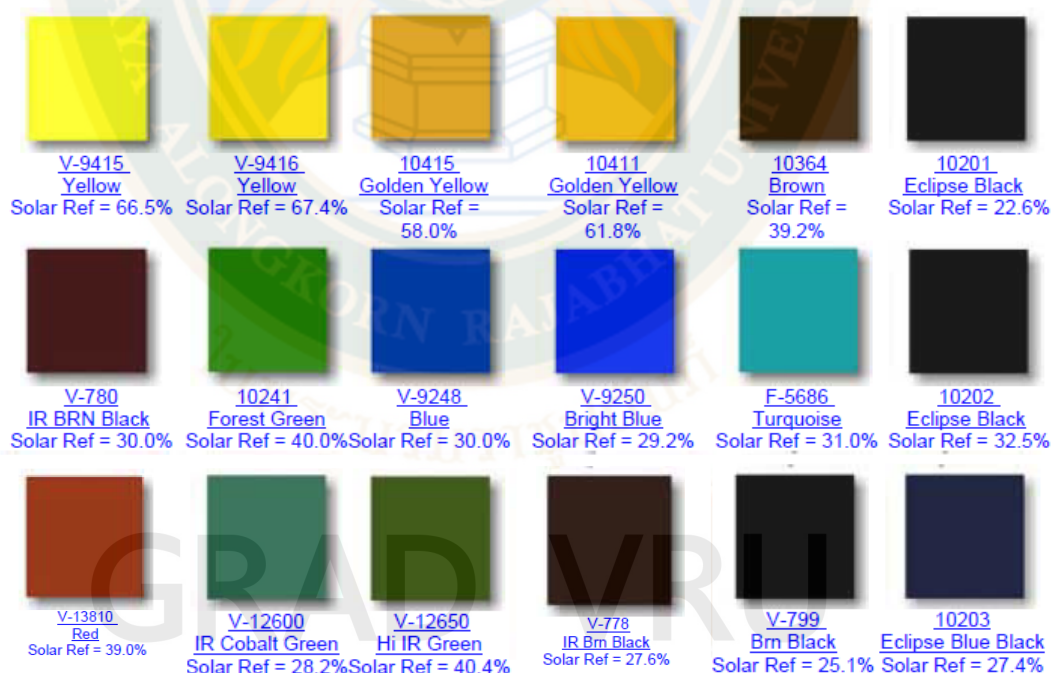
Klabunde et al. (2007) ได้ศึกษาการสะท้อนรังสี NIR ของโลหะออกไซด์ที่มีอนุภาคระดับนาโนเมตร พบว่าขนาดของผลึกที่มีขนาดเล็กระดับนาโนเมตรมีการสะท้อนรังสี NIR สูงขึ้นประมาณร้อยละ 15-20 ตารางที่ 8 แสดงขนาดของโลหะออกไซด์บางชนิดที่การสะท้อนขึ้นอยู่กับขนาดของ

ผลึกและขนาดของอนุภาค โลหะออกไซด์ทั้งหมดที่ถูกใช้ในสีทาภายนอกเพื่อป้องกันความร้อนอยู่ในรูปของผงละเอียด ซึ่งโลหะออกไซด์มีความเป็นไปได้สูงที่จะผลิตในระดับอุตสาหกรรม

ตารางที่ 8 สมบัติการสะท้อนรังสี NIR ของโลหะออกไซด์ที่มีผลึกเล็กและผลึกใหญ่

Metal oxide	R % at 810 nm	Mean particle aggregate size (μm)	Average crystallite size (nm)	Surface area (m^2/g)
NC-CeO ₂	110	61.6	≤ 7	≥ 50
MC-CeO ₂	92	95.0	55	6
NC-Al ₂ O ₃	102	1.4	Amorphous	≥ 275
MC-Al ₂ O ₃	92	2.6	70	68
NC-TiO ₂	108	14.5	Amorphous	≥ 500
MC-TiO ₂	98	16.4	79	8
NC-MgO-I	109	4.2	8	≥ 230
NC-MgO-II	105	7.8	≤ 4	≥ 600
MC-MgO	103	2.4	23	45

ที่มา : Klabunde et al. (2007)

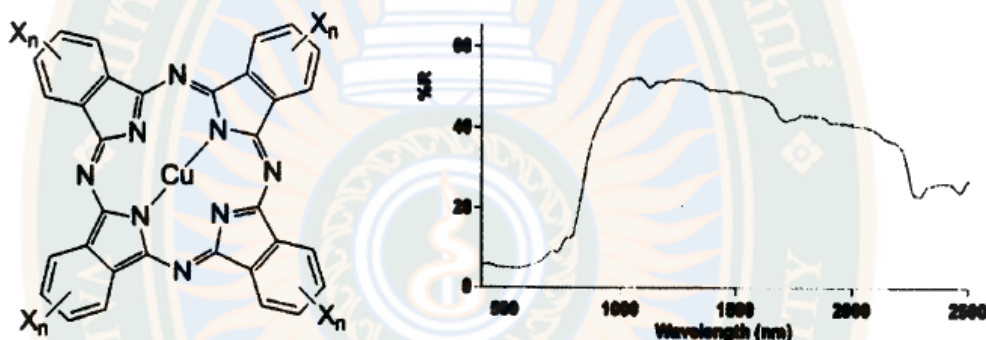


ภาพที่ 25 เม็ดสีสะท้อนรังสี NIR ที่มีในท้องตลาด)

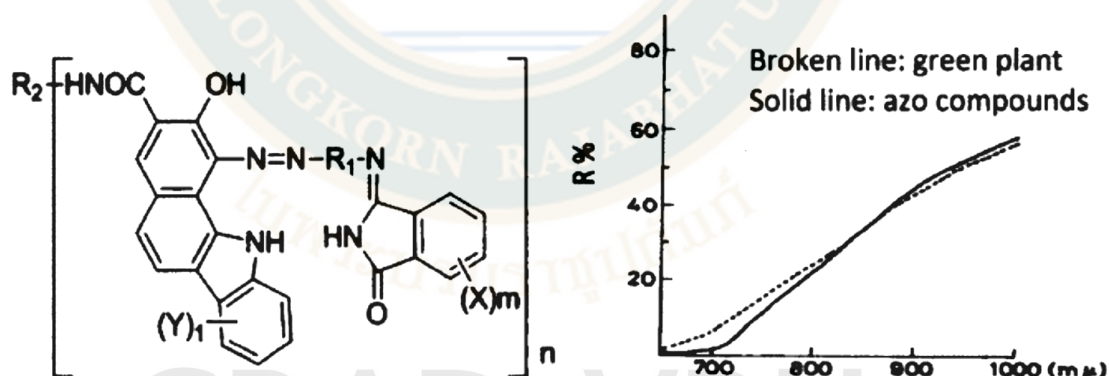
ที่มา : Stiefel (2004)

2.12.3 สารอินทรีย์ (Organic materials)

สารอินทรีย์ที่สะท้อนรังสี NIR ส่วนมากเป็นสินแร่ มีการกล่าวถึงเม็ดสีสีดำที่ประกอบด้วย copper phthalocyanine (Baler, 2006) และ เม็ดสี azo (Horiguchi, Ohira, Abe, Zama & Saikatu, 1987) เป็นเม็ดสีที่สะท้อนรังสี NIR ได้สูง copper phthalocyanine สามารถสะท้อนรังสีได้มากกว่าร้อยละ 50 ในช่วงความยาวคลื่น 1000-1500 nm และร้อยละ 35 ในช่วง 1500-2200 nm ดังแสดงในภาพที่ 26 เม็ดสี azo ดังแสดงในภาพที่ 27 ถูกใช้งานในการย้อมสิ่งทอ สีและหมึกพิมพ์ โดยให้สีเขียวทึบ



ภาพที่ 26 โครงสร้างและการสะท้อนรังสีอินฟราเรดของ copper phthalocyanine
ที่มา : Baler (2006)



ภาพที่ 27 โครงสร้างและการสะท้อนรังสีอินฟราเรดของ azo
ที่มา : Horiguchi, Ohira, Abe, Zama & Saikatu (1987)

2.12.4 วัสดุธรรมชาติ

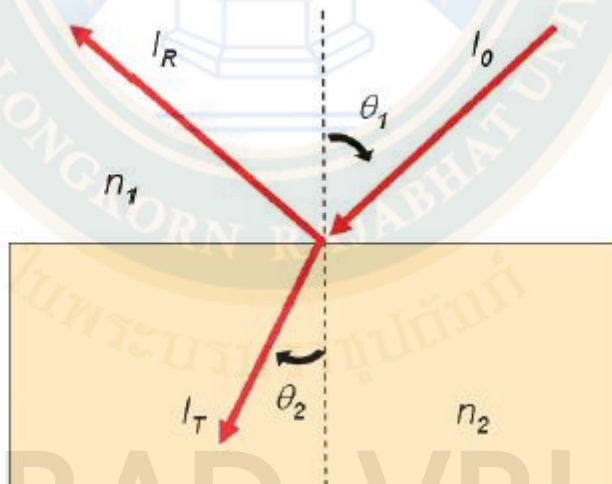
วัสดุธรรมชาติที่สะท้อนรังสีอินฟราเรด ได้แก่ คลอโรฟิล ในใบพืช ซึ่งสามารถสะท้อนสีเขียวและรังสีอินฟราเรดได้ประมาณร้อยละ 40-60 ขึ้นอยู่กับชนิดของพืช การสะท้อนรังสีอินฟราเรดของใบพืชเป็นการป้องกันการเกิดความร้อนเนื่องจากความร้อน (Heat stress) ในใบพืช ทำให้เกิด

การกลายน้ำมากและใบเหี่ยว แต่น่าเสียดายที่คลอโรฟิลเป็นสารที่ไม่คงทน สลายตัวได้ง่ายจึงไม่เหมาะที่จะนำมาใช้ในงานสะท้อนรังสีอินฟราเรดในชีวิตประจำวันของมนุษย์ (Sliwinski, Pipoly & Blonski, 2002)

2.11 ลักษณะการสะท้อนของรังสีในผิววัสดุ

การสะท้อนของรังสีในเนื้อวัสดุสามารถแบ่งออกได้ตามลักษณะของผิววัสดุดังนี้ คือ

2.13.1 การสะท้อนบนผิวเรียบ (Specular reflection) เป็นการสะท้อนของรังสีในเนื้อวัสดุที่มีผิวเรียบ เมื่อรังสีตกกระทบ (I_o) กับผิววัสดุด้วยมุม θ_1 รังสีสะท้อน (I_R) จะสะท้อนออกไปด้วยมุมที่มีค่าเท่ากับมุมตกกระทบ ปริมาณการสะท้อนขึ้นกับดัชนีหักเหของวัสดุนั้น ๆ ถ้าวัสดุนั้นเป็นวัสดุทึบ รังสีจะสะท้อนออกมาทั้งหมด ถ้าวัสดุนั้นเป็นวัสดุโปร่งแสง รังสีจะถูกส่งผ่านวัสดุนั้นไปและมีการสะท้อนกลับบางส่วน ดังนั้นความเข้มของรังสีตกกระทบ (I_o) จึงมีค่าเท่ากับ ผลรวมของความเข้มของรังสีสะท้อน (I_R) กับรังสีส่งผ่าน (I_T) ($I_o = I_R + I_T$) วัสดุที่มีผิวเรียบ ได้แก่ วัสดุที่ไม่มีขอบเกรน เช่น ผลึกเดี่ยว (Single crystal) แก้วที่มีโครงสร้างผลึกแบบ ออสัญฐาน (Amorphous) พหุผลึก (Polycrystal) ที่มีรูปร่างคิวบิกและมีการแพร่ของเกรนเข้าหากันจนมีความหนาแน่นใกล้เคียงหรือเท่ากับผลึกเดี่ยว ลักษณะการสะท้อนดังแสดงในภาพที่ 28 (Song, Sprague, Macleod & Jacobson, 1985)



ภาพที่ 28 การสะท้อนของรังสีบนผิวเรียบ

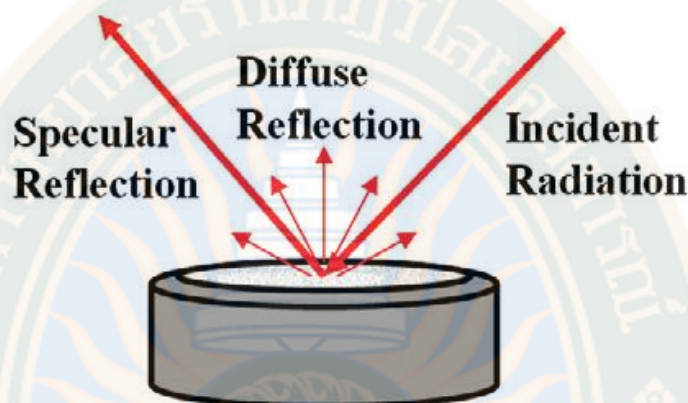
ที่มา : Song, Sprague, Macleod & Jacobson (1985)

2.13.2 การสะท้อนของรังสีบนผิวขรุขระ (Diffuse reflection) เป็นการสะท้อนของรังสีบนผิวที่ไม่เรียบ ทำให้เกิดการกระเจิง (Scattering) ของรังสีขึ้น ทิศทางการสะท้อนของรังสีจึงไม่มีทิศทางแน่นอน สะท้อนออกไปได้ทุกทิศทาง วัสดุที่มีการสะท้อนลักษณะนี้ ได้แก่ ผงวัสดุ พหุผลึก เป็นต้น พหุผลึกเกิดการสะท้อนแบบนี้เนื่องจากรังสีถูกทำให้เกิดการกระเจิงจากขอบเกรนของพหุผลึก



2615280817

ทำให้การสะท้อนเกิดขึ้นทุกทิศทาง ดังแสดงในภาพที่ 29 (Song, Sprague, Macleod & Jacobson, 1985)



ภาพที่ 29 การสะท้อนของรังสีบนผิวขรุขระ
ที่มา : Song, Sprague, Macleod & Jacobson (1985)

2.12 กระบวนการเตรียมสารด้วยวิธีปฏิกิริยาสถานะของแข็ง (Solid state reaction)

การเตรียมวัสดุด้วยวิธีปฏิกิริยาสถานะของแข็ง เป็นวิธีที่ง่าย ๆ ไม่ซับซ้อน แต่การเกิดปฏิกิริยาเกิดขึ้นยาก การเตรียมสารวิธีนี้เป็นการนำสารที่เป็นของแข็งมาผสมกันโดยตรง และนำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิที่เกิดกลไกทางเทอร์โมไดนามิกส์ ทำให้เกิดการแพร่ขึ้นในโมเลกุลของสาร แล้วเกิดปฏิกิริยาระหว่างของแข็งกับของแข็ง แล้วเกิดสารใหม่ขึ้น ซึ่งการกระทำดังกล่าวเรียกว่า แคลไซน์ การที่ของแข็งกับของแข็งจะเกิดกลไกทางเทอร์โมไดนามิกส์และเกิดปฏิกิริยากันได้ มีปัจจัยสำคัญได้แก่ ผิวสัมผัสของสารตั้งต้นที่จะให้เกิดปฏิกิริยา ผิวสัมผัสมากจะทำให้มีโอกาสเกิดปฏิกิริยามากตามไปด้วย ดังนั้นขนาดอนุภาคเล็กจะทำให้กระบวนการนี้เกิดขึ้นได้ดีกว่าสารที่มีขนาดอนุภาคใหญ่ (Suk-Joong et al., 2004) เมื่อผิวสัมผัสของสารตั้งต้นมีสูง จะต้องมียุทธศาสตร์ที่ผิวสัมผัสสูงและเกิดการแพร่ขึ้นระหว่างอะตอม ไอออนของสารทั้งสองเกิดการแพร่เข้าไปในกันเมื่ออุณหภูมิเหมาะสม จึงสามารถทำให้เกิดปฏิกิริยาขึ้นได้ ดังนั้น วิธีนี้จึงต้องใช้พลังงานความร้อนมากในการสังเคราะห์วัสดุ ในขณะที่วิธีอื่น เช่นการทำให้เกิดปฏิกิริยาระหว่างของเหลวกับของเหลว หรือของเหลวกับแก๊ส จะทำให้สังเคราะห์ได้มากกว่าแต่มีปัญหาเรื่องสิ่งแวดล้อม

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงเลือกวิธีการเตรียมสารด้วยวิธีปฏิกิริยาของแข็งในการปรับปรุงดินลูกรัง เนื่องจากสามารถใช้วิธีการทางกายภาพเข้าไปช่วย เช่น การชะล้าง แยกขนาด การบด ซึ่งกระบวนการเหล่านี้ไม่ซับซ้อน สามารถนำมาปรับปรุงให้เกิดสารใหม่ขึ้นจากดินลูกรัง



2.13 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.15.1 การปรับปรุงพื้นผิวเส้นใยและสิ่งทอ

Perepelkin (2005) ได้ทำการปรับปรุงคุณภาพเส้นใยและสิ่งทอด้วยการพัฒนาจากค่านิยมและปัญหาการใช้งาน ซึ่งมีหลายวิธีที่ถูกใช้เพื่อพัฒนาสมบัติทางด้านแสงของเส้นใยและสิ่งทอ เช่น การปรับปรุงสมบัติทางฟิสิกส์ การปรับปรุงพื้นผิวและการเติมตัวเติมลงไปบนเส้นใยและสิ่งทอ การปรับปรุงทางฟิสิกส์ประกอบด้วย การเปลี่ยนรูปร่างของผิวหน้าตัด (cross section) และการเปลี่ยนโครงสร้างโมเลกุลโดยกระบวนการดึงเส้นใยด้วยวิธีต่าง ๆ ซึ่งการวิจัยพบว่าการเปลี่ยนรูปของผิวหน้าตัดทำให้เกิดปฏิสัมพันธ์กับแสงและรังสีแม่เหล็กไฟฟ้าได้มากขึ้น

Güneşoğlu, Kut and Orhan (2006) ได้ศึกษาการปรับปรุงพื้นผิวของเส้นใยและสิ่งทอทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกลและการเกิดสีของเส้นใยและสิ่งทอ วิธีการที่เรียกว่า Wrinkle-free treatment เป็นวิธีที่นิยมใช้ในการปรับปรุงและดัดแปลงพื้นผิวโดยใช้ dimethyloldihydroxyethylene urea (DMDHEU) เป็นสารที่เป็นโซ่พอลิเมอร์ (crosslinking agent) สำหรับป้องกันการย่นของเส้นใย

Lee, Yeo and Jeong (2003) ได้ใช้การทรีทเมนต์คอลลอยด์ อนุภาคนาโน และนาโนเลเยอร์ ในการปรับปรุงพื้นผิวของเส้นใยและสิ่งทออีกด้วย ผงเงินถูกใช้เป็นสารต่อต้านแบคทีเรีย โดยการเตรียมให้มีอนุภาคขนาดนาโนแล้วเคลือบที่ผิวของสิ่งทอ นาโนเลเยอร์ที่เป็น polyelectrolytes ถูกนำมาใช้ในการเคลือบผิวผ้าฝ้าย ไนล่อนและผ้าไหม โดยวิธี Gero Decher's layer-by-layer (LBL) วิธี LBL เป็นการใช้อนุภาคประจุที่มีขั้วตรงข้ามกับอิเล็กโทรไลต์ลงบนผิวของเส้นใยหรือสิ่งทอแล้วจุ่มลงในอิเล็กโทรไลต์ เพื่อให้อนุภาคที่อยู่ในอิเล็กโทรไลต์เคลือบบนผิวของเส้นใยหรือสิ่งทอเนื่องจากมีขั้วที่แตกต่างกัน การเคลือบผิวด้วยเทคนิคนี้เป็นการเปิดประตูไปสู่เทคนิคการใช้ประจุในการชาร์ตเพื่อเคลือบผิวเส้นใยและสิ่งทอด้วยอนุภาคนาโนหรือคอลลอยด์วิธีอื่นอีกด้วย

Langhals (2003) ได้ทดลองเติมตัวเติมลงในเส้นใยหรือสิ่งทอเพื่อปรับปรุงสมบัติของเส้นใยหรือสิ่งทอนั้น สารตัวเติมประกอบด้วย สารย้อมสี (dyes) เม็ดสี (pigments) เป็นต้น การเติมสารย้อมสีและเม็ดสีสามารถเติมในขณะที่สังเคราะห์เส้นใย หรือหลังจากสังเคราะห์เส้นใย หรือสามารถใช้กับเส้นใยที่ทอเป็นสิ่งทอเรียบร้อยแล้ว สารย้อมสีและเม็ดสีเป็นสารที่มีปฏิสัมพันธ์กับแสงและคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าบนเส้นใยและสิ่งทอ ที่ผ่านมามีการพัฒนาสารย้อมสีให้มีปฏิสัมพันธ์กับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีขนาดความยาวคลื่นที่ยาวขึ้นให้อยู่ในช่วง near-infrared (NIR) ซึ่งเป็นช่วงคลื่นที่ให้ความร้อน

2.15.2 สารย้อมสีหรือเม็ดสีที่ดูดกลืนและสะท้อน Near Infrared (NIR)

สารย้อมสีหรือเม็ดสีที่พัฒนาเพื่อดูดกลืน NIR ยังไม่มีการพัฒนาเพื่อนำมาใช้สำหรับสิ่งทอส่วนใหญ่ถูกพัฒนาไปใช้ทางการแพทย์ เช่น การรักษาเนื้อเยื่อ การสร้างรังสีฟลูออเรสเซนซ์ นอกจากนี้ยังถูกใช้ในทางอิเล็กทรอนิกส์เพื่อใช้เป็นตัวเก็บแสง เป็นต้น ซึ่งในปัจจุบันมีการพัฒนาสารให้มีการดูดกลืน NIR ให้สูงขึ้นด้วยการลดขนาดอนุภาคและลดการเกาะตัวกันของอนุภาคให้มีการเกาะตัวกันอย่างหลวม ๆ ลดผลของการเปลี่ยนแปลงของคลื่นไปในรูปอื่น เป้าหมายหลักของการวิจัยคือ การทำให้สารย้อมสีหรือเม็ดสีมีการดูดกลืนรังสีที่มีความยาวคลื่นสูงขึ้นไปกว่าความยาวคลื่นของแสง ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการแพทย์ได้ดี แต่หากต้องการสารที่สะท้อนความร้อนออกจากวัสดุนั้น จะต้องพัฒนาวัสดุนั้นให้สามารถสะท้อนรังสี NIR ได้

Yu et al. (2007) ได้ทดลองใช้วิธี bathochromic shift ซึ่งเป็นการเติมสารตัวเติมที่เป็นตัวรับและตัวให้อิเล็กตรอนที่ดีแก่โมเลกุลของสารย้อมสีหรือเม็ดสี เพื่อเพิ่มความเข้มให้กับโมเลกุลของสารย้อมสี และการเพิ่ม TT-conjugation ของโมเลกุลของสารย้อมสีด้วย

Martinez & Cowan (2008) ได้ทำการศึกษาวิจัยการใช้สารย้อมสีเป็นตัวสะท้อน NIR เพื่อนำไปใช้ในกองทัพบกสหรัฐอเมริกา ซึ่งในปัจจุบันใช้การแช่กรด และการย้อมโดยตรงเพื่อปรับปรุงผิวของสิ่งทอ สำหรับไนลอน ผ้าฝ้าย เป็นต้น กองทัพต้องการสมบัติที่ไวต่อแสงและคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และคงทนต่อการซักกรีด ซึ่งสารที่ดูดกลืน NIR จึงไม่เพียงพอต่อการใช้เป็นเครื่องแต่งกายของทหาร โดยเครื่องแบบทหารจะต้องเป็นวัสดุที่สะท้อนความร้อนจากร่างกายไม่ให้รังสีความร้อนออกไปสู่ภายนอกทำให้เวลากลางคืน เครื่องตรวจจับคลื่นอินฟราเรดไม่สามารถตรวจจับการเคลื่อนไหวของทหารได้ ซึ่งวัสดุที่สะท้อนรังสีแม่เหล็กไฟฟ้าได้ดีนั้นต้องประกอบด้วย สารที่มีดัชนีการหักเหของแสงสูง องค์ประกอบทางเคมี โครงสร้างของสาร รูปร่างของอนุภาค ขนาดอนุภาค และความขรุขระของผิว

Yamada (2000) ได้ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและโครงสร้างของสารเป็นสิ่งที่ทำให้วัสดุแสดงออกซึ่งการสะท้อนรังสีแม่เหล็กไฟฟ้า โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ช่วงความยาวคลื่นของแสงและอินฟราเรด เส้นใยหรือสิ่งทอส่วนใหญ่ที่ผ่านการย้อมเบื้องต้นมีการสะท้อนในช่วงความยาวคลื่นของแสง แต่อย่างไรก็ตามการสะท้อนรังสีอินฟราเรดมีความสำคัญมากสำหรับการใช้งานสิ่งทอที่เป็นเครื่องนุ่งห่มสำหรับกันหนาวหรือเครื่องนุ่งห่มสำหรับกันความร้อนจากดวงอาทิตย์ในพื้นที่เขตร้อน องค์ประกอบทางเคมีและโครงสร้างของสารมีผลต่อสมบัติการสะท้อนของ NIR พันธะเคมีในวัสดุตั้งฉากกับคลื่นซึ่งทำให้เกิดการสั่นและสร้างแถบ (Band) สำหรับดูดกลืน NIR โดยได้ศึกษาด้วยการมุ่งไปที่การเปลี่ยนแปลงการสะท้อนของสารย้อมสีในช่วงความยาวคลื่น 400-1000 นาโนเมตร ซึ่งให้ผลการสะท้อนที่ดีขึ้น

Yamada, Nagahara, Satoh and Kurosaki (2000) ได้ศึกษาการกระเจิงแสงในเส้นใยและสิ่งทอในลักษณะตั้งฉากและมุมต่าง ๆ พบว่า ขนาดอนุภาคที่มีขนาดมากกว่าครึ่งหนึ่งของความยาวคลื่น เกิดการสะท้อนและกระเจิงแสงได้ดีกว่าขนาดเล็ก ลักษณะพื้นผิวที่เรียบและรูปร่างทรงกลมมีการกระเจิงของแสงดีกว่าลักษณะอื่น

Han (2014) ได้ศึกษาการสะท้อนรังสี NIR ของสารสังเคราะห์นาโน $\text{La}_2\text{Mo}_{2-x}\text{Fe}_x\text{O}_9$ ($x = 0, 0.03, 0.05, 0.08, 0.10$) ด้วยการสังเคราะห์ด้วยวิธี acrylamide gel technique เพื่อต้องการให้ Fe^{3+} เข้าไปแทนที่ Mo^{6+} ใน $\text{La}_2\text{Mo}_2\text{O}_7$ เป็นผลให้สีเปลี่ยนจากสีขาวเป็นสีเหลืองอ่อน ซึ่งการมีอยู่ของ Fe^{3+} ทำให้เกิดการสะท้อน NIR ได้สูงถึง 71-93 % และเมื่อนำไปผสมในสีทาอาคารภายนอกและทำการทดสอบกับกล่องที่สร้างจำลองขึ้น ทำให้อุณหภูมิมีความแตกต่างระหว่างภายในกับภายนอก 4.5°C

Han (2015) ได้สังเคราะห์ $\text{Na}_2\text{V}_2\text{O}_7 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ nanoribbon เพื่อศึกษาการสะท้อนรังสี NIR พบว่าสามารถสะท้อนได้ 62.4-76.2 % เมื่อทำการทดลองเติมในสีทาอาคารภายนอกและทดสอบอุณหภูมิที่แตกต่าง พบว่า มีอุณหภูมิแตกต่างระหว่างภายในและภายนอก 4.5°C เช่นเดียวกับงานวิจัยข้างต้น

จากข้อมูลที่ทำการศึกษาทำให้ผู้วิจัย มีแนวทางในการพัฒนาเมดสีที่ใช้ย้อมเส้นใยฝ้ายให้ สะท้อนความร้อนเพื่อใช้เป็นเครื่องนุ่งห่มป้องกันความร้อนจากดวงอาทิตย์ โดยอาศัยปัจจัยต่าง ๆ ดังนี้

1. ใช้สารตั้งต้นที่มีอยู่ในประเทศไทย คือ ดินลูกรัง ซึ่งประกอบด้วย ซิลิกา อะลูมินาและเหล็ก ออกไซด์ ซึ่งมีดัชนีหักเหของแสงอยู่ในเกณฑ์สูง เมื่อเทียบกับสารอนินทรีย์ชนิดอื่น
2. สร้างให้เป็นสารประกอบใหม่โดยการเผาแคลไซน์ ให้เป็นสารที่คงทนต่อสภาพแวดล้อมได้ดีและมีความแข็งแรง โดยมีโครงสร้างผลึกเป็น สปิเนล
3. ควบคุมขนาดอนุภาคให้สามารถสะท้อน NIR ได้ดี ซึ่งต้องอยู่ในช่วงมากกว่าครึ่งหนึ่งของความยาวคลื่นของ NIR
4. สร้างแรงยึดติดระหว่างเมดสีกับเส้นใยและสิ่งทอให้สูงขึ้นเพื่อการใช้งานที่คงทน จากแนวคิดดังกล่าวจึงพอสรุปเป็นกรอบแนวคิดการวิจัยได้ดังภาพที่ 1

บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยและพัฒนาเรื่องการพัฒนาเม็ดสีสะท้อนรังสีอินฟราเรดจากดินลูกรังเพื่อข่มเส้นใยฝ้าย มีการดำเนินการวิจัยดังนี้

3.1 สารเคมี อุปกรณ์และเครื่องมือ

รายละเอียดของอุปกรณ์การทดลองและเครื่องมือที่จำเป็นในการเตรียมเม็ดสีสะท้อนรังสีอินฟราเรดเพื่อข่มเส้นใยฝ้ายแสดงในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 สารเคมี อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

สารเคมี อุปกรณ์และเครื่องมือ	บริษัท	ข้อมูลจำเพาะ
ดินลูกรัง	เลย บุรีรัมย์ มุกดาหาร กาฬสินธุ์ กาญจนบุรี	สีแสดแดง
โครเมียมออกไซด์	Aldrich chemistry	บริสุทธิ์ > 98%
วานาเดียมออกไซด์	Aldrich chemistry	บริสุทธิ์ > 98%
นิกเกิลออกไซด์	Aldrich chemistry	บริสุทธิ์ > 98%
เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง	Mettler instrument	รุ่น Mettler AM 2300
ตู้อบ	Tabai espec corporation	รุ่น Safty oven SPHH-100
เตาเผา	Yamamoto corporation	รุ่น FJ-31
Ball miller		ความเร็วรอบ 0-100 รอบ/นาที
Particle size analyzer	Mavern instrument	รุ่น Mastersizer 2000
Scanning electron microscope	Jeol	รุ่น JSM-T330A
BET surface area analyzer	Quantachrome	รุ่น Autosorb iQ
Fiber optic spectrometer	Avantes solution	รุ่น AvaSoft 8
Energy dispersive Spectrophotometer (EDS)	Oxford instrument	รุ่น INCA x-act
X-ray diffractometer (XRD)	Shimazu corporation	รุ่น XRD 6000

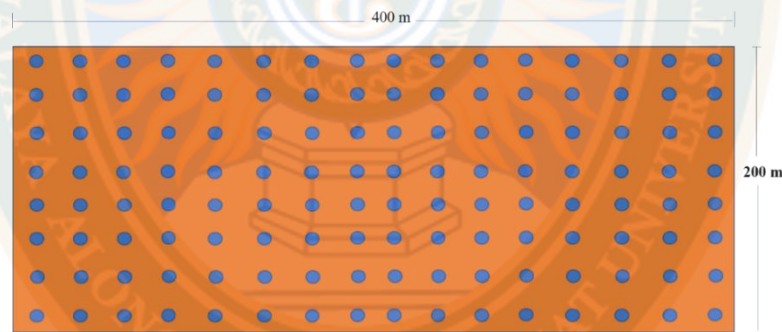


2615280817

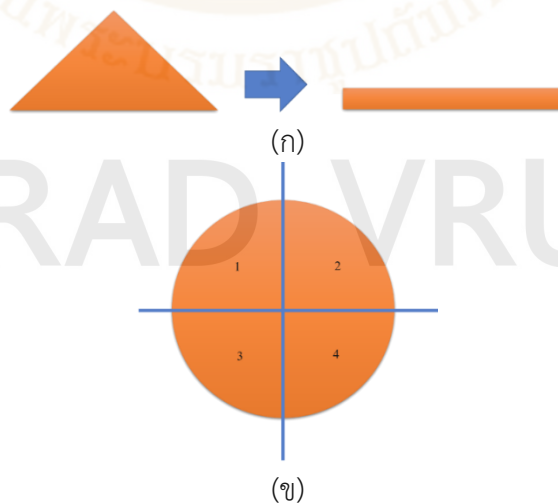
VRU 1Thesis 58B74670106 thesis / recv: 07062566 19:06:35 / seq: 20

3.2 การเตรียมตัวอย่าง

เก็บตัวอย่างดินลูกรังที่ผิวดิน และลึกลงใต้ผิวดินระยะ 10 เซนติเมตร (นันททิยา อัจฉรวรรณ ไพรัช วงศ์ยุทธไกร และสมพล มงคลพิทักษ์สุข, 2554) โดยเก็บตัวอย่างดินตามตำแหน่งในภาพที่ 30 เก็บตัวอย่างดินแต่ละจุดห่างกัน 25 เมตร จากพื้นที่ 400x200 ตารางเมตร นำมาบดรวมกันแล้วสุ่มตัวอย่างดังภาพที่ 31 นำดินที่บดรวมกันกองเป็นเหมือนภูเขาแล้วเกลี่ยให้ราบเป็นวงกลม จากนั้นแบ่งเป็น 4 ส่วน แล้วเลือกเอาฝั่งตรงข้ามกัน 2 ส่วน ผสมให้เข้ากันอีกครั้ง กองเป็นภูเขาแล้วเกลี่ยให้เป็นวงกลมแบ่ง 4 ส่วน อีกครั้ง และเลือกเอา 2 ส่วน ทำอย่างนี้จนได้ดินเท่าที่จะนำมาทดลอง เพื่อให้ได้ตัวอย่างดินที่เป็นตัวแทนของดินจริง ๆ ซึ่งดินที่นำมาทดลองนี้ได้จากแหล่งที่ชุมชนมีการนำดินลูกรังไปย้อมผ้า 5 แหล่ง โดยเจาะจงเลือกจากแหล่งชุมชนที่ใช้ดินลูกรังในการย้อมผ้า ได้แก่ 1) ดินบ้านวังไฮ ตำบลภูวง อำเภอหนองสูง จังหวัดมุกดาหาร 2) ดินบ้านเจริญสุข ตำบลเจริญสุข อำเภอเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดบุรีรัมย์ 3) ดินบ้านคำไผ่ ตำบลหนองกุง จังหวัดกาฬสินธุ์ 4) ดินบ้านโนนป่าซาง ตำบลโนนป่าซาง อำเภอผาขาว จังหวัดเลย และ 5) ดินบ้านรางหวาย ตำบลรางหวาย อำเภอพนมทวน จังหวัดกาญจนบุรี



ภาพที่ 30 ตำแหน่งการเก็บตัวอย่างดิน



ภาพที่ 31 การสุ่มตัวอย่างดิน (ก) การผสมดินให้เข้ากัน (ข) การแบ่งส่วนตัวอย่างดิน

3.3 ศึกษาลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของแหล่งดินลูกรังจากชุมชนที่ใช้ดินลูกรังย้อมผ้า

3.3.1 การวัดการกระจายขนาดอนุภาค การวัดการกระจายขนาดอนุภาคใช้วิธีการวัด 2 วิธี คือ อนุภาคขนาดใหญ่กว่า $45 \mu\text{m}$ ใช้ตะแกรงร่อน (Sieve ASTM Standard) และ การวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Laser diffraction ใช้วิเคราะห์การกระจายขนาดอนุภาคที่มีขนาดต่ำกว่า $45 \mu\text{m}$ การเตรียมตัวอย่างสำหรับตะแกรงร่อนทำโดยนำผงตัวอย่างที่ผ่านการอบแห้ง 100 กรัม นำมาผ่านตะแกรงร่อนด้วยวิธีเปียก (Wet sieve) นำสารที่ค้างในตะแกรงแต่ละขนาดไปอบให้แห้ง ชั่งน้ำหนัก หาร้อยละของช่วงขนาดอนุภาค วิธีนี้สามารถใช้วิเคราะห์ขนาดอนุภาคอยู่ในช่วงอนุภาคใหญ่จนถึงอนุภาคเล็กสุดที่ $45 \mu\text{m}$ สำหรับตัวอย่างที่ผ่านตะแกรงเบอร์เล็กสุดที่มีขนาดอนุภาคต่ำกว่า $45 \mu\text{m}$ ถูกนำไปเตรียมตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์หาการกระจายขนาดในช่วงต่ำกว่า $45 \mu\text{m}$ ด้วยเทคนิค Laser diffraction วัดจุดที่ถูกระเหิดด้วยวิธีนี้ได้แก่ ดินลูกรัง

การเตรียมตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Laser diffraction ใช้ผงที่ผ่านตะแกรงและมีขนาดต่ำกว่า $45 \mu\text{m}$ ถูกเตรียมโดยการนำสารดังกล่าวมาทำให้กระจายตัวอย่างสม่ำเสมอโดยใช้สารละลายโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟส ร้อยละ 0.2 โดยน้ำหนัก เป็นตัวช่วยในการกระจายตัว (Dispersing agent) และกวนโดยใช้ Magnetic stirrer เพื่อให้เป็นเนื้อเดียวกัน ก่อนนำเข้าเครื่องวัดการกระจายขนาดอนุภาค วัดจุดที่ถูกระเหิดโดยวิธีนี้ได้แก่ ดินลูกรังที่ผ่านตะแกรงร่อน $45 \mu\text{m}$ โครเมียมออกไซด์ วานาเดียมออกไซด์และนิกเกิลออกไซด์

3.3.2 การศึกษาลักษณะโครงสร้างจุลภาคของวัตถุบิ การศึกษาลักษณะโครงสร้างจุลภาคโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) รุ่น JSM-T33A เพื่อศึกษาขนาด รูปร่าง และการกระจายขนาดอนุภาค ขนาดรูพรุน รอยแตก โดยนำตัวอย่างวัตถุบิที่เป็นผง มาทำการวิเคราะห์ SEM ที่เชื่อมต่อกับ EDS ทำให้สามารถวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีได้ด้วย สำหรับงานวิจัยนี้มีการเตรียมตัวอย่างดังนี้

การเตรียมตัวอย่างทำได้โดยการโรยผงตัวอย่างลงไปบนแท่นรองให้เกิดการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ โดยวางบนคาร์บอนเทป สำหรับตัวอย่างที่มีอนุภาคขนาดใหญ่ ในกรณีที่ตัวอย่างมีอนุภาคขนาดเล็ก เตรียมโดยนำผงที่ได้จากการสุมตัวอย่างมาทำให้กระจายตัว โดยใช้สารโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟต แล้วใช้หลอดหยด หยดสารแขวนลอยลงบนแท่นรอง ทิ้งไว้จนแห้งที่อุณหภูมิห้อง นำไปเคลือบผิวด้วยทอง โดยการ Sputtering เพื่อทำให้เกิดสภาพนำไฟฟ้า แล้วให้อิเล็กตรอนที่ค้างบนผิวตัวอย่างถูกปล่อยออกไป จากนั้นนำมาวิเคราะห์ลักษณะอนุภาค เช่น รูปร่าง ขนาด และการกระจายขนาดอนุภาคและยังสามารถหาองค์ประกอบทางเคมีได้จาก EDS ที่เชื่อมต่อกับ SEM

3.3.3 การศึกษาลักษณะโครงสร้างผลึกโดยวิธี X-ray diffractometer (XRD) ทำการศึกษาโดยใช้เครื่อง XRD ที่ใช้รังสี $\text{CuK}\alpha_1$ ซึ่งมีความยาวคลื่น 1.54056 \AA โดยมีวิธีเตรียมตัวอย่างดังนี้ นำผงตัวอย่างอัดแน่นบนแผ่นรองโดยทำให้ได้ระนาบกับขอบแผ่นรอง นำไปวัดในช่วงมุม 15 ถึง 80 องศา แล้วนำมาเทียบกับคาร์ดมาตรฐาน JCPDS



2615280817

VRU_1Thesis_58B74670106_thesis / recv: 07062566 19:06:35 / seq: 20

3.4 พัฒนาเม็ดสีจากดินลูกรังให้มีสมบัติสะท้อนรังสีอินฟราเรดและค่าสีของเม็ดสี

การพัฒนาเม็ดสีจากดินลูกรังให้มีขนาดเม็ดสีให้มีขนาด 350 - 1,250 นาโนเมตรให้สามารถสะท้อนความร้อนเพื่อใช้ย้อมสิ่งทอมีขั้นตอนการทดลองดังต่อไปนี้

1. นำดินลูกรังมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีด้วยการ Energy Dispersive Spectrometer (EDS) ด้วยการนำดินลูกรังมาเผาเพื่อไล่สารอินทรีย์ที่อุณหภูมิ 1,000°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง นำไปหามวลที่หายไป จากนั้นนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบด้วยเทคนิค EDS แล้วนำมาคำนวณรวมกับมวลที่หายไป จะได้องค์ประกอบเคมีทั้งหมดของดินลูกรัง

2. แยกซิลิกา ในดินลูกรังมีทรายหรือซิลิกาผสมอยู่เป็นจำนวนมากและมีขนาดใหญ่ ดังนั้นจึงต้องทำการแยกซิลิกาและวัสดุที่มีขนาดใหญ่ออก ด้วย 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนแรกแยกด้วยตะแกรงร่อนขนาด 325 mesh หรือ 45 μm ขั้นตอนที่ 2 นำดินลูกรังที่มีขนาดเล็กกว่า 45 μm มาแยกซิลิกาอีกครั้ง โดยอาศัยการตกตะกอนซึ่งเป็นไปตามกฎของสโตก (Stoke's law) ดูดเอาดินลูกรังที่มีขนาดอยู่ในช่วง 350-1,250 nm นำมาอบให้แห้ง วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีด้วยวิธีในข้อ 1 และวิเคราะห์เฟสด้วย XRD วัดขนาดอนุภาคด้วยเทคนิค Laser diffraction โดยเลือกแหล่งดินที่มีองค์ประกอบหลักคือ ซิลิกา (SiO_2) อะลูมินา (Al_2O_3) และเหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3) ซึ่งมีค่าเหมาะสมในการนำมาพัฒนาเป็นเม็ดสี 2 แหล่งดินที่ได้จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ที่มี เหล็ก (Fe) และ ไททานเนียม (Ti) สูง อย่างละ 1 แหล่ง เนื่องจาก Fe_2O_3 และ TiO_2 มีดัชนีหักเหสูงกว่าวัสดุอื่น

3. นำดินลูกรังที่เตรียมได้ในข้อ 2 ไปแคลไซน์ที่อุณหภูมิ 900°C 1,000°C 1,100°C 1,200°C และ 1,300°C เพื่อให้เกิดเม็ดสีต่าง ๆ และโครงสร้างที่ทนต่อสิ่งแวดล้อม

4. วิเคราะห์เฟสที่เกิดขึ้นด้วยเทคนิค X-ray diffraction (XRD) ขนาดอนุภาคด้วยเทคนิค Laser diffraction ลักษณะทางกายภาพของอนุภาคด้วยเทคนิค SEM

5. เลือกดินลูกรังมีผ่านการแคลไซน์ ที่ 900 °C มาบดให้มี 5 ขนาด โดยให้อยู่ในช่วง 350 – 1,250 nm ด้วย Ring mill ที่เวลาต่าง ๆ กัน เปรียบเทียบขนาดกับเวลา นำ 5 ขนาดของดินลูกรังที่บดมาวัดการสะท้อนรังสี NIR เลือกขนาดที่สะท้อน NIR ที่ดีที่สุด มาบดด้วย Ring mill กับอุณหภูมิ 1,000°C 1,100°C 1,200°C และ 1,300°C

6. วิเคราะห์เฟสที่เกิดขึ้นด้วยเทคนิค X-ray diffraction (XRD) ขนาดอนุภาคด้วยเทคนิค Laser diffraction ลักษณะทางกายภาพของอนุภาคด้วยเทคนิค SEM องค์ประกอบเคมีด้วย EDS วัดการสะท้อนรังสีด้วย UV-Visible Light-NIR spectrophotometer โดยการนำผงซึ่งที่บดแล้ววัดการสะท้อนและการดูดกลืนรังสีในช่วงตั้งแต่รังสี UV จนถึง Near Infrared

7. วัดค่าสีของเม็ดสีที่เตรียมได้ด้วย Color Measurement ซึ่งรายงานผลด้วยระบบ $L^*a^*b^*$ เป็นระบบการบรรยายสีแบบ 3 มิติ โดยที่แกน L^* จะบรรยายถึงความสว่าง (lightness) จากค่า $+L^*$ แสดงถึงสีขาว จนถึง $-L^*$ แสดงถึงสีดำ แกน a^* จะบรรยายถึงแกนสีจากเขียว ($-a^*$) ไปจนถึงแดง ($+a^*$) ส่วนแกน b^* จะบรรยายถึงแกนสีจากน้ำเงิน ($-b^*$) ไปเหลือง ($+b^*$) เพื่อเปรียบเทียบเม็ดสีที่ของเม็ดสีที่แคลไซน์ที่อุณหภูมิแตกต่างกัน

3.5 ปัจจัยที่มีผลต่อการติดสีในการย้อมสีที่สังเคราะห์ได้จากดินลูกรัง และเปรียบเทียบผลการสะท้อนรังสี NIR

นำเม็ดสีที่เตรียมได้ ย้อมกับเส้นใยฝ้ายที่ผสมสารช่วยติดสี และย้อมโดยการไม่ผสมสารช่วยติดสี ที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ นำไปทอให้เป็นผ้าแล้วนำมาวัดวัดการสะท้อนรังสีด้วยเทคนิค UV-Vis-NIR Spectrophotometry เพื่อเปรียบเทียบผลการสะท้อนรังสี NIR ของผ้าที่ทอขึ้นจากการย้อมเส้นใยฝ้ายจากเม็ดสีด้วยอัตราส่วนต่าง ๆ จากนั้น นำผ้าที่ย้อมแล้วตัดให้มีขนาด 10x10 ตารางเซนติเมตร ไปประกอบเข้ากับเครื่องวัดอุณหภูมิ โดยต่อเทอร์โมคัปเปิลเข้าผ้าทั้งสองด้าน ให้ความร้อนโดยใช้หลอดไฟฟ้า 200 วัตต์ โดยตั้งให้ห่างจากผ้า 10 เซนติเมตร เพื่อให้ได้อุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิของพลังงานจากดวงอาทิตย์ที่ผิวโลก วางตัวอย่างให้สูงจากพื้น 10 เซนติเมตร วัดอุณหภูมิทั้งสองด้านเปรียบเทียบอุณหภูมิที่แตกต่างเป็นเวลา 6 ชั่วโมง หาความแตกต่างของอุณหภูมิเปรียบเทียบแต่ละอัตราส่วนเพื่อหาอัตราส่วนที่มีอุณหภูมิแตกต่างสูงสุด

3.6 ศึกษาประสิทธิภาพความคงทนของเม็ดสีจากดินลูกรังในการย้อมสิ่งทอ

ความคงทนของสี เปรียบเทียบบนเกรย์สเกลมาตรฐานอุตสาหกรรม โดยศูนย์วิเคราะห์และทดสอบสิ่งทอ สถาบันอุตสาหกรรมสิ่งทอ ตามเกรย์สเกลความคงทนของสีมาตรฐานอุตสาหกรรม มอก. 121-2552 ประกาศในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศและงานทั่วไป เล่ม 127 ตอนพิเศษ 33 ง. วันที่ 15 มีนาคม 2553 ได้แก่

1. ประสิทธิภาพความคงทนของสีต่อแสงมาตรฐานอุตสาหกรรม มอก.121-2552 เล่ม 2
2. ประสิทธิภาพความคงทนของสีต่อการซักมาตรฐานอุตสาหกรรม มอก.121-2552 เล่ม 3
3. ประสิทธิภาพความคงทนของสีต่อเหงื่อมาตรฐานอุตสาหกรรม มอก.121-2552 เล่ม 4
4. ประสิทธิภาพความคงทนของสีต่อการขัดถูมาตรฐานอุตสาหกรรม มอก.121-2552 เล่ม 5

3.7 ถ่ายทอดนวัตกรรมผลิตภัณฑ์สู่ชุมชน

โดยจัดอบรมเชิงปฏิบัติการการย้อมเส้นใยฝ้ายจากการพัฒนาเม็ดสีสะท้อนรังสีอินฟราเรดจากดินลูกรังเพื่อย้อมเส้นใยฝ้าย ให้กับกลุ่มแม่บ้าน วิสาหกิจชุมชน ผู้ประกอบการ และผู้สนใจทั่วไป จำนวน 30 คน โดยการจัดอบรมเชิงปฏิบัติการ ใช้เวลาในการดำเนินการ 1 วัน วัดความรู้ก่อนและหลังการอบรมและความพึงพอใจในการเข้าร่วมอบรม

3.7.1 วิธีดำเนินการ

1. ประสานงานทางชุมชนเพื่อถ่ายทอดนวัตกรรม กลุ่มเป้าหมายจำนวน 30 คน
2. จัดเตรียมเอกสารที่ใช้ในการจัดอบรมเชิงปฏิบัติการ ประกอบด้วยรายละเอียด 3

ส่วน ได้แก่

ส่วนที่ 1 เอกสารประกอบการอบรมที่ได้จากการวิเคราะห์เนื้อหาในเอกสาร

งานวิจัย

ส่วนที่ 2 ภาคปฏิบัติ

ส่วนที่ 3 แบบทดสอบความรู้ และแบบประเมินความพึงพอใจหลังอบรม

3. ดำเนินงานจัดอบรมเชิงปฏิบัติการ โดยดำเนินการทดสอบความรู้ก่อนและหลังอบรม มีการบรรยายเกี่ยวกับเรื่องความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการพัฒนาเมตสึสะท้อนรังสีอินฟราเรดจากดิน ลูกรังเพื่อย้อมเส้นใยฝ้าย สาธิตการย้อมเส้นใยพร้อมการบรรยาย ใช้ชุมชนลงมือปฏิบัติการย้อมเส้นใยฝ้าย และการอภิปรายผล ซักถาม และจัดทำแบบประเมินความพึงพอใจในการเข้าอบรม

4. สรุปการดำเนินงานและประเมินผลการจัดอบรมเชิงปฏิบัติการ

3.7.2 การสร้างเครื่องมือ

1. แบบทดสอบความรู้ก่อนและหลังการจัดอบรม

1.1 ผู้วิจัยศึกษาเอกสารและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการสร้างแบบทดสอบความรู้ที่ดี รวมทั้งศึกษาวัตถุประสงค์การเรียนรู้และเนื้อหา เพื่อพิจารณาแบบทดสอบรายข้อกับวัตถุประสงค์ให้ครอบคลุม ผู้วิจัยสร้างแบบทดสอบชนิดปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ

1.2 ผู้วิจัยนำแบบทดสอบความรู้ เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน เพื่อพิจารณาแบบทดสอบรายข้อกับวัตถุประสงค์ เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา จากนั้นนำผลการพิจารณาวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้อง เลือกข้อสอบที่มีค่า (Index of item-objective congruence : IOC) ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป (ราตรี นันทสุนทร, 2555) ซึ่งการวิเคราะห์ผลควรมีค่า IOC ตั้งแต่ 0.66 - 1.00 ซึ่งถือได้ว่าแบบทดสอบมีคุณภาพด้านความตรงเชิงเนื้อหาทุกข้อ โดยผู้วิจัยเลือกข้อสอบไว้จำนวน 20 ข้อ จากนั้นนำแบบทดสอบความรู้ไปทดลองใช้กับกลุ่มเป้าหมาย แล้วนำผลมาวิเคราะห์หาคุณภาพของแบบทดสอบต่อไป โดยแบบทดสอบมีเกณฑ์การให้คะแนนเพื่อหาค่า IOC ของผู้เชี่ยวชาญกำหนดเป็น 3 ระดับ ดังนี้

+1 หมายถึง แน่ใจว่า แบบทดสอบวัดตรงตามวัตถุประสงค์หรือตรงตามเนื้อหา

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่า แบบทดสอบวัดตรงตามวัตถุประสงค์หรือตรงตามเนื้อหา

-1 หมายถึง แน่ใจว่า แบบทดสอบไม่ได้วัดตรงตามวัตถุประสงค์หรือตรงตามเนื้อหา

1.3 วิเคราะห์หาคุณภาพแบบทดสอบความรู้ นำผลการทดสอบมาวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย (P) ผู้วิจัยคัดเลือกข้อสอบที่มีความยากง่ายตั้งแต่ 0.20 - 0.80 และค่าอำนาจจำแนก (R) ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป (มนต์ชัย เทียนทอง, 2545) โดยผู้วิจัยคัดเลือกข้อสอบที่ได้เกณฑ์ตามมาตรฐานไว้จำนวนทั้งหมด 10 ข้อ มีค่าความยากง่ายตั้งแต่ 0.43 - 0.77 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.33 - 0.53

1.4 ผู้วิจัยนำแบบทดสอบความรู้ไปใช้ กับกลุ่มทดลองที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันกับกลุ่มตัวอย่าง เพื่อหาค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับของแบบทดสอบ คำนวณโดยใช้ KR-20 ของคูเดอร์ ริชาร์ดสัน (Kuder Richardson Reliability) ทั้งฉบับมีค่าเท่ากับ 0.82 ซึ่งมีคุณภาพและเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด (มนต์ชัย เทียนทอง, 2545) จัดพิมพ์แบบทดสอบฉบับจริง เพื่อนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

โดยที่คุณภาพของแบบทดสอบที่อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ สามารถนำไปใช้เก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยได้นั้น ควรมีค่าความเชื่อมั่นไม่ต่ำกว่า 0.60 หรือ 60% ขึ้นไป

1.5 การวิเคราะห์เปรียบเทียบหาค่าความแตกต่างระหว่างคะแนนแบบทดสอบความรู้ก่อนอบรมและหลังอบรม ด้วยค่าทางสถิติ t – test (dependent sample) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ซึ่งสถิติที่ใช้ในการเปรียบเทียบผลระหว่างคะแนนแบบทดสอบความรู้ก่อนอบรมและหลังอบรมมีดังนี้ (ธีรศักดิ์ อุณารมณฺ์เลิศ, 2549)

2. แบบสอบถามความพึงพอใจของการอบรม

2.1 ศึกษาการสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจ จากแนวคิด ทฤษฎีต่าง ๆ และจากเอกสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้องประเด็นความพึงพอใจของเข้ารับการอบรมที่มีต่อการจัดกิจกรรมเพื่อนำไปเป็นแนวทางในการสร้างแบบประเมิน

2.2 กำหนดเนื้อหาของแบบสอบถาม เพื่อนำมาเป็นแนวทางในการสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจ ประกอบด้วย ด้านเนื้อหาการเรียนรู้ ด้านการจัดรูปแบบกิจกรรม ด้านเจ้าหน้าที่ผู้ให้บริการ ด้านสิ่งอำนวยความสะดวก และด้านการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ ประกอบด้วยข้อคำถาม 10 ข้อ ซึ่งเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) แบ่งระดับความพึงพอใจออกเป็น 5 ระดับ คือ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย น้อยที่สุด จำนวน 1 ฉบับ

2.3 การทดสอบหาค่าความเที่ยงตรงของแบบสอบถาม ผู้วิจัยนำแบบสอบถาม ที่สร้างเรียบร้อยแล้วส่งต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน เพื่อพิจารณาตรวจสอบวิเคราะห์หาค่าความเที่ยงตรง แล้วนำผลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ ทั้งนี้ผู้วิจัยเลือกข้อคำถามที่มีค่า (Index of item-objective congruence: IOC) ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป (ราตรี นันทสุคนธ์, 2555) มาใช้เป็นข้อคำถามความพึงพอใจต่อไป

2.4 การทดสอบความเชื่อมั่น ผู้วิจัยนำแบบสอบถามความพึงพอใจไปเก็บข้อมูลจริงกับกลุ่มทดลองที่มีคุณสมบัติคล้ายคลึงกับกลุ่มตัวอย่าง จากนั้นได้นำผลมาวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามโดยหาสัมประสิทธิ์แอลฟา (α – Coefficient) ตามวิธีการของครอนบาค (Cronbach) ได้ค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามความพึงพอใจทั้งฉบับเท่ากับ 0.81 นำเอาแบบสอบถามนี้ไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยต่อไป

มหาวิทยาลัยราชภัฏวชิรเวศน์

GRAD VRU



2615280817

VRU -Thesis 58B74670106 thesis / recv: 07062566 19:06:35 / seq: 20

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

งานวิจัยเรื่อง การพัฒนาเม็ดสีสะท้อนรังสีอินฟราเรดจากดินลูกรังเพื่อย้อมเส้นใยฝ้าย เป็นการนำดินลูกรังจาก 5 แหล่ง คือ ดินบ้านวังไฮ อำเภอหนองสูง จังหวัดมุกดาหาร ดินบ้านเจริญสุข อำเภอเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดบุรีรัมย์ ดินบ้านคำไผ่ อำเภอสมเด็จ จังหวัดกาฬสินธุ์ บ้านโนนป่าซาง ตำบลโนนป่าซาง อำเภอผาขาว จังหวัดเลย และดินบ้านรางหวาย ตำบลรางหวาย อำเภอพนมทวน จังหวัดกาญจนบุรี มาวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและทางเคมี แล้วพิจารณาจากลักษณะทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมี คัดเลือกให้เหลือ 2 แหล่ง เพื่อนำไปพัฒนาให้เป็นเม็ดสีสะท้อนรังสีอินฟราเรด โดยได้ดำเนินการทดลองและได้ผลดังนี้

4.1 ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของแหล่งดินลูกรังจากชุมชนที่ใช้ดินลูกรังย้อมผ้า

4.2 ผลการพัฒนาเม็ดสีจากดินลูกรังให้มีสมบัติสะท้อนรังสีอินฟราเรด

4.3 ผลการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการติดสีในการย้อมสีที่สังเคราะห์ได้จากดินลูกรัง และเปรียบเทียบผลการสะท้อนรังสี NIR

4.4 ผลการศึกษาประสิทธิภาพความคงทนของเม็ดสีจากดินลูกรังในการย้อมสิ่งทอ

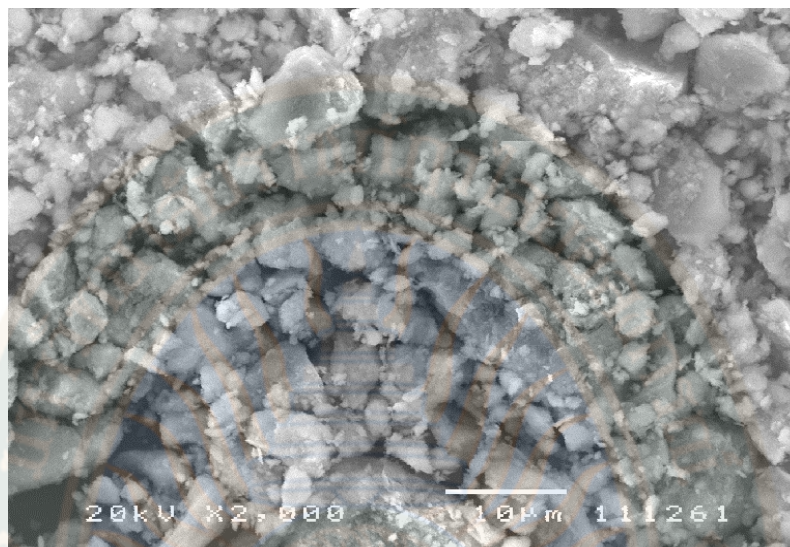
4.5 ผลการถ่ายทอดนวัตกรรมผลิตภัณฑ์สู่ชุมชน

4.1 ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของแหล่งดินลูกรังจากชุมชนที่ใช้ดินลูกรังย้อมผ้า

ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของแหล่งดินลูกรังทั้ง 5 แหล่ง เป็นการศึกษา ลักษณะโครงสร้างจุลภาคด้วยเครื่องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscope, SEM) โครงสร้างผลึกด้วยเครื่องเอ็กซ์เรย์ดิฟแฟรกชัน (X-ray diffraction, XRD) องค์ประกอบเคมีด้วยเครื่องเอ็กซ์เรย์ฟลูออเรสเซนซ์ชนิดตรวจวัดรังสีจากกระดบพลังงาน (Energy dispersive x-ray spectrometer, EDS) ซึ่งให้ผลดังนี้

4.1.1 ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของดินลูกรังจากแหล่งบ้านวังไฮ อำเภอหนองสูง จังหวัดมุกดาหาร

ลักษณะดินลูกรังจากแหล่งบ้านวังไฮ อำเภอหนองสูง จังหวัดมุกดาหาร เมื่อนำมาศึกษา ลักษณะโครงสร้างจุลภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ดังแสดงในภาพที่ 32 พบว่า ดินลูกรังมีลักษณะเกาะกันเป็นก้อน รูปทรงแหลมคม มีขนาดอนุภาคอยู่ในช่วง 1- 20 ไมโครเมตร เมื่อพิจารณาองค์ประกอบเคมีซึ่งวิเคราะห์ด้วย EDS ดังแสดงในตารางที่ 10 พบว่า มีซิลิกา (SiO_2) 34.94 % อะลูมินา (Al_2O_3) 13.74% เหล็กออกไซด์ 43.12% ไททาเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) 1.05% โพแทสเซียมออกไซด์ (K_2O) 1.48% แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) 0.36% การสูญหายเนื่องจากการเผา (Loss on ignition) 5.31%



ภาพที่ 32 ลักษณะโครงสร้างจุลภาคของดินลูกรังจากแหล่งบ้านวังไฮ อำเภอหนองสูง จังหวัดมุกดาหาร

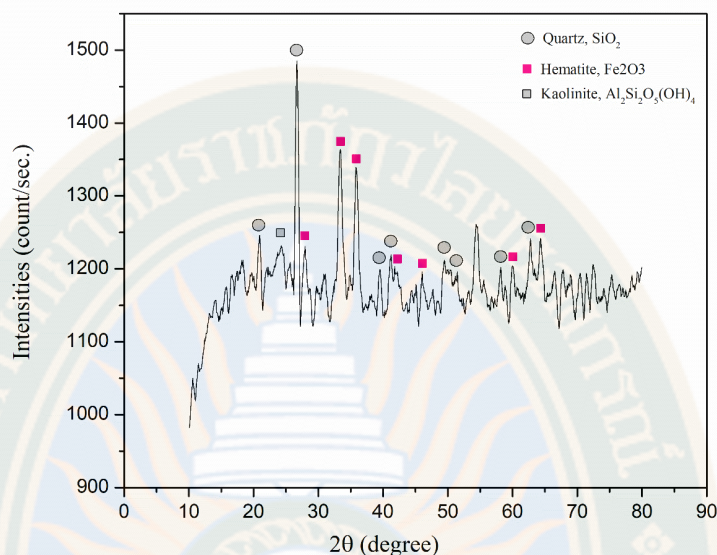
ตารางที่ 10 องค์ประกอบเคมีของดินลูกรังจากแหล่งบ้านวังไฮ อำเภอหนองสูง จังหวัดมุกดาหาร

องค์ประกอบเคมี	ปริมาณ (%)
SiO ₂	34.94
Al ₂ O ₃	13.74
Fe ₂ O ₃	43.12
TiO ₂	1.05
K ₂ O	1.48
MgO	0.36
Loss on ignition (LOI)	5.31
รวม	100

GRAD VRU



2615280817



ภาพที่ 33 ผลการวิเคราะห์โครงสร้างผลึกด้วย XRD ของดินลูกรังจากแหล่งบ้านวังไฮ อำเภอนองสูง จังหวัดมุกดาหาร

จากภาพที่ 33 ผลวิเคราะห์โครงสร้างผลึกด้วย XRD ของดินลูกรังจากแหล่งบ้านวังไฮ อำเภอนองสูง จังหวัดมุกดาหาร พบเฟสของควอตซ์ (quartz, SiO_2) ซึ่งเป็นรูปหนึ่งของซิลิกาที่มีความเสถียรที่สุดในจำนวนรูปต่าง ๆ ของซิลิกา เช่น ซิลิกาออสัญฐาน ทริติไมท์ และคริสโตบาไลท์ เป็นต้น นอกจากนี้ยังพบเฟสของเฮมาไทต์ (hematite, Fe_2O_3) ซึ่งเป็นออกไซด์ของเหล็ก หรือเรียกอีกอย่างว่า สนิมแดง (Red rust) และเฟสที่พบอีกหนึ่งเฟส คือ ดินขาวหรือคาโอลิไนท์ (kaolinite, $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$)

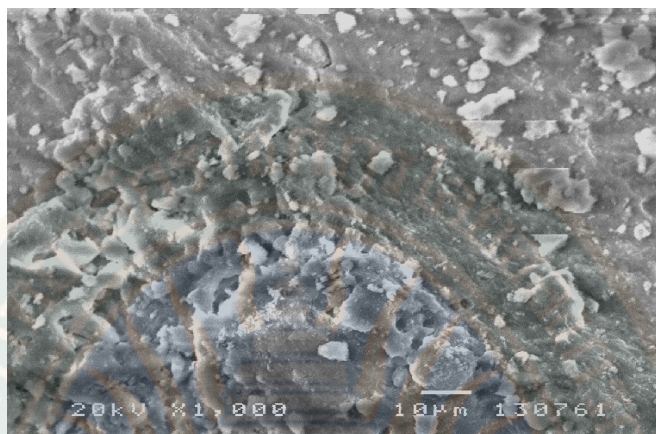
4.1.2 ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของดินลูกรังจากแหล่งบ้านโนนป่าซาง ตำบลโนนป่าซาง อำเภอมหาชัย จังหวัดเลย

ลักษณะดินลูกรังจากแหล่งบ้านโนนป่าซาง อำเภอมหาชัย จังหวัดเลย เมื่อพิจารณาจากลักษณะโครงสร้างจุลภาค ดังแสดงในภาพที่ 34 ดินลูกรังมีการจับตัวกันเป็นแผ่น ภายในแผ่นมีอนุภาคเกาะกันอย่างหลวม ๆ มีขนาดอนุภาคอยู่ในช่วงประมาณ 1-15 ไมโครเมตร เมื่อพิจารณาองค์ประกอบเคมีด้วย EDS ดังแสดงในตารางที่ 11 พบว่า มี ซิลิกา (SiO_2) 44.81 % อะลูมินา (Al_2O_3) 31.28% เหล็กออกไซด์ 11.17% ไททานเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) 3.01% การสูญหายเนื่องจากการเผา (Loss on ignition) 9.73%



2615280817

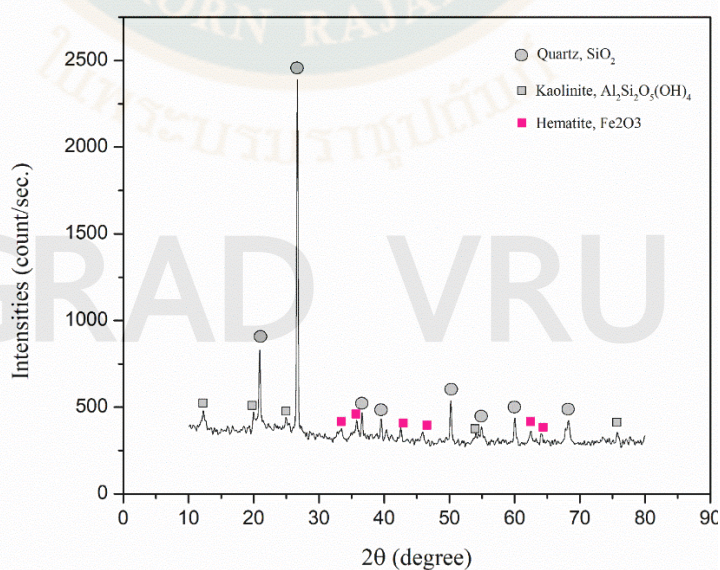
VRU-1Thesis 58B74670106 thesis / recv: 07062566 19:06:35 / seq: 20



ภาพที่ 34 ลักษณะโครงสร้างจุลภาคของดินลูกรังจากแหล่งบ้านโนนป่าซาง อำเภอผาขาว จังหวัดเลย

ตารางที่ 11 องค์ประกอบเคมีของดินลูกรังจากแหล่งบ้านโนนป่าซาง อำเภอผาขาว จังหวัดเลย

องค์ประกอบเคมี	ปริมาณ (%)
SiO ₂	44.81
Al ₂ O ₃	31.28
Fe ₂ O ₃	11.17
TiO ₂	3.01
Loss on ignition (LOI)	9.73
รวม	100

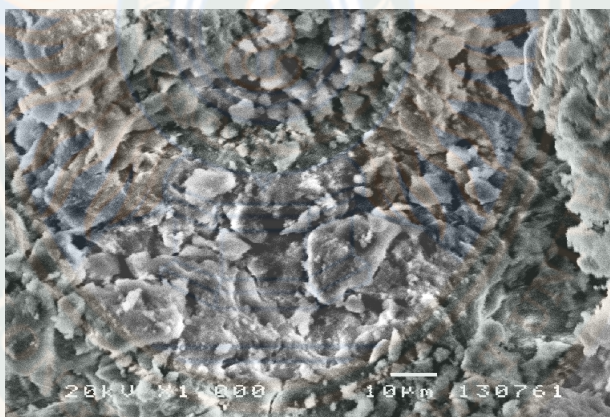


ภาพที่ 35 ผลวิเคราะห์โครงสร้างผลึกด้วย XRD ของดินลูกรังจากแหล่งบ้านโนนป่าซาง อำเภอผาขาว จังหวัดเลย

จากการวิเคราะห์โครงสร้างผลึกด้วย XRD ของดินลูกรังจากแหล่งบ้านโนนป่าซาง อำเภอผาขาว จังหวัดเลย ดังแสดงในภาพที่ 35 พบเฟสของควอตซ์ (quartz, SiO_2) เฮมาไทต์ (hematite, Fe_2O_3) และดินขาวหรือคาโอลิไนท์ (kaolinite, $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$)

4.1.3 ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของดินลูกรังจากแหล่งบ้านเจริญสุข อำเภอเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดบุรีรัมย์

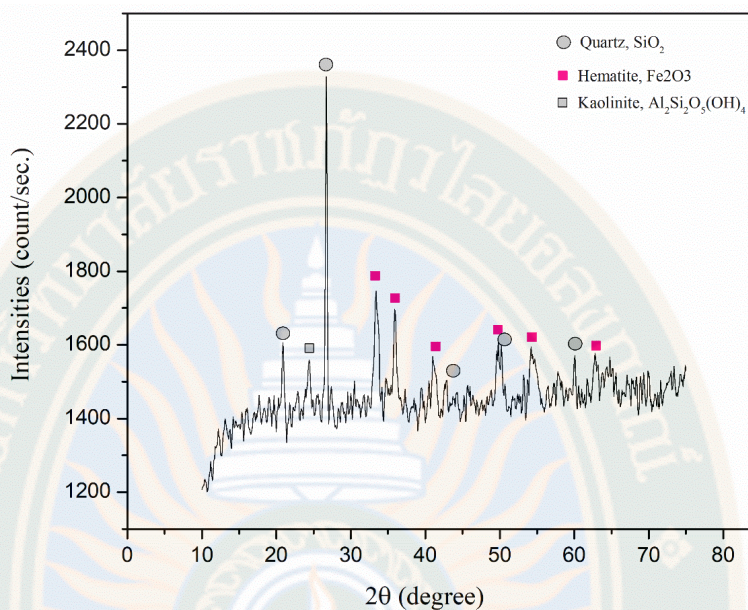
ดินลูกรังจากแหล่งบ้านเจริญสุข อำเภอเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดบุรีรัมย์ เมื่อพิจารณาลักษณะโครงสร้างจุลภาค ดังแสดงในภาพที่ 36 ลักษณะอนุภาคเกาะกันเป็นแผ่นหลวม ๆ ซ้อนกันเป็นชั้น มีขนาดอนุภาคกระจายตัวอยู่ในช่วง 1- 20 ไมโครเมตร เมื่อตรวจวัดองค์ประกอบเคมี ดังแสดงในตารางที่ 12 พบว่า มีปริมาณ ซิลิกา (SiO_2) 57.80 % อะลูมินา (Al_2O_3) 18.57% เหล็กออกไซด์ 7.74% ไททาเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) 1.08% การสูญหายเนื่องจากการเผา (Loss on ignition) 14.81%



ภาพที่ 36 ลักษณะโครงสร้างจุลภาคของดินลูกรังจากแหล่งบ้านเจริญสุข อำเภอเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดบุรีรัมย์

ตารางที่ 12 องค์ประกอบเคมีของดินลูกรังจากแหล่งบ้านเจริญสุข อำเภอเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดบุรีรัมย์

องค์ประกอบเคมี	ปริมาณ (%)
SiO_2	57.80
Al_2O_3	18.57
Fe_2O_3	7.74
TiO_2	1.08
Loss on ignition (LOI)	14.81
SUM	100



ภาพที่ 37 ผลวิเคราะห์โครงสร้างผลึกด้วย XRD ของดินลูกรังจากแหล่งบ้านเจริญสุข อำเภอเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดบุรีรัมย์

เมื่อวิเคราะห์โครงสร้างผลึกด้วย XRD ดังแสดงในภาพที่ 37 พบเฟสของควอตซ์ (quartz, SiO₂) เฮมาไทต์ (hematite, Fe₂O₃) และดินขาวหรือคาโอลิไนท์ (kaolinite, Al₂Si₂O₅(OH)₄)

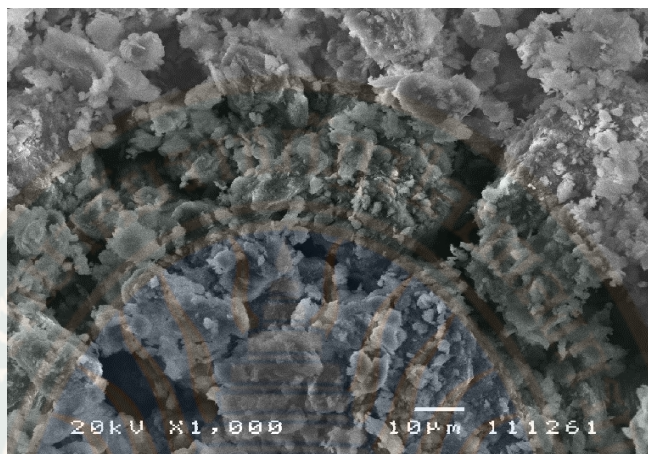
4.1.4 ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของดินลูกรังจากบ้านคำไผ่ อำเภอสมเด็จ จังหวัดกาฬสินธุ์

ลักษณะทางกายภาพของดินลูกรังจากแหล่งบ้านคำไผ่ อำเภอสมเด็จ จังหวัดกาฬสินธุ์ เมื่อพิจารณาลักษณะโครงสร้างจุลภาค ดังแสดงในภาพที่ 38 อนุภาคเกาะกันเป็นก้อนหลวม ๆ มีลักษณะกลมมน ไม่แหลมคม ขนาดอนุภาคอยู่ในช่วง 1-10 ไมโครเมตร เมื่อพิจารณาองค์ประกอบทางเคมีดังแสดงในตารางที่ 13 พบว่ามี ซิลิกา (SiO₂) 64.65 % อะลูมินา (Al₂O₃) 9.21% เหล็กออกไซด์ 4.67% ไททานเนียมไดออกไซด์ (TiO₂) 0.74% โพแทสเซียมออกไซด์ (K₂O) 1.62% แคลเซียมออกไซด์ (CaO) 1.25% แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) 1.05% การสูญหายเนื่องจากการเผา (Loss on ignition) 16.81%



2615280817

VRU_1Thesis_58B74670106_thesis / recv: 07062566_19:06:35 / seq: 20



ภาพที่ 38 ลักษณะโครงสร้างจุลภาคของดินลูกรังจากแหล่งบ้านคำไผ่ อำเภอสมเด็จ จังหวัดกาฬสินธุ์

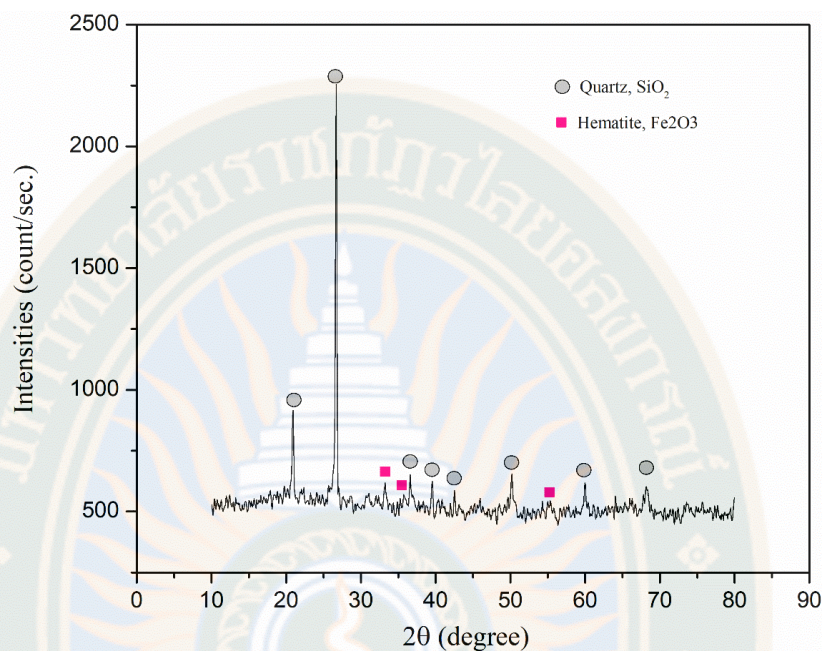
ตารางที่ 13 องค์ประกอบเคมีของดินลูกรังจากแหล่งบ้านคำไผ่ อำเภอสมเด็จ จังหวัดกาฬสินธุ์

องค์ประกอบเคมี	ปริมาณ (%)
SiO ₂	64.65
Al ₂ O ₃	9.21
Fe ₂ O ₃	4.67
TiO ₂	0.74
K ₂ O	1.62
CaO	1.25
MgO	1.05
Loss on ignition (LOI)	16.81
SUM	100

GRAD VRU



2615280817



ภาพที่ 39 ผลวิเคราะห์โครงสร้างผลึกด้วย XRD ของดินลูกรังจากแหล่งบ้านคำไผ่ อำเภอสมเด็จ จังหวัดกาฬสินธุ์

จากภาพที่ 39 ผลวิเคราะห์โครงสร้างผลึกด้วย XRD ของดินลูกรังจากแหล่งบ้านคำไผ่ อำเภอสมเด็จ จังหวัดกาฬสินธุ์ พบได้แก่ ควอตซ์ (quartz, SiO₂) เฮมาไทต์ (hematite, Fe₂O₃)

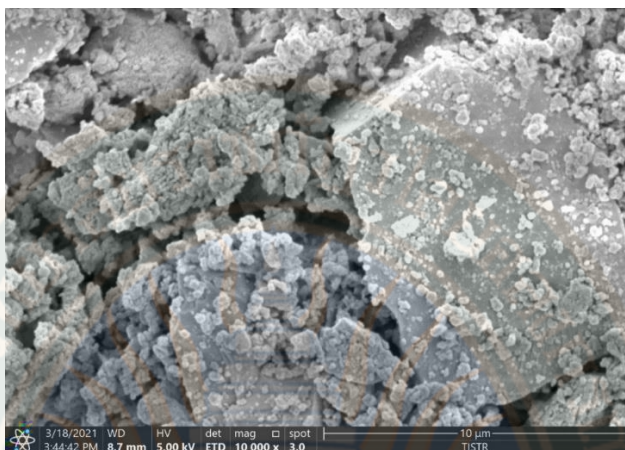
4.1.5 ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของดินลูกรังจากบ้านรางหวาย อำเภอพนมทวน จังหวัดกาญจนบุรี

ลักษณะดินลูกรังจากแหล่งบ้านรางหวาย อำเภอพนมทวน จังหวัดกาญจนบุรี มีสีแดงคล้ายคลึงกับดินลูกรังจากแหล่งบ้านโนนป่าซาง จังหวัดเลย โดยมีลักษณะโครงสร้างจุลภาคดังแสดงในภาพที่ 40 โดยอนุภาคเกาะกันอย่างหลวม ๆ มีขนาดอยู่ในช่วง 0.5-10 ไมโครเมตร ลักษณะอนุภาคขนาดใหญ่มีมุมแหลมคม อนุภาคขนาดเล็กกลมมน เมื่อพิจารณาองค์ประกอบทางเคมีด้วย EDS ดังแสดงในตารางที่ 14 พบว่า มีซิลิกา (SiO₂) 53.65% อะลูมินา (Al₂O₃) 13.24% เหล็กออกไซด์ 9.37% ไททานเนียมไดออกไซด์ (TiO₂) 1.34% โพแทสเซียมออกไซด์ (K₂O) 1.02% แคลเซียมออกไซด์ (CaO) 4.27% แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) 4.03% การสูญหายเนื่องจากการเผา (Loss on ignition) 13.11%



2615280817

VRU-IThesis 58B74670106 thesis / recv: 07062566 19:06:35 / seq: 20



ภาพที่ 40 ลักษณะโครงสร้างจุลภาคของดินลูกรังจากแหล่งบ้านรางหวาย อำเภอพนมทวน จังหวัดกาญจนบุรี

ตารางที่ 14 องค์ประกอบเคมีของดินลูกรังจากแหล่งบ้านรางหวาย อำเภอพนมทวน จังหวัดกาญจนบุรี

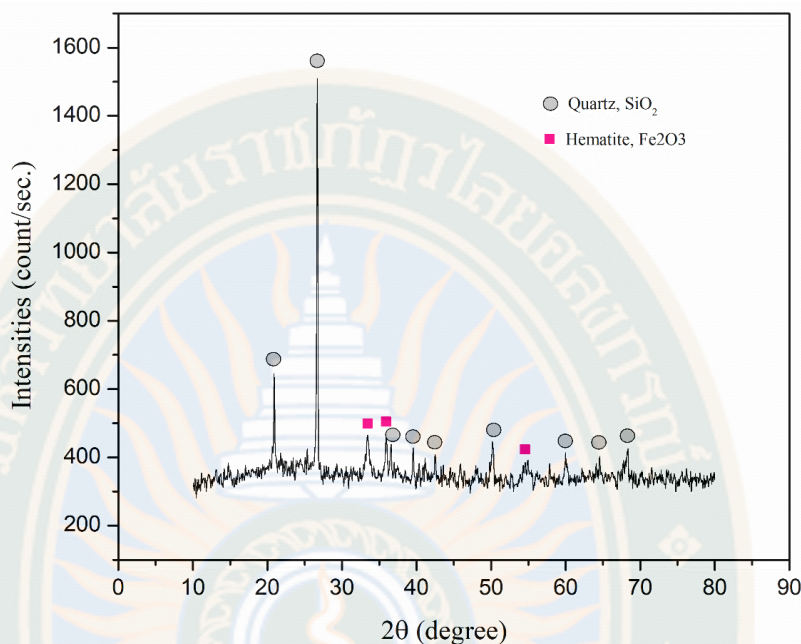
องค์ประกอบเคมี	ปริมาณ (%)
SiO ₂	53.65
Al ₂ O ₃	13.21
Fe ₂ O ₃	9.37
TiO ₂	1.34
K ₂ O	1.02
CaO	4.27
MgO	4.03
Loss on ignition (LOI)	13.11
SUM	100

GRAD VRU



2615280817

VRU :Thesis 58B74670106 thesis / recv: 07062566 19:06:35 / seq: 20



ภาพที่ 41 ผลวิเคราะห์โครงสร้างผลึกด้วย XRD ของดินลูกรังจากแหล่งบ้านรางหวาย อำเภอพนมทวน จังหวัดกาญจนบุรี

จากภาพที่ 41 ผลวิเคราะห์โครงสร้างผลึกด้วย XRD ของดินลูกรังจากแหล่งบ้านรางหวาย อำเภอพนมทวน จังหวัดกาญจนบุรี เฟสที่พบ ได้แก่ควอทซ์ (quartz, SiO_2) เฮมาไทต์ (hematite, Fe_2O_3) ไม่พบผลึกของสารประกอบในกลุ่มดินขาว

ตารางที่ 15 องค์ประกอบเคมีของดินลูกรังจากแหล่ง 5 แหล่ง

แหล่งดินลูกรัง	องค์ประกอบเคมี (%)							
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	K_2O	CaO	MgO	Loss on ignition (LOI)
บ้านวังไฮ จังหวัดมุกดาหาร	34.94	13.74	43.12	1.05	1.48	-	0.36	5.31
บ้านโนนป่าซาง จังหวัดเลย	44.81	31.28	11.17	3.01	-	-	-	9.73
บ้านเจริญสุข จังหวัดบุรีรัมย์	57.80	18.57	7.74	1.08	-	-	-	14.81
บ้านคำไผ่ จังหวัดกาฬสินธุ์	64.65	9.21	4.67	0.74	-	1.25	1.05	16.81
บ้านรางหวาย จังหวัดกาญจนบุรี	53.65	13.21	9.37	1.34	1.02	4.27	4.03	13.11

จากตารางที่ 15 และผลการวิเคราะห์ลักษณะโครงสร้างจุลภาค องค์ประกอบเคมีและโครงสร้างผลึกทำให้สามารถเลือกดินลูกรังที่มีลักษณะโดดเด่น 2 แหล่งจาก 5 แหล่ง คือ ดินลูกรังจากแหล่งบ้านวังไฮ อำเภอหนองสูง จังหวัดมุกดาหาร เนื่องจากมีปริมาณเหล็กออกไซด์สูงที่สุด ซึ่งเหล็กออกไซด์เป็นสารที่สะท้อนรังสีอินฟราเรดได้ดี ดินลูกรังจากแหล่งนี้จึงเหมาะที่จะนำไปพัฒนาการ

สะท้อนรังสีอินฟราเรดให้สามารถสะท้อนรังสีอินฟราเรดได้เพิ่มขึ้น และดินลูกรังจากแหล่งบ้านโนนป่า ชาง อำเภอนาดูน จังหวัดขอนแก่น เนื่องจากมีปริมาณเหล็กออกไซด์สูงเป็นอันดับรองจากแหล่งดินลูกรัง จากจังหวัดมุกดาหาร และมีปริมาณไททาเนียมไดออกไซด์สูงกว่าแหล่งอื่น ซึ่งไททาเนียมไดออกไซด์มี ดัชนีหักเหของแสงสูง จึงเป็นสารอีกชนิดหนึ่งที่สะท้อนรังสีได้ดี ในหัวข้อทดลองต่อไป จึงเป็นการนำ ดินลูกรังจาก 2 แหล่งนี้ไปพัฒนาให้สะท้อนรังสีอินฟราเรดให้ได้ปริมาณเพิ่มขึ้น

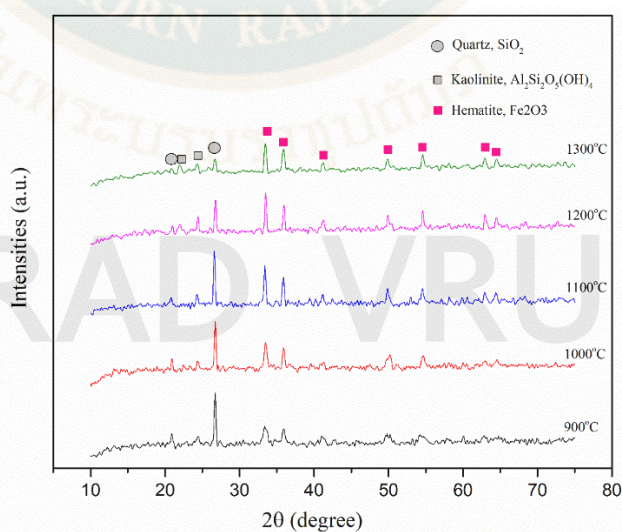
4.2 ผลการพัฒนาเม็ดสีจากดินลูกรังให้มีสมบัติสะท้อนรังสีอินฟราเรด

4.2.1 ผลการพัฒนาเม็ดสีสะท้อนรังสีอินฟราเรดจากดินลูกรังแหล่งบ้านวังไฮ อำเภอนองสูง จังหวัดมุกดาหาร

ดินลูกรังจากแหล่งบ้านวังไฮเป็นแหล่งที่มีเหล็กออกไซด์สูง ทำให้มีสีแดงเข้ม จึงถูกเลือกเป็น 1 ใน 2 แหล่ง ที่ถูกนำมาพัฒนาให้มีการสะท้อนรังสีอินฟราเรดได้ดี โดยนำมาบดด้วยเครื่องบด hammer mill และคัดขนาดให้สามารถผ่านตะแกรงร่อนขนาด 100 mesh หลังจากนั้นบดผสมด้วย ball mill อีกครั้ง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำมาคัดขนาดให้ได้ขนาดเล็กกว่า 45 ไมโครเมตร โดยใช้วิธีคัด แยกจากการตกตะกอนซึ่งเป็นไปตามกฎของสโตก (stoke's law) หลังจากนั้นนำสารไปเผาแคลไซน์ที่ อุณหภูมิ 900-1300°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เพื่อให้เกิดเฟสใหม่ บดสารหลังจากเผาแล้วให้มีขนาดอยู่ ในช่วง 1-10 ไมโครเมตร ซึ่งได้ผลการศึกษาพัฒนา ดังนี้

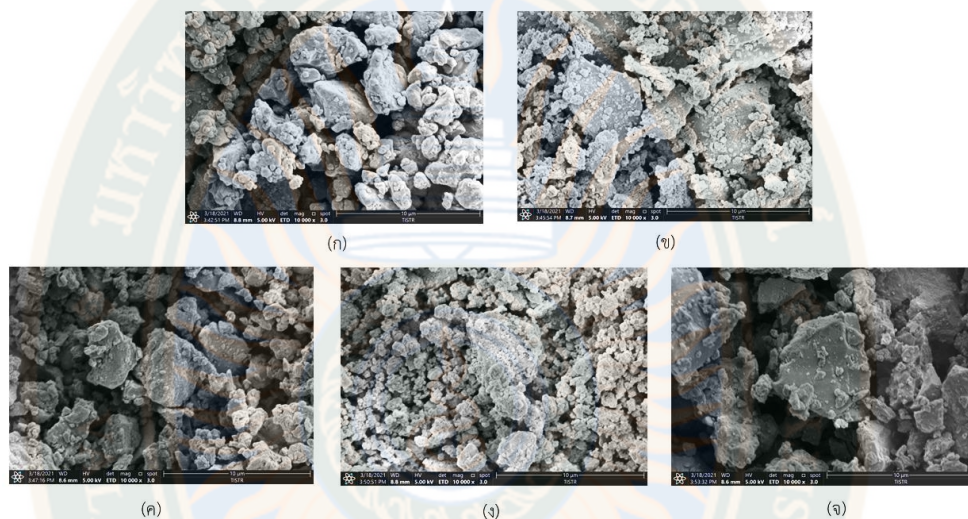
4.2.1.1 ผลของอุณหภูมิต่อการสะท้อนรังสีอินฟราเรด

ดินลูกรังที่ผ่านกระบวนการแคลไซน์ที่อุณหภูมิ 900-1300°C ถูกบดให้มีขนาดอยู่ ในช่วง 1-10 ไมโครเมตร ได้นำเม็ดสีมาวิเคราะห์ผลด้วย XRD, SEM วัดการสะท้อนรังสีอินฟราเรด ด้วยเครื่อง UV-Vis-NIR spectrophotometer และวัดค่าของสีด้วย spectrophotometer ได้ผล ดังนี้



ภาพที่ 42 ผลวิเคราะห์โครงสร้างผลึกด้วย XRD ของดินลูกรังจากบ้านวังไฮ อำเภอนองสูง จังหวัดมุกดาหารที่ผ่านการเผาแคลไซน์ที่อุณหภูมิ 900-1300°C

ดินลูกรังจากบ้านวังโฮ อำเภอนองสูง จังหวัดมุกดาหาร เมื่อผ่านการเผาแคลไซน์ที่อุณหภูมิ 900-1300°C แล้วนำมาตรวจวัดด้วย XRD ดังแสดงในภาพที่ 42 พบว่า เมื่อเพิ่มอุณหภูมิแคลไซน์พีคของเฮมาไทต์ (hematite, Fe_2O_3) เด่นชัดเพิ่มขึ้น พีคของควอทซ์ (quartz, SiO_2) และพีคของคาโอสิไนท์ ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_7$) มีความสูงลดลง



ภาพที่ 43 โครงสร้างจุลภาคของดินลูกรังจากแหล่งบ้านวังโฮ อำเภอนองสูง จังหวัดมุกดาหาร ที่ผ่านการเผาแคลไซน์ที่อุณหภูมิ 900-1300°C (ก) 900°C (ข) 1000°C (ค) 1100°C (ง) 1200°C และ (จ) 1300°C

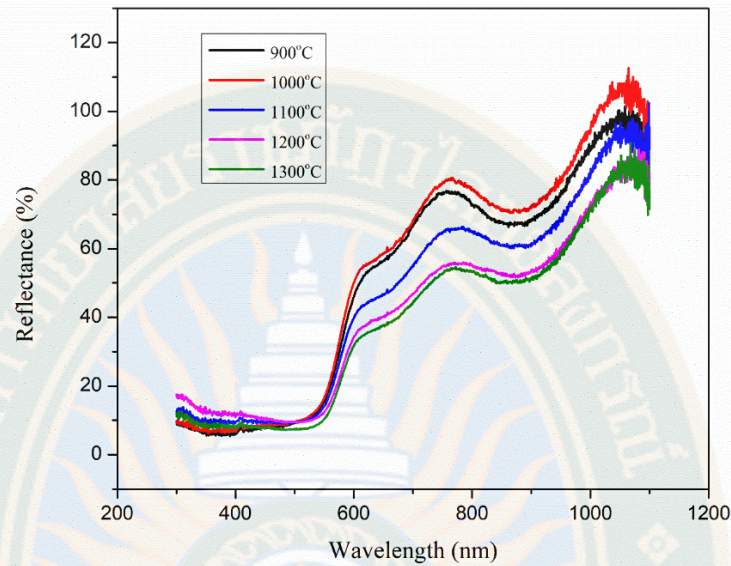
เมื่อนำดินลูกรังจากบ้านวังโฮ อำเภอนองสูง จังหวัดมุกดาหาร ที่ผ่านการแคลไซน์ที่อุณหภูมิ 900-1300°C มาตรวจคุณสมบัติโครงสร้างจุลภาคด้วย SEM ดังแสดงในภาพที่ 43 (ก)-(จ) พบว่า มีลักษณะอนุภาคเป็นเหลี่ยมแหลมคมไม่กลมมน โดยมีขนาดอนุภาคประมาณ 1-10 ไมโครเมตร โดยอนุภาคขนาดเล็กเกาะตัวกันหลวม ๆ และลักษณะของอนุภาคมีลักษณะใกล้เคียงกัน ซึ่งเป็นอนุภาคที่อยู่ในช่วงมากกว่าครึ่งหนึ่งของความยาวคลื่นของรังสีอินฟราเรด

GRAD VRU



2615280817

VRU :Thesis 58B74670106 thesis / recv: 07062566 19:06:35 / seq: 20



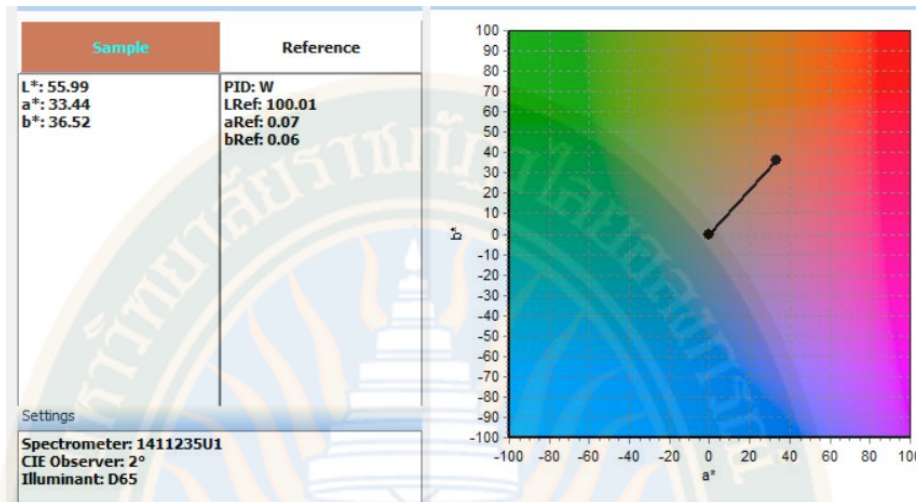
ภาพที่ 44 ผลการสะท้อนรังสีอินฟราเรดของดินลูกรังจากแหล่งบ้านวังไฮ อำเภอหนองสูง จังหวัดมุกดาหาร ที่ผ่านการเผาแคลไซน์ที่อุณหภูมิ 900-1300°C

จากภาพที่ 44 เมื่อนำผงดินลูกรังที่ผ่านการเผาแคลไซน์แล้วไปวัดค่าการสะท้อนรังสีอินฟราเรดด้วย UV-Vis-NIR spectrophotometer ดินลูกรังที่เผาแคลไซน์ทุกอุณหภูมิหรือเม็ดสีมีแนวโน้มการสะท้อนรังสีไปในทิศทางเดียวกัน คือ สามารถสะท้อนรังสีอินฟราเรดได้ดี โดยผงดินที่ผ่านการแคลไซน์ที่อุณหภูมิ 1000 °C สามารถสะท้อนรังสีอินฟราเรด (ความยาวคลื่นมากกว่า 700 นาโนเมตร) ได้ดีที่สุดที่ร้อยละ 70 ซึ่งจะถูกนำไปศึกษาในหัวข้อ การกระจายขนาดอนุภาคต่อการสะท้อนรังสีอินฟราเรดต่อไป

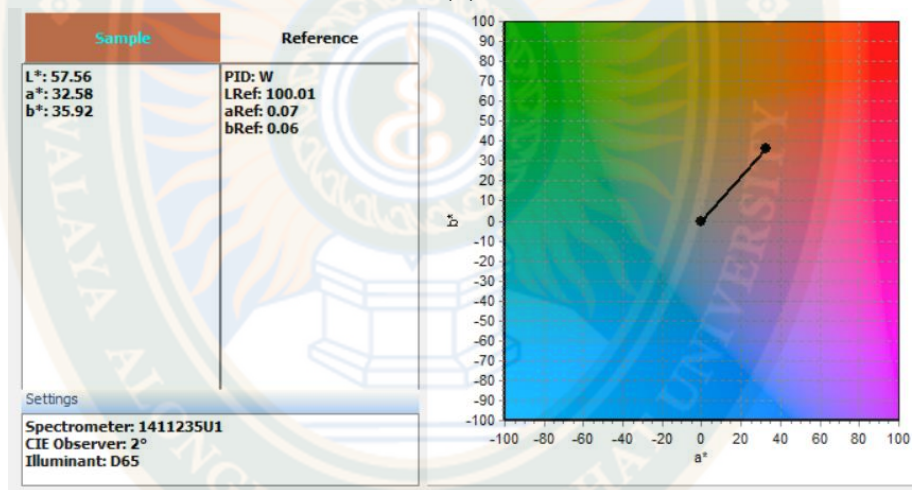
GRAD VRU



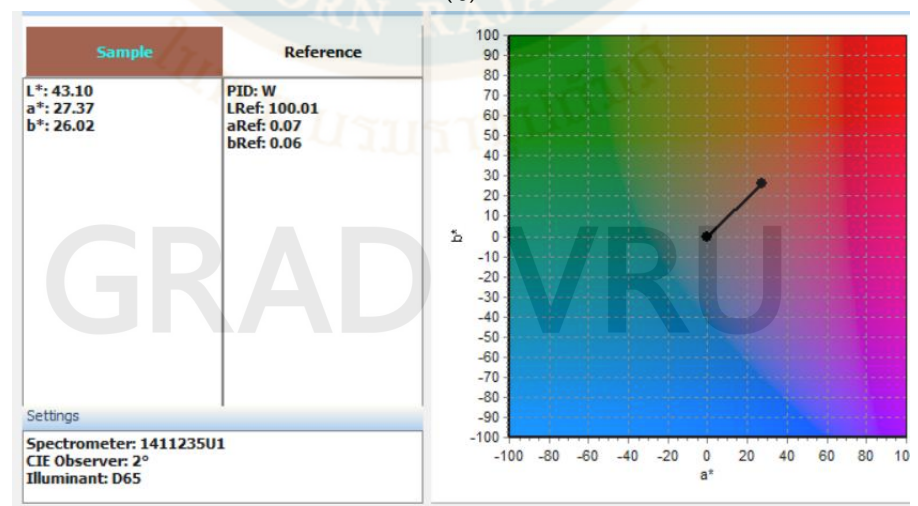
2615280817



(n)



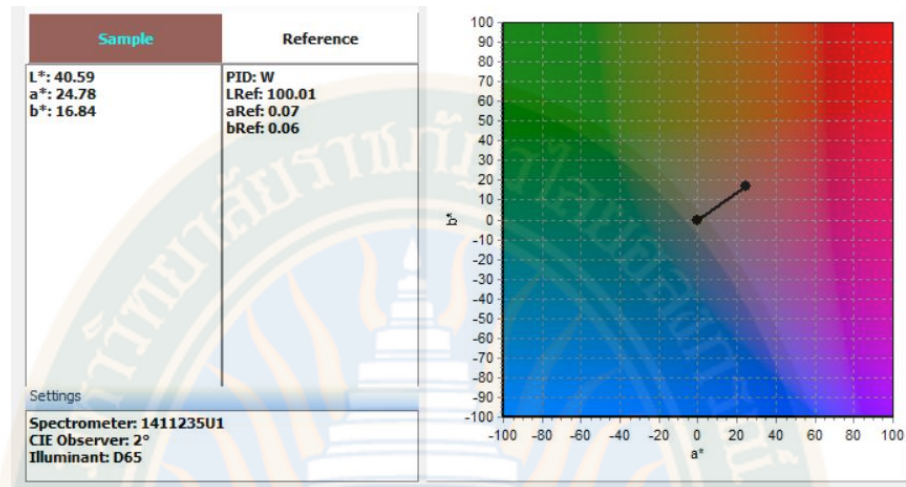
(nj)



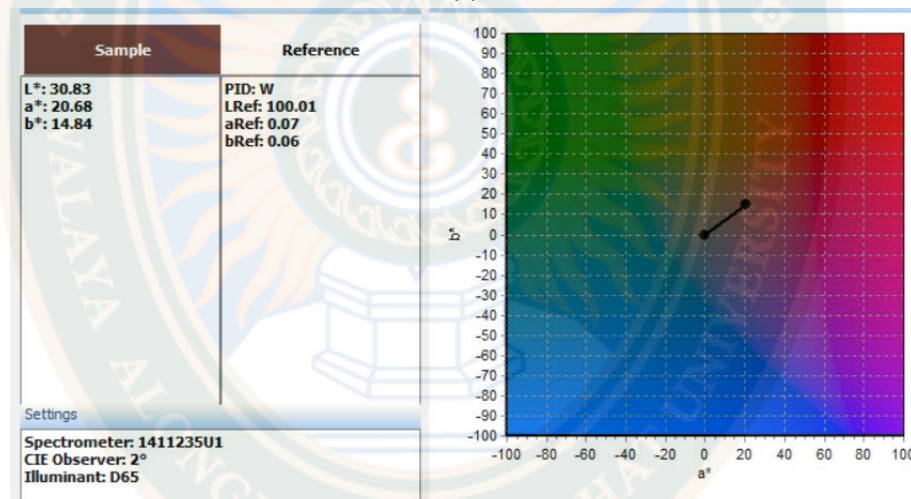
(nk)



2615280817



(ง)



(จ)

ภาพที่ 45 ค่าความสว่างและค่าสีของเม็ดสีจากดินลูกรังแหล่งบ้านวังไธ อำเภอนองสูง จังหวัดมุกดาหาร ที่ผ่านการเผาแคลไซน์ที่อุณหภูมิ 900-1300°C (ก) 900°C (ข) 1000°C (ค) 1100°C (ง) 1200°C และ (จ) 1300°C

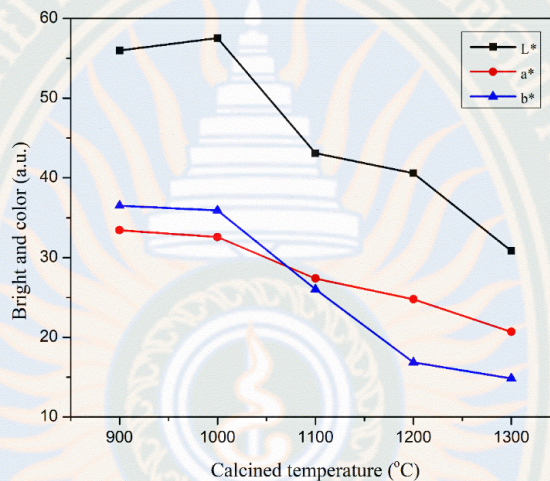
จากภาพที่ 45 ค่าความสว่างและค่าสีของเม็ดสีจากดินลูกรังแหล่งบ้านวังไธ อำเภอนองสูง จังหวัดมุกดาหาร เมื่อเผาแคลไซน์ที่ 900°C ดังภาพที่ 45 (ก) ค่าความสว่าง (L^*) มีค่าเท่ากับ 55.99 ค่าสีแดง (a^*) มีค่าเท่ากับ 33.44 และค่าสีเหลือง (b^*) มีค่าเท่ากับ 36.52 ภาพที่ 45 (ข) ค่าความสว่าง (L^*) มีค่าเท่ากับ 57.56 ค่าสีแดง (a^*) มีค่าเท่ากับ 32.58 และค่าสีเหลือง (b^*) มีค่าเท่ากับ 35.92 ภาพที่ 45 (ค) ค่าความสว่าง (L^*) มีค่าเท่ากับ 43.10 ค่าสีแดง (a^*) มีค่าเท่ากับ 27.37 และค่าสีเหลือง (b^*) มีค่าเท่ากับ 26.02 ภาพที่ 45 (ง) ค่าความสว่าง (L^*) มีค่าเท่ากับ 40.59 ค่าสีแดง (a^*) มีค่าเท่ากับ 24.78 และค่าสีเหลือง (b^*) มีค่าเท่ากับ 16.84 ภาพที่ 45 (จ) ค่าความสว่าง (L^*) มีค่าเท่ากับ 30.83 ค่าสีแดง (a^*) มีค่าเท่ากับ 20.68 และค่าสีเหลือง (b^*) มีค่าเท่ากับ 14.84



2615280817

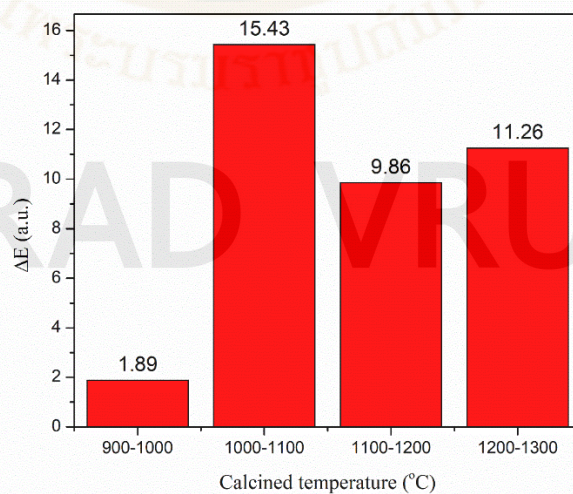
VRU iThesis 58B74670106 thesis / recv: 07062566 19:06:35 / seq: 20

เมื่อนำมาสร้างความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสว่างและค่าสีกับอุณหภูมิเผาแคลไซน์ ดังแสดงในภาพที่ 46 เมื่ออุณหภูมิเผาแคลไซน์สูงขึ้น ค่าความสว่าง ค่าสีแดงและค่าสีเหลือง ลดลงอย่างรวดเร็ว โดยค่าสีเหลืองและค่าความสว่างมีแนวโน้มการลดลงไปในทางเดียวกัน โดยที่ค่าสีแดง ลดลงในลักษณะเส้นตรง



ภาพที่ 46 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเผาแคลไซน์กับค่าความสว่างและค่าสีของเม็ดสีจากดินลูกรัง แหล่งบ้านวังไธ อำเภอนองสูง จังหวัดมุกดาหาร

เมื่อพิจารณาค่าความแตกต่างของสี (ΔE) ดังแสดงในภาพที่ 47 ที่อุณหภูมิเผาแคลไซน์ ในช่วง 1000-1100°C มีความแตกต่างของค่าสีสูงสุด ที่ 15.43



ภาพที่ 47 ค่าความแตกต่างของสีของเม็ดสีจากดินลูกรังแหล่งบ้านวังไธ อำเภอนองสูง จังหวัดมุกดาหาร

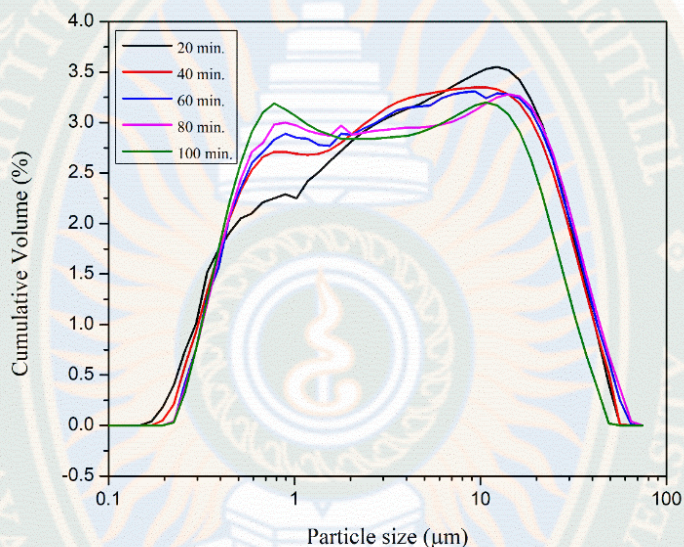


2615280817

VRU-IThesis 58574670106 thesis / recv: 07062566 19:06:35 / seq: 20

4.2.1.2 ผลของการกระจายขนาดอนุภาคต่อการสะท้อนรังสีอินฟราเรด

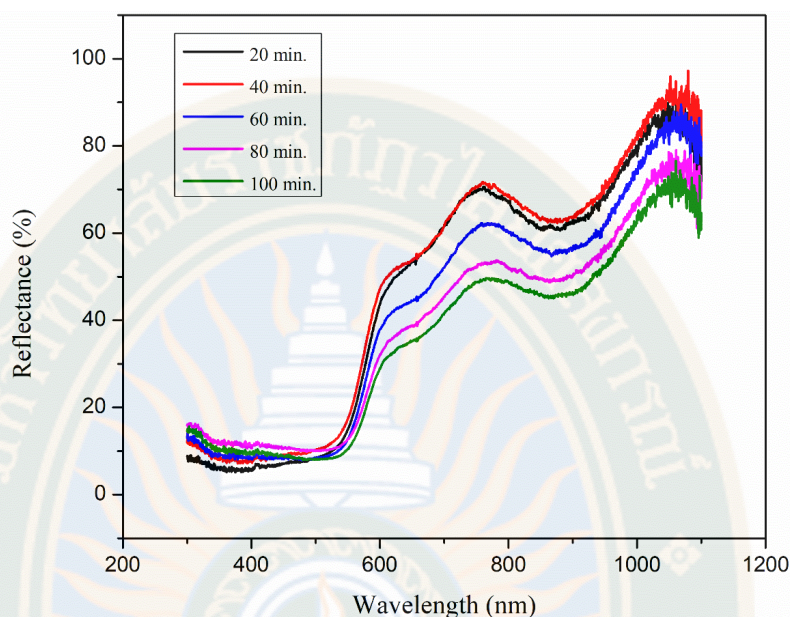
การศึกษาผลการกระจายขนาดอนุภาคต่อการสะท้อนรังสีอินฟราเรด โดยการนำเม็ดสีที่ผ่านการเผาแคลไซน์ที่อุณหภูมิ 1000°C ที่มีค่าสะท้อนรังสีอินฟราเรดดีที่สุดมาบดเพื่อลดขนาดอนุภาคด้วยเครื่อง ring mill ที่เวลา 20, 40, 60, 80 และ 100 นาที ตามลำดับ แล้วนำมาวิเคราะห์ขนาดอนุภาคและวัดค่าการสะท้อนรังสีอินฟราเรด ซึ่งได้ผลดังนี้



ภาพที่ 48 ขนาดอนุภาคของเม็ดสีจากดินลูกรังบ้านวังโฮ อำเภอนองสูง จังหวัดมุกดาหาร ที่ผ่านการเผาแคลไซน์ที่อุณหภูมิ 1000°C บดด้วยระยะเวลาที่ต่างกัน

จากภาพที่ 48 เมื่อนำเม็ดสีจากดินลูกรังบ้านวังโฮ อำเภอนองสูง จังหวัดมุกดาหาร ที่ผ่านการเผาแคลไซน์ที่อุณหภูมิ 1000°C มาบดเพื่อลดขนาดด้วย ring mill ในเวลาต่างกัน พบว่าการกระจายขนาดอนุภาคอยู่ในช่วง 0.2-50 ไมโครเมตร โดยลักษณะการกระจายแบ่งเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงที่มีขนาดเล็กอยู่ยู่ที่ 0.5 ไมโครเมตร และ 10 ไมโครเมตร โดยค่าเฉลี่ยของขนาดอนุภาคที่บดด้วยเวลา 20 นาที เท่ากับ 4.91 ไมโครเมตร 40 นาที เท่ากับ 4.85 ไมโครเมตร 60 นาที เท่ากับ 4.22 ไมโครเมตร 80 นาที เท่ากับ 3.94 ไมโครเมตร และ 100 นาที เท่ากับ 3.71 ไมโครเมตร เมื่อนำไปวัดการสะท้อนรังสีอินฟราเรด ได้ผลดังแสดงในภาพที่ 49





ภาพที่ 49 ผลการวัดการสะท้อนรังสีอินฟราเรดของเม็ดสีจากดินลูกรังจากแหล่งบ้านวังโฮ อำเภอนองสูง จังหวัดมุกดาหาร ที่มีการกระจายขนาดอนุภาคแตกต่างกัน

จากภาพที่ 49 ผลการสะท้อนรังสีอินฟราเรดของเม็ดสีจากดินลูกรังจากแหล่งบ้านวังโฮ อำเภอนองสูง จังหวัดมุกดาหาร ที่มีขนาดอนุภาคของการบดที่ 20 นาที่ มีค่าการสะท้อนรังสีอินฟราเรด ที่ร้อยละ 70 ที่มีขนาดอนุภาคของการบดที่ 40 นาที่ มีค่าการสะท้อนรังสีอินฟราเรด ที่ร้อยละ 70 (ความยาวคลื่นมากกว่า 700 นาโนเมตร) ได้ดีที่สุดในที่ร้อยละ 70 ที่มีขนาดอนุภาคของการบดที่ 60 นาที่ มีค่าการสะท้อนรังสีอินฟราเรด ที่ร้อยละ 50 มีขนาดอนุภาคของการบดที่ 80 นาที่ มีค่าการสะท้อนรังสีอินฟราเรด ที่ร้อยละ 45 มีขนาดอนุภาคของการบดที่ 100 นาที่ มีค่าการสะท้อนรังสีอินฟราเรด ที่ร้อยละ 40

4.2.2 ผลการพัฒนาเม็ดสีสะท้อนรังสีอินฟราเรดจากดินลูกรังแหล่งบ้านโนนป่าซาง อำเภอมหาชัย จังหวัดเลย

ดินลูกรังจากแหล่งบ้านโนนป่าซาง อำเภอมหาชัย จังหวัดเลย มีสีแดง และมีองค์ประกอบเคมีที่มีเหล็กออกไซด์เป็นอันดับ 2 รองจากดินลูกรังจากแหล่งบ้านวังโฮ อำเภอนองสูง จังหวัดมุกดาหาร และมีไททานเนียมไดออกไซด์เป็นองค์ประกอบสูง ซึ่งไททานเนียมไดออกไซด์มีดัชนีหักเหของแสงสูง จึงเหมาะที่จะพัฒนาให้สะท้อนรังสี จึงถูกเลือกเป็น 1 ใน 2 แหล่ง ที่ถูกนำมาพัฒนาให้มีการสะท้อนรังสีอินฟราเรดได้ดี โดยนำมาบดด้วยเครื่องบด hammer mill และคัดขนาดให้สามารถผ่านตะแกรงร่อนขนาด 100 mesh หลังจากนั้นบดผสมด้วย ball mill อีกครั้ง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำมาคัดขนาดให้ได้ขนาดเล็กกว่า 45 ไมโครเมตร โดยใช้วิธีคัดแยกจากการตกตะกอนซึ่งเป็นไปตามกฎของสโตก (Stoke's law) หลังจากนั้นนำสารไปเผาแคลไซน์ที่อุณหภูมิ 900-1300°C เป็นเวลา 1



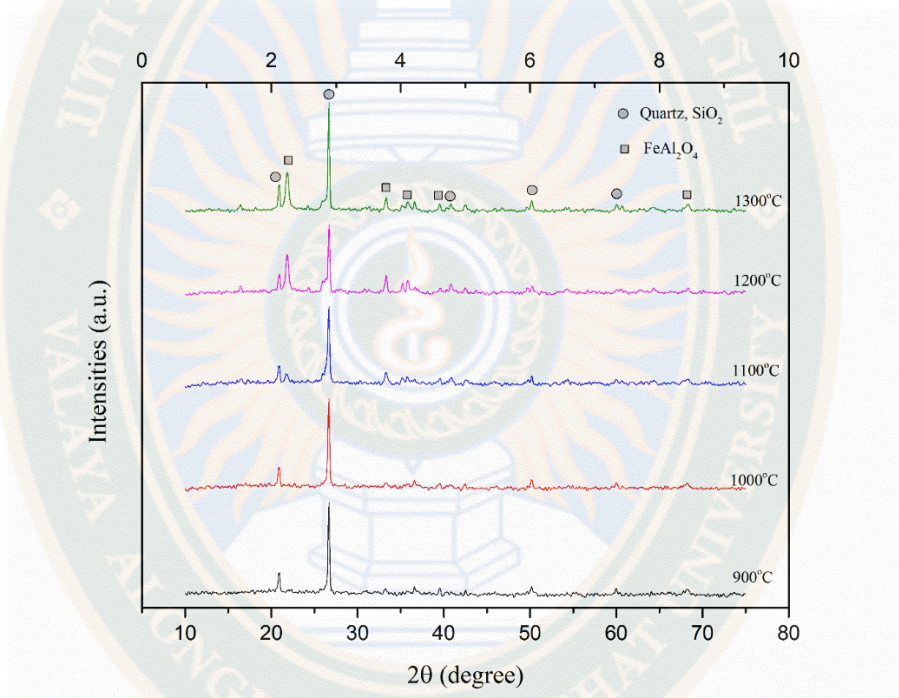
2615280817

VRU_1Thesis_58B74670106_thesis / recv: 07062566_19:06:35 / seq: 20

ชั่วโมง เพื่อให้เกิดเฟสใหม่ บดสารหลังจากเผาแล้วให้มีขนาดอยู่ในช่วง 1-10 ไมโครเมตร ซึ่งได้ผลการศึกษาพัฒนาดังนี้

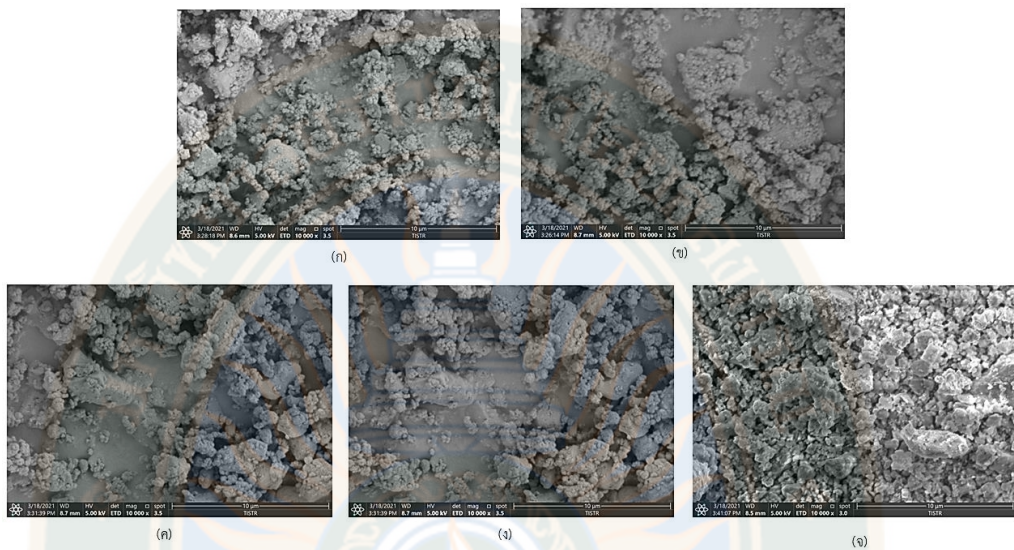
4.2.2.1 ผลของอุณหภูมิต่อการสะท้อนรังสีอินฟราเรด

เม็ดสีจากดินลูกรังจากแหล่งบ้านโนนป่าซางที่ผ่านกระบวนการแคลไซน์ที่อุณหภูมิ 900-1300°C ถูกบดให้มีขนาดอยู่ในช่วง 1-10 ไมโครเมตร ได้เม็ดสีนำมาวิเคราะห์ผลด้วย XRD, SEM วัดการสะท้อนรังสีอินฟราเรดด้วยเครื่อง UV-Vis-NIR spectrophotometer และวัดค่าความสว่างและค่าสีด้วยเครื่อง spectrophotometer ได้ผลดังนี้



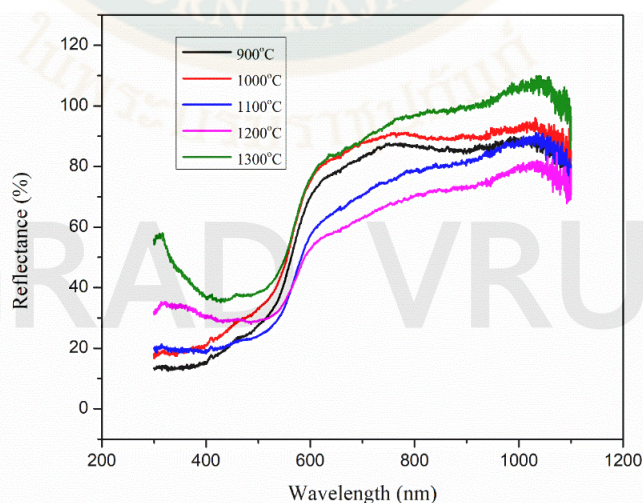
ภาพที่ 50 ผลวิเคราะห์โครงสร้างผลึกด้วย XRD ของเม็ดสีจากดินลูกรังแหล่งบ้านโนนป่าซาง อำเภอดำรงวิทยาร จังหวัดเลย ที่ผ่านการเผาแคลไซน์ที่อุณหภูมิ 900-1300°C

ผลวิเคราะห์โครงสร้างผลึกของเม็ดสีจากดินลูกรังแหล่งบ้านโนนป่าซาง อำเภอดำรงวิทยาร จังหวัดเลย ที่ผ่านกระบวนการเผาแคลไซน์ที่อุณหภูมิในช่วง 900-1300°C ดังแสดงในภาพที่ 50 ที่อุณหภูมิเผาแคลไซน์ 900 และ 1000°C เฟสที่พบในเม็ดสี ได้แก่ ควอตซ์ โดยที่ยังไม่ปรากฏเฟสอื่น เมื่ออุณหภูมิเผาแคลไซน์สูงขึ้นเป็น 1100°C เริ่มพบเฟสใหม่เกิดขึ้น ได้แก่ FeAl₂O₄ ซึ่งมีโครงสร้างสปิเนล โดยที่อุณหภูมิเผาแคลไซน์ 1300°C พีคของ FeAl₂O₄ มีความคมชัดมากกว่าอุณหภูมิเผาแคลไซน์ต่ำ



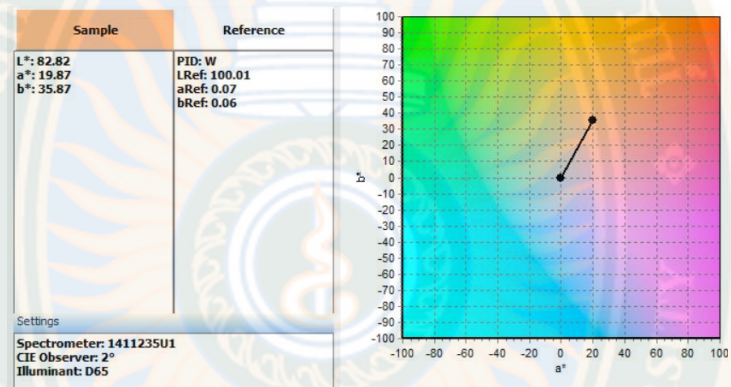
ภาพที่ 51 ลักษณะโครงสร้างจุลภาคของเม็ดสีจากดินลูกรังแหล่งบ้านโนนป่าซาง อำเภอผาขาว จังหวัดเลย ที่ผ่านการเผา แคลไซน์ที่อุณหภูมิ 900-1300°C (ก) 900°C (ข) 1000°C (ค) 1100°C (ง) 1200°C และ (จ) 1300°C

ลักษณะโครงสร้างจุลภาคของเม็ดสีจากดินลูกรังแหล่งบ้านโนนป่าซาง อำเภอผาขาว จังหวัดเลย ที่ผ่านการเผา แคลไซน์ที่อุณหภูมิ 900-1300°C ดังแสดงในภาพที่ 51 มีขนาดอนุภาคอยู่ในช่วง 1-10 ไมโครเมตร มีลักษณะกลมมน ไม่เป็นเหลี่ยมแหลมคม ซึ่งคล้ายคลึงกันทุกอุณหภูมิการเผาแคลไซน์

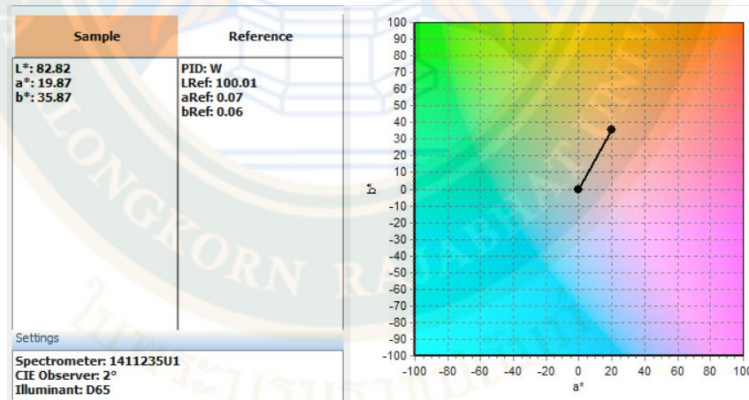


ภาพที่ 52 ผลการวัดการสะท้อนรังสีอินฟราเรดของเม็ดสีจากดินลูกรังแหล่งบ้านโนนป่าซาง อำเภอผาขาว จังหวัดเลย ที่ผ่านการเผาแคลไซน์ที่อุณหภูมิ 900-1300°C

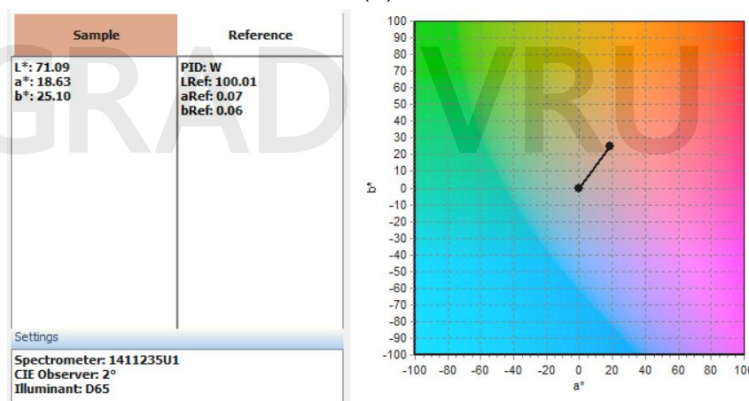
จากภาพที่ 52 เมื่อนำผงดินลูกรังที่ผ่านการเผาแคลไซน์แล้วไปวัดค่าการสะท้อนรังสีอินฟราเรดด้วย UV-Vis-NIR spectrophotometer ดินลูกรังที่เผาแคลไซน์ทุกอุณหภูมิหรือเม็ดสีมีแนวโน้มการสะท้อนรังสีไปในทิศทางเดียวกัน คือ สามารถสะท้อนรังสีอินฟราเรดได้ดี โดยผงดินที่ผ่านการแคลไซน์ที่อุณหภูมิ 1300 °C สามารถสะท้อนรังสีอินฟราเรด (ความยาวคลื่นมากกว่า 700 นาโนเมตร) ได้ดีที่สุดที่ร้อยละ 90 ซึ่งจะถูกนำไปศึกษาในหัวข้อ การกระจายขนาดอนุภาคต่อการสะท้อนรังสีอินฟราเรดต่อไป



(ก)



(ข)

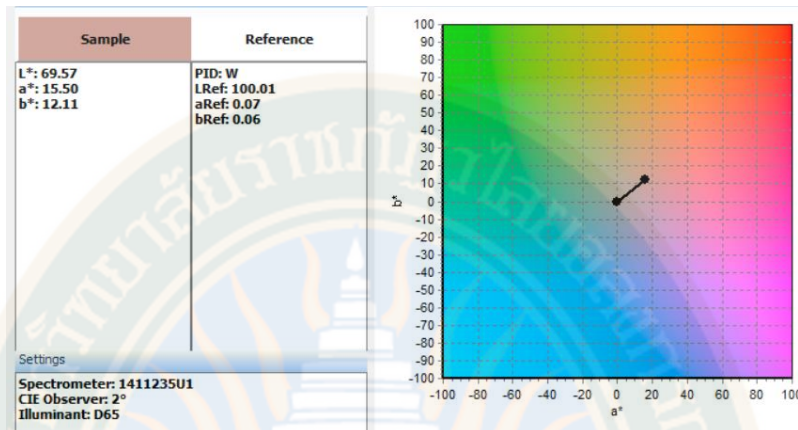


(ค)

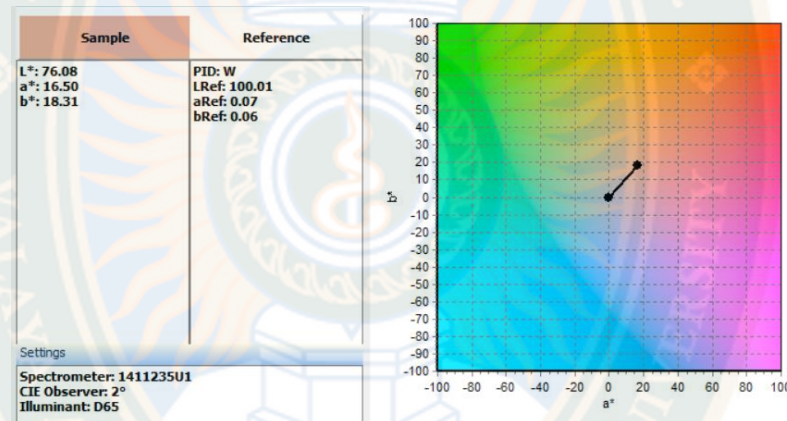


2615280817

VRU-IThesis 58B74670106 thesis / recv: 07062566 19:06:35 / seq: 20



(ง)



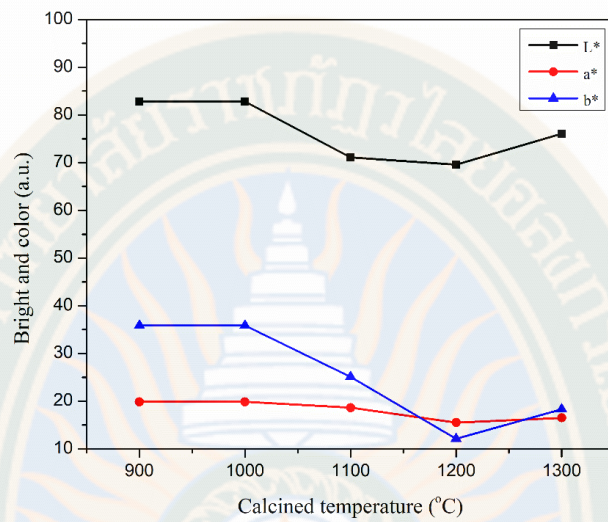
(จ)

ภาพที่ 53 ค่าความสว่างและค่าสีของเม็ดสีจากดินลูกรังแหล่งบ้านโนนป่าซาง อำเภอผาขาว จังหวัดเลย ที่ผ่านการเผาแคลไซน์ที่อุณหภูมิ 900-1300°C (ก) 900°C (ข) 1000°C (ค) 1100°C (ง) 1200°C และ (จ) 1300°C

จากภาพที่ 53 การเปลี่ยนแปลงเฉดสีของเม็ดสีจากดินลูกรังแหล่งบ้านโนนป่าซาง อำเภอผาขาว จังหวัดเลย เมื่อเผาแคลไซน์ที่ 900°C ดังภาพที่ 53 (ก) ค่าความสว่าง (L^*) มีค่าเท่ากับ 82.82 ค่าสีแดง (a^*) มีค่าเท่ากับ 19.87 และค่าสีเหลือง (b^*) มีค่าเท่ากับ 35.87 ภาพที่ 53 (ข) ค่าความสว่าง (L^*) มีค่าเท่ากับ 82.82 ค่าสีแดง (a^*) มีค่าเท่ากับ 19.87 และค่าสีเหลือง (b^*) มีค่าเท่ากับ 35.87 ภาพที่ 53 (ค) ค่าความสว่าง (L^*) มีค่าเท่ากับ 71.09 ค่าสีแดง (a^*) มีค่าเท่ากับ 18.63 และค่าสีเหลือง (b^*) มีค่าเท่ากับ 25.10 ภาพที่ 53 (ง) ค่าความสว่าง (L^*) มีค่าเท่ากับ 69.57 ค่าสีแดง (a^*) มีค่าเท่ากับ 15.50 และค่าสีเหลือง (b^*) มีค่าเท่ากับ 12.11 ภาพที่ 53 (จ) ค่าความสว่าง (L^*) มีค่าเท่ากับ 76.08 ค่าสีแดง (a^*) มีค่าเท่ากับ 16.50 และค่าสีเหลือง (b^*) มีค่าเท่ากับ 18.31

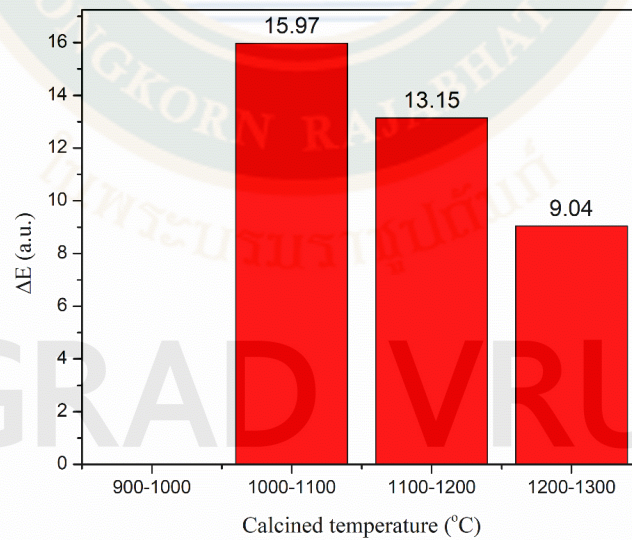
เมื่อนำมาสร้างความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสว่างและค่าสีกับอุณหภูมิเผาแคลไซน์ ดังแสดงในภาพที่ 54 เมื่อเพิ่มอุณหภูมิแคลไซน์เพิ่มขึ้น ค่าความสว่างและค่าสีเหลืองมีการเปลี่ยนแปลงลดลงสอดคล้องกัน ในขณะที่ค่าสีแดงมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย





ภาพที่ 54 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเผาแคลไซน์กับค่าความสว่างและค่าสีของเม็ดสีจากดินลูกรังแหล่งบ้านโนนป่าซาง อำเภอผาขาว จังหวัดเลย

เมื่อพิจารณาค่าความแตกต่างของสี (ΔE) ดังแสดงในภาพที่ 55 ที่อุณหภูมิเผาแคลไซน์ในช่วง 1000-1100°C มีความแตกต่างของค่าสีสูงสุด ที่ 15.97



ภาพที่ 55 ค่าความแตกต่างของสีของเม็ดสีจากดินลูกรังแหล่งบ้านโนนป่าซาง อำเภอผาขาว จังหวัดเลย

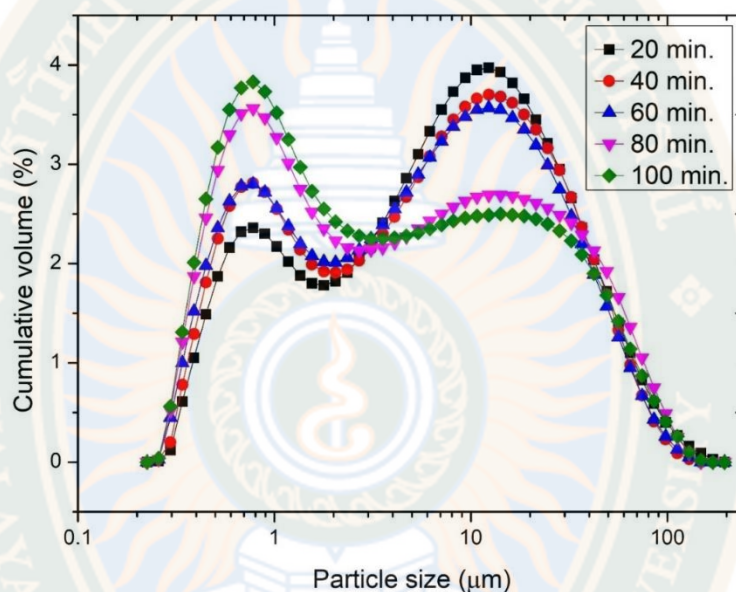


2615280817

VRU-IThesis 58B74670106-thesis / recv: 07062566 19:06:35 / seq: 20

4.2.2.2 ผลของการกระจายขนาดอนุภาคต่อการสะท้อนรังสีอินฟราเรด

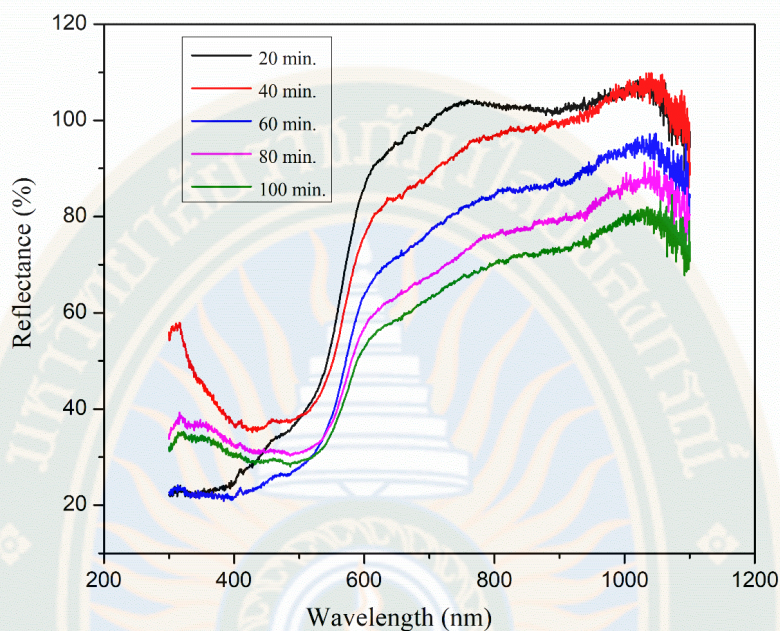
เม็ดสีที่ผ่านการเผาแคลไซน์ที่อุณหภูมิ 1300°C ถูกนำมาบดเป็นเวลา 20, 40, 60, 80 และ 100 นาที เพื่อลดขนาดของอนุภาคและศึกษาการสะท้อนรังสีอินฟราเรด การกระจายขนาดอนุภาคที่ผ่านการบดดังแสดงในภาพที่ 56



ภาพที่ 56 การกระจายขนาดอนุภาคของเม็ดสีจากดินลูกรังแหล่งบ้านโนนป่าซาง อำเภอลำทะเมนชัย จังหวัดเลย ที่ผ่านการบดด้วยเวลาแตกต่างกัน

การกระจายขนาดอนุภาคที่ปรากฏในภาพที่ 56 มีการกระจาย 2 กลุ่ม กระจายอยู่ 2 ช่วง คือ 0.5 และ 10 ไมโครเมตร โดยมีค่าเฉลี่ยของขนาดอนุภาคเมื่อบด 20 นาที เท่ากับ 7.64 ไมโครเมตร 40 นาที เท่ากับ 6.73 ไมโครเมตร 60 นาที เท่ากับ 6.15 ไมโครเมตร 80 นาที เท่ากับ 4.42 ไมโครเมตร และ 100 นาที เท่ากับ 4.39 ไมโครเมตร เมื่อนำเม็ดสีที่มีการกระจายขนาดอนุภาคต่าง ๆ ในภาพที่ 56 ไปวัดค่าการสะท้อนรังสีอินฟราเรด ได้ผลดังแสดงในภาพที่ 57

GRAD VRU



ภาพที่ 57 ผลการวัดการสะท้อนรังสีอินฟราเรดของเม็ดสีจากดินลูกรังแหล่งบ้านโนนป่าซาง อำเภอลำทะเมนชัย จังหวัดเลย ที่มีการกระจายขนาดแตกต่างกัน

จากภาพที่ 57 การสะท้อนรังสีอินฟราเรด ที่มีขนาดอนุภาคของการบดที่ 20 นาที มีค่าการสะท้อนรังสีอินฟราเรดได้ดีที่สุด ที่ร้อยละ 95 (ความยาวคลื่นมากกว่า 700 นาโนเมตร) ที่มีขนาดอนุภาคของการบดที่ 40 นาที มีค่าการสะท้อนรังสีอินฟราเรดได้ดีที่สุด ที่ร้อยละ 85 ที่มีขนาดอนุภาคของการบดที่ 60 นาที มีค่าการสะท้อนรังสีอินฟราเรดได้ดีที่สุด ที่ร้อยละ 75 ที่มีขนาดอนุภาคของการบดที่ 80 นาที มีค่าการสะท้อนรังสีอินฟราเรดได้ดีที่สุด ที่ร้อยละ 65 ที่มีขนาดอนุภาคของการบดที่ 100 นาที มีค่าการสะท้อนรังสีอินฟราเรดได้ดีที่สุด ที่ร้อยละ 60

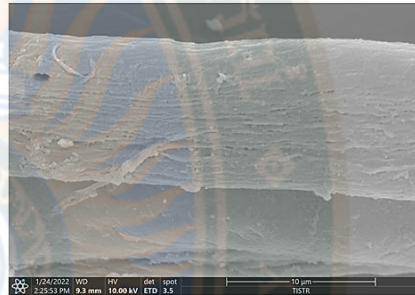
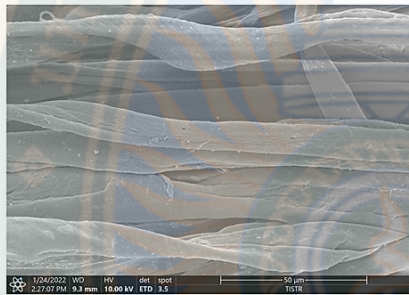
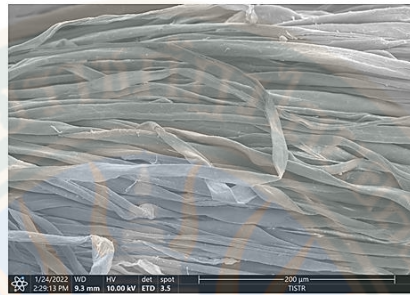
4.3 ผลการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการติดสีในการย้อมสีที่สังเคราะห์ได้จากดินลูกรัง และเปรียบเทียบผลการสะท้อนรังสี NIR

การศึกษาในหัวข้อนี้ เป็นการทดลองนำเม็ดสี 2 ชนิด ที่มีการสะท้อนรังสีอินฟราเรดที่ดีที่สุด ในหัวข้อ 4.2 มาย้อมด้วยฝ้ายเพื่อทดสอบการยึดติดฝ้ายและการสะท้อนรังสีของผ้าฝ้ายที่ทอจากด้ายที่ย้อมด้วยเม็ดสีสะท้อนรังสีอินฟราเรด โดยศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการย้อม ดังนี้

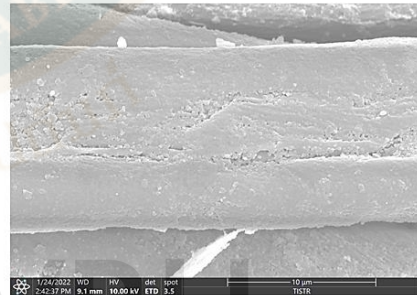
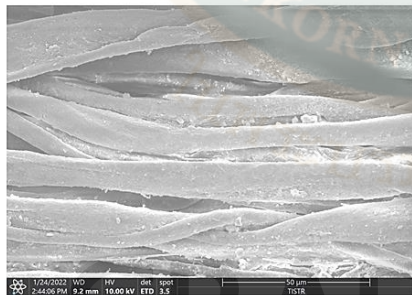
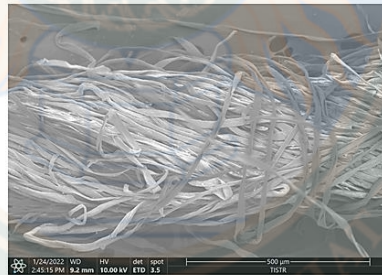
4.3.1 ผลของตัวเติมเพื่อช่วยในการติดสี

การทดลองนี้ใช้ตัวเติม 2 ชนิด ได้แก่ โซเดียมคลอไรด์ (NaCl) (นันทิยา อัจฉรวรรณ และคณะ, 2554) และโซเดียมซัลเฟต (Na_2SO_4) โดยเติมในอัตราส่วน เม็ดสี 20% โดยน้ำหนัก โพลีไวนิลแอลกอฮอล์ (Polyvinyl alcohol, PVA) 1% โดยน้ำหนัก โซเดียมคลอไรด์หรือโซเดียมซัลเฟต 1 % โดยน้ำหนัก ในน้ำ จากนั้น ย้อมสีด้วยฝ้าย โดยทิ้งไว้เป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำขึ้นมาซักด้วยน้ำเปล่า 3 รอบ แล้วผึ่งให้แห้ง นำตัวอย่างไปทดสอบและทอเป็นผืนผ้า เพื่อศึกษาโครงสร้างจุลภาคดังแสดงในภาพที่ 58

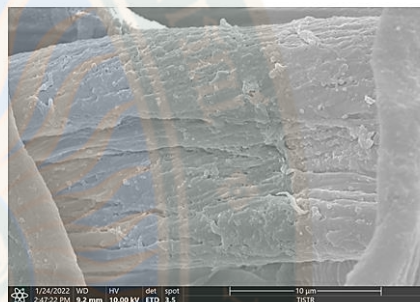
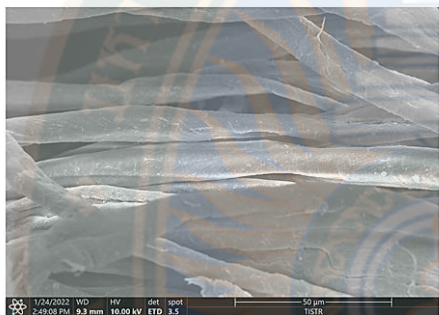
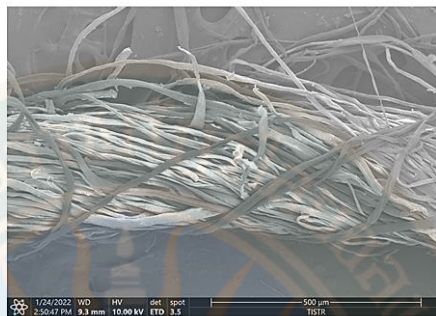




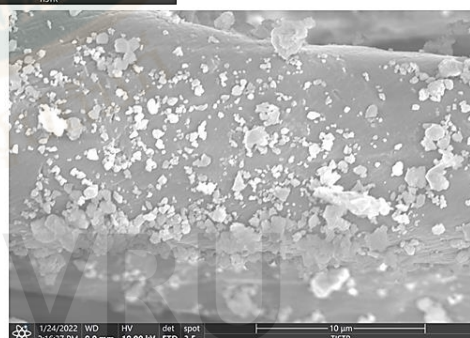
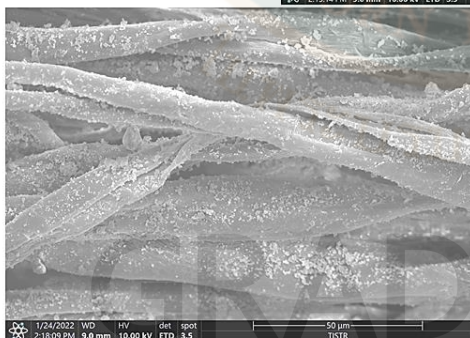
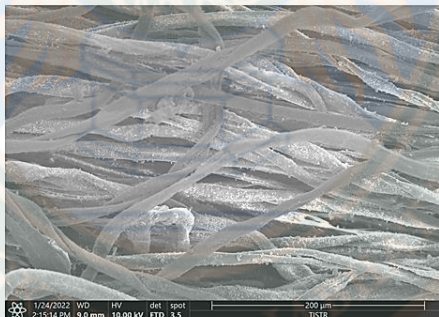
(ก)



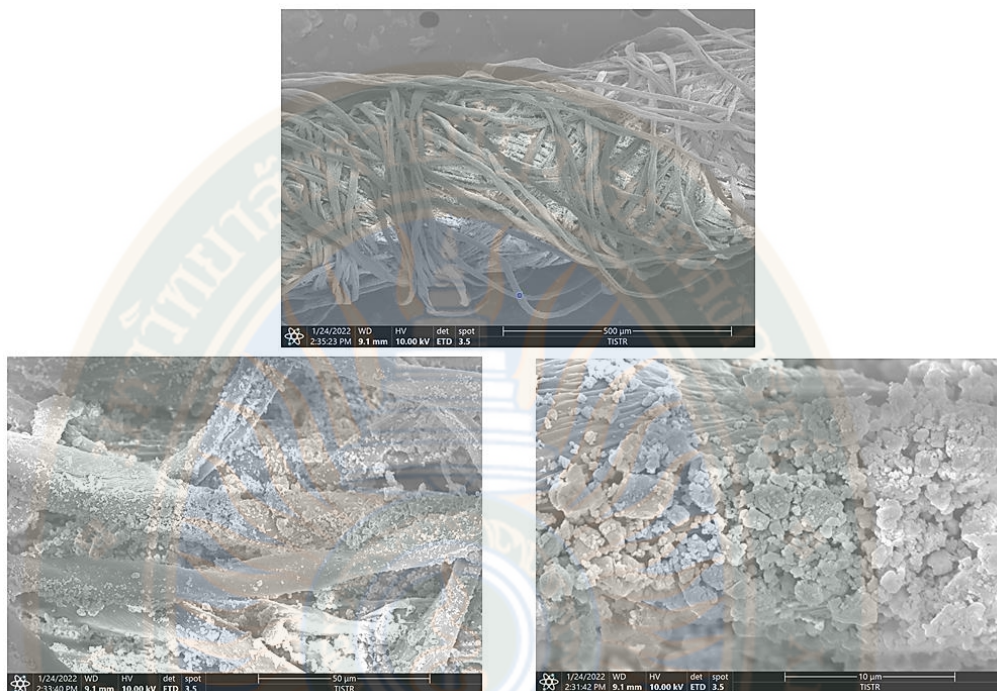
(ข)



(ค)



(ง)



(จ)

ภาพที่ 58 ลักษณะโครงสร้างจุลภาคของด้ายฝ้ายเมื่อย้อมด้วยตัวเติมโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) และ โซเดียมซัลเฟต (Na_2SO_4)

(ก) ยังไม่ได้รับการย้อม

(ข) ย้อมด้วยเม็ดสีจากดินลูกรังแหล่งบ้านโนนป่าซาง อำเภอผาขาว จังหวัดเลยและ ใช้ตัวเติม NaCl

(ค) ย้อมด้วยเม็ดสีจากดินลูกรังแหล่งบ้านโนนป่าซาง อำเภอผาขาว จังหวัดเลยและ ใช้ตัวเติม Na_2SO_4

(ง) ย้อมด้วยเม็ดสีจากดินลูกรังแหล่งบ้านวังไฮ อำเภอหนองสูง จังหวัดมุกดาหารและ ใช้ตัวเติม NaCl

(จ) ย้อมด้วยเม็ดสีจากดินลูกรังแหล่งบ้านวังไฮ อำเภอหนองสูง จังหวัดมุกดาหารและ ใช้ตัวเติม Na_2SO_4

จากภาพที่ 58 (ก) ลักษณะโครงสร้างจุลภาคของด้ายฝ้ายที่ยังไม่ได้รับการย้อมจากเม็ดสี โครงสร้างมีลักษณะเป็นเส้นใยผิวเรียบ ขนาดของเส้นใย ประมาณ 20-30 ไมโครเมตร

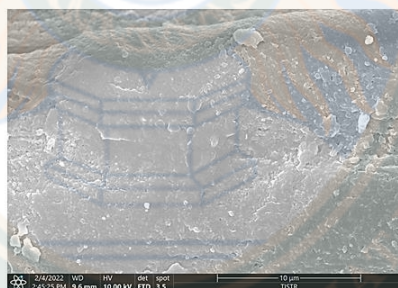
เมื่อย้อมด้วยเม็ดสีจากแหล่งบ้านโนนป่าซาง อำเภอผาขาว จังหวัดเลย โดยเติมตัวเติม NaCl ดังแสดงในภาพที่ 58 (ข) กับตัวเติม Na_2SO_4 ดังภาพที่ 58 (ค) พบว่า NaCl สามารถย้อมได้ดีผิวของ เส้นใยฝ้ายได้ดีกว่า

เมื่อย้อมด้วยเม็ดสีจากดินลูกรังแหล่งบ้านวังไฮ อำเภอหนองสูง จังหวัดมุกดาหาร โดยเติมตัวเติม NaCl ดังแสดงในภาพที่ 58 (ง) กับตัวเติม Na_2SO_4 ดังภาพที่ 58 (จ) ที่ติดกับผิวของเส้นใยไม่สนิท

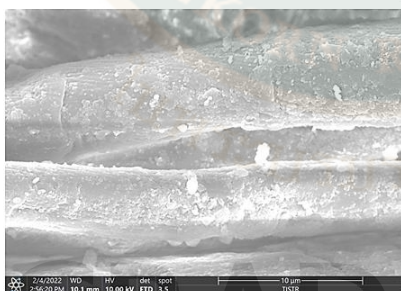
เมื่อเปรียบเทียบกันระหว่างเม็ดสีทั้งสองชนิด พบว่า NaCl สามารถย้อมได้ติดผิวของเส้นใยฝ้ายได้ดีกว่า และเม็ดสีจากดินลูกรังแหล่งบ้านโนนป่าซาง จังหวัดเลย สามารถย้อมได้ติดผิวของเส้นใยฝ้ายได้ดีกว่าเม็ดสีจากดินลูกรังแหล่งบ้านวังไฮ จังหวัดมุกดาหาร

4.3.2 ผลของอุณหภูมิในการย้อม

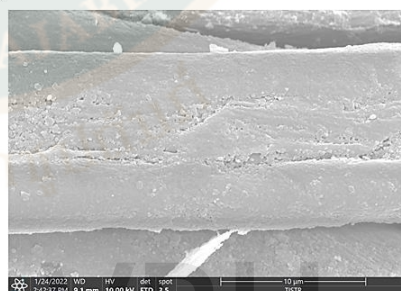
การทดลองนี้ เป็นการนำเม็ดสี 2 ชนิด คือ เม็ดสีจากดินลูกรังแหล่งบ้านโนนป่าซาง อำเภอผาขาว จังหวัดเลย เผาแคลไซต์ที่อุณหภูมิ 1300°C และเม็ดสีจากดินลูกรังแหล่งบ้านวังไฮ อำเภอหนองสูง จังหวัดมุกดาหาร เผาแคลไซต์ที่อุณหภูมิ 1000°C เตรียมย้อมโดยเติมในอัตราส่วน เม็ดสี 20% โดยน้ำหนัก โพลีไวนิลแอลกอฮอล์ (Polyvinyl alcohol, PVA) 1% โดยน้ำหนัก โซเดียมคลอไรด์ 1% โดยน้ำหนัก ในน้ำ ทดลองย้อมที่อุณหภูมิของน้ำที่ อุณหภูมิห้อง 60°C และ 80°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วปล่อยให้เย็นทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง ตรวจสอบลักษณะโครงสร้างจุลภาคด้วย SEM วัดค่าสีด้วยสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ ดังแสดงในภาพที่ 59, 60, 61 และ 62



(ก)



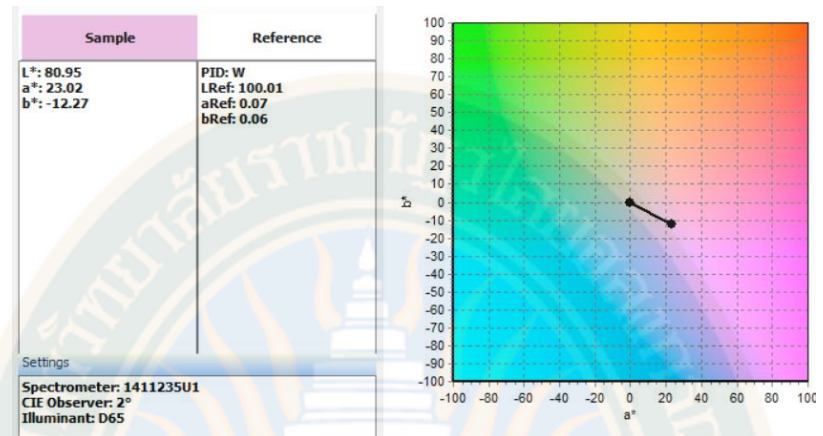
(ข)



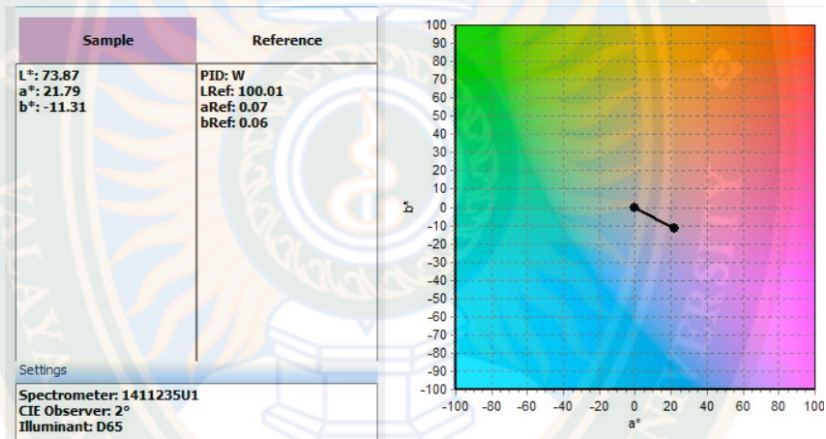
(ค)

ภาพที่ 59 โครงสร้างจุลภาคของด้ายฝ้ายที่ย้อมด้วยเม็ดสีจากดินลูกรังแหล่งบ้านโนนป่าซาง อำเภอผาขาว จังหวัดเลย ที่อุณหภูมิกาย้อมต่างกัน (ก) อุณหภูมิห้อง (ข) 60°C (ค) 80°C

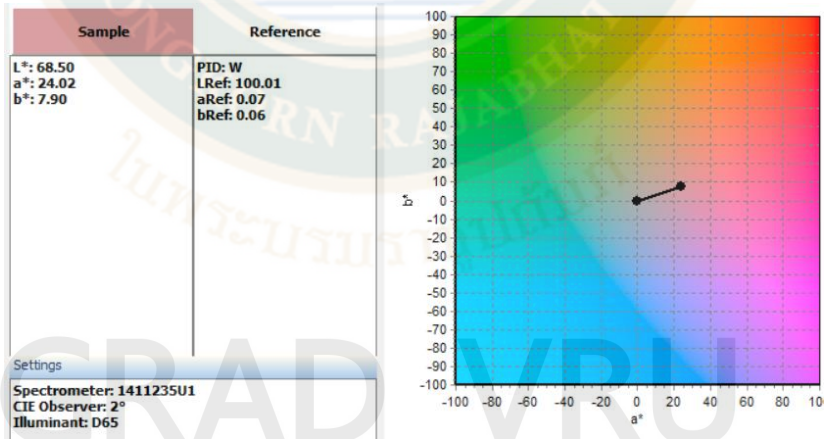
จากภาพที่ 59 ลักษณะโครงสร้างจุลภาคของเส้นด้ายฝ้ายที่ย้อมด้วยเม็ดสีจากดินลูกรังแหล่งบ้านโนนป่าซาง อำเภอผาขาว จังหวัดเลย พบว่า การย้อมที่อุณหภูมิห้องและ 60°C มีลักษณะพื้นผิวคล้ายกัน คือมีลักษณะขรุขระเล็กน้อย ไม่เรียบ เมื่อเทียบกับการย้อมที่อุณหภูมิ 80°C ซึ่งมีผิวเรียบเนียนกว่า



(ก)



(ข)



(ค)

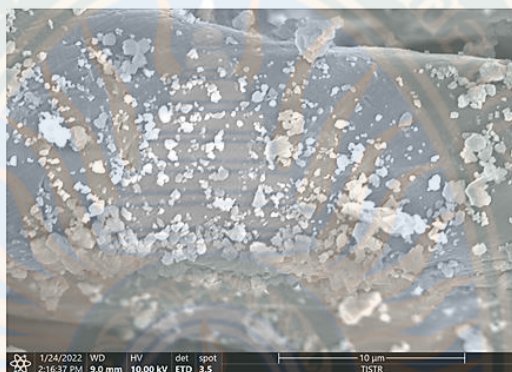
ภาพที่ 60 ค่าความสว่างและสีของผ้าฝ้ายที่ทอจากด้ายฝ้ายย้อมด้วยเม็ดสีจากดินลูกรังแหล่งบ้านโนนป่าซาง อำเภอผาขาว จังหวัดเลย ที่อุณหภูมิการย้อมต่างกัน (ก) อุณหภูมิห้อง (ข) 60°C (ค) 80°C



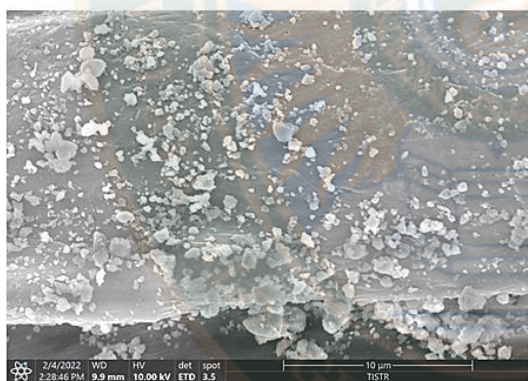
2615280817

VRU_1Thesis_58B74670106_thesis / recv: 07062566_19:06:35 / seq: 20

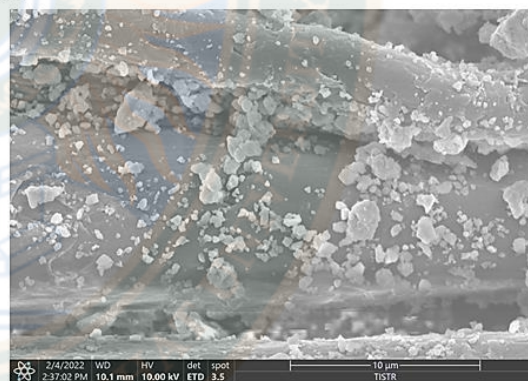
จากภาพที่ 60 เมื่อวัดค่าสีของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยเม็ดสีจากดินลูกรังแหล่งบ้านโนนป่าซาง อำเภอนาหว้า จังหวัดเลย พบว่า ค่าความสว่างมีค่าลดลงเมื่ออุณหภูมิการย้อมสูงขึ้น แสดงว่าเม็ดสีติดกับเส้นใยได้ดีขึ้น จึงทำให้ค่าความสว่างลดลง ที่อุณหภูมิการย้อม 80°C จึงเป็นอุณหภูมิที่ย้อมสีได้ดีที่สุด



(ก)



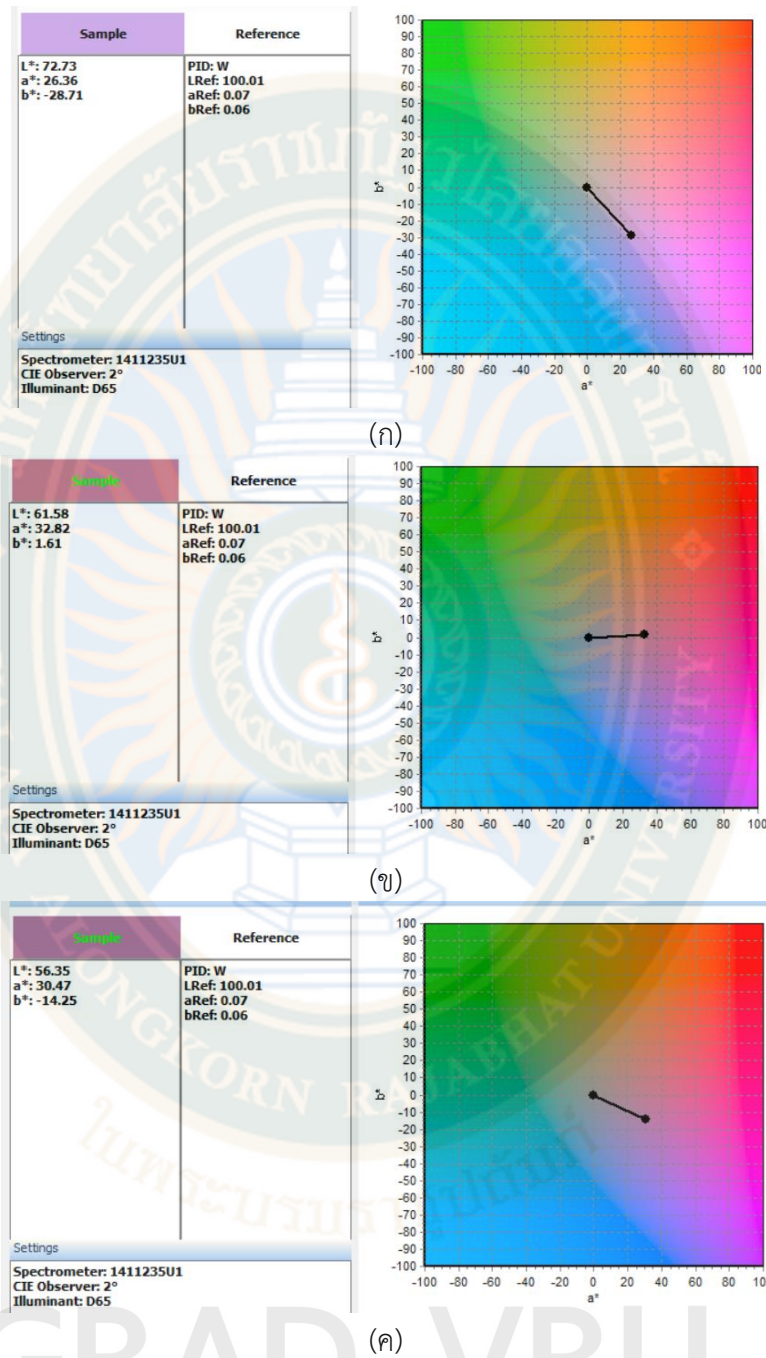
(ข)



(ค)

ภาพที่ 61 โครงสร้างจุลภาคของด้ายฝ้ายที่ย้อมด้วยเม็ดสีจากดินลูกรังแหล่งบ้านวังไฮ อำเภอนองสูง จังหวัดมุกดาหาร ที่อุณหภูมิการย้อมต่างกัน (ก) อุณหภูมิห้อง (ข) 60°C (ค) 80°C

จากภาพที่ 61 โครงสร้างจุลภาคของด้ายฝ้ายที่ย้อมด้วยเม็ดสีจากดินลูกรังแหล่งบ้านวังไฮ อำเภอนองสูง จังหวัดมุกดาหาร พบว่า ลักษณะการติดของเม็ดสีที่เส้นใยที่อุณหภูมีย้อมที่ 80°C เม็ดสีสามารถแทรกตัวเข้าไปในช่องว่าง (รูพรุน) ของเส้นใยได้ดีที่สุด ในขณะที่ภาพที่ 62 ความสว่างของสีมีค่าลดลงเมื่ออุณหภูมิการย้อมเพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่าเม็ดสีติดกับเส้นใยได้ดีขึ้นเมื่ออุณหภูมิการย้อมสูงขึ้น อุณหภูมิการย้อมที่เหมาะสมของเม็ดสี จากทั้ง 2 แหล่ง สามารถย้อมให้ติดเส้นใยได้ดี ที่อุณหภูมิ 80°C

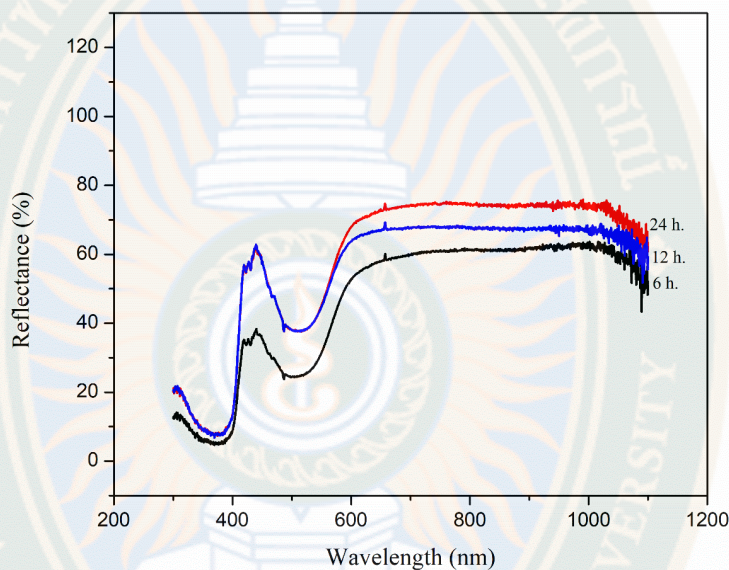


ภาพที่ 62 ค่าความสว่างและสีของผ้าฝ้ายที่ทอจากด้ายฝ้ายย้อมด้วยเม็ดสีจากดินลูกรังแหล่งบ้านวังไฮ อำเภอหนองสูง จังหวัดมุกดาหาร ที่อุณหภูมิการย้อมต่างกัน (ก) อุณหภูมิห้อง (ข) 60°C (ค) 80°C

จากภาพที่ 62 เมื่อวัดค่าสีของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยเม็ดสีจากดินลูกรังแหล่งบ้านวังไฮ อำเภอหนองสูง จังหวัดมุกดาหารพบว่าค่าความสว่างมีค่าลดลงเมื่ออุณหภูมิการย้อมสูงขึ้น แสดงว่าเม็ดสีติดกับเส้นใยได้ดีขึ้น จึงทำให้ค่าความสว่างลดลง ที่อุณหภูมิการย้อม 80°C จึงเป็นอุณหภูมิที่ย้อมสีได้ดีที่สุด

4.3.3 ผลของเวลาในการย้อม

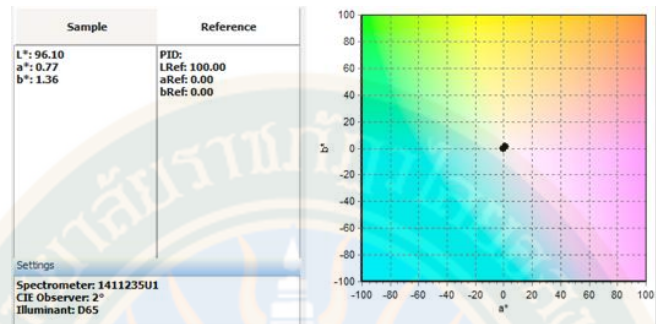
จากผลการทดลองในข้อ 4.3.1 ตัวเติมโซเดียมคลอไรด์ เม็ดสีจากดินลูกรังแหล่งบ้านโนนป่าซาง อำเภอดำรงวิทยารัฐบาล จังหวัดเลย สามารถย้อมได้ติดผิวของเส้นใยฝ้ายได้ดีที่สุด ที่อุณหภูมิ 80°C จึงถูกนำมาศึกษาระยะเวลาในการย้อม โดยศึกษาที่ระยะเวลา 6, 12 และ 24 ชั่วโมง ทอเป็นผืน แล้วนำมาวัดค่าสีและการสะท้อนรังสีอินฟราเรด ผลการทดลองดังแสดงในภาพที่ 63 และ 64



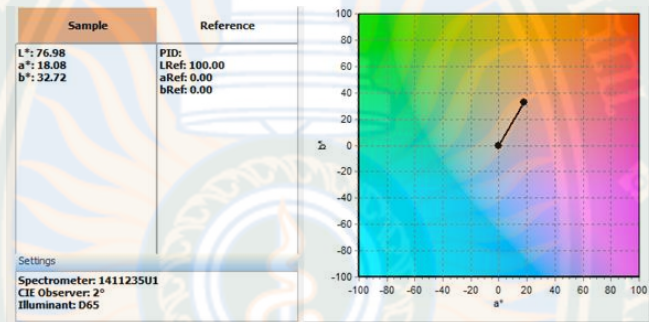
ภาพที่ 63 ผลของเวลาในการย้อมต่อการสะท้อนรังสีอินฟราเรดของผ้าฝ้ายที่ผ่านการย้อมด้วยเม็ดสีจากดินลูกรังแหล่งบ้านโนนป่าซาง อำเภอดำรงวิทยารัฐบาล จังหวัดเลย

จากภาพที่ 63 การสะท้อนรังสีอินฟราเรดของผ้าฝ้ายที่ผ่านการย้อมด้วยเม็ดสีจากดินลูกรังแหล่งบ้านโนนป่าซาง อำเภอดำรงวิทยารัฐบาล จังหวัดเลย ที่เวลาในการย้อม 6, 12 และ 24 ชั่วโมง พบว่า ที่ 6 ชั่วโมง สามารถสะท้อนได้ประมาณ 60% และเพิ่มขึ้นเป็น 70% ในเวลาที่ย้อม 12 ชั่วโมง ที่เวลาในการย้อม 24 ชั่วโมง ซึ่งมีค่าการสะท้อนประมาณ 75% ดังนั้น เวลาในการย้อม 24 ชั่วโมง จึงเป็นเวลาที่เหมาะสมในการย้อม เมื่อตรวจวัดค่าสีของผ้าฝ้ายที่ผ่านการย้อมเทียบกับผ้าฝ้ายที่ยังไม่ผ่านการย้อม ได้ผลดังแสดงในภาพที่ 64

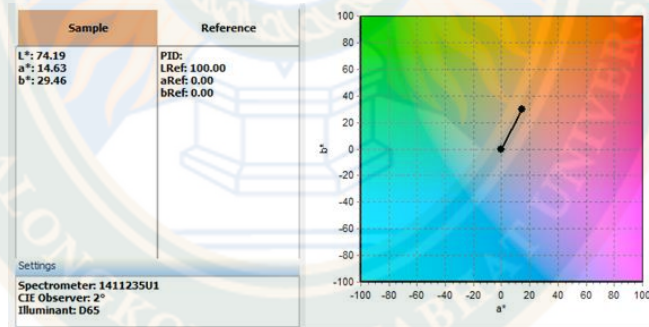
จากภาพที่ 64 (ก) ค่าความสว่างของผืนผ้าฝ้าย (L^*) มีค่า 96.10 โดยสีขาวมีความสว่างสูงสุดอยู่ที่ 100 โดยมีความเป็นสีแดง (a^*) 0.77 และมีความเป็นสีเหลือง (b^*) 1.36 เมื่อย้อมด้วยเม็ดสีเป็นเวลา 6 ชั่วโมง ค่าความสว่างลดลงเหลือ 76.98 ค่าความเป็นสีแดงเพิ่มขึ้นเป็น 18.08 ค่าความเป็นสีเหลืองเพิ่มขึ้น 32.72 เมื่อเพิ่มเวลาในการย้อมเป็น 12 และ 24 ชั่วโมง ค่าความสว่างลดลงเป็น 74 และ 69 ค่าความเป็นสีแดงเพิ่มขึ้นเป็นสีแดงมีค่า 14 และ 12 ค่าความเป็นสีเหลืองมีค่า 29 และ 25 โดยมีค่าความแตกต่างของสี (ΔE) ระหว่าง 6, 12 และ 24 ชั่วโมง เท่ากับ 6.4 และ 6.6 ตามลำดับ



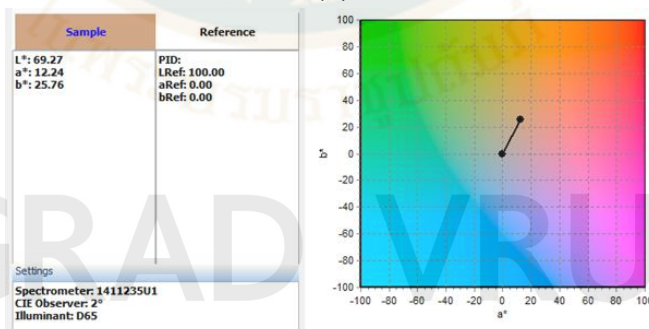
(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

ภาพที่ 64 ค่าสีของผ้าฝ้าย (ก) ยังไม่ผ่านการย้อม (ข) ย้อมด้วยเม็ดสี 6 ชั่วโมง (ค) ย้อมด้วยเม็ดสี 12 ชั่วโมง (ง) ย้อมด้วยเม็ดสี 24 ชั่วโมง

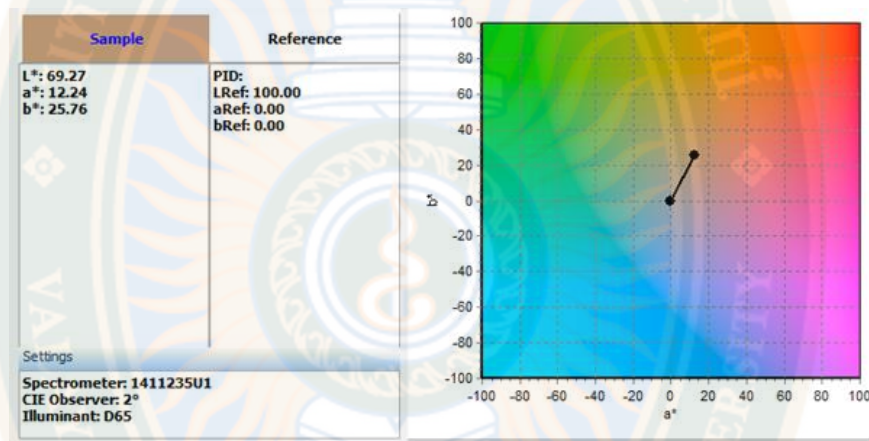


2615280817

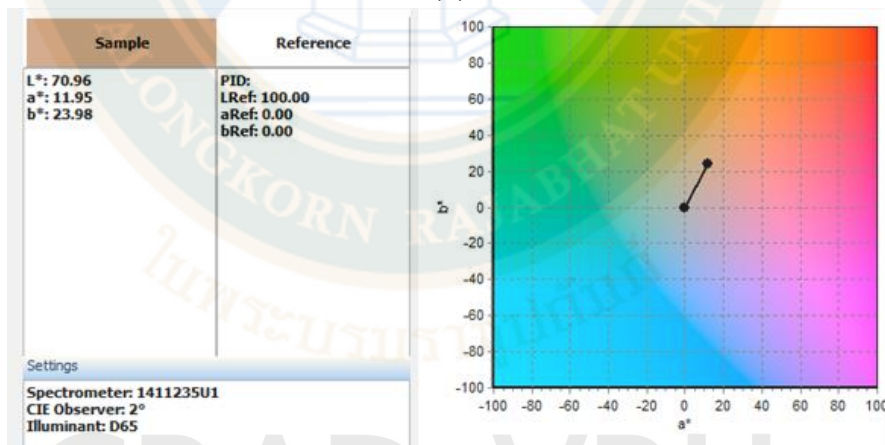
VRU_1Thesis_58B74670106_thesis / recv: 07062566_19:06:35 / seq: 20

4.4 ผลการศึกษาประสิทธิภาพความคงทนของเม็ดสีจากดินลูกรังในการย้อมสิ่งทอ

การทดสอบประสิทธิภาพความคงทนของเม็ดสีในการย้อมสิ่งทอ ทดสอบโดยใช้ มอก.121-2552 เล่ม 2 ความคงทนของสีต่อแสงซินอนอาร์ก เล่ม 3 ความคงทนของสีต่อการซักด้วยสบู่ หรือ สบู่และโซดา เล่ม 4 ความคงทนของสีต่อเหงื่อ และเล่ม 5 ความคงทนของสีต่อการขัดถู โดยนำผ้าที่ผ่านการย้อมด้วยเม็ดสีจากดินลูกรังแหล่งบ้านโนนป่าซาง อำเภอผาขาว จังหวัดเลย ที่ใช้อุณหภูมิในการย้อม 80°C เวลา 24 ชั่วโมง ไปทดสอบตามมาตรฐานข้างต้น แล้ววัดค่าสีด้วยสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ เพื่อเปรียบเทียบสีก่อนและหลังการทดสอบ ได้ผลดังแสดงในภาพที่ 65, 66, 67 และ 68



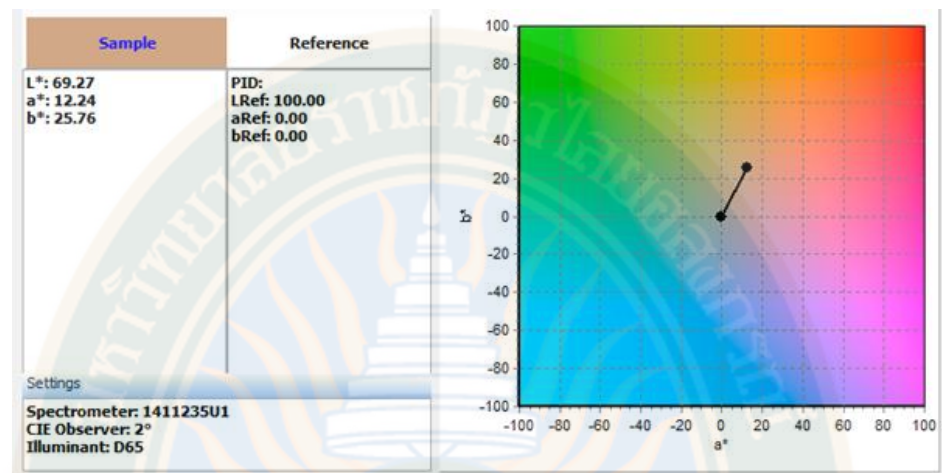
(ก)



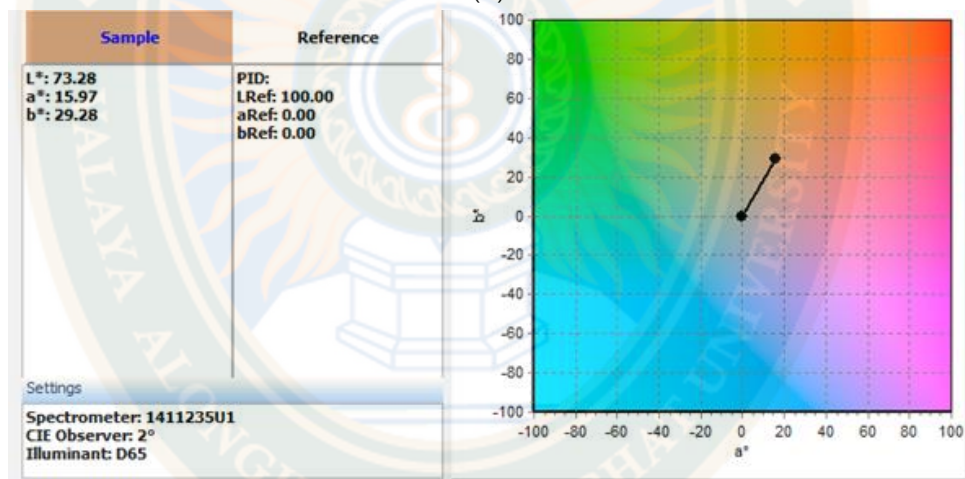
(ข)

ภาพที่ 65 ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อแสงซินอนอาร์ก (ก) ค่าสีก่อนการทดสอบ (ข) ค่าสีหลังการทดสอบ

จากภาพที่ 65 ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อแสงซินอนอาร์ก ตามมาตรฐาน มอก. 121-2552 เล่ม 2 เมื่อนำผ้าฝ้ายที่ผ่านการทดสอบมาวัดค่าสีด้วยสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ พบว่า มีค่าความสว่างเพิ่มขึ้นจาก 69.27 เป็น 70.96 ค่าความเป็นสีแดงลดลงจาก 12.24 เป็น 11.95 ค่าความเป็นสีเหลืองลดลงจาก 25.76 เป็น 23.98 ค่าความแตกต่างของสี มีค่าเท่ากับ 2.69



(ก)



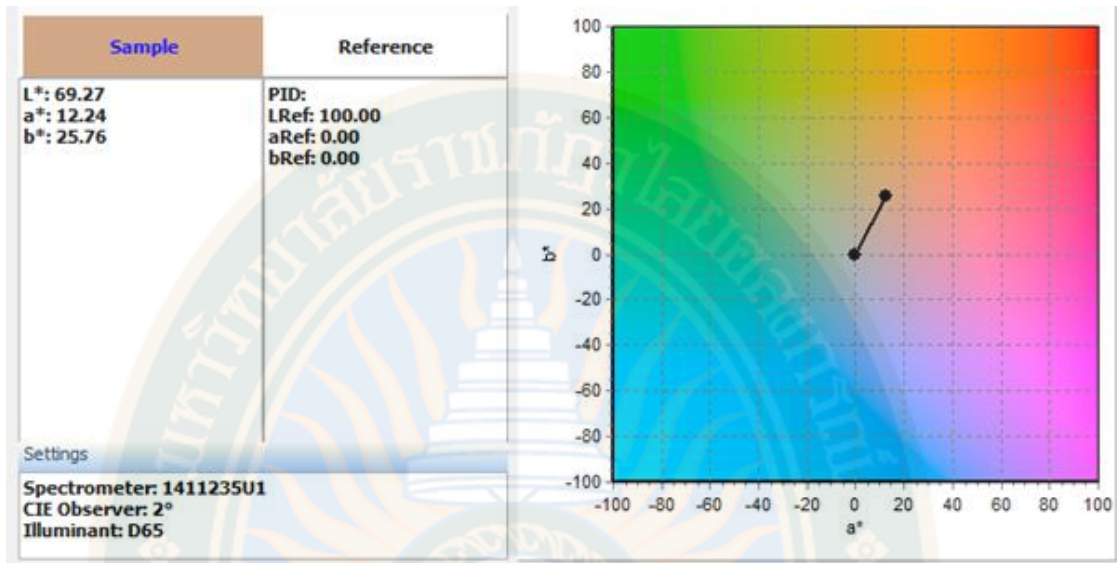
(ข)

ภาพที่ 66 ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักด้วยสบู่ (ก) ค่าสีก่อนการทดสอบ (ข) ค่าสีหลังการทดสอบ

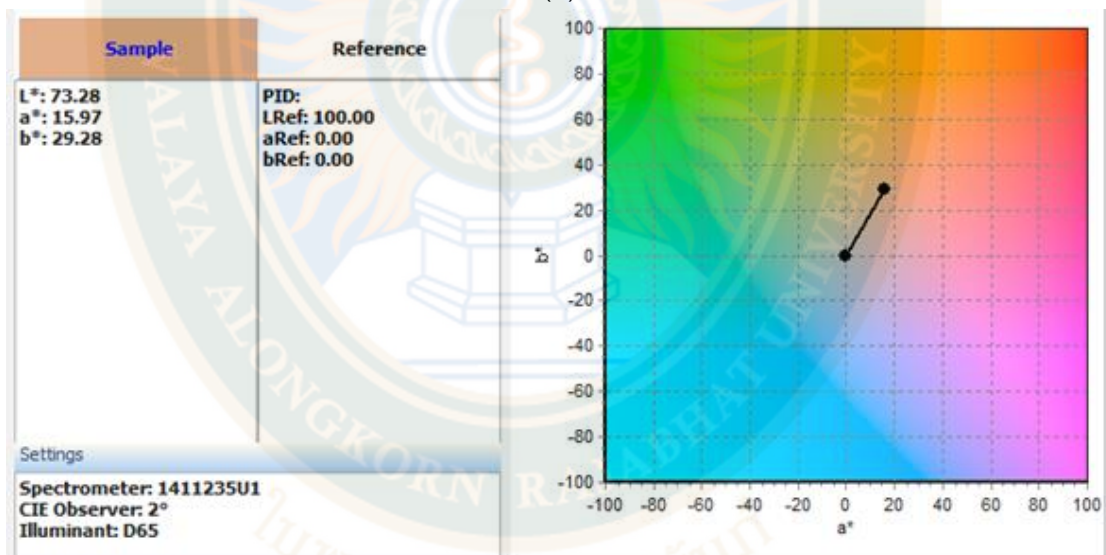
จากภาพที่ 66 ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักด้วยสบู่ ทดสอบตาม มอก. 121-2552 เล่ม 3 เมื่อนำผ้าฝ้ายที่ผ่านการทดสอบมาวัดค่าสีด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ เทียบกับผ้าฝ้ายย้อมเม็ดสีที่ยังไม่ผ่านการทดสอบ ได้ผลดังแสดงในภาพที่ 66 ค่าความสว่างเพิ่มขึ้นจาก 69.27 เป็น 73.28 ค่าความเป็นสีแดงเพิ่มขึ้นจาก 12.24 เป็น 15.97 ค่าความเป็นสีเหลืองเพิ่มขึ้นจาก 25.76 เป็น 29.28 และค่าความแตกต่างของสีมีค่าเท่ากับ 6.48



2615280817



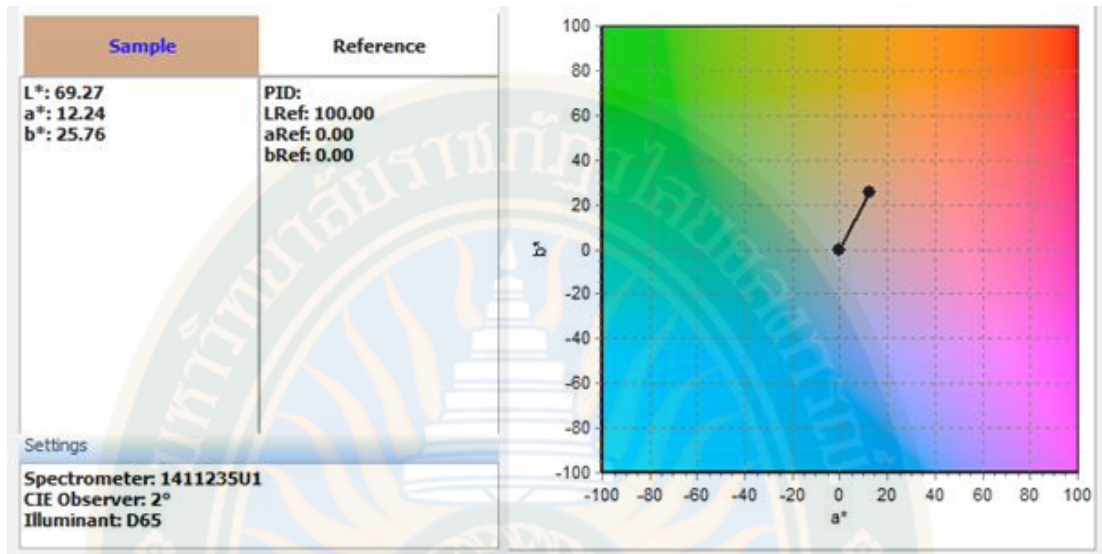
(ก)



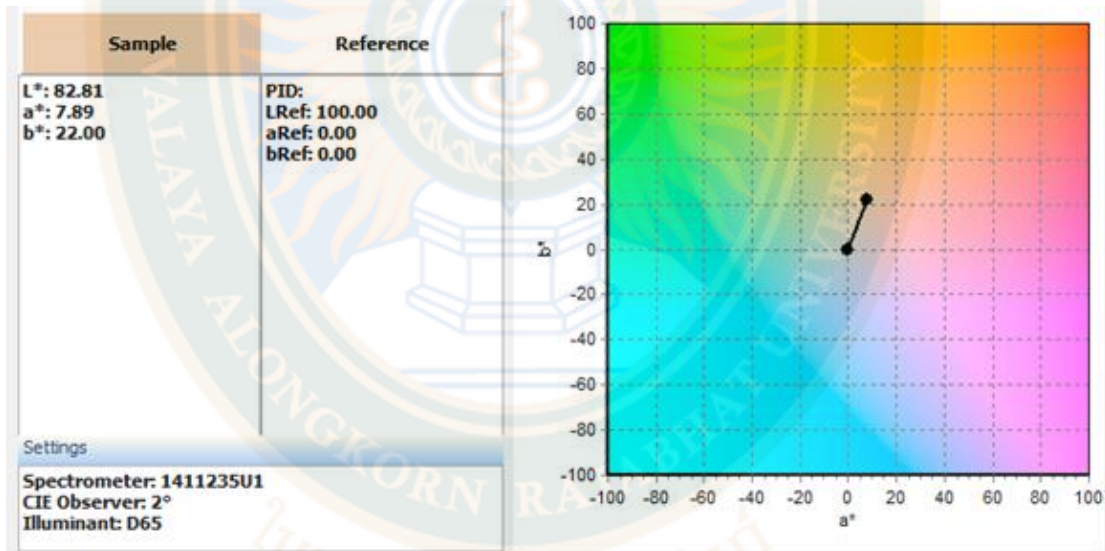
(ข)

ภาพที่ 67 ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อเหงื่อ (ก) ค่าสีก่อนการทดสอบ (ข) ค่าสีหลังการทดสอบ

จากภาพที่ 67 ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อเหงื่อ ตาม มอก. 121-2552 เล่ม 4 ค่าความสว่าง เพิ่มขึ้นจาก 69.27 เป็น 73.28 ค่าความเป็นสีแดงเพิ่มขึ้นจาก 12.24 เป็น 15.97 ค่าความเป็นสีเหลืองเพิ่มขึ้นจาก 25.76 เป็น 29.28 ค่าความแตกต่างระหว่างสีก่อนและหลังการทดสอบมีค่า 6.48



(ก)



(ข)

ภาพที่ 68 ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการขัดถู (ก) ค่าสีก่อนการทดสอบ (ข) ค่าสีหลังการทดสอบ

จากภาพที่ 68 การทดสอบความคงทนของสีต่อการขัดถู ตาม มอก. 121-2552 เล่ม 5 พบว่า ค่าความสว่างเพิ่มขึ้นสูงมาก จาก 69.27 เป็น 82.81 ค่าความเป็นสีแดงลดลงจาก 12.24 เป็น 7.89 ค่าความเป็นสีเหลือง ลดลงจาก 25.79 เป็น 22.00 ค่าความแตกต่างของสีก่อนและหลังการทดสอบ มีค่าเท่ากับ 15.14

4.5 ผลการถ่ายทอดนวัตกรรมการผลิตภัณฑ์สู่ชุมชน

การถ่ายทอดนวัตกรรมการผลิตภัณฑ์สู่ชุมชน เป็นการนำกระบวนการย้อมด้วยเม็ดสีจากดินลูกรัง จากกระบวนการที่ได้ศึกษาจนได้วิธีการที่ดีที่สุดแล้วนำไปถ่ายทอดให้กับชุมชน

ที่เป็นวิสาหกิจชุมชนบ้านโนนป่าซาง ตำบลโนนป่าซาง อำเภอผาขาว จังหวัดเลย ให้แก่ชุมชน จำนวน 30 คน

4.5.1 ผลการหาคุณภาพเครื่องที่ใช้อบรมเชิงปฏิบัติการ

4.5.1.1 ชุดฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ เมื่อนำชุดอบรมเชิงปฏิบัติการไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิ 5 ท่านพิจารณา ผลการพิจารณามาค่าความสอดคล้อง พบว่าทุกข้อมีค่าเกิน 0.5 (ภาคผนวก ก.)

4.5.1.2 แบบทดสอบ เมื่อนำแบบทดสอบไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิ 5 ท่านพิจารณา ผลการพิจารณามาค่าความสอดคล้อง พบว่าทุกข้อมีค่าเกิน 0.5 และมีค่าความเชื่อมั่น 0.82 มีค่าความยากง่ายตั้งแต่ 0.43-0.77 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.33-0.53

4.5.1.3 แบบสอบถามความพึงพอใจ นำแบบทดสอบไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิ 5 ท่านพิจารณา ผลการพิจารณามาค่าความสอดคล้อง พบว่า พบว่าทุกข้อมีค่าเกิน 0.5 และมีค่าความเชื่อมั่น 0.81 ซึ่งมากกว่า 0.6 ดังนั้นคุณภาพของแบบทดสอบมีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ดี

4.5.2 ผลการจัดฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ

ผู้วิจัยได้จัดฝึกอบรมให้แก่ประชาชน ชุมชนบ้านโนนป่าซาง ตำบลโนนป่าซาง อำเภอผาขาว จังหวัดเลย จำนวน 30 คน โดยผู้เข้าฝึกอบรมมีอายุอยู่ในช่วง 20-70 ปี ประกอบไปด้วยเพศชาย 5 คน และเพศหญิง 25 คน โดยได้ทำแบบทดสอบก่อนและหลังการฝึกอบรม (ภาคผนวก ค.) พบว่า ก่อนอบรมมีคะแนนเฉลี่ย 7.27 คะแนน จากคะแนนเต็ม 20 คะแนน และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2.03 คะแนน เมื่อได้รับการฝึกอบรมแล้วทดสอบอีกครั้ง พบว่า มีคะแนนเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเป็น 14.37 คิดเป็น และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.61 แสดงให้เห็นว่า ผู้เข้ารับการฝึกอบรมมีความรู้เพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่าผู้เข้าร่วมอบรมมีความรู้เพิ่มขึ้นและแตกต่างจากก่อนอบรม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05 ดังแสดงในตารางที่ 16

ตารางที่ 16 ผลการทดสอบระดับความเชื่อมั่นทางสถิติของคะแนนสอบผู้เข้าฝึกอบรมก่อนและหลัง ฝึกอบรม

การทดสอบ	จำนวนผู้ทดสอบ (N)	ค่าเฉลี่ย	SD	df	t	Sig 1 tailed
ก่อนอบรม	30	7.47	1.18	29	26.47*	0.000
หลังอบรม	30	14.83	1.51	29		

หมายเหตุ *P<0.05

ผู้เข้ารับการฝึกอบรมตอบแบบสอบถามความพึงพอใจในการจัดการฝึกอบรม พบว่า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.42 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.16 ซึ่งอยู่ในระดับดี (ภาคผนวก ค.)

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการพัฒนาเม็ดสีสะท้อนรังสีอินฟราเรดจากดินลูกรังที่คัดเลือกมาจาก 5 แหล่ง ในประเทศไทย ที่เป็นแหล่งที่ใช้ดินลูกรังย่อยผ้าพื้นเมือง คือ 1) ดินบ้านวังโฮ อำเภอนองสูง จังหวัดมุกดาหาร 2) ดินบ้านเจริญสุข อำเภอเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดบุรีรัมย์ 3) ดินบ้านคำไผ่ อำเภอสมเด็จ จังหวัดกาฬสินธุ์ 4) ดินบ้านโนนป่าซาง ตำบลโนนป่าซาง อำเภอผาขาว จังหวัดเลย และ 5) ดินบ้านรางหวาย ตำบลรางหวาย อำเภอพนมทวน จังหวัดกาญจนบุรี ดินลูกรังจากแหล่งบ้านวังโฮ อำเภอนองสูง จังหวัดมุกดาหาร โดยนำมาศึกษาสมบัติทางกายภาพและทางเคมี แล้วคัดเลือกเหลือ 2 แหล่ง เพื่อนำมาพัฒนาเม็ดสีสะท้อนรังสีอินฟราเรด ได้แก่ แหล่งบ้านคำไผ่ อำเภอนองสูง จังหวัดมุกดาหาร และ แหล่งบ้านโนนป่าซาง อำเภอผาขาว จังหวัดเลย ซึ่งได้พัฒนากระบวนการผลิตเม็ดสีให้มีความสะอาดสะท้อนรังสีอินฟราเรดและทดสอบสมบัติทางกายภาพและทางเคมี ได้ข้อสรุปดังต่อไปนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของแหล่งดินลูกรังจากชุมชนที่ใช้ดินลูกรังย่อยผ้า

ดินลูกรังจากแหล่งบ้านวังโฮ อำเภอนองสูง จังหวัดมุกดาหาร มีขนาดอนุภาคอยู่ในช่วง 1-20 ไมโครเมตร มีปริมาณเหล็กออกไซด์สูงที่สุด ที่ร้อยละ 43.12 ซึ่งเหล็กออกไซด์มีสมบัติสะท้อนรังสีอินฟราเรดได้ดี ขณะที่ดินลูกรังจากบ้านโนนป่าซาง อำเภอผาขาว จังหวัดเลย มีขนาดอนุภาคอยู่ในช่วง 1-15 ไมโครเมตร มีปริมาณเหล็กออกไซด์สูงเป็นอันดับ 2 ที่ร้อยละ 11.17 และมีปริมาณไททาเนียมไดออกไซด์สูงที่ร้อยละ 3.01 ซึ่งมีดัชนีหักเหของแสงสูง จึงถูกเลือกมาเป็นสารตั้งต้นการพัฒนาเม็ดสี

5.1.2 ผลการพัฒนาเม็ดสีจากดินลูกรังให้มีสมบัติสะท้อนรังสีอินฟราเรด

เม็ดสีจากดินลูกรังแหล่งบ้านวังโฮ อำเภอนองสูง จังหวัดมุกดาหาร ที่เผาแคลไซน์ที่อุณหภูมิ 1000°C เป็นเม็ดสีที่มีการสะท้อนรังสีอินฟราเรดได้ดีที่สุด โดยมีค่าการสะท้อนรังสีอินฟราเรดอยู่ในช่วงร้อยละ 70-80 เวลาในการบดเพื่อลดขนาดของเม็ดสีที่ทำให้เม็ดสีสะท้อนรังสีอินฟราเรดได้ดีที่สุด คือ 20 และ 40 นาที

เม็ดสีจากดินลูกรังแหล่งบ้านโนนป่าซาง อำเภอผาขาว จังหวัดเลย ที่เผาแคลไซน์ที่อุณหภูมิ 1300°C เป็นเม็ดสีที่มีการสะท้อนรังสีอินฟราเรดได้ดีที่สุด โดยมีค่าการสะท้อนรังสีอินฟราเรดอยู่ในช่วงร้อยละ 80-90 เวลาในการบดเพื่อลดขนาดของเม็ดสีให้สะท้อนรังสีได้ดีที่สุดคือ 20 นาที

5.1.3 ผลการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการดัดสีในการย้อมสีที่สังเคราะห์ได้จากดินลูกรัง และเปรียบเทียบผลการสะท้อนรังสี NIR

โซเดียมคลอไรด์เป็นตัวเติมที่ทำให้เม็ดสีติดกับเส้นใยผ้าได้ดีกว่าโซเดียมซัลเฟต ทำให้การสะท้อนรังสีอินฟราเรดได้ดีกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับกันระหว่างดินบ้านวังโฮอำเภอนองสูง จังหวัดมุกดาหาร กับดินบ้านโนนป่าซาง อำเภอผาขาว จังหวัดเลย ดินบ้านโนนป่าซาง อำเภอผาขาว จังหวัด

เลยสามารถติดกับเส้นใยฝ้ายได้ดีกว่า เวลาในการแช่ย้อมที่ดีที่สุด คือ 24 ชั่วโมง และอุณหภูมิในการย้อมที่ทำให้สีติดดีที่สุดคือ 80°C

5.1.4 ผลการศึกษาประสิทธิภาพความคงทนของเม็ดสีจากดินลูกรังในการย้อมสิ่งทอ

ด้ายฝ้ายที่ย้อมด้วยเม็ดสีจากดินลูกรัง ทอเป็นผืนผ้าแล้วนำไปทดสอบความคงทนของสีตาม มอก. 121-2552 สีมีความคงทนต่อแสงซินอนอาร์ก โดยค่าสีมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย สีมีความคงทนต่อสบู่ หรือ สบูโซดา ค่าสีมีการเปลี่ยนแปลงหลังการทดสอบอยู่ในเกณฑ์ที่มาตรฐานกำหนด เช่นเดียวกับความคงทนต่อเหงื่อ ค่าสีมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย แต่ความคงทนต่อการขัดสี ค่าสีมีการเปลี่ยนแปลงมาก

5.1.5 ผลการถ่ายทอदनวัตกรรมการผลิตภัณฑ์สู่ชุมชน

ผู้เข้าฝึกอบรมมีความรู้ความเข้าใจในการย้อมผ้าด้วยเม็ดสีจากดินลูกรัง เพิ่มขึ้นจากก่อนการฝึกอบรมถึงร้อยละ 35.50 เมื่อเทียบกับคะแนนเต็ม และมีความพึงพอใจที่ระดับคะแนน 4.42 ซึ่งอยู่ในระดับดี

5.2 อภิปรายผลวิจัย

5.2.1 ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของแหล่งดินลูกรังทั้ง 5 แหล่ง ที่ชุมชนใช้ดินลูกรังย้อมผ้าพื้นเมือง ศึกษาลักษณะโครงสร้างจุลภาคด้วยเครื่องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscope, SEM) โครงสร้างผลึกด้วยเครื่องเอ็กซ์เรย์ดิฟแฟรกชัน (X-ray diffraction, XRD) องค์ประกอบเคมีด้วยเครื่องเอ็กซ์เรย์ฟลูออเรสเซนซ์ชนิดตรวจวัดรังสีจากระดับพลังงาน (Energy dispersive x-ray spectrometer, EDS) ดังนี้ คือ 1) ดินบ้านวังไฮ อำเภอหนองสูง จังหวัดมุกดาหาร 2) ดินบ้านเจริญสุข อำเภอเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดบุรีรัมย์ 3) ดินบ้านคำไผ่ อำเภอสมเด็จ จังหวัดกาฬสินธุ์ 4) ดินบ้านโนนป่าซาง ตำบลโนนป่าซาง อำเภอผาขาว จังหวัดเลย และ 5) ดินบ้านรางหวาย ตำบลรางหวาย อำเภอพนมทวน จังหวัดกาญจนบุรี โดยเก็บตัวอย่างดินลูกรังที่ผิวดิน และลึกลงใต้ผิวดินระยะ 10 เซนติเมตร (นันทิยา อัจฉรวรรณ ไพรัช วงศ์ยุทธไกร และสมพล มงคลพิทักษ์สุข, 2554) พบว่า ดินลูกรังจากแหล่งดินบ้านวังไฮ อำเภอหนองสูง จังหวัดมุกดาหาร มีขนาดอนุภาคอยู่ในช่วง 1-20 ไมโครเมตร มีองค์ประกอบเคมีซึ่งวิเคราะห์ด้วย EDS ประกอบด้วย ซิลิการ้อยละ 34.94 อะลูมินาร้อยละ 13.74 เหล็กออกไซด์ร้อยละ 43.12 ไทเทเนียมไดออกไซด์ร้อยละ 1.05 โปแตสเซียมออกไซด์ร้อยละ 1.48 แมกนีเซียมออกไซด์ร้อยละ 0.36 และการสูญเสียจากการเผา ร้อยละ 5.31 แหล่งดินบ้านเจริญสุข อำเภอเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดบุรีรัมย์ มีขนาดอนุภาคอยู่ในช่วง 1-20 ไมโครเมตรมีองค์ประกอบเคมีซึ่งวิเคราะห์ด้วย EDS ประกอบด้วย ซิลิการ้อยละ 57.80 อะลูมินาร้อยละ 18.57 เหล็กออกไซด์ร้อยละ 7.74 ไทเทเนียมไดออกไซด์ร้อยละ 1.08 และการสูญเสียจากการเผา ร้อยละ 14.81 แหล่งดินบ้านคำไผ่ อำเภอสมเด็จ จังหวัดกาฬสินธุ์ มีขนาดอนุภาคอยู่ในช่วง 1-10 ไมโครเมตร มีองค์ประกอบเคมีซึ่งวิเคราะห์ด้วย EDS ประกอบด้วย ซิลิการ้อยละ 64.65 อะลูมินาร้อยละ 9.21 เหล็กออกไซด์ร้อยละ 4.67 ไทเทเนียมไดออกไซด์ร้อยละ 0.74 แคลเซียมออกไซด์ร้อยละ 1.25 แมกนีเซียมออกไซด์ร้อยละ 1.05 และการสูญเสียจากการเผา ร้อยละ 16.81 แหล่งดินบ้านโนนป่าซาง ตำบลโนนป่าซาง อำเภอผาขาว จังหวัดเลย มีขนาดอนุภาคอยู่ในช่วง 1-15 ไมโครเมตร มีองค์ประกอบเคมีซึ่งวิเคราะห์ด้วย EDS

ประกอบด้วย ซิลิการ้อยละ 44.81 อะลูมินาร้อยละ 31.28 เหล็กออกไซด์ร้อยละ 11.17 ไทเทเนียมไดออกไซด์ร้อยละ 3.01 และการสูญเสียจากการเผาร้อยละ 9.73 และแหล่งดินบ้านรางหวาย ตำบลรางหวาย อำเภอพนมทวน จังหวัดกาญจนบุรี มีขนาดอนุภาคอยู่ในช่วง 0.5-10 ไมโครเมตร มีองค์ประกอบเคมีซึ่งวิเคราะห์ด้วย EDS ประกอบด้วย ซิลิการ้อยละ 53.65 อะลูมินาร้อยละ 13.21 เหล็กออกไซด์ร้อยละ 9.37 ไทเทเนียมไดออกไซด์ร้อยละ 1.34 โปแตสเซียมออกไซด์ร้อยละ 1.02 แคลเซียมออกไซด์ร้อยละ 4.27 แมกนีเซียมออกไซด์ร้อยละ 14.03 และการสูญเสียจากการเผาร้อยละ 13.11 โดยองค์ประกอบทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของดินลูกรังแต่ละแหล่งมีองค์ประกอบแตกต่างกันออกไป ซึ่งสอดคล้องกับการสำรวจ องค์ประกอบทางเคมีของดินลูกรังในแต่ละภูมิภาค ของประเทศไทย (ธนวัฒน์ จารุพงษ์สกุล และคณะ, 2546) โดยดินลูกรังส่วนมากจะพบอยู่ในบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตอนกลางของภาคเหนือ และภาคตะวันออก และพบเล็กน้อยในภาคกลางและภาคใต้ (กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2547) ความลึกไม่เกิน 50 เซนติเมตรจากผิวดิน (Vijarnsorn, 1984) และลักษณะที่เด่นของดินลูกรัง คือ มีปริมาณเหล็กออกไซด์ และอะลูมินาในปริมาณสูง และในบางครั้งอาจจะมีซิลิกา แร่ควอตซ์ และคาร์บอนเนต (กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2547)

5.2.2 การพัฒนาเม็ดสีจากดินลูกรังให้มีสมบัติสะท้อนรังสีอินฟราเรด ได้คัดเลือกแหล่งดินลูกรังที่มีลักษณะโครงสร้างจุลภาค องค์ประกอบเคมีที่โดดเด่น 2 แหล่งจาก 5 แหล่ง คือ ดินลูกรังจากแหล่งบ้านวังไฮ อำเภอหนองสูง จังหวัดมุกดาหาร เนื่องจากมีปริมาณเหล็กออกไซด์สูงที่สุด ซึ่งเหล็กออกไซด์เป็นสารที่สะท้อนรังสีอินฟราเรดได้ดี ดินลูกรังจากแหล่งนี้จึงเหมาะที่จะนำไปพัฒนาการสะท้อนรังสีอินฟราเรดให้สามารถสะท้อนรังสีอินฟราเรดได้เพิ่มขึ้น และดินลูกรังจากแหล่งบ้านโนนป่าขวาง อำเภอผาขาว จังหวัดเลย เนื่องจากมีปริมาณเหล็กออกไซด์สูงเป็นอันดับรองจากแหล่งดินลูกรังจากจังหวัดมุกดาหาร และมีปริมาณไททาเนียมไดออกไซด์สูงกว่าแหล่งอื่น ซึ่งไททาเนียมไดออกไซด์มีดัชนีหักเหของแสงสูง จึงเป็นสารอีกชนิดหนึ่งที่มีสมบัติสะท้อนรังสีได้ดี ซึ่งสอดคล้องกับ Stiefel (2004) วัสดุที่สะท้อนรังสี NIR ส่วนใหญ่เป็นโลหะออกไซด์ที่ถูกใช้ในการดูดกลืนแสงที่มองเห็นในช่วงความยาวคลื่น โลหะออกไซด์และซัลไฟด์ที่ถูกใช้มากที่สุด ได้แก่ TiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3 , Cr_2O_3 , MnO_x และ CdS เป็นต้น จากสารทั้งหมดที่ใช้ทำเป็นเม็ดสี ไททาเนียมออกไซด์ถูกใช้เป็นเม็ดสีมากที่สุด เนื่องจากเป็นสารไม่อันตรายและมีความเสถียรสูงที่สะท้อนรังสี NIR ได้ดี (Norman, Michele, Amaya, Christopher, John, & Robert, 2003) ได้ศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อสมบัติทางแสงของ TiO_2 ที่มีดัชนีหักเห (Refractive index) = 2.5–2.7 และขนาดอนุภาคของ TiO_2 พบว่า อนุภาคของ TiO_2 ที่มีอนุภาคระดับนาโนเมตร สามารถกระเจิงแสงได้ดีในช่วงแสงที่มีความยาวคลื่นต่ำกว่า 400 นาโนเมตร จึงได้นำดินลูกรังจาก 2 แหล่งนี้ไปพัฒนาให้สะท้อนรังสีอินฟราเรด โดยนำดินลูกรังจาก 2 แหล่งมาบดด้วยเครื่องบด hammer mill และคัดขนาดให้สามารถผ่านตะแกรงร่อนขนาด 100 mesh หลังจากนั้นบดผสมด้วย ball mill อีกครั้ง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำมาคัดขนาดให้ได้ขนาดเล็กลงกว่า 45 ไมโครเมตร โดยใช้วิธีคัดแยกจากการตกตะกอนซึ่งเป็นไปตามกฎของสโตก (Stoke's law) หลังจากนั้นนำสารไปเผาแคลไซน์ที่อุณหภูมิ 900-1300°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เพื่อให้เกิดเฟสใหม่ บดสารหลังจากเผาแล้วให้มีขนาดอยู่ในช่วง 1-10 ไมโครเมตร นำเม็ดสีมาวิเคราะห์ผลด้วย XRD, SEM วัดการสะท้อนรังสีอินฟราเรดด้วยเครื่อง UV-Vis-NIR spectrophotometer

ดินลูกรังจากบ้านวังโฮ อำเภอนองสูง จังหวัดมุกดาหาร เมื่อผ่านการเผาแคลไซน์ที่อุณหภูมิ 900-1300°C แล้วนำมาตรวจวัดด้วย XRD พบว่า ที่อุณหภูมิแคลไซน์ 900°C พีคของควอทซ์ (quartz, SiO₂) มีความคมชัด พีคของเฮมาไทต์ (hematite, Fe₂O₃) มีความสูงลดลง เนื่องจากสารอินทรีย์ในดินที่บดบังพีคของควอทซ์ถูกเผาออกไปทำให้ XRD สามารถวิเคราะห์ความเป็นผลึกของควอทซ์ได้ดีขึ้น (Bykova, et al, 2016; Tanei, et al, 2016; Pati, et al, 2015) เมื่อเพิ่มอุณหภูมิแคลไซน์เป็น 1000°C พีคของเฮมาไทต์ (hematite, Fe₂O₃) เด่นชัดเพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่า อุณหภูมิช่วยทำให้โครงสร้างผลึกเฮมาไทต์จัดเรียงตัวกันได้สมบูรณ์ขึ้น และมีขนาดผลึกที่ใหญ่ขึ้นตามอุณหภูมิ ซึ่งมีลักษณะเป็นเช่นนั้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจนกระทั่งอุณหภูมิ 1300°C คล้ายกับเกสริน มีมล และอนุวัฒน์ หัสดี (2561) เมื่อเผาแคลไซน์ที่อุณหภูมิ 900 และ 1,100 °C มีลักษณะเป็นเม็ดมีขนาดใหญ่เนื่องจากพลังงานความร้อนที่ได้รับที่อุณหภูมิ 900 °C เป็นต้นไปจะมีพลังงานความร้อนเพียงพอที่ทำให้อนุภาค Fe₃O₄ รวมตัวเป็นเม็ดของ α -Fe₂O₃ และโครงสร้างผลึกจะเปลี่ยนไปจากที่เป็นอินเวิร์ต-สปิเนลคิวบิกกลายเป็นรอมโบฮีดรัลสอดคล้องกับผลทางโครงสร้างผลึก ในขณะที่พีคของควอทซ์มีความสูงเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิเผาแคลไซน์จาก 900-1100°C และความสูงของพีคลดลงเมื่ออุณหภูมิเผาแคลไซน์เพิ่มขึ้นเป็น 1200°C และ 1300°C สังเกตได้จากตำแหน่งพีคที่ 2 θ = 27 องศา ซึ่งเป็นไปได้ที่ควอทซ์ทำปฏิกิริยากับคาโอลิไนท์ แต่ยังไม่ปรากฏเป็นผลึกที่ชัดเจนจึงยังตรวจวัดด้วย XRD ไม่ได้ ดังนั้นที่อุณหภูมิสูงจึงตรวจพบเพียงพีคของเฮมาไทต์ที่คมชัด เนื่องจากมีความเป็นผลึกเพิ่มขึ้นแต่ยังไม่เปลี่ยนรูปผลึกเป็นสปิเนลที่อุณหภูมิเผาแคลไซน์ในช่วงนี้ เช่นเดียวกับ (Sainz, Castello, Pla, & Gallart, 2003) การนำโลหะออกไซด์หรือเกลือไนเตรทมาเผาที่อุณหภูมิสูงทำให้เกิดสารออกไซด์ชนิดใหม่ ซึ่งมีความคงทนต่อสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ทนต่อความเป็นกรดต่างได้ดี ซึ่งวิธีเตรียมดังกล่าวเรียกว่า การแคลไซน์ (Calcination) ซึ่งเป็นการทำปฏิกิริยาระหว่างของแข็งกับของแข็ง ได้สารใหม่ที่มีโครงสร้างผลึกที่เสถียรเป็น สปิเนล หรือ รูไทล์ เมื่อนำมาตรวจคุณลักษณะโครงสร้างจุลภาคด้วย SEM พบว่า ตัวอย่างผงดินที่ผ่านการแคลไซน์ที่อุณหภูมิ 900-1300°C มีลักษณะอนุภาคเป็นเหลี่ยมแหลมคมไม่กลมมน โดยมีขนาดอนุภาคประมาณ 1-10 ไมโครเมตร โดยอนุภาคขนาดเล็กเกาะตัวกันหลวม ๆ เป็นเสมือนอนุภาคขนาดใหญ่ ซึ่งเป็นอนุภาคที่อยู่ในช่วงมากกว่าครึ่งหนึ่งของความยาวคลื่นของรังสีอินฟราเรด เช่นเดียวกับ (Yamada, Nagahara, Satoh and Kurosaki, 2000) ที่ต้องปรับปรุงคุณภาพเม็ดสีด้วยการแยกขนาดและเผาแคลไซน์ที่อุณหภูมิต่าง ๆ และบดให้มีขนาดมากกว่าครึ่งหนึ่งของความยาวคลื่นของรังสีอินฟราเรด แล้วนำมาทำเป็นสารย้อมเส้นใยฝ้าย เพื่อให้เกิดการสะท้อนรังสีอินฟราเรดได้ดี เมื่อนำผงดินลูกรังที่ผ่านการเผาแคลไซน์แล้วไปวัดค่าการสะท้อนรังสีอินฟราเรดด้วย UV-Vis-NIR spectrophotometer ดินลูกรังที่เผาแคลไซน์ทุกอุณหภูมิหรือเม็ดสี มีแนวโน้มการสะท้อนรังสีไปในทิศทางเดียวกัน คือ สะท้อนรังสีอัลตราไวโอเล็ตต่ำ นั้นแสดงว่าดูดกลืนรังสีอัลตราไวโอเล็ตสูง เมื่อพิจารณาแสงที่มองเห็นด้วยตาเปล่า (ช่วงความยาวคลื่น 400-700 นาโนเมตร) ช่วงความยาวคลื่น 400-550 นาโนเมตร เม็ดสีดูดกลืนพลังงานแสงในช่วงนี้ได้ดีจึงสะท้อนพลังงานแสงได้ต่ำ โดยเม็ดสีมีความสามารถสะท้อนรังสีได้สูงขึ้นเป็นลำดับในช่วงความยาวคลื่น 550 นาโนเมตร ขึ้นไป จนกระทั่งเข้าสู่ช่วงรังสีอินฟราเรด (ความยาวคลื่นมากกว่า 700 นาโนเมตร) ปริมาณการสะท้อนสูงขึ้นเข้าใกล้ 100% โดยเม็ดสีที่ผ่านการเผาแคลไซน์ที่อุณหภูมิ 900°C สามารถสะท้อนรังสีอินฟราเรดได้ดีกว่าเม็ดสีที่ผ่านการเผาแคลไซน์ที่อุณหภูมิ 1000°C เนื่องจากเฮมาไทต์ที่

อุณหภูมิเผาแคลไซน์ 1000°C มีความเป็นผลึกมากกว่าเฮมาไทต์ที่อุณหภูมิ 900°C เมื่ออุณหภูมิการเผาแคลไซน์เพิ่มเป็น 1100°C, 1200°C และ 1300°C การสะท้อนรังสีอินฟราเรดมีแนวโน้มลดลงเนื่องจากปริมาณควอท์ที่เป็นผลึกที่มีดัชนีหักเหของแสงสูงเกิดปฏิกิริยาไปเป็นสารอื่น ทำให้มีปริมาณน้อยลง จึงสะท้อนรังสีอินฟราเรดได้ลดลงตามไปด้วย โดยการสะท้อนรังสีในช่วง 700-1000 นาโนเมตร มีการสะท้อนรังสีลดลง เนื่องจากอนุภาคขนาดเล็กบางส่วนที่มีอยู่ในเม็ดสียังทำให้รังสีเกิดการกระเจิงและถูกดูดกลืนโดยเม็ดสี เม็ดสีจึงยังสะท้อนรังสีอินฟราเรดได้ไม่เต็มที่ อุณหภูมิการเผาแคลไซน์ที่ทำให้เม็ดสีสะท้อนรังสีอินฟราเรดได้ดีที่สุด ได้แก่ 1000°C ซึ่งจะถูกนำไปศึกษาในหัวข้อการกระจายขนาดอนุภาคต่อการสะท้อนรังสีอินฟราเรด ผลการเปลี่ยนแปลงเม็ดสีมีความสอดคล้องกับผลวิเคราะห์ด้วย XRD และการสะท้อนรังสีอินฟราเรด เมื่ออุณหภูมิเผาแคลไซน์ต่ำ ซิลิกายังไม่ทำปฏิกิริยากับสารในกลุ่มเหล็กหรืออะลูมินาในดิน จึงทำให้มีความสว่างสูงและสีแดงเป็นสีของเหล็กออกไซด์ที่มีประจุ 3+ เมื่อเผาแคลไซน์ที่อุณหภูมิ 900°C และ 1000°C เหล็กออกไซด์ยังไม่เปลี่ยนประจุจาก 3+ เป็น 2+ (เกศริน มีมล และอนุวัฒน์ หัสดี, 2561) จึงทำให้สีของเม็ดสียังคงเป็นสีน้ำตาลแดงและสว่างด้วย เมื่อนำมาวัดการสะท้อนรังสีจากการรวมตัวกันของซิลิกาและเหล็กออกไซด์ทำให้เกิดการสะท้อนรังสีอินฟราเรดสูงกว่าการสะท้อนรังสีอินฟราเรดของเม็ดสีที่เผาแคลไซน์ที่อุณหภูมิต่ำกว่า ที่อุณหภูมิเผาแคลไซน์สูงขึ้นเป็น 1100-1300°C สีเข้มขึ้นเนื่องจากเหล็กออกไซด์บางส่วนเปลี่ยนประจุจาก 3+ ไปเป็น 2+ ซึ่งมีสีดำ (Bykova, et al, 2016; Tanei, et al, 2016; Pati, et al, 2015) เป็นการเปลี่ยนจากสนิมแดง (red rust) เป็นสนิมดำ (black rust) และซิลิกาเริ่มมีปริมาณลดลง เนื่องจากเริ่มไปทำปฏิกิริยากับสารในกลุ่มอะลูมินา และเปลี่ยนรูปไปเป็นสารประกอบอื่น จึงทำให้การสะท้อนรังสีอินฟราเรดลดลง เมื่อนำมาสร้างความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสว่างและค่าสีกับอุณหภูมิเผาแคลไซน์ พบว่า ที่อุณหภูมิเผาแคลไซน์ 900°C และ 1000°C ค่าความสว่างและค่าสีไม่เปลี่ยนแปลง เมื่ออุณหภูมิเผาแคลไซน์สูงขึ้นค่าความสว่าง ค่าสีแดงและค่าสีเหลือง ลดลงอย่างรวดเร็ว โดยค่าสีเหลืองและค่าความสว่างมีแนวโน้มการลดลงไปในทางเดียวกัน แสดงให้เห็นว่าการลดลงของค่าสีเหลืองเกิดจากการหายไปของซิลิกา และค่าสีแดงลดลงในลักษณะเส้นตรงซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนประจุของเหล็กออกไซด์จาก 3+ เป็น 2+ (Bykova, et al, 2016; Tanei, et al, 2016; Pati, et al, 2015) โดยปรากฏชัดในช่วงอุณหภูมิเผาแคลไซน์ 1100-1300°C เมื่อพิจารณาค่าความแตกต่างของสี (ΔE) ที่อุณหภูมิเผาแคลไซน์ในช่วง 1000-1100°C มีความแตกต่างของค่าสีสูงสุด เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงของเหล็กออกไซด์และซิลิกาที่เริ่มไปทำปฏิกิริยากับสารกลุ่มอะลูมินา ทำให้เกิดความแตกต่างของสีมากกว่าช่วงอื่น ซึ่งลดลงในช่วง 1100-1200°C และเพิ่มขึ้นอีกครั้งในช่วง 1200-1300°C ซึ่งในอุณหภูมิเผาแคลไซน์ 1300°C ปริมาณซิลิกาตกลงสูงมากเมื่อเทียบกับอุณหภูมิเผาแคลไซน์อื่น ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ด้วย XRD สอดคล้องกับงานวิจัยของ Worawong, Jutarosaga And Onreabroy (2014) ที่สังเคราะห์อนุภาคแม่เหล็ก Fe_3O_4 ด้วยวิธีการโซเจล เมื่อเพิ่มอุณหภูมิการเผาแคลไซน์เป็น 700, 900 และ 1,100 °C โดยที่อุณหภูมิการเผาแคลไซน์ 900 และ 1,100 °C รูปแบบการเลี้ยวเบนจะตรงกับค่ามาตรฐาน $\alpha-Fe_2O_3$: 87-1164 สรุปได้ว่าการเผาแคลไซน์ 900 และ 1,100 °C จัดเป็นสาร แม่เหล็ก $\alpha-Fe_2O_3$ มีโครงสร้างผลึกเป็นแบบรอมโบฮีดรัล (rhombohedral) นอกจากนี้จะเห็นได้ว่า อนุภาคแม่เหล็ก Fe_3O_4 เริ่มเปลี่ยนเป็น $\alpha-Fe_2O_3$ ที่อุณหภูมิการเผาแคลไซน์สูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kazeminezhad & Mosivand

(2014) ที่ศึกษาการเปลี่ยนเฟสของ เหล็กในสารละลาย electro-oxidized จาก Fe_3O_4 เป็น γ และ α - Fe_2O_3 ด้วยการเผาด้วยอุณหภูมิสูง จะเริ่มมีการเปลี่ยนเฟส กับงานวิจัยของ Yotsakit, Nattapon, Kitipun, Patarawagee and Jakrapong (2013) ที่ใช้กระบวนการเผาแคลไซต์ที่อุณหภูมิที่อุณหภูมิ 700, 900 และ 1,100 °C ทำให้สามารถขจัดปริมาณสารเคมีออกไปได้ เช่น ซิลิกอน และกำมะถัน เมื่อแคลไซต์ที่อุณหภูมิ 500 และ 700 °C มีลักษณะเป็นอนุภาคทรงกลมและเมื่อเผาแคลไซต์ที่อุณหภูมิ 900 และ 1,100 °C มีลักษณะเป็นเม็ดมีขนาดใหญ่เนื่องจากพลังงานความร้อนที่ได้รับที่อุณหภูมิ 900 °C เป็นต้นไปจะมีพลังงานความร้อนเพียงพอที่ทำให้อนุภาค Fe_3O_4 รวมตัวเป็นเม็ดของ α - Fe_2O_3 และโครงสร้างผลึกจะเปลี่ยนไปจากที่เป็นอินเวิร์ตสปิเนลคิวบิกกลายเป็นรอมโบฮีดรัล สอดคล้องกับผลทางโครงสร้างผลึก เกศริน มีมล และอนุวัฒน์ หัสดี (2561)

ผลการกระจายขนาดอนุภาคต่อการสะท้อนรังสีอินฟราเรด โดยการนำเม็ดสีที่ผ่านการเผา แคลไซต์ที่อุณหภูมิ 1000°C มาบดเพื่อลดขนาดอนุภาคด้วยเครื่อง ring mill ที่เวลา 20, 40, 60, 80 และ 100 นาที ตามลำดับ แล้วนำมาวิเคราะห์ขนาดอนุภาคและวัดค่าการสะท้อนรังสีอินฟราเรด พบว่า การกระจายขนาดอนุภาคอยู่ในช่วง 0.2-50 ไมโครเมตร โดยลักษณะการกระจายแบ่งเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงที่มีขนาดเฉลี่ยอยู่ที่ 0.5 ไมโครเมตร และ 10 ไมโครเมตร เมื่อบดด้วยเวลาเพิ่มขึ้น ขนาดเฉลี่ยที่อยู่ในช่วง 0.5 ไมโครเมตร มีปริมาณเพิ่มขึ้น และ 10 ไมโครเมตร มีปริมาณลดลง การที่ขนาดมีการกระจายตัวใน 2 ช่วงดังกล่าว เนื่องจากเป็นข้อจำกัดของเครื่องบด โดยค่าเฉลี่ยของขนาดอนุภาคที่บดด้วยเวลา 20 นาที เท่ากับ 4.91 ไมโครเมตร 40 นาที เท่ากับ 4.85 ไมโครเมตร 60 นาที เท่ากับ 4.22 ไมโครเมตร 80 นาที เท่ากับ 3.94 ไมโครเมตร และ 100 นาที เท่ากับ 3.71 ไมโครเมตร ผงดินลูกรังที่ได้จากการเผาแคลไซต์มีความแข็งมาก เนื่องจากประกอบด้วยควอทซ์และเฮมาไทต์ ทำให้การบดเพื่อลดขนาดทำได้ยาก จึงเห็นการเปลี่ยนแปลงขนาดที่ไม่แตกต่างกันมากนัก เมื่อนำไปวัดการสะท้อนรังสีอินฟราเรด เมื่อนำดินลูกรังที่ถูกบดด้วยเวลา 20 และ 40 นาที มีค่าการสะท้อนรังสีอินฟราเรดใกล้เคียงกันและสะท้อนได้สูงกว่าที่เวลาบดอื่น ๆ อย่างที่กล่าวไปแล้วข้างต้นว่า การกระจายขนาดอนุภาคมี 2 ช่วงคือ ช่วงค่าเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 0.5 ไมโครเมตร และ 10 ไมโครเมตร เมื่อบดนานขึ้น ช่วงค่าเฉลี่ยที่ 0.5 ไมโครเมตร มีปริมาณเพิ่มขึ้น อนุภาคขนาดเล็กที่มีขนาดเล็กกว่าครึ่งหนึ่งของความยาวคลื่น สามารถดูดกลืนรังสีอินฟราเรดได้ (อนุสรฯ ศรีสรवल, 2545; Cui, 2011) ทำให้การสะท้อนต่ำลงเมื่ออนุภาคเล็กลง ขนาดความยาวคลื่นของรังสีอินฟราเรดที่ตกกระทบกับวัตถุแล้วเกิดความร้อน คือ 700-2500 นาโนเมตร ดังนั้น เพื่อลดการดูดกลืนรังสีอินฟราเรด ช่วงนี้ให้มากที่สุด จึงควรเตรียมเม็ดสีให้มีขนาดโตกว่า 1250 นาโนเมตร หรือ 1.25 ไมโครเมตร ซึ่งเป็นครึ่งหนึ่งของ 2500 นาโนเมตร จากค่าเฉลี่ยการกระจายขนาดของอนุภาค มีขนาดโตกว่า 1.25 ไมโครเมตร แต่เนื่องจากยังมีขนาดอนุภาคบางส่วนที่มีขนาดเล็กกว่า 1.25 ไมโครเมตร จึงทำให้มีการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดสูงอยู่ (Yamada, Nagahara, Satoh and Kurosaki, 2000) สอดคล้องกับ Klabunde et al. (2004) ได้ศึกษาการสะท้อนรังสี NIR ของโลหะออกไซด์ที่มีอนุภาคระดับนาโนเมตร พบว่าขนาดของผลึกที่มีขนาดเล็กระดับนาโนเมตรมีการสะท้อนรังสี NIR สูงขึ้นประมาณร้อยละ 15-20

ดินลูกรังจากแหล่งบ้านโนนป่าซาง อำเภอผาขาว จังหวัดเลย มีสีแดง และมีองค์ประกอบเคมีที่มีเหล็กออกไซด์เป็นอันดับ 2 รองจากดินลูกรังจากแหล่งบ้านวังไฮ อำเภอหนองสูง จังหวัดมุกดาหาร

และมีไททาเนียมไดออกไซด์เป็นองค์ประกอบสูง ซึ่งไททาเนียมไดออกไซด์มีดัชนีหักเหของแสงสูง จึงเหมาะที่จะพัฒนาให้สะท้อนรังสี จึงถูกเลือกเป็น 1 ใน 2 แหล่ง ที่ถูกนำมาพัฒนาให้มีการสะท้อนรังสีอินฟราเรดได้ดี โดยนำมาบดด้วยเครื่องบด hammer mill และคัดขนาดให้สามารถผ่านตะแกรงร่อนขนาด 100 mesh หลังจากนั้นบดผสมด้วย ball mill อีกครั้ง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำมาคัดขนาดให้ได้ขนาดเล็กกว่า 45 ไมโครเมตร โดยใช้วิธีคัดแยกจากการตกตะกอนซึ่งเป็นไปตามกฎของสโตก (Stoke's law) หลังจากนั้นนำสารไปเผาแคลไซน์ที่อุณหภูมิ 900-1300°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เพื่อให้เกิดเฟสใหม่ บดสารหลังจากเผาแล้วให้มีขนาดอยู่ในช่วง 1-10 ไมโครเมตร นำมาวิเคราะห์ผลด้วย XRD, SEM วัดการสะท้อนรังสีอินฟราเรดด้วยเครื่อง UV-Vis-NIR spectrophotometer และวัดค่าความสว่างและค่าสีด้วยเครื่อง spectrophotometer พบว่าที่อุณหภูมิเผาแคลไซน์ 900 และ 1000°C เฟสที่พบในเม็ดสี ได้แก่ ควอทซ์ โดยที่ยังไม่ปรากฏเฟสอื่น เนื่องจากเฟสอื่นอาจจะถูกบดบังด้วยควอทซ์หรือสารในกลุ่มคาร์โบเนตที่ยังไม่สลายไป เนื่องจากสารในกลุ่มคาร์โบเนตสลายตัวไปเป็นออกไซด์ที่อุณหภูมิ 950°C หรือสารที่ตรวจวัดด้วย XRD เหล่านี้ยังไม่เป็นผลึกที่สมบูรณ์ จึงไม่สามารถตรวจวัดด้วย XRD ได้ เมื่ออุณหภูมิเผาแคลไซน์สูงขึ้นเป็น 1100°C เริ่มพบเฟสใหม่เกิดขึ้น ได้แก่ FeAl_2O_4 ซึ่งมีโครงสร้าง สปีเนล (Sainzm Castello, Pla, & Gallart, 2003) โดยที่อุณหภูมิเผาแคลไซน์ 1300°C พีคของ FeAl_2O_4 มีความคมชัดมากกว่าอุณหภูมิเผาแคลไซน์ต่ำ (เกศริน มิมล และอนุวัฒน์ หัสดี, 2561) ลักษณะโครงสร้างจุลภาคของเม็ดสีจากดินลูกรังมีลักษณะจับตัวกันเป็นก้อนมีรูพรุนในเม็ดสาร ขนาดอนุภาคอยู่ในช่วง 1-10 ไมโครเมตร มีลักษณะกลมมน ไม่เป็นเหลี่ยมแหลมคม ซึ่งคล้ายคลึงกันทุกอุณหภูมิการเผาแคลไซน์ สาเหตุที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากปริมาณเฮมาไทต์ที่เป็นองค์ประกอบในเม็ดสีมีปริมาณน้อยกว่าควอทซ์ ซึ่งควอทซ์ มีรูปร่างกลมมนมากกว่าเฮมาไทต์ (Yotsakit, Nattapon, Kitipun, Patarawagee and Jakrapong 2013) ผลการสะท้อนรังสีอินฟราเรดของเม็ดสีที่เผาแคลไซน์ที่อุณหภูมิ 900 และ 1000°C มีแนวโน้มใกล้เคียงกัน เนื่องจากมีผลึกที่ปรากฏในผล XRD เป็นควอทซ์ เช่นเดียวกัน เมื่ออุณหภูมิการเผาแคลไซน์เพิ่มขึ้นและเกิดเฟสใหม่ปรากฏว่า การสะท้อนรังสีอินฟราเรดของเม็ดสีลดลงที่อุณหภูมิการเผาแคลไซน์ที่ 1100 และ 1200°C และเพิ่มขึ้นสูงสุดที่อุณหภูมิเผาแคลไซน์ 1300°C โดยการสะท้อนมีค่าเข้าใกล้ 100% เหตุที่เป็นเช่นนี้เพราะ ที่อุณหภูมิเผาแคลไซน์ 1100 และ 1200°C FeAl_2O_4 ยังเกิดผลึกไม่สมบูรณ์ จึงทำให้ดูดกลืนรังสีอินฟราเรดเพิ่มขึ้น (วัลลภ หาญณรงค์ชัย พัฒนะ รักความสุข และจตุพร วุฒิกนกกาญจน์, 2550) เมื่อเป็นผลึกที่สมบูรณ์ที่อุณหภูมิเผาแคลไซน์ที่ 1300°C การสะท้อนจึงสูงขึ้นและสูงกว่าทุกอุณหภูมิการเผาแคลไซน์ ดังนั้นจึงนำเอาตัวอย่างที่เผาแคลไซน์ที่อุณหภูมิ 1300°C ไปศึกษาในหัวข้อผลของการกระจายขนาดอนุภาคต่อการสะท้อนรังสีอินฟราเรด การเปลี่ยนแปลงเฉดสีของเม็ดสีที่ผ่านการเผาแคลไซน์ที่อุณหภูมิ 900-1300°C พบว่า ค่าความสว่าง ค่าสีแดงและสีเหลืองของดินลูกรังที่เผาแคลไซน์ที่ 900°C มีค่าเท่ากับ 82.82, 19.87 และ 35.87 ตามลำดับ โดยมีค่าเท่ากับเม็ดสีที่เผาแคลไซน์ที่อุณหภูมิ 1000°C หลังจากนั้นลดลงเมื่ออุณหภูมิเผาแคลไซน์เพิ่มขึ้น นั่นคือสีของเม็ดสีเข้มขึ้นนั่นเองและสว่างขึ้นอีกครั้งที่อุณหภูมิเผาแคลไซน์ 1300°C ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ด้วย XRD และการสะท้อนรังสีอินฟราเรด ที่อุณหภูมิเผาแคลไซน์ 1100°C เหล็กออกไซด์เปลี่ยนประจุจาก 3+ เป็น 2+ จึงทำให้สีเข้มขึ้น (Bykova, et al, 2016; Tanei, et al, 2016; Pati, et al, 2015) และเริ่มเกิดเฟสใหม่คือ FeAl_2O_4 และเกิดเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเผาแคลไซน์



2615280817

VRU-1Thesis 58B74670106 thesis / recv: 07062566 19:06:35 / seq: 20

เพิ่มขึ้น การเกิด FeAl_2O_4 ทำให้สีสว่างขึ้นและเกิดการสะท้อนรังสีอินฟราเรดเพิ่มขึ้น อุณหภูมิเผาแคลไซน์ 1300°C จึงเป็นอุณหภูมิที่ทำให้เม็ดสีสะท้อนรังสีอินฟราเรดได้ดีที่สุด จึงถูกเลือกนำไปศึกษาในขั้นตอนต่อไป เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสว่างและค่าสีกับอุณหภูมิเผาแคลไซน์ ค่าความสว่างและค่าสีเหลืองมีการเปลี่ยนแปลงที่สอดคล้องกัน และเป็นผลจากเปลี่ยนประจุของเหล็กออกไซด์และเปลี่ยนเฟสเป็น FeAl_2O_4 ในขณะที่ค่าสีแดงมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย ค่าความสว่างมีความสอดคล้องกับผลการสะท้อนรังสีอินฟราเรด ที่อุณหภูมิเผาแคลไซน์ในช่วง $1000\text{--}1100^\circ\text{C}$ มีความแตกต่างของสีมากที่สุด เนื่องจากเกิดการเปลี่ยนประจุของเหล็กออกไซด์จาก $3+$ เป็น $2+$ (Bykova, et al, 2016; Tanei, et al, 2016; Pati, et al, 2015) คือเปลี่ยนจากสนิมแดงเป็นสนิมดำ ทำให้สีเข้มขึ้น แต่เมื่อเกิดเฟส FeAl_2O_4 มากขึ้นเป็นผลให้สีสว่างขึ้น คือช่วงอุณหภูมิ $1200\text{--}1300^\circ\text{C}$ เปลี่ยนเป็นสว่างขึ้น และสะท้อนรังสีอินฟราเรดสูงขึ้น เมื่อเม็ดสีที่ผ่านการเผาแคลไซน์ที่อุณหภูมิ 1300°C ถูกนำมาบดเป็นเวลา 20, 40, 60, 80 และ 100 นาที เพื่อลดขนาดของอนุภาคและศึกษาการสะท้อนรังสีอินฟราเรด การกระจายขนาดอนุภาคมีการกระจาย 2 กลุ่ม เช่นเดียวกับการกระจายของเม็ดสีจากดินลูกรังแหล่งบ้านวังไฮ จังหวัดมุกดาหาร เนื่องจากเป็นข้อจำกัดของเครื่องบด จึงทำให้ได้การกระจาย 2 ช่วง คือ 0.5 และ 10 ไมโครเมตร แต่ขนาดอนุภาคของเม็ดสีจากบ้านโนนป่าซาง อำเภอนาหว้า จังหวัดเลย มีขนาดเปลี่ยนแปลงจากการเพิ่มเวลาดบมากกว่าเม็ดสีจากแหล่งบ้านวังไฮ เนื่องจากมีปริมาณเฮมาไทต์ต่ำกว่า ความแข็งจึงต่ำกว่า สามารถบดได้ง่ายกว่า โดยมีค่าเฉลี่ยของขนาดอนุภาคเมื่อบด 20 นาที เท่ากับ 7.64 ไมโครเมตร 40 นาที เท่ากับ 6.73 ไมโครเมตร 60 นาที เท่ากับ 6.15 ไมโครเมตร 80 นาที เท่ากับ 4.42 ไมโครเมตร และ 100 นาที เท่ากับ 4.39 ไมโครเมตร ตามลำดับ การบดช่วง 20-60 นาที ขนาดไม่แตกต่างกันมากนัก แต่ช่วงระหว่าง 80 กับ 100 นาที ขนาดอนุภาคลดลงอย่างเห็นได้ชัด เมื่อนำเม็ดสีที่มีการกระจายขนาดอนุภาคต่าง ๆ ไปวัดค่าการสะท้อนรังสีอินฟราเรด การสะท้อนรังสีอินฟราเรดของเม็ดสีที่มีขนาดใหญ่กว่ามีค่าการสะท้อนสูงเข้าใกล้ 100% โดยลดลงเมื่อขนาดลดลง ดังนั้นขนาดจึงมีผลต่อการสะท้อนรังสีอินฟราเรดมาก โดยการกระจายขนาดอนุภาคที่มีขนาดมากกว่า 1.25 ไมโครเมตร ซึ่งเป็นครึ่งหนึ่งของค่าความยาวคลื่นสูงสุดของรังสีอินฟราเรดช่วงที่เกิดความร้อน จะทำให้เกิดการสะท้อนได้ดี (อนุสรฯ ศรีสรवल, 2545) เมื่อการกระจายขนาดอนุภาคมีขนาดต่ำกว่าครึ่งหนึ่งของความยาวคลื่น รังสีจะเกิดการกระเจิงและถูกดูดกลืนในที่สุด

การพัฒนาสารสะท้อนรังสีอินฟราเรดมีงานวิจัยที่ศึกษาการสะท้อนจากโครงสร้างผลึกและองค์ประกอบทางเคมีหลายกลุ่มด้วยกัน ได้แก่ การศึกษาสีนาโนที่สะท้อนรังสี NIR ชนิด $\text{Yin}_{0.9}\text{Mn}_{0.1}\text{O}_3\text{-ZnO}$ ซึ่งถูกสังเคราะห์โดยวิธีโซลเจล เพื่อให้เกิดเม็ดสีต่าง ๆ ด้วยอุณหภูมิการเผาแคลไซน์ที่แตกต่างกัน แล้ววัดการสะท้อนรังสี NIR การสังเคราะห์ $\text{Bi}_{4-x}\text{Ce}_x\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ ซึ่งมีสีน้ำตาลแดงและสีเหลืองเข้ม โดยสามารถสะท้อนรังสีอินฟราเรดได้ 72% เม็ดสีสีแดงที่สะท้อน NIR สูง ที่สังเคราะห์จากการหุ้มผงเหล็กออกไซด์ด้วยซิลิกา โดยซิลิกาที่หุ้มมีสีใส สามารถลดการเปลี่ยนเฟสของเหล็กออกไซด์ได้ จะเห็นได้ว่างานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้นเป็นงานวิจัยที่ใช้สารที่มีโครงสร้างซับซ้อนและเตรียมจากสารตั้งต้นที่บริสุทธิ์สูง และส่วนใหญ่เป็นสารที่มีสี ทำให้สามารถควบคุมองค์ประกอบทางเคมีและโครงสร้างผลึกได้ดี ซึ่งต่างจากงานวิจัยของผู้วิจัยที่ใช้สารตั้งต้นจากวัสดุธรรมชาติ ซึ่งไม่สามารถควบคุมองค์ประกอบทางเคมีได้ จึงอาศัยการทดลองแบบลองผิดลองถูกเพื่อให้ได้สารที่มีการ

สะท้อนรังสีอินฟราเรดที่ดี โดยพยายามเลือกวัสดุธรรมชาติเริ่มต้นที่เทียบเคียงกับงานวิจัยต่าง ๆ ให้ใกล้เคียงที่สุดเท่าที่จะทำได้ ขนาดอนุภาคของวัสดุจึงมีความสัมพันธ์กับความสามารถในการสะท้อนรังสีของวัสดุ นอกจากวัสดุมีสมบัติเฉพาะตัวที่สามารถสะท้อนรังสีได้แล้ว ยังต้องพัฒนาลักษณะทางกายภาพให้มีความสามารถในการสะท้อนได้เพิ่มขึ้น

5.2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการติดสีในการย้อมสีที่สังเคราะห์ได้จากดินลูกรัง และเปรียบเทียบผลการสะท้อนรังสี NIR โดยนำเม็ดสี 2 ชนิด ที่มีการสะท้อนรังสีอินฟราเรดที่ดีที่สุด มาย้อมด้วยฝ้ายเพื่อทดสอบการย้อมติดฝ้ายและการสะท้อนรังสีของผ้าฝ้ายที่ทอจากด้ายที่ย้อมด้วยเม็ดสีสะท้อนรังสีอินฟราเรด โดยศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการย้อม ได้แก่ ผลของตัวเติมเพื่อช่วยในการติดสี โดยใช้ตัวเติม 2 ชนิด ได้แก่ โซเดียมคลอไรด์ (NaCl) (นนททยา อัจฉรารธรรม ไพรัช วงศ์ยุทธกร และสมพล มงคลพิทักษ์สุข, 2554) และโซเดียมซัลเฟต (Na_2SO_4) โดยเติมในอัตราส่วน เม็ดสี 20% โดยน้ำหนัก โพลีไวนิลแอลกอฮอล์ (Polyvinyl alcohol, PVA) 1% โดยน้ำหนัก โซเดียมคลอไรด์หรือโซเดียมซัลเฟต 1 % โดยน้ำหนัก ในน้ำ จากนั้น ย้อมสีด้ายฝ้าย โดยทิ้งไว้เป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำขึ้นมาซักด้วยน้ำเปล่า 3 รอบ แล้วผึ่งให้แห้ง นำตัวอย่างไปทดสอบและทอเป็นผืนผ้า เพื่อศึกษาโครงสร้างจุลภาค ลักษณะโครงสร้างจุลภาคของด้ายฝ้ายที่ยังไม่ได้รับการย้อมจากเม็ดสี โครงสร้างมีลักษณะเป็นเส้นใยผิวเรียบขนาดของเส้นใย ประมาณ 20-30 ไมโครเมตร เมื่อย้อมด้วยเม็ดสีจากแหล่งบ้านโนนป่าซาง อำเภอนาหว้า จังหวัดเลย และย้อมด้วยเม็ดสีจากดินลูกรังแหล่งบ้านวังโฮ อำเภอนางรอง จังหวัดบุรีรัมย์ โดยเติมตัวเติม NaCl กับตัวเติม Na_2SO_4 พบว่า NaCl สามารถย้อมได้ติดผิวของเส้นใยฝ้ายได้ดีกว่า และเมื่อเปรียบเทียบกันระหว่างเม็ดสีทั้งสองชนิด พบว่า NaCl สามารถย้อมได้ติดผิวของเส้นใยฝ้ายได้ดีกว่า และเม็ดสีจากดินลูกรังแหล่งบ้านโนนป่าซาง จังหวัดเลย สามารถย้อมได้ติดผิวของเส้นใยฝ้ายได้ดีกว่าเม็ดสีจากดินลูกรังแหล่งบ้านวังโฮ จังหวัดบุรีรัมย์ ซึ่งสอดคล้องกับ (พรสวรรค์ อัครแสงรัตน์ และวิระวัฒน์ คลอวุฒิมันตร์, 2553) ที่ได้มีการเติมสารช่วยย้อม 20% NaOH เพื่อดูประสิทธิภาพของสารช่วยย้อม NaOH พบว่าเนื่องจาก NaOH มีสมบัติเป็นด่างแก่จะมีผลต่อน้ำสีจากข้าวเหนียวดำที่ใช้ย้อมผ้า โดยเซลลูโลสพอลิเมอร์ มีหมู่ hydroxyl (OH) แยกตัวเป็น O^- และ H^+ อยู่ในน้ำ ดังนั้นเมื่ออยู่ในน้ำผ้าจึงมีประจุเป็นลบ ทำให้เกิดการผลักกับอออน (หรือโมเลกุล) ของสีย้อมธรรมชาติที่มีประจุเป็นลบเช่นกัน เป็นสาเหตุให้สีธรรมชาติติดช้ายาก เมื่อสารละลายเป็นด่างมาก (OH^- มาก) จะทำให้ OH แยกตัวได้น้อยลง ดังนั้นการเติม OH^- มาก ๆ ทำให้สารสีธรรมชาติตกตะกอนได้ ทำให้สารสีถูกทำลายเกิด red shift สีที่ใช้ในการย้อมเปลี่ยนเป็นสีเขียวระหว่างกระบวนการย้อม จึงทำให้มีค่าสี a^* และ b^* เปลี่ยน โดย a^* มีค่าลดลง และ b^* มีค่าเป็นบวกแสดงว่าผ้าที่ย้อมได้มีเฉดสีเหลืองไม่ใช่สีน้ำเงินที่เป็นโทนสีของข้าวเหนียวดำ การศึกษาประสิทธิภาพของสารช่วยย้อมระหว่าง 20% NaCl และ 20% น้ำสีเสียดที่อัตราส่วน 12.5:7.5 ml เนื่องจากสารช่วยย้อมทั้งสองชนิดมีผลต่อการติดสี โดยที่โซเดียมไอออนของเกลือในน้ำย้อมส่วนหนึ่งจะทำหน้าที่ลดประจุของเส้นใยสีสามารถเข้าไปใกล้เส้นใยจนกระทั่งแรงแวนเดอร์วาลส์มีประสิทธิภาพ ดังนั้นการเติมเกลือแกงในน้ำย้อมจะเป็นการเพิ่มโซเดียมไอออนทำให้สีติดเส้นใยมากขึ้นเนื่องจากเกลือช่วยในการละลายสี (ศศิมา สุขสว่าง และคณะ, 2557) แต่ถ้าปริมาณของเกลือมากเกินไปจะมีผลต่อการละลายของสีทำให้เกิดตะกอน (Sumitomo, 2007) ผลของอุณหภูมิในการย้อมเป็นการนำเม็ดสี 2 ชนิด คือ เม็ดสีจากดินลูกรังแหล่งบ้านโนนป่าซาง อำเภอนาหว้า จังหวัดเลย เผาแคลไซน์ที่อุณหภูมิ 1300°C และเม็ดสีจากดินลูกรังแหล่งบ้านวังโฮ



2615280817

VRU-1Thesis 58B74670106 thesis / recv: 07062566 19:06:35 / seq: 20

อำเภอหนองสูง จังหวัดมุกดาหาร เมาแคลไซน์ที่อุณหภูมิ 1000°C เตรียมย้อมโดยเติมในอัตราส่วน เม็ดสี 20% โดยน้ำหนัก โพลีไวนิลแอลกอฮอล์ (Polyvinyl alcohol, PVA) 1% โดยน้ำหนัก โซเดียมคลอไรด์ 1 % โดยน้ำหนัก ในน้ำ ทดลองย้อมที่อุณหภูมิของน้ำที่ อุณหภูมิห้อง 60°C และ 80°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วปล่อยให้เย็น ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง ตรวจสอบลักษณะโครงสร้างจุลภาคด้วย SEM วัดค่าสีด้วยสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ โดยลักษณะโครงสร้างจุลภาคของเส้นใยฝ้ายที่ย้อมด้วยเม็ดสีจากดินลูกรังแหล่งบ้านโนนป่าซาง อำเภอผาขาว จังหวัดเลย พบว่า การย้อมที่อุณหภูมิห้องและ 60°C มีลักษณะพื้นผิวคล้ายกัน คือมีลักษณะขรุขระเล็กน้อย ไม่เรียบ เมื่อเทียบกับการย้อมที่อุณหภูมิ 80°C ซึ่งมีผิวเรียบเนียนกว่า เมื่อวัดค่าสีของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยเม็ดสี พบว่าค่าความสว่างมีค่าลดลงเมื่ออุณหภูมิการย้อมสูงขึ้น แสดงว่ามีการติดของสีเพิ่มขึ้น ทำให้สีของผ้าเข้มขึ้นด้วย ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะโครงสร้างจุลภาค ที่อุณหภูมิการย้อม 80°C จึงเป็นอุณหภูมิที่ย้อมสีได้ดีที่สุด ลักษณะโครงสร้างจุลภาคของด้ายฝ้ายที่ย้อมด้วยเม็ดสีจากดินลูกรังแหล่งบ้านวังไฮ อำเภอหนองสูง จังหวัดมุกดาหาร พบว่า ลักษณะการติดของเม็ดสีที่เส้นใยมีลักษณะคล้ายคลึงกันทั้ง 3 อุณหภูมิ โดยที่อุณหภูมิย้อมที่ 80°C เม็ดสีสามารถแทรกตัวเข้าไปในช่องว่าง (รูพรุน) ของเส้นใย ซึ่งเป็นไปได้ว่าเม็ดสีติดเส้นใยฝ้ายได้มากกว่า ค่าความสว่างของสีมีค่าลดลงเมื่ออุณหภูมิการย้อมเพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่าเม็ดสีติดกับเส้นใยฝ้ายได้ดีขึ้นเมื่ออุณหภูมิการย้อมสูงขึ้น แล้วดีที่สุดในอุณหภูมิ 80°C ซึ่งสอดคล้องกับโครงสร้างจุลภาค ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่า อุณหภูมิการย้อมที่เหมาะสมของเม็ดสี จากทั้ง 2 แหล่งสามารถย้อมให้ติดเส้นใยฝ้ายได้ดี ที่อุณหภูมิ 80°C ผลของเวลาในการย้อมจากผลการทดลองตัวเติมโซเดียมคลอไรด์ สามารถย้อมได้ดีติดผิวของเส้นใยฝ้ายได้ดี เม็ดสีจากดินลูกรังแหล่งบ้านโนนป่าซาง อำเภอผาขาว จังหวัดเลย สามารถย้อมได้ดีติดผิวของเส้นใยฝ้ายได้ดีกว่าเม็ดสีจากดินลูกรังแหล่งบ้านวังไฮ จังหวัดมุกดาหาร ที่อุณหภูมิ 80°C จึงถูกนำมาศึกษาระยะเวลาในการย้อม โดยศึกษาที่ระยะเวลา 6, 12 และ 24 ชั่วโมง ทอเป็นผืน แล้วนำมาวัดค่าสีและการสะท้อนรังสีอินฟราเรด พบว่าที่ 6 ชั่วโมง สามารถสะท้อนได้ประมาณ 60% และเพิ่มขึ้นเป็น 70% เมื่อใช้เวลาย้อม 12 ชั่วโมง อัตราการสะท้อนความร้อนเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มเวลาเป็น 24 ชั่วโมง ซึ่งมีค่าการสะท้อนประมาณ 75% ดังนั้น เวลาในการย้อม 24 ชั่วโมง จึงเป็นเวลาที่เหมาะสมในการย้อม เมื่อตรวจวัดค่าสีของผ้าฝ้ายที่ผ่านการย้อมเทียบกับผ้าฝ้ายที่ยังไม่ผ่านการย้อม ดังผลของค่าความสว่างของผืนผ้าฝ้าย (L*) มีค่า 96.10 ซึ่งมีค่าเป็นสีขาว โดยสีขาวมีความสว่างสูงสุดอยู่ที่ 100 โดยมีความเป็นสีแดง (a*) 0.77 และมีความเป็นสีเหลือง (b*) 1.36 เมื่อย้อมด้วยเม็ดสีเป็นเวลา 6 ชั่วโมง ค่าความสว่างลดลงเหลือ 76.98 ค่าความเป็นสีแดงเพิ่มขึ้นเป็น 18.08 ค่าความเป็นสีเหลืองเพิ่มขึ้น 32.72 เมื่อเพิ่มเวลาในการย้อมเป็น 12 และ 24 ชั่วโมง พบว่าค่าความสว่างลดลงเป็น 74 และ 69 ค่าความเป็นสีแดงเพิ่มขึ้นเป็นสีแดงมีค่า 14 และ 12 ค่าความเป็นสีเหลืองมีค่า 29 และ 25 ตามลำดับ โดยมีค่าความแตกต่างของสี (DE) ระหว่าง 6, 12 และ 24 ชั่วโมง เท่ากับ 6.4 และ 6.6 ตามลำดับ เช่นเดียวกับ (เพ็ญวิสาข์ พิสิฐธัญศักดิ์ และคณะ, 2565) ในการย้อมสีธรรมชาติที่สกัดจากเปลือกตะบูนขาว โดยให้ความร้อนที่ 80 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 ชั่วโมง และ (น้ำฝน เบ้าทองคำ วราพรรณ แก้วกัน รวีวรรณ จันทะคุณ สุนิสา ค ก และ ล ะ เอกชัย ศิริ, 2562) พบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมในการต้มย้อมผ้าฝ้ายด้ายสีจากข้าวเหนียวดำและความคงทนของสี ที่อุณหภูมิ 80°C เวลา 60 นาที สอดคล้องกับ (อนงค์พรรณ หัตถมาศ และสุวภาค

ศรีเทพ, 2555) อุณหภูมิที่เหมาะสมพบว่าอุณหภูมิที่ 80°C ทำให้เส้นใยเซลลูโลสพองตัวเพิ่มมากขึ้น ทำให้โมเลกุลสีเข้าไปในสายโซ่เซลลูโลสพอลิเมอร์มากขึ้น นอกจากนี้การเพิ่มอุณหภูมิทำให้สัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวล (mass transfer coefficient) มีค่าเพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณดูดซับจำเพาะมีค่าเพิ่มสูงขึ้น และระยะเวลาในการย้อมมีผลต่อการดูดซึมและการยึดติดสีของผ้า (Sumitomo, 2007)

5.2.4 ประสิทธิภาพความคงทนของเม็ดสีจากดินลูกรังในการย้อมสิ่งทอ ด้วยฝ้ายที่ย้อมด้วยเม็ดสีจากดินลูกรัง ทอเป็นผืนผ้าแล้วนำไปทดสอบความคงทนของสีตาม มอก. 121-2552 สีมีความคงทนต่อแสงซินอนอาร์ก โดยค่าสีมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย สีมีความคงทนต่อสบู่ หรือ สบูโซดา ค่าสีมีการเปลี่ยนแปลงหลังการทดสอบอยู่ในเกณฑ์ที่มาตรฐานกำหนด เช่นเดียวกับความคงทนต่อเหงื่อ ค่าสีมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย แต่ความคงทนต่อการซักสี ค่าสีมีการเปลี่ยนแปลงมาก ซึ่งแตกต่างกับงานวิจัยของ (วิเศษรัฐ จันทรังคหอม อุทัย เอกสะพัง และวุฒิ วัฒนสิน, 2554) ผลของการวัดความคงทนของสีบนผ้าต่อแสงและการซักเมื่อเทียบกับผ้าก่อนทดสอบโดยใช้เกรย์สเกลอยู่ในระดับ 1-2 ถือว่ามาตรฐานต่ำ แต่สอดคล้องกับ (จุฑารัตน์ รังสิวุฒิศักดิ์ และศศิประภา รัตนดิถก ญฎเกศ, 2561) โดยผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีย้อมธรรมชาติจากเปลือกนขนหรีมีความคงทนของสีต่อการซักด้านการเปลี่ยนสีอยู่ที่ระดับต่ำ และ นรเทพ โปธิเป็ง และคณะ (2563) ที่ศึกษาสมบัติความคงทนของสีและสมบัติทางกายภาพของผ้าฝ้ายที่พิมพ์ซิลค์สกรีนด้วยสีดินแดง ผลการทดสอบความคงทนของสีและสมบัติทางกายภาพ พบว่า ค่าความคงทนของสีต่อการซักล้าง น้ำ และเหงื่ออยู่ในระดับปานกลาง-ดี ค่าความคงทนของสีต่อแสงแดดเทียมอยู่ในระดับปานกลาง ค่าความคงทนของสีต่อการขัดถูอยู่ในระดับต่ำ (กชกร สกกุลบริสุทธิ์ และคณะ, 2559) เมื่อพิจารณาระดับความคงทนของการเปลี่ยนสีต่อการซักและการฟอกขาวของผ้าฝ้ายสีธรรมชาติ พบว่า สีธรรมชาติมีความคงทนต่อการซักต่ำ การใช้สารช่วยติดจึงเป็นทางเลือกให้เกิดการใช้สีธรรมชาติมากขึ้น อย่างไรก็ตามการใช้สารช่วยติดจะช่วยให้สีบนวัสดุ สิ่งทอมีความคงทนต้องใช้สารช่วยติดที่เหมาะสมกับชนิดของสีธรรมชาติ การนำสีจาก ดินแดงหรือดินลูกรังมาใช้ประโยชน์ในงานอุตสาหกรรมสิ่งทอ จะต้องใช้ผงสีจากดินมีขนาดเล็ก (กิตติคุณ ศักดา ศิริพันธุ์, 2559) เหมาะสำหรับการติดสีบนผ้าฝ้าย ซึ่งผงสีในการนำมาย้อม ตามกระบวนการย้อมสี จำเป็นต้องใช้สาร ช่วยติดจึงจะมีความคงทนของสีต่อการซัก ซับถู แสงแดดและเหงื่อ ระดับความคงทนของสีขึ้นอยู่กับชนิดของผ้า (Muthu & Gardetti, 2002) เป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์สิ่งทอเนื่องจากเป็นเทคนิคที่ช่วยเพิ่มมูลค่า และดึงดูด ความสนใจให้แก่ผู้บริโภค โดยสีจากธรรมชาติที่ให้ความรู้สึกรสหวานอม ปลอดภัย และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม แต่สีธรรมชาตียังมีข้อเสียหลายประการ คือ มีปริมาณการติดสีต่ำ และสีตกในระหว่างการใช้งาน จึงจำเป็นที่จะต้องใช้อาหารช่วยติดสี การย้อมสิ่งทอเพื่อให้สิ่งทอสะท้อนรังสีอินฟราเรด ได้มีงานวิจัยทางทหารหลายชิ้นที่ทำการทดลองศึกษาวิจัยเพื่อนำไปเป็นเครื่องนุ่งห่มสำหรับพลางตัวของทหาร Perepelkin et al. (2005) ได้ทำการปรับปรุงคุณภาพเส้นใยและสิ่งทอด้วยการพัฒนาจากความนิยมและปัญหาการใช้งาน ซึ่งมีหลายวิธีที่ถูกใช้เพื่อพัฒนาสมบัติทางด้านแสงของเส้นใยและสิ่งทอ เช่น การปรับปรุงสมบัติทางฟิสิกส์ การปรับปรุงพื้นผิวและการเติมตัวเติมลงไปบนเส้นใยและสิ่งทอ การปรับปรุงทางฟิสิกส์ประกอบด้วยวิธีการเปลี่ยนรูปร่างของผิวหน้าตัด (cross section) และการเปลี่ยนโครงสร้างโมเลกุลโดยกระบวนการดึงเส้นใยด้วยวิธีต่าง ๆ ซึ่งการวิจัยพบว่าการเปลี่ยนรูปร่างของผิวหน้าตัดทำให้เกิดปฏิสัมพันธ์กับแสงและรังสี

แม่เหล็กไฟฟ้าได้มากขึ้น Güneşoğlu K and Orhan (2006) ได้ศึกษาการปรับปรุงพื้นผิวของเส้นใย และสิ่งทอทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกลและการเกิดสีของเส้นใยและสิ่งทอ วิธีการที่เรียกว่า Wrinkle-free treatment เป็นวิธีที่นิยมใช้ในการปรับปรุงและตัดแปลงพื้นผิวโดยใช้ dimethyloldihydroxyethylene urea (DMDHEU) เป็นสารที่เป็นโซ่พอลิเมอร์ (crosslinking agent) สำหรับป้องกันการย่นของเส้นใย Lee, Yeo and Jeong (2003) ได้ใช้การทรีทเมนต์คอลลอยด์อนุภาคนาโน และ นาโนเลเยอร์ ในการปรับปรุงพื้นผิวของเส้นใยและสิ่งทออีกด้วย ผงเงินถูกใช้เป็นสารต่อต้านแบคทีเรีย โดยการเตรียมให้มีอนุภาคนาโนแล้วเคลือบที่ผิวของสิ่งทอ นาโนเลเยอร์ที่เป็น polyelectrolytes ถูกนำมาใช้ในการเคลือบผิวผ้าฝ้าย ไนล่อนและผ้าไหม โดยวิธี Gero Decher's layer-by-layer (LBL) วิธี LBL เป็นการใช้อิเล็กโทรไลต์ประจุที่มีขั้วตรงข้ามกับอิเล็กโทรไลต์ลงบนผิวของเส้นใยหรือสิ่งทอแล้วจุ่มลงในอิเล็กโทรไลต์เพื่อให้อนุภาคที่อยู่ในอิเล็กโทรไลต์เคลือบบนผิวของเส้นใยหรือสิ่งทอเนื่องจากมีขั้วที่แตกต่างกัน การเคลือบผิวด้วยเทคนิคนี้เป็นการเปิดประตูไปสู่เทคนิคการใช้ประจุในการชาร์ตเพื่อเคลือบผิวเส้นใยและสิ่งทอด้วยอนุภาคนาโนหรือคอลลอยด์วิธีอื่นอีกด้วย Langhals (2003) ได้ทดลองเติมตัวเติมลงในเส้นใยหรือสิ่งทอเพื่อปรับปรุงสมบัติของเส้นใยหรือสิ่งทอนั้น สารตัวเติมประกอบด้วย สารย้อมสี (dyes) เม็ดสี (pigments) เป็นต้น การเติมสารย้อมสีและเม็ดสีสามารถเติมในขณะที่สังเคราะห์เส้นใยหรือหลังจากสังเคราะห์เส้นใยหรือสามารถใช้กับเส้นใยที่ทอเป็นสิ่งทอเรียบร้อยแล้ว สารย้อมสีและเม็ดสีเป็นสารที่มีปฏิสัมพันธ์กับแสงและคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าบนเส้นใยและสิ่งทอ ที่ผ่านมามีการพัฒนาสารย้อมสีให้มีปฏิสัมพันธ์กับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีขนาดความยาวคลื่นที่ยาวขึ้นให้อยู่ในช่วง near-infrared (NIR) ซึ่งเป็นช่วงคลื่นที่ให้ความร้อน Martinez & Cowan (2008) ได้ทำการศึกษาวิจัยการใช้สารย้อมสีเป็นตัวสะท้อน NIR เพื่อนำไปใช้ในกองทัพบกสหรัฐอเมริกา ซึ่งในปัจจุบันใช้การแช่กรดและการย้อมโดยตรงเพื่อปรับปรุงผิวของสิ่งทอ สำหรับไนล่อน ผ้าฝ้าย เป็นต้น กองทัพต้องการสมบัติที่ไวต่อแสงและคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และคงทนต่อการซักกรีด ซึ่งสารที่ดูดกลืน NIR จึงไม่เพียงพอต่อการใช้เป็นเครื่องแต่งกายของทหาร โดยเครื่องแบบทหารจะต้องเป็นวัสดุที่สะท้อนความร้อนจากร่างกายไม่ให้รังสีความร้อนออกไปสู่ภายนอกทำให้เวลากลางคืน เครื่องตรวจจับคลื่นอินฟราเรดไม่สามารถตรวจจับการเคลื่อนไหวของทหารได้ ซึ่งวัสดุที่สะท้อนรังสีแม่เหล็กไฟฟ้าได้ดีนั้นต้องประกอบด้วย สารที่มีดัชนีการหักเหของแสงสูง องค์ประกอบทางเคมี โครงสร้างของสาร รูปร่างของอนุภาค ขนาดอนุภาค และความขรุขระของผิว

5.2.5 ผลการถ่ายทอดนวัตกรรมผลิตภัณฑ์สู่ชุมชน งานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้จัดฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการโดยการสร้างชุดฝึกอบรม เรื่องการย้อมด้วยเม็ดสีจากดินลูกรัง ซึ่งผู้วิจัยได้นำแบบทดสอบความรู้ เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน เพื่อพิจารณาแบบทดสอบรายข้อกับวัตถุประสงค์ เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา จากนั้นนำผลการพิจารณามาวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้อง เลือกข้อสอบที่มีค่า (Index of item-objective congruence : IOC) ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป (ราตรี นันทสุนทร, 2555) ซึ่งการวิเคราะห์ผลควมมีค่า IOC ตั้งแต่ 0.66 - 1.00 ซึ่งถือได้ว่าแบบทดสอบมีคุณภาพด้านความตรงเชิงเนื้อหาทุกข้อ โดยผู้วิจัยเลือกข้อสอบไว้จำนวน 20 ข้อ จากนั้นนำแบบทดสอบความรู้ไปทดลองใช้กับกลุ่มเป้าหมาย แล้วนำผลมาวิเคราะห์หาคุณภาพของแบบทดสอบ วิเคราะห์หาคุณภาพแบบทดสอบความรู้ นำผลการทดสอบมาวิเคราะห์ หาค่าความยาก

ง่าย (P) ผู้วิจัยคัดเลือกข้อสอบที่มีความยากง่ายตั้งแต่ 0.20 - 0.80 และค่าอำนาจจำแนก (R) ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป (มนต์ชัย เทียนทอง, 2545) โดยผู้วิจัยคัดเลือกข้อสอบที่ได้เกณฑ์ตามมาตรฐานไว้จำนวนทั้งหมด 10 ข้อ มีค่าความยากง่ายตั้งแต่ 0.43 - 0.77 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.33 - 0.53 ผู้วิจัยได้นำแบบทดสอบความรู้ไปใช้ กับกลุ่มทดลองที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันกับกลุ่มตัวอย่าง เพื่อหาค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับของแบบทดสอบ คำนวณโดยใช้ KR-20 ของคูเดอร์ ริชาร์ดสัน (Kuder Richardson Reliability) ทั้งฉบับมีค่าเท่ากับ 0.82 ซึ่งมีคุณภาพและเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด (มนต์ชัย เทียนทอง, 2545) จัดพิมพ์แบบทดสอบฉบับจริง เพื่อนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างต่อไป โดยที่คุณภาพของแบบทดสอบที่อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ สามารถนำไปใช้เก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยได้นั้น ควรมีค่าความเชื่อมั่นไม่ต่ำกว่า 0.60 หรือ 60% ขึ้นไป การวิเคราะห์เปรียบเทียบหาค่าความแตกต่างระหว่างคะแนนแบบทดสอบความรู้ก่อนอบรมและหลังอบรม ด้วยค่าทางสถิติ t - test (dependent sample) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ซึ่งสถิติที่ใช้ในการเปรียบเทียบผลระหว่างคะแนนแบบทดสอบความรู้ ก่อนอบรมและหลังอบรมมีดังนี้ (ธีรศักดิ์ อุณารมณเลิศ, 2549)

ศึกษาการสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจ จากแนวคิด ทฤษฎีต่าง ๆ และจากเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจของข้าราชการอบรมที่มีต่อการจัดกิจกรรม เพื่อนำไปเป็นแนวทางในการสร้างแบบประเมิน โดยกำหนดเนื้อหาของแบบสอบถาม เพื่อนำมาเป็นแนวทางในการสร้างแบบสอบถาม ความพึงพอใจ ประกอบด้วย ด้านเนื้อหาการเรียนรู้ ด้านการจัดรูปแบบกิจกรรม ด้านเจ้าหน้าที่ผู้ให้บริการ ด้านสิ่งอำนวยความสะดวก และด้านการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ ประกอบด้วยข้อคำถาม 10 ข้อ ซึ่งเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) แบ่งระดับความพึงพอใจออกเป็น 5 ระดับ คือ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย น้อยที่สุด จำนวน 1 ฉบับ การทดสอบหาค่าความเที่ยงตรงของแบบสอบถาม ผู้วิจัยนำแบบสอบถาม ที่สร้างเรียบร้อยแล้วให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน เพื่อพิจารณาตรวจสอบวิเคราะห์หาค่าความเที่ยงตรง แล้วนำผลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ ทั้งนี้ผู้วิจัยเลือกข้อคำถามที่มีค่า (Index of item-objective congruence: IOC) ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป (ราตรี นันทสุนทร, 2555) มาใช้เป็นข้อคำถามความพึงพอใจต่อไป

ผลการหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้อบรมเชิงปฏิบัติการ ชุดฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ เมื่อนำชุดอบรมเชิงปฏิบัติการไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิ 5 ท่านพิจารณา ผลการพิจารณามาหาค่าความสอดคล้อง พบว่าทุกข้อมีค่าเกิน 0.5

แบบทดสอบ เมื่อนำแบบทดสอบไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิ 5 ท่านพิจารณา ผลการพิจารณามาหาค่าความสอดคล้อง พบว่า ทุกข้อมีค่าเกิน 0.5 และมีค่าความเชื่อมั่น 0.82 มีค่าความยากง่ายตั้งแต่ 0.43-0.77 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.33-0.53

แบบสอบถามความพึงพอใจ นำแบบทดสอบไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิ 5 ท่านพิจารณา ผลการพิจารณามาหาค่าความสอดคล้อง พบว่า ทุกข้อมีค่าเกิน 0.5 และมีค่าความเชื่อมั่น 0.81 ซึ่งมากกว่า 0.6 ดังนั้นคุณภาพของแบบทดสอบมีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ดี



2615280817

VRU -Thesis 58B74670106 thesis / recv: 07062566 19:06:35 / seq: 20

5.3 ข้อเสนอแนะ

จากการทดลองวิจัยและพัฒนาเม็ดสีสะท้อนรังสีอินฟราเรดจากดินลูกรังเพื่อใช้ย้อมด้ายฝ้าย ได้พบแนวทางการสังเคราะห์และยังพบปัญหาในการวิจัย จึงขอเสนอแนะเพื่อเป็นแนวทางการวิจัยต่อไป ดังนี้

1. การวิจัยโดยการใช้สารตั้งต้นจากวัสดุธรรมชาติ ควรทำการสังเคราะห์หรือแยกวัสดุที่มีความบริสุทธิ์เสียก่อนค่อยนำมาสร้างโครงสร้างใหม่เพื่อให้ง่ายแก่การควบคุมโครงสร้างทางเคมี และสร้างสมบัติทางกายภาพได้ง่าย

2. ควรมีการเก็บข้อมูลหลังจากการฝึกอบรม ว่าผู้ผ่านการฝึกอบรมมีการนำความรู้ที่ได้จากการฝึกอบรมไปใช้ประโยชน์หรือไม่ เพื่อตรวจสอบผลลัพธ์ (outcome) ที่เกิดจากงานวิจัยที่ถ่ายทอด เพื่อให้เห็นผลว่าเป็นนวัตกรรมที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพชีวิตหรือใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ได้

บรรณานุกรม

- กชกร สกกุลบริสุทธิ์ และคณะ. (2559). ผลของสารช่วยติดที่มีต่อความคงทนของสีผ้าฝ้ายสีธรรมชาติ สีน้าตาล. *วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี)*, 8(15), 1-15.
- กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2547). *การจัดการดินลูกรัง*. กรุงเทพฯ.
- กิตติคุณศักดิ์ ศิริพันธ์. (2559). *สีในศิลปะวัฒนธรรม วิทยาศาสตร์และอุตสาหกรรม*. อมรินทร์พริ้นติ้ง แอนด์พับลิชชิ่ง.
- เกศริน มีมล และอนุวัฒน์ หัสดี. (2561). สมบัติทางโครงสร้างและแม่เหล็กของ Fe₃O₄ เฟอร์ไรต์ด้วยวิธี เผาแคลไซน์ของผงหมึกเหลือใช้. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 26(1), 49-57.
- คณะกรรมการจัดทำปทานุกรมปฐพีวิทยา. (2541). *ปทานุกรมปฐพีวิทยา*. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. <http://osl101.ldd.go.th/easysoils/sitemap.htm>,
- จุฑารัตน์ รังสิวุฒิศักดิ์ และศศิประภา รัตนดิถก ณ ภูเก็ต. (2561). *การศึกษาค่าสีและความคงทนของสี ต่อการซักของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีย้อมธรรมชาติจากเปลือกขนุนทรี*. การประชุมวิชาการของ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 56.
- เฉลิมพร ทองพลู และคณะ. (2559) *การพัฒนาสีย้อมธรรมชาติสำหรับผ้าฝ้ายและไหมจากส่วนเปลือกต้น กระเทียม*. มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม.
- ญาณิศา โกมลสิริโชค และไพโรจน์ วรพจน์พรชัย. (2554). *รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการพัฒนาผ้าทอ ขนแกะด้วยสีธรรมชาติ*. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาควิชาฯ เชียงใหม่.
- เดือนเพ็ญพร ชัยภักดี. (2555). *การย้อมเส้นไหม*. <http://www.dr-duan.com/Dyeing-silk>.
- ธนวัฒน์ จารุงษ์สกุล และคณะ. (2546). *โครงการยกระดับคุณภาพวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์สำหรับ อุตสาหกรรมขนาดย่อมในภูมิภาค*. สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ธีรกานต์ โพธิ์แก้ว. (2557). *วัฒนธรรมสร้างสรรค์ : ภูมิปัญญาท้องถิ่นการทอผ้าพื้นเมืองด้วยการย้อมสี ธรรมชาติจากดินแดงภาคอีสานเพื่อสร้างความเป็นเอกลักษณ์ให้กับผลิตภัณฑ์ชุมชนกาฬสินธุ์*. คณะเทคโนโลยีสังคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสานวิทยาเขตกาฬสินธุ์.
- ธีรศักดิ์ อุ่นอารมย์เลิศ. (2549). *การวัดและประเมินผลการศึกษา*. ภาควิชาพื้นฐานทางการศึกษา คณะ ศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- นรเทพ โปธิเป็ง และคณะ. (2563). สมบัติความคงทนของสีและสมบัติทางกายภาพของผ้าฝ้ายที่พิมพ์ ซิลค์สกรีนด้วยสีดินแดง. *วารสารวิชาการเทพสตรี I-TECH*, 14(2), กรกฎาคม - ธันวาคม 2563
- นันทวุฒิ ป้องขันธุ์ และคณะ. (2554). *การจัดการภูมิปัญญาในการผลิตผ้าไหมย้อมสีธรรมชาติ อำเภอ บ้านเขว้า จังหวัดชัยภูมิ*. การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาครั้งที่ 14 บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- นันทิยา อัจฉรวรรณ ไพรัช วงศ์ยุทธไกร และสมพล มงคลพิทักษ์สุข. (2554). การสกัดสีย้อมผ้าจาก ดินแดง. *วารสารวิชาการอุตสาหกรรมศึกษา*, 5(1), 26-35.
- น้ำฝน เบ้าทองคำ วราพรรณ แก้วกัน รวีวรรณ จันทะคุณ สุนิสา คงแท้ และเอกชัย ศิริ. (2562).

การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการย้อมผ้าฝ้ายด้วยสีจากข้าวเหนียวดาและความคงทนของสี.
 ลักทอง : วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

https://research.kpru.ac.th//journal_science/journal/16752019-03-08.pdf.

- ประภากร สุคนธมณี. (2560). สีส้นจากพันธุ์พุดกษา. *วารสารมหาวิทยาลัยศิลปากร*. 37(3),
 พูลทรัพย์ สวนเมือง ตูลาพันธุ์. (2542). *การย้อมสีไหมด้วยวัสดุธรรมชาติในภาคอีสานของไทย*. สมาคม
 เทคโนโลยีที่เหมาะสม
 พรสวรรค์ อัครแสงรัตน์ และวีระวัฒน์ คลอวุฒิมันตร์. (2553). การดูดซับสีย้อมด้วยตัวดูดซับจาก
 ธรรมชาติ. *วิศวกรรมลาดกระบัง*, 27(4), 61-66.
 พิพิธภัณฑ์ผ้า มหาวิทยาลัยนเรศวร. (2551). *จากฝ้ายกลายเป็นเส้น - เส้นฝ้าย การผลิตเส้นใยฝ้าย*.
 พิษณุโลก.
 เพ็ญวิสาข์ พิสิษฐุศักดิ์ และคณะ. (2565). สีย้อมธรรมชาติสกัดจากเปลือกตะบูนขาว. *วารสารวิชาการ*
เทพสตรี I-TECH. 17(1),
 มนต์ชัย เทียนทอง. (2545). *การออกแบบและพัฒนาคอร์สแวร์สำหรับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน*.
 ศูนย์ผลิตตำราเรียนสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
 ราชบัณฑิตยสถาน. (2544). *พจนานุกรมศัพท์ ธรณีวิทยา*. ฉบับราชบัณฑิตยสถาน. อรุณการพิมพ์.
 ราตรี นันทสุนทร. (2555). *หลักการวัดผลและประเมินผลการศึกษา*. บริษัทจุดทอง.
 วัลลภ หาญณรงค์ชัย, พัฒนะ รักความสุข และจตุพร วุฒิกนกกาญจน์. (2550). *สีเคลือบสะท้อนรังสี*
อาทิตย์ เพื่อการอนุรักษ์พลังงาน. สายวิชาเทคโนโลยีวัสดุ คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
 วิเชษฐ จันท์คงหอม, อุทัย เอกสะพัง และวุฒิ วัฒนสิน. (2554). การผลิตสีเพื่อการย้อมผ้า และการ
 ย้อมด้ายของกลุ่มชาวบ้านในจังหวัดสงขลา. *วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์*
มหาวิทยาลัยทักษิณ, 6(1), 219-231.
 ศศิมา สุขสว่าง และคณะ. (2557). สืบค้นจาก http://www.thaitextile.org/tdc/?page_id=1418.
 ศูนย์วิเคราะห์ทดสอบสิ่งทอ. สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ. (2552). ความสบายในการสวมใส่สิ่งทอ
 และเสื้อผ้า. *คัลเลอร์เวย์*, 15(83), 19-21.
 ศูนย์เอกสารองค์การอนามัยโลก. (2535). *แปลและเรียบเรียงจาก "WHO News and activities:
 Ultraviolet radiation" Bulletin of the World Health Organization*. 72(6), 997-998.
 สุมิตรา วัฒนา. (2548). *สมบัติและสภาพแวดล้อมซึ่งบ่งการเกิดศิลาแลงและศิลาแลงอ่อนในประเทศไทย*
 [ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (ปฐพีวิทยา) สาขาเอกปฐพีวิทยา ภาควิชาปฐพีวิทยา].
 สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน. (2558). <http://oss101.idd.go.th/soilr/aboutus.html>
 เสริม จันท์ฉาย. (2560ก). *เทคโนโลยีการอบแห้งด้วยพลังงานรังสีอาทิตย์*. เพชรเกษม ฟรีนดิง กรุ๊ป.
 เสริม จันท์ฉาย. (2560ข). *รังสีอาทิตย์ (พิมพ์ครั้งที่ 2)*. บริษัทเพชรเกษม ฟรีนดิง กรุ๊ป.
 องค์กรพรรณ หัตถมาศ และสุภาวงศ์ ศรีเทพ. (2555). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากฝ้ายย้อมสีจากมะขาม*
หวาน. คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์.
 อนุสรรา ศรีสรवल. (2545). *การศึกษาวัสดุผิวเคลือบสะท้อนความร้อน* [วิทยานิพนธ์ปริญญา
 วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สายวิชาเทคโนโลยีวัสดุ คณะสิ่งแวดล้อมและวัสดุ]. มหาวิทยาลัย

- เทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
 อัจฉราพร ไชยะสูต. (2533). *ความรู้เรื่องผ้า*. ม.ป.พ.
 Alexader and Cady. (1962). Genesis and Hardening of Laterite in Soils. *Soil Science Society of Amerixca Journal*.
 Ashwini et al., (2008). *Malshe Infrared Reflective Inorganic Pigments Recent Patents on Chemical Engineering*, 2008, 1, 67-79.
 Baler, F. (2006). *US 6989056 10/945515*.
 Buchanan. (1807). *The Reduction of the Permeability of a Lateritic Soil through the Application of Microbially Induced Calcite Precipitation*.
 Buol et al., (1989). Weathering of Iron-Bearing Minerals in Soils and Saprolite on the North Carolina Blue Ridge Front: II. *Clay Mineralogy. Clays and Clay Minerals*, 37, 29-40
 Bykova, E. et al. (2016) *Structural complexity of simple Fe₂O₃ at high pressures and temperatures*. Nature Communications. February 2016.
 Cho, S. et al., (2011). Infrared plus visible light and heat from natural sunlight participate in the expression of MMPs and type I procollagen as well as infiltration of inflammatory cell in human skin in vivo. *J. of Dermatol Sci.*, 50, 123-133,
 Cohen, R. & Horie, S. (2007). Injuries Caused by Physical Hazards. In: *Ladou J, ed. Current Occupational and Environmental Medicine*. 4th ed. NY: McGraw-Hill.
 Costas, J. (2018). *Papachristou Introduction to Electromagnetic Theory and the Physics of Conducting Solids (Updated Version)* November.
 Glover, B. and Pierce, J. H. (1993). Are natural colorants good for your health. *JSDC*. 109, 5-7.
 Granqvist, C. G. (1985). *Solar Energy Materials*. 12, 391.
 Güneşoğlu, C., Kut, D. and Orhan, M. (2006). Effect of the Particle Size of Finishing Chemicals on the Color Assessment of Treated Cotton Fabrics. *Journal of Applied Polymer Science*, 194, 2587 - 2594.
 Han, A. (2014). *Estimating thermal performance of cool coatings colored with highnear-infrared reflective inorganic pigments: Iron doped La₂Mo₂O₇ compounds*. Energy and Buildings. 2014, 698-703
 Han, A. (2015). *Near-infrared reflectance and thermal performance of Na₂V₆O₁₆·xH₂O nanoribbon as a novel cool brown pigment*. Dyes and Pigments. 2015, 242-247
 Hong, Y. & Xiu, Y. (2001). Characterization of Absorptivities to Solar Radiation for Corored Pigments in coating. *Journal of coatings Technology*. 73, 71-75.
 Horiguchi, S., Ohira, S., Abe, Y., Zama, Y., & Saikatu, H. (1987). *EP 0211272,1987*

- Hunter, R. S. (1987). *The measurement of appearance*. Wiley-IEEE, New York.
- Jeevanandam, P., Mulukutla, R. S., Phillips, M., Chaudhuri, S., Erickson, L. E., & Klabunde, K. J., (2007). *J. Phys. Chem. C* 2007, 111, 1912.
- Kazeminezhad, I. and Mosivand, S., (2014). *Phase transition of electro-oxidized Fe₃O₄ to γ and α -Fe₂O₃ Nanoparticles using sintering treatment*, *Acta. Phys. Pol. A* 125: 1210-1214.
- Klabunde, J. et al. (2007). Near Infrared Reflectance Properties of Metal Oxide Nanoparticles. *The Journal of Physical Chemistry C.*, 111(5), 1912-1918.
- Koo, H.-C.; Kim, J. J. (2008). *J. Electrochem. Soc.* 2008, 155, D176.
- Langhals, H. (2003). Au Unexpectedly Simple NIR Dye for 1.1 μ m with a Central Mesoionic Structure. *Angew. Chem. Int. Ed.*, 42, 4286- 4288.
- Lee, H. J., Yeo, S. Y. and Jeong, S. H. (2003). Antibacterial Effect of Nanosized Silver Colloidal Solution on Textile Fabrics. **Journal of Materials Science**, 38(10), 2199 – 2204.
- Lee, H. S. et al, (2006). Minimal heating dose: a novel biological unit to measure infrared irradiation. *Photodermatol Photoimmunol Photomed*, 22, 148-152.
- Mahalinga-lyer, U. and Williams, D. J. (1991). *Engineering properties of a lateritic soil profile*. *Eng. Geol.* 31: 45-58.
- Martinez, F. and Cowan, R. (2008). *US Army Camouflage Dyes and Modification of NIR Signal of Textiles - Personal Communication*.
- Matin and Doyne. (1927). Laterite and lateritic soils in Sierra Leone. *The Journal of Agricultural Science*.
- Meek, S. T., Greathouse, J. A. & Allendorf, M. D. (2011). *Adv. Mater.* 23, 249.
- Mohr, E. C. J. & Baren, F. A. V. (1954). *A critical study of soil genesis as related to climate, rock and vegetation*. The Hague, W. Van Hoeve; New York, Interscience Publishers.
- Muthu, S. & Gardetti, M., (editors). (2020). *Sustainability in the Textile and Apparel Industries*. Switzerland, Springer International;
- Norman, S., Michele, E., Amaya, O., Christopher, M., John, S., & Robert, B. (2003) Behaviour of nanoparticle (ultrafine) titanium dioxide pigments and stabilisers on the hotoxidative stability of water based acrylic and isocyanate based acrylic coatings. *Journal of Polymer Degradation and Stability*, 78, P 467–478.
- Pati, S. S. et al., (2015). *Facile approach to suppress γ -Fe₂O₃ to α -Fe₂O₃ phase transition beyond 600 °C in Fe₃O₄ nanoparticles*. *Mater. Res. Express* 2
- Perepelkin, K. E., (2005). *Chemistry and Technology of Chemical Fibres: Principles and Methods of Modification of Fibres and Fiber Materials. A Review Fibre Chemistry*,

37(2), 123-140.

- Sainz, J. G., Castello, R. B., Pla, R. M., & Gallart, J. C. (2003). *US 20036616744*.
- Sivarajasingham, S., Alexander, L.T., Cady, J. G. and Cline, M. G. (1962). *Laterite. Advance in Agron.* 14, 1-60.
- Sliwinski, T. R., Pipoly, T. A. & Blonski, R. P. (2002). *US 20026454848*,
- Soil Survey Staff. (1999). *Soil Taxonomy: A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys*. 2nd edn., United States Dep. of Agriculture. U.S. Government Printing Office, Washington, D.C.
- Song, D.-Y., Sprague, R. W., Macleod, H. A., & Jacobson, M. R. (1985). *Appl. Opt.*, 24, 1164.
- Stiefel, E. I. (2004). *Ditholene Chemistry: Synthesis, Properties, and Applications*. John Wiley & Sons, Inc.: Hoboken, New Jersey, Vol. 52.
- Suk-Joong, L. K. (2004). *Sintering: Densification, Grain Growth, and Microstructure, 1st edn*, Butterworth-Heinemann (available via ScienceDirect)
- Sumitomo, C. (2007). *Technical Information (Exhaust dyeing)*. Osaka, Japan: Sumitomo chemical Company, Limited.
- Tanei, H., et al. (2016). *Phase Transformation of Oxide Scale and Its Control*. Nippon steel & sumitomo metal technical report No. 111 MARCH 2016.
- Vijarnsorn, P. (1984). *Skeletal soils of Thailand*, pp. F 2.1- F 2.14. In the Fifth ASEAN Soil Conference. vol. I. Dep. of Land Department, Ministry of Agriculture and Cooperatives. Bangkok, Thailand.
- White, J. P. (2000). Complex inorganic color pigments: Durable pigments for demanding applications. *Paint Coat Ind*, 16(3), 54-56
- Worawong, A., Jutarosaga, T. And Onreabroy, W., (2014). Influence of calcination temperature on synthesis of magnetite (Fe₃O₄) nanoparticles by sol-gel method, *Adv. Mat. Res.* 979, 208-211.
- Yamada, J. (2000). *Radiative Properties of Individual Cotton Fibers: Experiment and Prediction*. Paper of 8th AIAA/ASME Joint Thermophysics and Heat Transfer Conference, 1-9.
- Yamada, J., Nagahara, N., Satoh, I., & Kurosaki, Y. (2000). Conductive heat transfer between fluidizing particles and a heat transfer surface in a fluidized bed (visualization of temperature for fluidizing particles). *Nihon Kikai Gakkai Ronbunshu, B Hen/Transactions of the Japan Society of Mechanical Engineers, Part B*, 66(648), 2141-2149. https://doi.org/10.1299/kikaib.66.648_2141. 2000
- Yotsakit, R., Nattapon, S., Kitipun, B., Patarawagee, Y. and Jakrapong, K., (2013), Characterization of rice straw ash andutilization in glass production. *Ada*.

Mat.Res., 748, 304-308.

Yu Xing Cui. (2011). *Study and Development of near-Infrared Reflective and Absorptive Materials for Energy Saving Application*. [Doctor of Philosophy in Chemistry]. Carleton University Ottawa.

Yu, J., et al., (2007). *Synthesis of Near-Infrared-Absorbing Nanoparticle- Assembled Capsules*. *Chem. Mater.*, 19: p. 1277-1284.



GRAD VRU



2615280817

VRU iThesis 58B74670106 thesis / recv: 07062566 19:06:35 / seq: 20



ภาคผนวก

GRAD VRU



2615280817

VRU iThesis 58B74670106 thesis / recv : 07062566 19:06:35 / seq : 20



ภาคผนวก ก

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือ และผลการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง

GRAD VRU



2615280817

VRU iThesis 58B74670106 thesis / rev: 07062566 19:06:35 / seq: 20

ชื่อผู้ทรงคุณวุฒิ	ตำแหน่ง
รองศาสตราจารย์ ดร.วีระพงษ์ แสง-ชูโต	อาจารย์ประจำสาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
รองศาสตราจารย์ ดร.ลิตา ทิศาดลติก	อาจารย์ประจำสาขาเคมี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
รองศาสตราจารย์ ดร.อรสา จรุงธรรม	อาจารย์ประจำสาขาเคมี-วิทยาศาสตร์ทั่วไป มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เยาวภา แสงพยับ	อาจารย์ประจำสาขาฟิสิกส์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
ดร.นพมาศ ประทุมสูตร	อาจารย์ประจำสาขาฟิสิกส์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์เบญจางค์ อัจฉริยโพธา	อาจารย์ประจำสาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

**แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้เข้าร่วมอบรม ที่มีต่อการอบรมเชิงปฏิบัติการ
การย้อมเส้นใยฝ้ายจากการพัฒนาเมล็ดสีสะท้อนรังสีอินฟราเรดจากดินลูกรัง**

การตรวจสอบข้อคำถามโดยผู้เชี่ยวชาญหรือผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาความสอดคล้องของข้อคำถามที่ตรงตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยและกรอบผลการพิจารณาดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item-Objective Congruence; IOC) ระหว่างคำถามรายข้อกับวัตถุประสงค์หรือจุดประสงค์ที่ต้องการวัด โดยผู้เชี่ยวชาญต้องประเมินด้วยคะแนน 3 ระดับคือ

- +1 แน่ใจว่าข้อคำถามของเครื่องมือนี้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์
- 0 ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามของเครื่องมือนี้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์
- 1 แน่ใจว่าข้อคำถามของเครื่องมือนี้ไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์

ลำดับ	รายการ	คะแนนของผู้เชี่ยวชาญ			
		-1	0	+1	ข้อเสนอแนะ
ด้านเนื้อหาการเรียนรู้					
1.	ความเหมาะสมของเนื้อหาสาระในการอบรมโดยภาพรวม				
2.	ความเหมาะสมของเอกสารประกอบการอบรมโดยรวม				
ด้านการจัดรูปแบบกิจกรรม					
3.	ความเหมาะสมของกิจกรรมการอบรม				
4.	ความเหมาะสมของระยะเวลาในการฝึกอบรม				
ด้านเจ้าหน้าที่ผู้ให้บริการ					
5.	การเตรียมตัวและความพร้อมของวิทยากร				
6.	ความสามารถในการถ่ายทอดความรู้ของวิทยากร				
ด้านสิ่งอำนวยความสะดวก					
7.	สถานที่ที่ใช้ในการอบรม				
8.	ความเหมาะสมของวัสดุ-อุปกรณ์				
ด้านการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์					
9.	ความรู้ และประโยชน์ในการเข้ารับการอบรม				
10.	การอบรมตอบสนองตรงความต้องการของผู้เข้ารับการอบรม				

**แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้เข้าร่วมอบรม ที่มีต่อการอบรมเชิงปฏิบัติการ
การย้อมเส้นใยฝ้ายจากการพัฒนาเมล็ดสีสะท้อนรังสีอินฟราเรดจากดินลูกรัง**

ความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์	ผลการพิจารณาของผู้ทรงคุณวุฒิ					ผลรวมของ คะแนน ΣR	ค่า IOC = $\frac{\Sigma R}{N}$	ผลการ พิจารณา
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
ด้านเนื้อหาการเรียนรู้								
1. ความเหมาะสมของเนื้อหาสาระในการอบรมโดยภาพรวม	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
2. ความเหมาะสมของเอกสารประกอบการอบรมโดยรวม	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
ด้านการจัดรูปแบบกิจกรรม								
3. ความเหมาะสมของกิจกรรมการอบรม	1	1	1	1	0	4	0.8	สอดคล้อง
4. ความเหมาะสมของระยะเวลาในการฝึกอบรม	1	1	1	1	0	4	0.8	สอดคล้อง
ด้านเจ้าหน้าที่ผู้ให้บริการ								
5. การเตรียมตัวและความพร้อมของวิทยากร	1	1	1	0	1	4	0.8	สอดคล้อง
6. ความสามารถในการถ่ายทอดความรู้ของวิทยากร	1	1	1	0	1	4	0.8	สอดคล้อง
ด้านสิ่งอำนวยความสะดวก								
7. สถานที่ที่ใช้ในการอบรม	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
8. ความเหมาะสมของวัสดุ-อุปกรณ์	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
ด้านการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์								
9. ความรู้ และประโยชน์ในการเข้ารับการอบรม	1	0	1	1	1	4	0.8	สอดคล้อง
10. การอบรมตอบสนองตรงความต้องการของผู้เข้ารับการอบรม	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง

การวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามความพึงพอใจของผู้เข้าร่วมอบรมที่มีต่อการอบรมเชิงปฏิบัติการการย้อมเส้นใยฝ้ายจากการพัฒนาเมล็ดสีสะท้อนรังสีอินฟราเรดจากดินลูกรังโดยวิธีหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (α - Coefficient) หาค่าความเชื่อมั่นโดยการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นตามวิธีการของครอนบาค (Cronbach)

การทดสอบความเชื่อมั่น (Reliability) ได้นำแบบสอบถามไปปรับปรุงก่อนเก็บข้อมูลจริงกับกลุ่มตัวอย่างที่มีคุณสมบัติเหมือนกับกลุ่มที่ศึกษาวิจัยโดยนำไปทดสอบ (Pre-test) กับนักศึกษา เอกศกกรรมศาสตร์ชั้นปีที่ 3 ของมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรม

ราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานีจำนวน 20 คน จากนั้นได้นำมาวิเคราะห์หาความเชื่อมั่นโดยการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของครอนบาค (Cronbach's reliability coefficient alpha) โดยหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (Alpha coefficient) ด้วยโปรแกรม SPSS

Reliability Statistics		
Cronbach's Alpha	Cronbach's Alpha Based on Standardized Items	N of Items
.802	.793	20



2615280817

VRU_1Thesis 58B74670106 thesis / recv : 07062566 19:06:35 / seq : 20

GRAD VRU

แบบการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง
เอกสารประกอบการอบรมเชิงปฏิบัติการ
เรื่อง การข้อมลั่นใฝ่ฝายจากการพัฒนาเม็ตลีสสะท้อนรังสีอินฟราเรดจากดินลูกรัง

คำชี้แจง ขอความกรุณาท่านผู้ทรงคุณวุฒิหรือท่านผู้เชี่ยวชาญช่วยพิจารณาร่างเอกสารว่ามีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์หรือตัวแปรของการวิจัยเรื่องนี้หรือไม่ ด้วยการให้คะแนนในแต่ละข้อคำถามดังนี้

- +1 แน่ใจว่าข้อคำถามของเครื่องมือนั้นสอดคล้องกับวัตถุประสงค์
- 0 ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามของเครื่องมือนั้นสอดคล้องกับวัตถุประสงค์
- 1 แน่ใจว่าข้อคำถามของเครื่องมือนั้นไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์

หัวข้อพิจารณา	ผลการพิจารณาของผู้ทรงคุณวุฒิ					ข้อเสนอแนะ
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5	
1. เนื้อหาครอบคลุมเรื่องทีอบรม						
2. ความถูกต้องของเนื้อหา						
3. กิจกรรมการอบรม						

ผลการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง
เอกสารประกอบการอบรมเชิงปฏิบัติการ
เรื่อง การข้อมลั่นใฝ่ฝายจากการพัฒนาเม็ตลีสสะท้อนรังสีอินฟราเรดจากดินลูกรัง

หัวข้อพิจารณา	ผลการพิจารณาของผู้ทรงคุณวุฒิ					ผลรวมของคะแนน ΣR	ค่า $IOC = \frac{\Sigma R}{N}$	ผลการพิจารณา
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1. เนื้อหาครอบคลุมเรื่องทีอบรม	1	1	0	1	1	4	0.8	ปรับเนื้อหา
2. ความถูกต้องของเนื้อหา	1	0	1	1	1	4	0.8	ปรับเนื้อหา
3. กิจกรรมการอบรม	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง



แบบประเมินความพึงพอใจในการผู้อบรม
โครงการอบรมเชิงปฏิบัติการ
เรื่อง การข้อมเส้นใยฝ้ายจากการพัฒนาเม็ดสีสะท้อนรังสีอินฟราเรดจากดินลูกรัง
บรรยายโดย นายโยธิน กัลยาเลิศ

ตอนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐาน

1. เพศ ชาย หญิง
2. อายุ 20-30 31-40 41-50 51-60 61-70 71 ขึ้นไป

ตอนที่ 2 คำชี้แจง กรุณาใส่เครื่องหมาย ลงในช่องว่างตามระดับความพึงพอใจที่ท่านได้รับ

- 5 หมายถึง มากที่สุด 4 หมายถึง มาก
- 3 หมายถึง ปานกลาง 2 หมายถึง น้อย
- 1 หมายถึง น้อยที่สุด

ลำดับ	รายการ	ระดับความพึงพอใจ				
		มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
ด้านกระบวนการ/ขั้นตอนการฝึกอบรม						
1.	ความเหมาะสมของเนื้อหาสาระในการอบรม					
2.	ความเหมาะสมของเอกสารประกอบการอบรม					
3.	ความเหมาะสมของกิจกรรมการอบรม					
4.	ความเหมาะสมของระยะเวลาในการฝึกอบรม					
ด้านวิทยากรผู้ให้การอบรม						
5.	ความสามารถในการถ่ายทอดความรู้ของวิทยากร					
ด้านสิ่งอำนวยความสะดวก						
6.	ความเหมาะสมของสถานที่ที่ใช้ในการอบรม					
7.	ความเหมาะสมของอุปกรณ์และสื่อที่สนับสนุน					
ด้านคุณภาพการบริการ						
8.	ความรู้ และประโยชน์ในการเข้ารับการอบรม					
9.	ความสามารถนำความรู้จากการอบรมไปใช้ได้จริง					
10.	ความพึงพอใจต่อการอบรมโดยภาพรวม					

ข้อเสนอแนะ

.....



ภาคผนวก ข

โครงการอบรมเชิงปฏิบัติการเผยแพร่และถ่ายทอดองค์ความรู้จากผลงานวิจัย เรื่อง
การย้อมเส้นใยฝ้ายจากการพัฒนาเม็ดสีสะท้อนรังสีอินฟราเรดจากดินลูกรัง

GRAD VRU



2615280817

VRU iThesis 58B74670106 thesis / recv: 07062566 19:06:35 / seq: 20

หลักการและเหตุผล

ปัจจุบันปัญหาการใช้พลังงานเพื่อลดความร้อนในประเทศเขตร้อนมีสูงมากขึ้น ๆ เป็นลำดับ ซึ่งความร้อนเกิดจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ส่องมาบนโลก พลังงานแสงอาทิตย์ประกอบด้วย รังสีอัลตราไวโอเล็ต ประมาณร้อยละ 3 แสงที่มองเห็นด้วยตาเปล่า ประมาณร้อยละ 42 และรังสีอินฟราเรดซึ่งเป็นความร้อน ประมาณร้อยละ 54 เมื่อดวงอาทิตย์ส่องมาบนโลก ชั้นบรรยากาศที่ถูกทำลายด้วยสภาพสิ่งแวดล้อมในปัจจุบัน ทำให้รังสีจากดวงอาทิตย์มีความเข้มข้นสูง ซึ่งรังสีอินฟราเรดที่เป็นพลังงานความร้อนและมีปริมาณมากที่สุดจะถูกส่งลงมาทำให้บรรยากาศบนโลกร้อนขึ้น เครื่องนุ่งห่มจึงมีความจำเป็นในการป้องกันการรังสีอินฟราเรดไม่ให้สัมผัสกับร่างกายมนุษย์เพื่อลดความร้อนจากรังสีที่มาจากดวงอาทิตย์ให้สัมผัสผิวหนังมนุษย์น้อยลง ดังนั้นการพัฒนาเม็ดสีสำหรับย้อมผ้าที่สะท้อนความร้อนได้จึงเป็นการช่วยป้องกันให้ร่างกายไม่ต้องสัมผัสรังสีอินฟราเรดได้อีกทางหนึ่ง

วิธีการป้องกันความร้อนปัจจุบันอาศัยฉนวนความร้อนเพื่อช่วยในการป้องกันความร้อน โดยอาศัยการดูดกลืนพลังงานความร้อนเอาไว้ แต่เมื่อวัสดุนั้นดูดกลืนความร้อนเอาไว้มาก ๆ วัสดุเหล่านั้นจะค่อย ๆ ปล่อยพลังงานความร้อนออกมาและสามารถปล่อยความร้อนได้อย่างยาวนาน เนื่องจากสามารถดูดความร้อนเอาไว้มากเช่นกัน ทำให้เครื่องนุ่งห่มเกิดการสะสมความร้อนเมื่อได้รับความร้อนจากแสงอาทิตย์และแผ่รังสีอินฟราเรดออกมาสู่ร่างกายของมนุษย์อีกครั้งจึงทำให้ร่างกายได้รับความร้อน ดังนั้นการหาวิธีไม่ให้ความร้อนจากดวงอาทิตย์สัมผัสร่างกายจึงเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับสภาพสังคมในปัจจุบัน การใช้เม็ดสีโลหะออกไซด์ที่มีสมบัติสะท้อนรังสีอินฟราเรดและวัสดุธรรมชาติเพื่อย้อมสิ่งทอเป็นสิ่งที่นิยมแพร่หลายในปัจจุบัน

ดังนั้นการพัฒนาดินลูกรังจากธรรมชาติซึ่งมีโลหะออกไซด์เป็นองค์ประกอบหลักเพื่อใช้ในงานเหล่านี้ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นจึงเป็นสิ่งจำเป็นโดยเม็ดสีที่เป็นสารอนินทรีย์ที่ใช้สะท้อนรังสีอินฟราเรด ส่วนใหญ่เป็นโลหะออกไซด์ซึ่งถูกนำไปใช้งาน 2 ส่วนหลัก คือ 1) การอำพรางการมองเห็น (visual camouflage) และ 2) การลดการสะสมความร้อน (reducing heat build-up)

ดินลูกรังหรือดินศิลาแลงเป็นวัสดุธรรมชาติที่เกิดขึ้นจากการผุพังสลายตัวของหินและแร่ ส่วนใหญ่มีองค์ประกอบของเหล็กและอะลูมินาในปริมาณสูง ตลอดจนการสลายตัวของซากพืชและสัตว์ผสมคลุกเคล้ากัน โดยได้รับอิทธิพลจากสภาพแวดล้อม เช่น สภาพภูมิอากาศ พื้นที่ ระยะเวลาในการเปลี่ยนแปลงที่แตกต่างกัน ดินลูกรังเกิดจากหินหลายชนิด เช่น หินแกรนิต หินไนส์ หินบะซอลท์ และ หินดินดาน ดินลูกรังในประเทศไทยพบมากที่สุด ที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีพื้นที่ครอบคลุม ปริมาณ 3 ใน 4 ของพื้นที่ หรือ ประมาณ 17,000 ตารางกิโลเมตร (สุมิตรา วัฒนา, 2548) ดินลูกรังแต่ละบริเวณจะมีสีแตกต่างกันไป เช่น สีดำ สีน้ำตาล สีแดง สีส้ม สีเหลือง สีเทา เป็นต้น ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบต่าง ๆ ในดิน (สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน, 2558) จึงมีชุมชนได้นำดินแดงหรือดินลูกรังมาย้อมผ้า เช่น ผ้าอาบแดงจากดินแดงชุดดินตาล ถวายพระสงฆ์สายวิปัสสนากรรมฐานของบ้านวังไธ ตำบลภูวง อำเภอนองสูง จังหวัดมุกดาหาร การทอผ้าพื้นเมืองย้อมแดงจากดินภูเขาไฟ บ้านเจริญสุข ตำบลเจริญสุข อำเภอนครราชสีมา จังหวัดบุรีรัมย์และการพัฒนาหมู่บ้านต้นแบบการทอผ้าฝ้ายพื้นเมืองย้อมดินแดง บ้านคำไผ่ ตำบลหนองกุง อำเภอมือง จังหวัดกาฬสินธุ์ (ธีรกานต์ โพธิ์แก้ว, 2557) ผ้าย้อมดินแดง บ้านโนนป่าซาง ตำบลโนนป่าซาง อำเภอนาหวาย จังหวัดเลย ดินแดง บ้านรางหวาย ตำบลรางหวาย อำเภอนมทวน จังหวัดกาญจนบุรี (นันทิยา อัจฉรา

วรรณ และคณะ, 2554) จากที่ชุมชนได้นำดินแดงหรือดินลูกรังมาใช้ย้อมผ้าเพื่อให้เกิดสีแดงกับสิ่งทอ แต่ปัญหาด้านคุณภาพสีย้อมในด้านความคงทนของสี ส่งผลต่อการเปลี่ยนสีเมื่อซัก และการตกเปื้อนสีบนผ้าขาว ความคงทนของสีต่อการซักถู เหงื่อไคล ระบายผิวต่อการสวมใส่ และความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

งานวิจัยที่สืบค้นมาจะเห็นได้ว่า โลหะออกไซด์มีการสะท้อนรังสีอินฟราเรดได้ดีและดินลูกรังมีการนำไปใช้ย้อมผ้าจำนวนมาก แต่อย่างไรก็ตาม ยังไม่พบงานวิจัยที่พัฒนาดินลูกรังจากธรรมชาติให้มีความเสถียรและมีสมบัติสะท้อนรังสีอินฟราเรด ดังนั้น งานการประดิษฐ์นี้จึงได้พัฒนาเม็ดสีจากดินลูกรังธรรมชาติให้มีคุณลักษณะที่เหมาะสมในการสะท้อนรังสีอินฟราเรด ด้วยกระบวนการเตรียมวัสดุแบบง่าย ไม่ซับซ้อน ที่สามารถทำให้โครงสร้างของโลหะออกไซด์สะท้อนรังสีอินฟราเรดได้ดี

ดังนั้นผู้วิจัยจึงเล็งเห็นว่าสิ่งทอที่ใช้ตัดเย็บเครื่องนุ่งห่มมีความจำเป็นที่จะต้องปรับปรุงคุณสมบัติการสะท้อนรังสีอินฟราเรดชนิด NIR หรือ IR-A เพื่อแก้ปัญหาสุขภาพที่เกิดจากการรับรังสี NIR ในปริมาณมาก ให้ดีขึ้น โดยนำดินลูกรัง (Laterite) ที่มีองค์ประกอบหลักคือ ซิลิกา (SiO_2) อะลูมินา (Al_2O_3) และเหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3) มาปรับปรุงคุณภาพด้วยการแยกขนาดและเผาแคลไซน์ที่อุณหภูมิต่าง ๆ และบดให้มีขนาดมากกว่าครึ่งหนึ่งของความยาวคลื่นของรังสีอินฟราเรด (Yamada, Nagahara, Satoh and Kurosaki, 2000) แล้วนำมาทำเป็นสารถย้อมเส้นใยฝ้าย เพื่อให้เกิดการสะท้อนรังสีอินฟราเรดได้ดีและคงทนต่อการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและทางกายภาพ ให้มีความคงทนของสี ได้แก่ ความคงทนของสีต่อแสง ความคงทนของสีต่อการซัก ความคงทนของสีต่อเหงื่อ ความคงทนของสีต่อการขัดถู เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และสามารถป้องกันรังสี NIR ได้ เพื่อช่วยลดความร้อนของผิวหนังในขณะที่ต้องสัมผัสกับรังสีจากดวงอาทิตย์

เพื่อให้ชุมชนสามารถผลิตวัสดุย้อมที่ปลอดภัยจากสารเคมี เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และยังเป็น การนำทรัพยากรที่มีอยู่ในท้องถิ่นมาใช้ประโยชน์สูงสุด เป็นการเพิ่มรายได้ ส่งเสริมความเข้มแข็งให้กับชุมชน สามารถผลิตสินค้าในเชิงพาณิชย์ และเป็นการส่งเสริมให้ชุมชนเตรียมความพร้อมไปสู่การพัฒนาประเทศไทย 4.0

วัตถุประสงค์

เพื่อเผยแพร่ผลงานวิจัยสู่ชุมชนโดยจัดอบรมเชิงปฏิบัติการ เรื่อง การย้อมเส้นใยฝ้ายจากการพัฒนาเม็ดสีสะท้อนรังสีอินฟราเรดจากดินลูกรัง

เป้าหมาย

ด้านปริมาณ ผู้เข้าอบรมเชิงปฏิบัติการ 30 คน

ด้านคุณภาพ หลังอบรมผู้เข้าร่วมมีความพึงพอใจโดยมีค่าเฉลี่ยไม่น้อยกว่า 3.50 ขึ้นไป และ มีความรู้เพิ่มขึ้น แตกต่างจากหลังอบรม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

สถานที่

ห้องประชุมองค์การบริหารส่วนตำบลโนนป่าซาง อำเภอผาขาว จังหวัดเลย

งบประมาณ

8,000 บาท

การดำเนินการ

1. สํารวจกลุ่มบุคคลที่จะเข้ารับการอบรม
2. เขียนโครงการอบรม
3. จัดเตรียมเอกสาร อุปกรณ์ สถานที่
4. ดำเนินการอบรม
5. ทดสอบความรู้ที่ได้รับ สํารวจความพึงพอใจในการเข้ารับการอบรม
6. ประเมินผลและรายงานผล

การประเมินผล

1. การทดสอบด้วยแบบทดสอบก่อนและหลังอบรม
2. การตอบแบบสํารวจความพึงพอใจในการอบรม

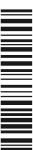
ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. ผู้เข้าร่วมอบรมได้ความรู้เพิ่มขึ้นจากการอบรม
2. ผู้เข้าร่วมอบรมสามารถย้อมเส้นใยฝ้ายจากเมล็ดสีสะท้อนรังสีอินฟราเรดจากดินลูกรังได้

ผู้รับผิดชอบโครงการ

นายโยธิน กัลยาเลิศ นักศึกษาปริญญาเอก สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา

GRAD VRU



กำหนดการอบรม

โครงการอบรมเชิงปฏิบัติการเผยแพร่และถ่ายทอดองค์ความรู้จากผลงานวิจัย
เรื่อง การย้อมเส้นใยฝ้ายจากการพัฒนาเม็ดสีสะท้อนรังสีอินฟราเรดจากดินลูกรัง
วันเสาร์ที่ 15 มกราคม พ.ศ. 2565

ณ. ห้องประชุมองค์การบริหารส่วนตำบลโนนป่าซาง อำเภอผาขาว จังหวัดเลย

08.00-08.30 น.	ลงทะเบียน
08.30-09.00 น.	พิธีเปิด
09.00-09.30 น.	ผู้เข้าร่วมการอบรม ทำแบบทดสอบก่อนการอบรม
09.30-10.30 น.	บรรยายความรู้เกี่ยวกับการย้อมสีจากวัสดุธรรมชาติ
10.30-10.45 น.	พักรับประทานอาหารว่าง
10.45-12.00 น.	การพัฒนาเม็ดสีสะท้อนรังสีอินฟราเรดจากดินลูกรัง และ ผลวิจัยเกี่ยวกับการย้อมเส้นใยฝ้ายจากการพัฒนาเม็ดสี สะท้อนรังสีอินฟราเรดจากดินลูกรัง
12.00-13.00 น.	พักรับประทานอาหารกลางวัน
13.00-15.00 น.	ปฏิบัติการการย้อมเส้นใยฝ้ายจากการพัฒนาเม็ดสี สะท้อนรังสีอินฟราเรดจากดินลูกรัง
15.00-15.15 น.	พักรับประทานอาหารว่าง
15.15-15.30 น.	ผู้เข้าร่วมอบรมทำแบบทดสอบหลังอบรมและประเมิน ความพึงพอใจ
15.30-16.00 น.	ปิดการอบรม

GRAD VRU



2615280817

VRU :Thesis 58B74670106 thesis / recv: 07062566 19:06:35 / seq: 20

เอกสารประกอบการอบรมเชิงปฏิบัติการ
เผยแพร่และการถ่ายทอดองค์ความรู้จากผลงานวิจัย
การย้อมเส้นใยฝ้ายจากการพัฒนาเม็ดสีสะท้อนรังสีอินฟราเรดจากดินลูกรัง

โดย

นายโยธิน กัลยาเลิศ
นักศึกษาระดับปริญญาเอก

GRAD VRU

สาขา วิทยาศาสตร์ศึกษา
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์



2615280817

VRU :Thesis 58B74670106 thesis / recv: 07062566 19:06:35 / seq: 20

1. การย้อมสีจากวัสดุธรรมชาติ

สีธรรมชาติที่มนุษย์รู้จักและนำมาประยุกต์ใช้คือ สีที่ได้จากพืช สัตว์ ดิน และแร่ธาตุ ด้วยการศึกษาค้นคว้าทดลองแบบลองผิดลองถูกเพื่อให้ เข้าถึงซึ่งเอกลักษณ์ของการให้ สี ที่แท้ จริงอาจกล่าวได้ว่าต้นไม้แทบทุกต้นสามารถนำมาสกัดเป็นน้ำสี ใช้ สำหรับการ ย้อมวัสดุที่นำมาย้อมเป็นสีได้ จากการแสวงหาและสังเกตทำให้ทราบว่าต้นไม้ที่ให้ความฝาด ซึ่งต้องทดลองชิมหรือทดลองขยำ ถ้ามี ยาง ยางฝาดจะติดมือและจากการสังเกตดู ความ เปลี่ยนแปลงของใบไม้ ใบที่มีความฝาดหรือมี ยางที่เราคุ้นเคย เช่น ใบฝรั่ง ใบขนุน ใบสบู่เลือด/สบู่ดำ เป็นต้น ใบที่ซ้ำหากทิ้งไว้สักกระยะหนึ่งจะ เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล อีกทั้งส่วนต่าง ๆ ของต้นไม้ ที่มี ความฝาดสามารถนำมาทดลองสกัด เป็นน้ำสี ตามที่ต้องการได้ ขั้นตอนของการสกัดน้ำสี จากธรรมชาติ ไม่ซับซ้อน แต่อาจมี ความยุ่งยากในเรื่อง ของ การจัดเตรียม จัดหาวัสดุ ช่วยย้อมอื่น ๆ เริ่มต้นด้วยการคัดสรร/เลือกสรรวัสดุ ที่ให้สีตามที่เรา ต้องการจัดเตรียมให้ อยู่ในสภาพที่พร้อมจะทำการสกัด คือ มีการสับขอย หรือเด็ดส่วนดอก ใบไว้ จากนั้นนำลงแช่น้ำ อาจทิ้งไว้ข้ามคืน หรือประมาณหนึ่งชั่วโมง ขึ้นอยู่กับส่วนต่าง ๆ ของพืชพันธุ์ไม้แต่ละชนิดที่นำมาสกัดด้วย ได้แก่ ลำต้น เปลือกไม้ ราก แก่น ใบ ดอก ผล เปลือกของผล เมล็ด หรืออาจ เรียกได้ว่า แทบทุกส่วนสามารถนำมา เป็นวัตถุดิบในการสกัดน้ำสีสำหรับการย้อมสิ่งทอได้แทบทั้งสิ้น โดยวัสดุจากธรรมชาติที่ให้สีสามารถจำแนกออกมาได้ ดังนี้

1. สีธรรมชาติจากแร่ธาตุ (Mineral Dyes)

เป็นสีที่เกิดจากสารประกอบของโลหะ จำพวกเหล็กโครเมียม ตะกั่วแมงกานีส ทองแดง โคบอลต์ และนิกเกิล ซึ่งในอดีตเป็นกลุ่มสีที่มีความสำคัญมาก แต่ในปัจจุบันไม่ปรากฏแหล่งผลิตและการใช้สีกลุ่มดังกล่าว สำหรับประเทศไทยในปัจจุบัน ยังมีการใช้สีธรรมชาติจากแร่ธาตุในการย้อมสี สิ่งทอ คือ สีจากโคลนและ ดินแดง ซึ่งเป็นวัสดุที่มี สารประกอบจำพวกอลูมิเนียมซิลิเกต และ สารประกอบโลหะ

2. สีธรรมชาติจากสัตว์ (Animal Dyes)

เป็นสีที่ได้จากสารที่ขับออกจากตัวสัตว์ หรือตัวสัตว์เอง สำหรับประเทศไทยมีการใช้สีจากแมลง คือ ครั่งโดยตัวครั่งจะดูดกินน้ำเลี้ยงของต้นไม้ แล้วขับสารสี แดงที่เรียกว่า ยางครั่งออกมาหุ้มรอบตัวเป็นรัง สารสีแดงที่ถูกขับออกมาจากตัวครั่งดังกล่าว ได้นำมาใช้ประโยชน์ทั้งในการย้อมสิ่งทอ ผสมในอาหารและใช้ ในอุตสาหกรรมหลาย ประเภทสำหรับเส้นใยที่ย้อมด้วยครั่ง คือ เส้นใยไหม ขนสัตว์ และเส้นใยฝ้าย เชื่อกันว่าคุณภาพของสีที่ได้จากการย้อมด้วยครั่งขึ้นอยู่กับชนิดของต้นไม้ที่ใช้เลี้ยงครั่งด้วย

3. สีธรรมชาติจากพืช (Vegetable Dyes)

เป็นกลุ่มสารสีหลักของสี ย้อมธรรมชาติ เป็นสี ย้อมที่ได้ จากทุกส่วนของพืชพันธุ์ ไม้ทั้งราก เปลือก ลำต้น เนื้อไม้ ใบ ดอก ผล และเมล็ด สีย้อมกลุ่มนี้มีความหลากหลายมากมาย ดังตัวอย่าง

ตารางที่ 1 ตัวอย่างชนิดของพืชพันธุ์ไม้ที่ให้สี

ชนิดของวัสดุ/วัตถุดิบ	ส่วนที่ใช้	สีที่ได้
ครึ่ง	รัง	แดง/ ชมพู
แยม	แก่น/ก้าน	เหลือง
แก่นฝาง	แก่นของลำต้น	แดง/ชมพู/โอลด์โรส
ขี้เหล็ก	แก่นของลำต้น	เหลืองเข้ม
ขนุน	แก่นของลำต้น	เหลือง
ขมิ้นชัน	หัว/เหง้า	เหลือง
มะม่วง	เปลือกของลำต้น	เขียว
เพกา	เปลือกของลำต้น	เขียวอ่อน
สมอ	เปลือก/ลำต้น	น้ำตาล/เขียว
ประดู่, ทุเรียน, สะเดา	เปลือกของลำต้น	น้ำตาล
มะพร้าวสด	เปลือกของผล	เทา
มะพร้าวแห้ง	เปลือกของผล	น้ำตาล/ ดำ
มังคุด	เปลือกของผล	น้ำตาล
สัก	ใบอ่อน, เปลือก, ต้น	น้ำตาล
คำแสด	เมล็ด	เหลือง/ส้ม
ยอ	ราก	แดง/ น้ำตาล
คราม/ ฮ่อม	ต้น	ฟ้า/ น้ำเงิน/ คราม
หูกวาง	ใบ	เขียวขี้ม้า
สบู่ดำ	ใบ	เขียว
มะเกลือ	ผล	ดำ
สมอ	ผล	เทา
กระเจี๊ยบแดง	ดอก	แดง
อัญชัน	ดอก	ม่วง
ดาวเรือง	ดอก	น้ำตาลเหลือง
คำฝอย	ดอก	เหลือง/ ส้ม

กรรมวิธีการสกัดสี

กรรมวิธีการสกัดสี หรือการผลิตสี ทำได้ 2 วิธี

1) การสกัดสีด้วยวิธี ที่เรียกว่า การย้อมร้อน หรือสกัดสี ด้วยความร้อน คือ การนำส่วนของพืชพันธุ์ไม้ หมักหรือแช่น้ำทิ้งไว้ ก่อนนำไปต้ม ความร้อนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาให้น้ำสีที่อยู่ในส่วนของพืชพันธุ์นั้น ๆ ออกมาพืชพันธุ์ไม้ที่สามารถสกัดน้ำสีด้วยวิธีการย้อมร้อนเช่น แก่นขนุน ขมิ้นชัน เปลือกเพกา เปลือกประดู่ดอกคำฝอย ดอกอัญชันใบสบู่ดำ เป็นต้น

2) การสกัดสีด้วยวิธี ที่เรียกว่าการ ย้อมเย็น คือ การนำส่วนของพืชพันธุ์ไม้หมักหรือแช่น้ำทิ้งไว้ และให้ แสงแดดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาให้น้ำสีที่อยู่ในส่วนของพืชนั้น ๆ ออกมา พืชพันธุ์ ไม้ ที่สามารถสกัดน้ำสี ด้วยวิธีการย้อมเย็น เช่น ครั่ง คราม ฮ่อม และมะเกลือ เป็นต้น ทั้งนี้ชาวบ้านหรือช่างทอจะรู้ด้วยสัญชาตญาณว่า สีจากพืชชนิดไหนควรใช้วิธีการย้อมร้อนหรือวิธีการย้อมเย็น

1. กรรมวิธีการสกัดสีด้วยความร้อน การสกัดสีด้วยความร้อนหรือที่เรียกว่า การย้อมร้อน มีวิธีการดังนี้

1. การเตรียมวัสดุ อุปกรณ์ ได้แก่

1.1 วัตถุดิบให้สีในโทนที่ต้องการ เช่น ใบไม้ ดอกไม้ เปลือกไม้ เปลือก ผลไม้ กิ่งแก่น รากไม้

1.2 มีดสำหรับหั่นสับ วัตถุดิบเป็นชิ้นเล็ก ๆ

1.3 หม้อหรือกะละมังขนาดใหญ่ สำหรับต้มสกัดน้ำสี

1.4 ไม้พาย หรือไม้ด้ามยาว สำหรับคนขณะต้มสกัดน้ำสี

1.5 ผ้าขาวบางหรือผ้าโปร่ง สำหรับกรองแยกน้ำสีกับวัตถุดิบ

2. การต้มสกัดสี

2.1 การต้มสกัดสีจากเปลือกไม้ รากไม้ แก่น หรือกิ่งไม้ ให้สับ ตัด หรือซอยให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ ก่อนนำไปแช่น้ำ เพื่อให้เศษไม้ต่าง ๆ นิ่มและสามารถสกัดสีที่อยู่ภายในออกมาได้ง่ายขึ้นแล้วใส่หม้อต้ม

2.2 การต้มสกัดสีจากดอก ใบ ผล หรือเมล็ด ให้นำมาสับ ขยำ หรือ โขลกให้ละเอียดก่อนนำไปแช่น้ำประมาณ 1 ชั่วโมง จากนั้นนำลงใส่ในหม้อต้ม ในการสกัดน้ำสีสำหรับการย้อมและนำเส้นใยหรือผ้าลงไปย้อมต้องมีตัวทำปฏิกิริยา ที่เรียกว่า สารช่วยติดหรือสารกระตุ้นสี หรือสารช่วยย้อม ซึ่งก็คือวัตถุดิบธรรมชาติ ที่จะมาช่วยเพิ่มและเปลี่ยนสี ให้ ได้ เฉดสี ที่หลากหลายขึ้นจากเดิมแต่ละชนิดจะทำให้ เส้นใยหรือผ้าที่นำมาย้อมเปลี่ยนเป็นสีที่ต่างกันออกไป อาจเข้มขึ้น จางลง หรือเปลี่ยนเป็นสีอื่นที่ยังคงอยู่ในโทนสีเดิม ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของสารดังกล่าว

3. การเตรียมและใช้ สารช่วยติด (Mordant) เพื่อปรับสี ธรรมชาติ ให้ มี เฉดสี ที่มากขึ้น

สารช่วยติด (Mordant) หรือสารกระตุ้นสี หรือสารช่วยย้อม เป็นสารที่ช่วยให้สีติดกับเส้นใยขณะทำการย้อมได้ดี ขึ้นและช่วยปรับเฉดสี ให้ เปลี่ยนไปจากเดิมเมื่อแรกเริ่มใช้มูลหรือปัสสาวะสัตว์เป็นสารกระตุ้นสี โดยการเคลงในถังย้อม ปัจจุบันมีการใช้ทั้งสารที่ได้จากธรรมชาติและสารเคมี เส้นใยธรรมชาติจากพืชแต่ละชนิดที่นำมาย้อมสี และ ความคงทนต่อการขัดถูหรือแสงแดดไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับองค์ประกอบภายในของพืชและชนิดของเส้นใยที่นำมาย้อม ดังนั้นจึงมีการใช้สารช่วยติดต่าง ๆ เป็นตัวช่วยให้เส้นใยดูดซับสี ให้ สี เกาะเส้นใยได้ แน่นขึ้นมี ความทนทานต่อแสงและการขัดถูเพิ่มขึ้นสารเหล่านี้นอกจากจะเป็นตัวจับยึดสี และเพิ่มการติดสี ในเส้นใยแล้วยังช่วยเปลี่ยนเฉดสีให้เข้มจาง หรือสดใสสว่างขึ้นด้วย ตัวอย่างเช่น การย้อมสี เส้นใยด้วยใบหูกวาง สีที่ได้ คือ สี เขียวขี้ม้า เมื่อนำเส้นใยที่ได้แบ่งส่วนหนึ่งจุ่มลงในสารช่วยติด (น้ำสนิมเหล็ก) จะได้สีเขียวอ่อน ส่วนหนึ่ง จุ่มลงในสารช่วยติด (น้ำปูนใส) จะได้สี เขียวอมเหลือง และถ้านำจุ่มลงในสารช่วยติด (น้ำโคลน) จะได้สีเขียวเข้ม เป็นต้นสารช่วยติดหรือสารกระตุ้นสี หรือสารช่วยย้อม (Mordant, 2012) จำแนกได้ ดังนี้

3.1 น้ำปูนใส ได้จากปูนขาวที่ใช้กันกับหมาก หรือทำจากปูนจากการเผา เปลือกหอยโดยละลายปูนขาวในน้ำสะอาด ทิ้งไว้ให้ตกตะกอนจะได้น้ำปูนใสมาใช้เป็นสารช่วยย้อมต่อไป

3.2 น้ำด่าง หรือน้ำขี้เถ้า ได้จากขี้เถ้าพืช เช่น จากส่วนต่าง ๆ ของกล้วย ต้นผักขม เปลือกของผลนุ่นกากมะพร้าว เป็นต้น เลือกพืชชนิดใดชนิดหนึ่งที่ยังสด ๆ นำมาผึ่งแดดให้หมาด จากนั้นเผาให้เป็นขี้เถ้าสีขาว นำขี้เถ้าไปใส่ในอ่างที่มีน้ำอยู่กวนให้ทั่วทิ้งไว้ 4 – 5 ชั่วโมง ขี้เถ้าจะตกตะกอนนำน้ำที่ได้ไปกรองให้สะอาดแล้วจึงนำไปใช้งาน เรียกว่า “น้ำด่างหรือน้ำขี้เถ้า” อีกวิธีหนึ่งนำขี้เถ้าที่ได้ไปใส่ในกระป๋องที่เจาะรูเล็ก ๆ รองกั้นด้วยปุ๋ยฝ้ายหรือใยมะพร้าวใส่ขี้เถ้าจนเกือบเต็มกดให้แน่นเติมน้ำให้ท่วมขี้เถ้าแขวนกระป๋องทิ้งไว้รองเอาแต่น้ำด่างไปใช้งาน

3.3 กรด ได้จากพืชที่มีรสเปรี้ยว เช่น น้ำมะนาว น้ำใบหรือฝักส้มป่อยน้ำมะขามเปียก

3.4 น้ำบาดาล หรือน้ำสนิมเหล็กจะใช้น้ำบอบาดาลที่เป็นสนิมหรือนำเหล็กไปเผาไฟให้แดงแล้วนำไปแช่น้ำทิ้งไว้ 3 วันจึงนำน้ำสนิมมาใช้ได้น้ำสนิมจะช่วยให้สีเข้มขึ้น ให้เฉดสีเทา-ดำเหมือนมอร์แดนท์เหล็กแต่ถ้าสนิมมากเกินไปจะทำให้เส้นใยเปื่อยได้เช่นกัน

3.5 น้ำโคลน เตรียมจากโคลนได้สระ หรือบ่อที่มีน้ำขังตลอดปีใช้ดินโคลนมาละลายในน้ำเปล่าสัดส่วนน้ำ 1 ส่วนต่อดินโคลน 1 ส่วนจะช่วยให้ได้โทนสีเข้มขึ้น หรือโทนสีเทา-ดำเช่นเดียวกับน้ำสนิม

3.6 สารฟาด หรือแทนนิน สารแทนนินจะมีอยู่ในส่วนต่างๆ ของพืชที่มีรสฝาดและขม เช่น ลูกหมาก เปลือกเพกา เปลือกสีเสียด เปลือกผลทับทิม เปลือกประตู ใบยูคาลิปตัส ใบเหมือดแอ เป็นต้น ซึ่งสารดังกล่าวมีคุณสมบัติช่วยให้สีติดกับเส้นด้ายได้ดีขึ้น โดยการต้มสกัดน้ำฟาด หรือแทนนินจากพืชดังกล่าว แล้วนำเส้นด้ายต้มย้อมกับน้ำฟาดก่อนจากนั้นจึงนำเส้นด้ายไปย้อมกับน้ำสีย้อมอีกครั้ง

3.7 โพรตีนจากน้ำถั่วเหลือง ใช้ต้มกับเส้นด้ายก่อนการย้อมสีเพื่อช่วยในการเพิ่มโปรตีนบนเส้นด้ายทำให้สามารถย้อมสีติดได้ดีมากขึ้นทางญี่ปุ่นจะชุบฝ้ายไหมด้วยน้ำถั่วเหลืองก่อนเสมอ โดยแช่ไว้ 1 คืนยิ่งทำให้สีติดมากในญี่ปุ่นการย้อมสีธรรมชาติทั้งหมดจะแช่เส้นใยด้วยน้ำถั่วเหลืองเสมอ

3.8 เกลือแกง จะใช้ผสมกับน้ำสีย้อมเพื่อช่วยให้สีติดเส้นด้ายได้ง่ายขึ้น เกลือจะทำหน้าที่ลด ประจุลบ ของเส้นใยทำให้แอนไอออนของสีสามารถซึมเข้าไปใกล้เส้นใยจนกระทั่งเกิดแรง แวนเดอร์วาลส์ มีประสิทธิภาพทำให้เกิดการติดสีบนเส้นใยได้

การใช้สารช่วยติดสี ในการย้อมผ้ามี 3 วิธี คือ

1. การใช้ก่อนการย้อมสีซึ่งต้องนำเส้นด้ายไปชุบสารช่วยย้อมก่อนนำไปย้อมสีธรรมชาติ
2. การใช้พร้อมกับการย้อมสีเป็นการใส่สารช่วยย้อมไปในน้ำสีแล้วจึงนำเส้นด้ายลงย้อม
3. การใช้หลังย้อมสีนำเส้นด้ายไปย้อมสีก่อนแล้วจึงนำไปย้อมกับสารช่วยย้อมภายหลัง

1. การย้อมความร้อน

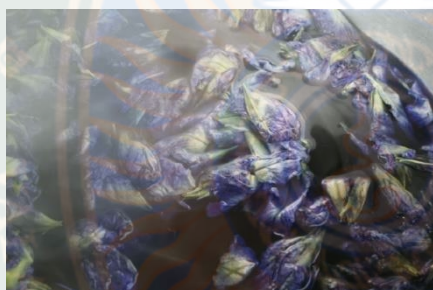
1. ดอกอัญชัน กรรมวิธีการสกัดสีด้วยความร้อน



เด็ดขั้วสีเขียวออก



นำดอกลงต้มในหม้อน้ำเดือด



ต้มสกัดสี



สีที่ดอกเริ่มจาง



น้ำสีที่สกัดได้ “สีฟ้า”



เส้นไหมย้อมสี ได้ สีฟ้าอ่อน และเข้ม

ภาพที่ 1 กรรมวิธีการสกัดสีดอกอัญชัน ด้วยความร้อน
ที่มา : ประภากร สุคนธณี (2560)

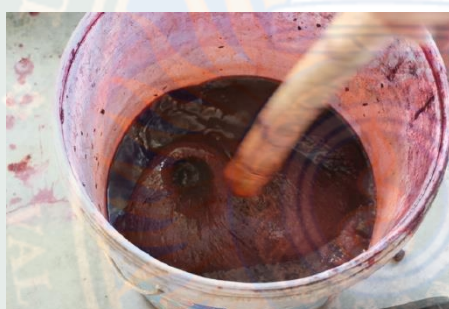
2. ครั่ง กรรมวิธีการสกัดสีด้วยความร้อน



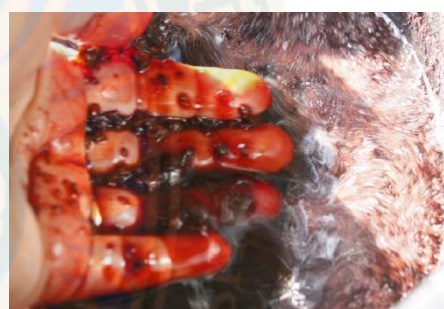
ตากครั่งให้แห้ง



นำครั่งไปต้ม บด นวด โดยผสมด้วย น้ำ



นวดครั่งเพื่อสกัดน้ำสี



กรองเอาเฉพาะส่วนน้ำสีที่ได้จากการสกัดสี



ผ้าที่เตรียมย้อม นำไปแช่น้ำถั่วเหลือง
หรือน้ำเต้าหู้ทิ้งไว้ 1 คืน



นำผ้า/เส้นไหมลงย้อม จะได้สีแดง

ภาพที่ 2 กรรมวิธีการสกัดสีครั่ง ด้วยความร้อน
ที่มา : ประภากร สุคนธ์มณี (2560)

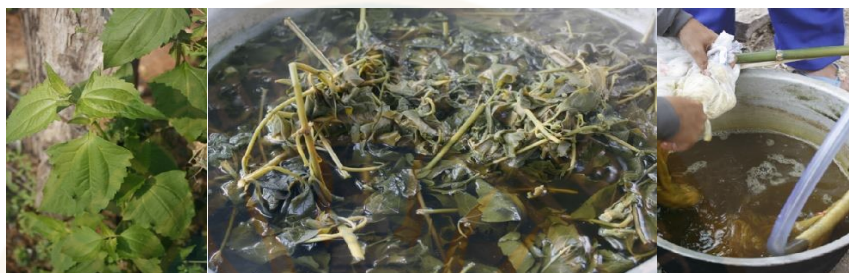


2615280817

VRU 1Thesis 58B74670106 thesis / recv: 07062566 19:06:35 / seq: 20

VRU

3. ใบสบาบเสื่อ กรรมวิธีการสกัดสีด้วยความร้อน



ใบสบาบเสื่อ

ต้มสกัด สี

น้ำสี ที่สกัดได้

ภาพที่ 3 กรรมวิธีการสกัดสีใบสบาบเสื่อ ด้วยความร้อน
ที่มา : ประภากร สุคนธมณี (2560)

4. ใบสบู่ดำ กรรมวิธีการสกัดสีด้วยความร้อน



ใบสบู่ดำ

ต้มสกัดสี

สีบนเส้นใยที่ได้จากการย้อม

ภาพที่ 4 กรรมวิธีการสกัดสีใบสบู่ดำ ด้วยความร้อน
ที่มา : ประภากร สุคนธมณี (2560)

5. แยม กรรมวิธีสกัดสีด้วยความร้อน



กิงแยม

สีที่ได้จากการต้มสกัด

เส้นไหมที่ได้จากการย้อม

ภาพที่ 5 กรรมวิธีการสกัดสีแยม ด้วยความร้อน
ที่มา : ประภากร สุคนธมณี (2560)

2. การย้อมเย็น

1. คราม กรรมวิธีสกัดสีด้วยการย้อมเย็น

นำใบครามมาหมักน้ำ บดหรือขยำให้ใบครามละเอียด ให้ออกสีได้ดีขึ้น นำเส้นใยลงย้อมในหม้อคราม ขยำให้สีติดเส้นใยโดยทั่ว ความเข้มข้นของสี จะขึ้นอยู่กับจำนวนครั้งในการย้อมหรือการจุ่มเส้นใยลง หม้อคราม



หมักใบคราม



บด/ขยำใบครามให้ละเอียด



ขยำให้สีติดเส้นใย



เส้นใยที่ได้จากสีคราม

ภาพที่ 6 กรรมวิธีการสกัดสีจากคราม ด้วยการย้อมเย็น

ที่มา : ประภากร สุคนธมณี (2560)

GRAD VRU



2615280817

VRU :Thesis 58B74670106 thesis / recv : 07062566 19:06:35 / seq : 20

2. มะเกลือ กรรมวิธีสกัดสีด้วยการย้อมเย็น

นำผลมะเกลือแก่หรือสุกมาตำให้ละเอียด กรองเอาแต่น้ำ นำผ้าหรือเส้นใยลง ย้อมแช่ทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง ก่อนนำขึ้นตากแดด แสงแดดจะเป็นตัวช่วยเร่งปฏิกิริยาของการ ติดสีกับผ้าหรือเส้นใย ยิ่งแดดแรงจะได้สีที่เข้ม



ผลมะเกลือ



ตำให้ละเอียด



น้ำไปย้อมเส้นใย

ภาพที่ 7 กรรมวิธีการสกัดสีจากผลมะเกลือ ด้วยการย้อมเย็น

ที่มา : ประภากร สุคนธมณี (2560)

2. การพัฒนาเม็ดสีสะท้อนรังสีอินฟราเรดจากดินลูกรัง และผลวิจัยเกี่ยวกับการย้อมเส้นใยฝ้ายจากการพัฒนาเม็ดสีสะท้อนรังสีอินฟราเรดจากดินลูกรัง

1. รังสีจากดวงอาทิตย์

รังสีจากดวงอาทิตย์ซึ่งประกอบด้วย รังสีอัลตราไวโอเล็ต (Ultraviolet ray) ประมาณร้อยละ 3 ความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 200-400 นาโนเมตร แสงที่มองเห็นด้วยตาเปล่า (Visible light) ประมาณร้อยละ 47 ความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 400-700 นาโนเมตร และรังสีอินฟราเรด (Infrared) ประมาณร้อยละ 50 ความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 700-2,500 นาโนเมตร ที่ส่องมายังโลก (เสริม จันทรฉาย, 2560)



ภาพที่ 8 รังสีจากดวงอาทิตย์

ที่มา : เสริม จันทรฉาย (2560ข)

รังสีที่มีความถี่สูงจะมีค่าพลังงานสูงตามไปด้วยและความยาวคลื่นจะสั้น ซึ่งจะมีผลต่อร่างกายมาก ส่วนรังสีที่มีความถี่ต่ำจะมีค่าพลังงานต่ำด้วยทำให้มีผลต่อร่างกายน้อย ซึ่งรังสีจากดวง



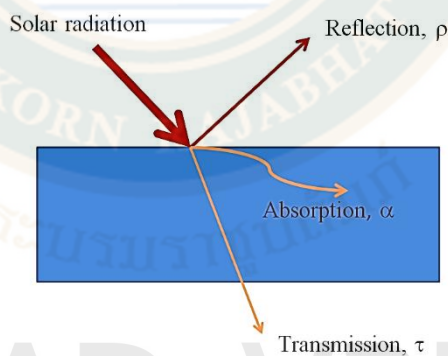
2615280817

VRU-IThesis 58B74670106 thesis / recv: 07062566 19:06:35 / seq: 20

อาทิตย์ที่แผ่มายังโลก มีผลทางชีววิทยาต่อผิวหนังมนุษย์โดย เมื่อตกกระทบที่ผิวหนังและถูกดูดกลืนโดยผิวหนัง ทำให้ผิวหนังสูญเสียความยืดหยุ่นและลดความเต่งตึงของผิวเป็นผลให้อายุของผิวหนังสั้นลง (Cho et al., 2011) โดยรังสีจากดวงอาทิตย์สามารถทำให้ผิวหนังของมนุษย์มีอุณหภูมิสูงเกินกว่า 40°C (Lee et al., 2006) หากสัมผัสรังสีจากดวงอาทิตย์ติดต่อกันเป็นเวลานาน จะสะสมเกิดความเสียหายและส่งผลร้ายต่อผิวหนัง ได้แก่ ริ้วรอยลึก เหี่ยวยุบแก่ก่อนวัย ผิวหนังสูญเสียความยืดหยุ่น รวมถึงเกิดความหมองคล้ำ และที่น่ากลัวที่สุดคือ มะเร็งผิวหนัง แต่ถ้าหากได้รับรังสีอัลตราไวโอเล็ตในปริมาณที่พอเหมาะจะทำให้ร่างกายผลิตวิตามิน ดี

2. การแผ่รังสีของดวงอาทิตย์และการถ่ายเทความร้อน

เมื่อรังสีจากดวงอาทิตย์ตกกระทบวัสดุจะเกิดปรากฏการณ์สามอย่างคือ การสะท้อน การดูดกลืนและการส่งผ่านซึ่งจะเกิดปรากฏการณ์ใดมากหรือน้อยขึ้นกับสมบัติของวัสดุ (Cho et al., 2011) แต่เนื่องจากชั้นบรรยากาศของโลกถูกทำลายด้วยสภาพสิ่งแวดล้อมในปัจจุบัน ทำให้รังสีจากดวงอาทิตย์มีความเข้มข้นสูง ซึ่งรังสีอินฟราเรดที่เป็นพลังงานความร้อนและมีปริมาณมากที่สุดจะถูกส่งลงมาทำให้บรรยากาศบนโลกร้อนขึ้น การป้องกันความร้อนปัจจุบันอาศัยฉนวนความร้อนเพื่อช่วยในการป้องกันความร้อน จึงต้องหาตัวที่สะท้อนรังสีอินฟราเรดคือตัวเติมในสีที่สะท้อนรังสีอินฟราเรดได้ดี ทนต่อ โอโซน ซัลไฟด์ ไนตรัส หรือมลพิษทางอากาศ สมบัติหลักที่ต้องการของตัวเติมคือไม่ดูดกลืนรังสีอินฟราเรดซึ่งปัจจัยที่สำคัญได้แก่ ขนาดอนุภาคและดัชนีหักเหของแสงของวัสดุ เพื่อส่งผ่านการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ โดยการถ่ายเทความร้อนได้แก่ การนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสี เครื่องนุ่งห่มจึงมีความจำเป็นในการป้องกันการรังสีอินฟราเรดไม่ให้สัมผัสกับร่างกายมนุษย์เพื่อลดความร้อนจากรังสีที่มาจากดวงอาทิตย์ให้สัมผัสผิวหนังมนุษย์น้อยลง



ภาพที่ 9 การแผ่รังสีของดวงอาทิตย์และการถ่ายเทความร้อน

3. การเตรียมเม็ดสีสะท้อนรังสีอินฟราเรดดำเนินการดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 คัดขนาดดินลูกรังธรรมชาติ โดยนำดินลูกรังมาคัดแยกเศษกึ่งไม้ใบไม้ ออก แล้วนำดินลูกรังไปบดด้วยเครื่องบดหยาบ แล้วนำมาร่อนด้วยตะแกรงหยาบขนาดในช่วง 0.5-1.0 มิลลิเมตร จากนั้นนำไปแช่น้ำแล้วปั่นด้วยความเร็วรอบสูงเพื่อให้ดินแตกตัว กรองด้วยตะแกรงหยาบขนาดในช่วง 0.1-0.5 มิลลิเมตร เพื่อคัดส่วนที่เป็นกรวด ทราบขนาดใหญ่ออก จากนั้นนำไปบดด้วยลูก

บดทรงกลม (ball mill) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำมาแยกขนาดโดยการอาศัยการตกตะกอน (stroke's law) ให้มีขนาดต่ำกว่า 45 ไมโครเมตร แล้วนำไปอบให้แห้ง



ภาพที่ 10 แหล่งดินลูกรัง



เครื่องบดหยาบ

เครื่องบดหยาบ

ปั่นด้วยความเร็วรอบสูง

ภาพที่ 11 ขั้นตอนทำเม็ดดินลูกรังให้มีขนาดเล็ก

ขั้นตอนที่ 2 นำสารที่อบแห้งแล้วจากขั้นตอนที่ 1 ไปแคลไซน์ (เผา) ที่อุณหภูมิในช่วง 900-1300 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 2-20 ชั่วโมง เพื่อให้ได้โครงสร้างผลึกเป็นแบบสปิเนลที่มีโครงสร้างแบบแม็กเนไทต์ (Fe_3O_4) เหล็กอะลูมิเนต (FeAl_2O_4) และซิลิกอนเหล็กอะลูมิเนต ($\text{Si}(\text{Fe},\text{Al})_2\text{O}_6$)



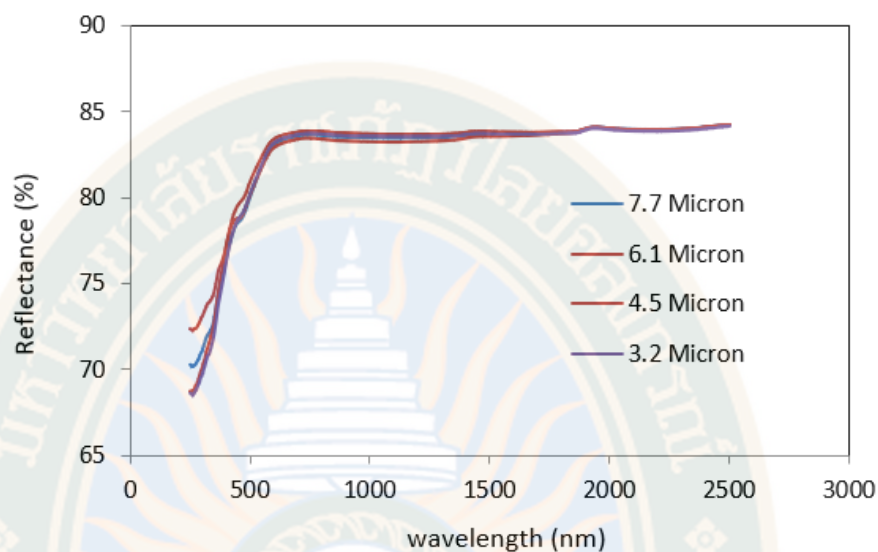
ภาพที่ 12 แคลไซน์ที่อุณหภูมิในช่วง 900-1300 องศา

ขั้นตอนที่ 3 บดสารหลังแคลไซน์ (เผา) และตรวจวัดสมบัติ โดยการบดทำด้วยเครื่องบดวงแหวนแบบสั้นให้สารมีขนาดอยู่ในช่วง 350-10000 นาโนเมตร จากนั้นนำไปตรวจวัด โครงสร้างผลึกและสมบัติการสะท้อนรังสีอินฟราเรด จากการทดลอง พบว่า เม็ดสีที่เตรียมได้มีโครงสร้างผลึกเป็นแบบสปีเนลที่มีโครงสร้างแบบแม็กเนไทต์ (Fe_3O_4) เหล็กอะลูมินेट (FeAl_2O_4) และซิลิกอนเหล็กอะลูมินेट ($\text{Si}(\text{Fe},\text{Al})_2\text{O}_6$) และยังพบโครงสร้างควอซท์ ผสมอยู่ มีการสะท้อนรังสีอินฟราเรดในช่วงความยาวคลื่น 700-2500 นาโนเมตร ถึงร้อยละ 70-90 โดยขนาดอนุภาคที่สะท้อนรังสีอินฟราเรดได้ดีอยู่ในช่วง 3000-8000 นาโนเมตร และสะท้อนแสงที่มองเห็นด้วยตาเปล่าในช่วงความยาวคลื่น 500-700 นาโนเมตร และดูดกลืนรังสีอัลตราไวโอเล็ตและแสงที่มองเห็นด้วยตาเปล่าในช่วงความยาวคลื่น 290-500 นาโนเมตร



ภาพที่ 13 เครื่องบดให้มีขนาดอยู่ในช่วง 350-10000 นาโนเมตร

ขั้นตอนที่ 4 ทดลองย้อมด้ายหรือผ้า และทดสอบความแตกต่างของอุณหภูมิจากผ้าที่ย้อมเมื่อได้รับความร้อนปรากฏว่ามีอุณหภูมิแตกต่างกันในช่วง 4-7 องศาเซลเซียส เมื่อเปรียบเทียบกับระหว่างด้านที่ได้รับความร้อนโดยตรงกับด้านตรงข้าม



ภาพที่ 14 ความแตกต่างของอุณหภูมิจากผ้าที่ย้อมเมื่อได้รับความร้อน

จากผลการทดสอบสมบัติการสะท้อนรังสีอินฟราเรดของเม็ดสีที่สังเคราะห์ขึ้นจากดินลูกรังให้มีโครงสร้างแบบสปีเนล สามารถสะท้อนรังสีอินฟราเรดได้ดีกว่าสารดินลูกรังธรรมชาติและมีการป้องกันความร้อนได้สูง โดยมีความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างด้านที่ได้รับความร้อนกับด้านตรงข้ามสูงสุดประมาณ 7 องศาเซลเซียส

ขั้นตอนที่ 5 การทดลองย้อมผ้าหรือผ้า



ภาพที่ 15 การทดลองย้อมผ้าและเส้นใย



2615280817

3. การปฏิบัติการการย้อมเส้นใยฝ้ายจากการพัฒนาเม็ดสีสะท้อนรังสีอินฟราเรดจากดินลูกรัง หลักการและเหตุผล

ดินลูกรังหรือดินศิลาแลงเป็นวัสดุธรรมชาติที่เกิดขึ้นจากการผุพังสลายตัวของหินและแร่ ส่วนใหญ่มีองค์ประกอบของเหล็กและอะลูมินาในปริมาณสูง ตลอดจนการสลายตัวของซากพืชและสัตว์ผสมคลุกเคล้ากัน โดยได้รับอิทธิพลจากสภาพแวดล้อม เช่น สภาพภูมิอากาศ พื้นที่ ระยะเวลาในการเปลี่ยนสภาพที่แตกต่างกัน ดินลูกรังเกิดจากหินหลายชนิด เช่น หินแกรนิต หินไนส์ หินบะซอลท์ และ หินดินดาน ดินลูกรังในประเทศไทยพบมากที่สุด ที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีพื้นที่ครอบคลุม ปริมาณ 3 ใน 4 ของพื้นที่ หรือ ประมาณ 17,000 ตารางกิโลเมตร (สุมิตรา วัฒนา, 2548) ดินลูกรังแต่ละบริเวณจะมีสีแตกต่างกันไป เช่น สีดำ สีน้ำตาล สีแดง สีส้ม สีเหลือง สีเทา เป็นต้น ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบต่าง ๆ ในดิน (สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน, 2558) จึงมีชุมชนได้นำดินแดงหรือดินลูกรังมาย้อมผ้า เช่น ผ้าอาบแดงจากดินแดงชุดดินตาล ถวายพระสงฆ์สายวิปัสสนากรรมฐานของบ้านวังไฮ ตำบลภูวง อำเภอหนองสูง จังหวัดมุกดาหาร การทอผ้าพื้นเมืองย้อมแดงจากดินภูเขาไฟ บ้านเจริญสุข ตำบลเจริญสุข อำเภอเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดบุรีรัมย์และการพัฒนาหมู่บ้านต้นแบบการทอผ้าฝ้ายพื้นเมืองย้อมดินแดง บ้านคำไผ่ ตำบลหนองกุง อำเภอเมือง จังหวัดกาฬสินธุ์ (ธีรภานต์ โพธิ์แก้ว, 2557) ผ้าย้อมดินแดง บ้านโนนป่าซาง ตำบลโนนป่าซาง อำเภอผาขาว จังหวัดเลย ดินแดง บ้านรางหวาย ตำบลรางหวาย อำเภอพนมทวน จังหวัดกาญจนบุรี (นันทิยา อัจฉราวรรณ และคณะ, 2554) จากที่ชุมชนได้นำดินแดงหรือดินลูกรังมาใช้ย้อมผ้าเพื่อให้เกิดสีแดงกับสิ่งทอ แต่ปัญหาด้านคุณภาพสีย้อมในด้านความคงทนของสี ส่งผลต่อการเปลี่ยนสีเมื่อซัก และการตกเปื้อนสีบนผ้าขาว ความคงทนของสีต่อการขัดถู เหงื่อไคล ระบายผิวต่อการสวมใส่ และความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

งานวิจัยที่สืบค้นมาจะเห็นได้ว่า โลหะออกไซด์มีการสะท้อนรังสีอินฟราเรดได้ดีและดินลูกรังมีการนำไปใช้ย้อมผ้าจำนวนมาก แต่อย่างไรก็ตาม ยังไม่พบงานวิจัยที่พัฒนาดินลูกรังจากธรรมชาติให้มีความเสถียรและมีสมบัติสะท้อนรังสีอินฟราเรด ดังนั้น งานการประดิษฐ์นี้จึงได้พัฒนาเม็ดสีจากดินลูกรังธรรมชาติให้มีคุณลักษณะที่เหมาะสมในการสะท้อนรังสีอินฟราเรด ด้วยกระบวนการเตรียมวัสดุแบบง่าย ไม่ซับซ้อน ที่สามารถทำให้โครงสร้างของโลหะออกไซด์สะท้อนรังสีอินฟราเรดได้ดี

ดังนั้นผู้วิจัยจึงเล็งเห็นว่าสิ่งทอที่ใช้ตัดเย็บเครื่องนุ่งห่มมีความจำเป็นที่จะต้องปรับปรุงคุณสมบัติการสะท้อนรังสีอินฟราเรดชนิด NIR หรือ IR-A เพื่อแก้ปัญหาสุขภาพที่เกิดจากการรับรังสี NIR ในปริมาณมาก ให้ดีขึ้น โดยนำดินลูกรัง (Laterite) ที่มีองค์ประกอบหลักคือ ซิลิกา (SiO_2) อะลูมินา (Al_2O_3) และเหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3) มาปรับปรุงคุณภาพด้วยการแยกขนาดและเผาแคลไซน์ที่อุณหภูมิต่าง ๆ และบดให้มีขนาดมากกว่าครึ่งหนึ่งของความยาวคลื่นของรังสีอินฟราเรด (Yamada, Nagahara, Satoh and Kurosaki, 2000) แล้วนำมาทำเป็นสารย้อมเส้นใยฝ้าย เพื่อให้เกิดการสะท้อนรังสีอินฟราเรดได้ดีและคงทนต่อการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและทางกายภาพ ให้มีความคงทนของสี ได้แก่ ความคงทนของสีต่อแสง ความคงทนของสีต่อการซัก ความคงทนของสีต่อเหงื่อ ความคงทนของสีต่อการขัดถู เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และสามารถป้องกันรังสี NIR ได้ เพื่อช่วยลดความร้อนของผิวหนังในขณะที่ต้องสัมผัสกับรังสีจากดวงอาทิตย์

เพื่อให้ชุมชนสามารถผลิตวัสดุย่อยที่ปลอดภัยจากสารเคมี เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และยังเป็น การนำทรัพยากรที่มีอยู่ในท้องถิ่นมาใช้ประโยชน์สูงสุด เป็นการเพิ่มรายได้ ส่งเสริมความเข้มแข็งให้กับชุมชน สามารถผลิตสินค้าในเชิงพาณิชย์ และเป็นการส่งเสริมให้ชุมชนเตรียมความพร้อมไปสู่ การพัฒนาประเทศไทย 4.0

วัตถุประสงค์

เพื่อเผยแพร่ผลงานวิจัยสู่ชุมชนโดยจัดอบรมเชิงปฏิบัติการเรื่อง การย้อมเส้นใยฝ้ายจากการ พัฒนาเม็ดสีสะท้อนรังสีอินฟราเรดจากดินลูกรัง

วัสดุ/อุปกรณ์/สารเคมี

เม็ดสี	2 กิโลกรัม
โพลีไวนิลแอลกอฮอล์ (Polyvinyl alcohol, PVA)	10 กรัม
เกลือ	20 กรัม
น้ำเปล่า	40 ลิตร
เส้นใยฝ้าย	1 กิโลกรัม
ผงซักฟอก	1 กล่องเล็ก
กะละมังขนาดใหญ่	3 ใบ
หม้อสแตนเลสใบใหญ่	3 หม้อ
ไม้พาย	2 ไม้
เตาแก๊ส	1 เครื่อง
น้ำสनिมเหล็ก	20 ลิตร
เชือกฟาง	1 มัด
ราวตากผ้า	1 ราว

ทำความสะอาดเส้นใยฝ้าย

ก่อนที่จะนำเส้นใยฝ้ายไปย้อมสีนั้น เราต้องกำจัดไขมัน สิ่งสกปรก รวมทั้งสารที่เคลือบติดเส้น ใยออกไป เพราะสิ่งเหล่านี้ทำให้สีย้อมติดเส้นใยไม่ดี ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้ผ้าทอ มีความคงทนของสี ต่อการซักน้อย ในการทำความสะอาดเส้นใยทำได้โดยละลายผงซักฟอก (หรือใช้สบู่ซักผ้า) 50 กรัม ใน น้ำ 20 ลิตร ต่อฝ้าย 1 กิโลกรัม นำเส้นใยลงซักในน้ำเย็น ให้เส้นใยเปียกน้ำ ให้ทั่วก่อนนำไปแช่โดย กัดเส้นใยให้จมน้ำ ค่อย ๆ เพิ่มความร้อนจนเดือดเบา ๆ และหมั่นพลิกกลับเส้นใยเป็นระยะ ๆ เพื่อ การล้างเส้นใยได้ทั่วถึง ต้มต่อไปอีกครั้งชั่วโมง แล้วจึงนำเส้นใยขึ้นมา ทิ้งให้เย็นก่อนนำไปล้างโดยให้ ล้างจากน้ำอุ่น ไปหาน้ำเย็น (ล้างด้วยน้ำอุ่นที่ 60 องศาเซลเซียส ประมาณ 2-3 ครั้ง ก่อนนำไปล้าง ด้วยน้ำเย็นที่อุณหภูมิห้อง) บิดหมาด ๆ และกระตุกเส้นใย 2-3 ครั้ง เพื่อให้เส้นใยเรียงตัว นำไปตาก แห้ง เก็บไว้อย่าให้โดนฝุ่น เราสามารถทดสอบเส้นใยก่อนนำไปย้อมว่าล้างไขมันหรือสิ่งที่เคลือบอยู่ ออกหมดหรือไม่ โดยการนำเส้นใยไปจุ่มในน้ำ หากเส้นใยที่ผึ่งแห้งแล้วนั้นจมน้ำทั้งหมดภายใน 10 วินาที แสดงว่าเส้นใยนั้นล้างไขมันออกหมดแล้ว ปัจจัยที่มีผลต่อการล้างไขมัน คือ อุณหภูมิ เวลา

ปริมาณของสบู่ ผงซักฟอก ต่าง หากเราเพิ่มปัจจัยใดปัจจัยหนึ่งเราก็จะลดปัจจัยอื่นลง เช่น ถ้าเราใช้เวลาในการแช่เส้นใยนานขึ้น เราก็จะใช้ความเข้มข้นของสารทำความสะอาดน้อยลง และใช้อุณหภูมิของการต้มล้างต่ำลงได้

สูตรอัตราส่วนการย้อมเส้นใยฝ้าย

(สูตรอัตราส่วนในการย้อม อยู่ระหว่างขอดีทอิทธิบัตร จึงไม่สามารถนำมาเปิดเผยในเอกสารประกอบการอบรมนี้ได้ โดยผู้วิจัยจะแนะนำผู้เข้าร่วมอบรมในการปฏิบัติการย้อมเส้นใยฝ้ายจากการพัฒนาเม็ดสีสะท้อนรังสีอินฟราเรดจากดินลูกรัง ด้วยวาจา)

สูตรอัตราส่วนผสมเมื่อนำไปย้อมเส้นใยฝ้าย 1 กิโลกรัม คือ

เม็ดสี	10-50	%	โดยน้ำหนัก
โพลีไวนิลแอลกอฮอล์ (Polyvinyl alcohol, PVA)	1-5	%	โดยน้ำหนัก
เกลือ	1-5	%	โดยน้ำหนัก
น้ำเปล่า	10-50	%	โดยน้ำหนัก

โดยเกลือที่ใช้ในสูตรผสมเมื่อนำไปย้อมด้ายหรือผ้า เลือกได้จากโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) หรือโซเดียมซัลเฟต (NaSO₄)

4. ขั้นตอนเตรียมน้ำย้อมเส้นใยฝ้าย

1. ต้มน้ำเปล่า 10 ลิตร (10 กิโลกรัม) ผสมเกลือ 200 กรัม ต้มให้เกลือละลายให้หมด ประมาณ 60-80 องศาเซลเซียส (ห้ามเดือด)
2. เติมเม็ดสี และโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ลงในน้ำเกลือที่ละลายแล้ว กวนจนเม็ดสีกระจายตัว (ไม่ให้เม็ดสีตกตะกอน)

5. ขั้นตอนการย้อมเส้นใยมีดังนี้

1. นำเส้นใยฝ้ายที่ผ่านขั้นตอนการทำความสะอาดแล้ว มาต้มกับน้ำย้อมที่ได้ กดเส้นใยให้จมน้ำและหมั่นพลิกกลับเส้นใยเป็นระยะ ๆ เพื่อช่วยให้สีกระจายตัวและแทรกซึมเข้าไปในเส้นใยได้ทุกส่วน ใช้เวลาการย้อม 1 ชั่วโมง
2. เมื่อย้อมเสร็จให้บิดเส้นด้ายพอหมาดแล้วทิ้งให้แห้งก่อนนำมาซักล้างด้วยน้ำสะอาด วิธีนี้จะทำให้สีหลุดน้อยกว่าการนำเส้นด้ายไปซักล้างทันที
3. หลังจากที่ย้อมเส้นใยพอหมาดแล้ว นำเส้นด้ายดังกล่าวมาแช่ในสารช่วยย้อม คือ น้ำสนิมเหล็ก นาน 1 ชั่วโมง
4. ล้างน้ำสะอาด แล้วตากเส้นใยให้แห้ง

แบบทดสอบความเข้าใจ ก่อนและหลัง
การอบรมเชิงปฏิบัติการ
เรื่อง การอบรมเชิงปฏิบัติการการย้อมเส้นใยฝ้าย
จากการพัฒนาเม็ดสีสะท้อนรังสีอินฟราเรดจากดินลูกรัง

ชื่อ.....นามสกุล.....

คำชี้แจง จง x ข้อที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียว

1. ข้อใดไม่ใช่ประโยชน์ของการต้มเส้นใยฝ้ายในน้ำร้อนก่อนย้อมสี

ก. ทำให้เส้นใยติดสีดีขึ้น	ข. เพื่อให้เส้นใยสามารถทนความร้อนสูงได้
ค. เพื่อฆ่าเชื้อโรค	ง. เพื่อล้างไขมันและโปรตีนของเส้นใย
2. การกระตุกเส้นใยในการย้อมสี เพื่ออะไร

ก. เพื่อให้เส้นใยเรียงตัวได้ดี	ข. เพื่อให้เส้นใยยึดตัว
ค. เพื่อให้เส้นใยรับแรงดึงได้ดี	ง. เพื่อให้เส้นใยเงางาม
3. การเติมเกลือลงไประหว่างย้อม เพื่ออะไร

ก. เพื่อให้สีซึมเข้าเส้นใยได้ดี	ข. เพื่อให้เส้นใยไม่ละลายในความร้อน
ค. เพื่อให้เส้นใยมีสีสดใส	ง. เพื่อให้น้ำย้อมสีไม่ร้อนเกินไป
4. ข้อใดไม่ใช่สารช่วยย้อมที่ได้จากธรรมชาติ

ก. น้ำบาดาล	ข. น้ำสนิมเหล็ก
ค. น้ำขี้เถ้า	ง. เปลือกไม้
5. สารช่วยติดสี ข้อใดไม่เข้าพวก

ก. น้ำขี้เถ้า	ข. น้ำยางกล้วย
ค. น้ำมะขามเปียก	ง. น้ำปูนใส
6. การปรับปรุงเส้นใยก่อนทำการย้อม มีเหตุผลเพื่ออะไร

ก. เพื่อให้ใช้ได้ทนนาน	ข. เพื่อให้ย้อมติดสีง่าย
ค. เพื่อให้เส้นใยทนความร้อน	ง. เพื่อให้เส้นใยทนกรด-เบสได้
7. การทำความสะอาดเส้นใย เพื่ออะไร

ก. เพื่อให้เส้นใยแตกตัวออกจากกัน	ข. เพื่อกำจัดเชื้อโรค
ค. เพื่อให้เส้นใยเงางาม	ง. เพื่อทำลายโปรตีน ไขมันที่เกาะในเส้นใย
8. ข้อใดไม่ใช่รังสีจากดวงอาทิตย์

ก. รังสีวิทยุ	ข. รังสีอินฟราเรด
ค. รังสีแสงสีขาว	ง. รังสีอัลตราไวโอเล็ต
9. รังสีจากดวงอาทิตย์ชนิดใดมีค่าความถี่สูงสุด

ก. รังสีวิทยุรังสี	ข. รังสีอินฟราเรด
ค. รังสีแสงสีขาว	ง. อัลตราไวโอเล็ต



10. ปริมาณรังสีจากดวงอาทิตย์ชนิดใดที่ร่างกายได้รับในปริมาณที่พอเหมาะ จะไปกระตุ้นให้ร่างกายสร้างวิตามิน ดี

- | | |
|------------------------|---------------|
| ก. รังสีอัลตราไวโอเล็ต | ข. รังสีแกมมา |
| ค. รังสีอินฟราเรด | ง. รังสีเบต้า |

11. ข้อใดไม่ใช่ปัจจัยสำคัญของสารให้สี ที่สามารถสะท้อนรังสีอินฟราเรดได้ดี

- | | |
|---------------------------|------------------|
| ก. ค่าดัชนีหักเหของแสง | ข. ขนาดอนุภาค |
| ค. ทดต่อสภาพอากาศ กรด-เบส | ง. หาซื้อได้ง่าย |

12. ข้อใดไม่ใช่ประเภทของการถ่ายเทความร้อน

- | | |
|------------------|------------------------|
| ก. การนำความร้อน | ข. การหักเหความร้อน |
| ค. การพาความร้อน | ง. การแผ่รังสีความร้อน |

13. การที่หลังคาบ้านร้อนเมื่อได้รับแสงแดดจากดวงอาทิตย์ เกิดจากขบวนการใด

- | | |
|------------------|------------------------|
| ก. การนำความร้อน | ข. การหักเหความร้อน |
| ค. การพาความร้อน | ง. การแผ่รังสีความร้อน |

14. การดูดกลืนแสงของวัสดุจากดวงอาทิตย์จะถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานชนิดใด

- | | |
|----------------|--------------------|
| ก. พลังงานลม | ข. พลังงานความร้อน |
| ค. พลังงานเคมี | ง. พลังงานชีวภาพ |

15. ธาตุที่เป็นองค์ประกอบหลักของดินลูกรัง ที่มีปริมาณมากที่สุดคือ ธาตุใด

- | | |
|-----------|--------------|
| ก. เหล็ก | ข. อะลูมินา |
| ค. ซิลิกา | ง. ไทเทเนียม |

ข้อ16-19 จงเลือกวัสดุที่ได้จากธรรมชาติ ที่ให้สีย้อมตรงตามตัวเลือก

- | | |
|-------------|---------------|
| ก. แก่นขนุน | ข. ผลคำแสด |
| ค. ใบฮ่อม | ง. ใบขี้เหล็ก |

16. ถ้าต้องการใช้วัสดุจากธรรมชาติ ย้อมสี เขียว ท่านจะเลือกใช้วัสดุจากธรรมชาติใด

17. ถ้าต้องการใช้วัสดุจากธรรมชาติ ย้อมสี แดง ท่านจะเลือกใช้วัสดุจากธรรมชาติใด

18. ถ้าต้องการใช้วัสดุจากธรรมชาติ ย้อมสี เหลือง ท่านจะเลือกใช้วัสดุจากธรรมชาติใด

19. ถ้าต้องการใช้วัสดุจากธรรมชาติ ย้อมสี น้ำเงิน ท่านจะเลือกใช้วัสดุจากธรรมชาติใด

20. เม็ดสีที่มีขนาดเล็ก มีประโยชน์อย่างไร

- | | |
|--------------------------|------------------------------|
| ก. ช่วยให้เส้นใยอ่อนนุ่ม | ข. ช่วยให้สีซึมลึกลงในเส้นใย |
| ค. ใช้เวลาน้อยในการย้อม | ง. ช่วยให้ย้อมเส้นใยง่าย |



2615280817

เฉลยแบบทดสอบความเข้าใจ ก่อนและหลัง
 การอบรมเชิงปฏิบัติการ
 เรื่อง การอบรมเชิงปฏิบัติการการย้อมเส้นใยฝ้าย
 จากการพัฒนาเม็ดสีสะท้อนรังสีอินฟราเรดจากดินลูกรัง

1. ข
2. ก
3. ก
4. ข
5. ง
6. ข
7. ง
8. ก
9. ง
10. ก
11. ง
12. ข
13. ง
14. ข
15. ค
16. ง
17. ข
18. ก
19. ค
20. ข

GRAD VRU



2615280817

VRU :Thesis 58B74670106 thesis / recv: 07062566 19:06:35 / seq: 20



ภาคผนวก ค
ผลการจัดอบรมเชิงปฏิบัติการ

GRAD VRU



2615280817

VRU iThesis 58B74670106 thesis / recv : 07062566 19:06:35 / seq : 20

แบบประเมินสำหรับผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ
แบบทดสอบความเข้าใจก่อนและหลังการอบรมเชิงปฏิบัติการ
เรื่อง การย้อมเส้นใยฝ้ายจากการพัฒนาเม็ดสีสะท้อนรังสีอินฟราเรดจากดินลูกรัง

คำชี้แจง : แบบประเมินฉบับนี้ใช้สำหรับท่านซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบว่าข้อคำถามแต่ละข้อ มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมหรือไม่ โดยมีเกณฑ์การประเมินดังนี้

- ให้คะแนน +1 หมายถึง แน่ใจว่าแบบทดสอบวัตถุประสงค์ประสงค์/เนื้อหานั้น
 ให้คะแนน 0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าแบบทดสอบวัตถุประสงค์ประสงค์/เนื้อหานั้น
 ให้คะแนน -1 หมายถึง แน่ใจว่าแบบทดสอบไม่วัตถุประสงค์ประสงค์/เนื้อหานั้น

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับขั้นตอนการย้อมเส้นใย
2. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับสารช่วยย้อมและตัวช่วยติดสี
3. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการการถ่ายเทความร้อน
4. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับรังสีจากดวงอาทิตย์
5. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับองค์ประกอบของดินลูกรัง
6. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับสีที่ได้จากธรรมชาติ

จุดประสงค์ เชิงพฤติกรรม ข้อที่	แบบทดสอบ	คะแนนประเมิน ผู้เชี่ยวชาญ			ข้อเสนอแนะ
		+1	0	-1	
1	1. ข้อใดไม่ใช่ประโยชน์ของการต้มเส้นใย ฝ้ายในน้ำร้อนก่อนย้อมสี ก. ทำให้เส้นใยติดสีดีขึ้น ข. เพื่อให้เส้นใยสามารถทนความร้อนสูง ได้ ค. เพื่อฆ่าเชื้อโรค ง. เพื่อล้างไขมันและโปรตีนของเส้นใย				
1	2. การกระตุ้นเส้นใยในการย้อมสี เพื่อ อะไร ก. เพื่อให้เส้นใยเรียงตัวได้ดี ข. เพื่อให้เส้นใยยึดตัว ค. เพื่อให้เส้นใยรับแรงดึงได้ดี ง. เพื่อให้เส้นใยเงางาม				

จุดประสงค์ เชิงพฤติกรรม ข้อที่	แบบทดสอบ	คะแนนประเมิน ผู้เชี่ยวชาญ			ข้อเสนอแนะ
		+1	0	-1	
2	3. การเติมเกลือลงไประหว่างย้อม เพื่ออะไร ก. เพื่อให้สีซึมเข้าเส้นใยได้ดี ข. เพื่อให้เส้นใยไม่ละลายในความร้อน ค. เพื่อให้เส้นใยมีสีสดใส ง. เพื่อให้น้ำย้อมสีไม่ร้อนเกินไป				
2	4. ข้อใดไม่ใช่ปัจจัยหลักในขบวนการย้อมเส้นใยฝ้าย ก. ราคา ข. กรด-เบส ค. สารช่วยย้อม ง. อุณหภูมิ				
2	5. ข้อใดไม่ใช่สารช่วยย้อมที่ได้จากธรรมชาติ ก. น้ำบาดาล ข. น้ำสนิมเหล็ก ค. น้ำขี้เถ้า ง. เปลือกไม้				
2	6. สารช่วยติดสี ข้อใดไม่เข้าพวก ก. น้ำขี้เถ้า ข. น้ำยางกล้วย ค. น้ำมะขามเปียก ง. น้ำปูนใส				
1	7. การปรับปรุงเส้นใยก่อนทำการย้อม มีเหตุผลเพื่ออะไร ก. เพื่อให้ใช้ได้ทนนาน ข. เพื่อให้ย้อมติดสีง่าย ค. เพื่อให้เส้นใยทนความร้อน ง. เพื่อให้เส้นใยทนกรด-เบสได้				
1	8. การทำความสะอาดเส้นใย เพื่ออะไร ก. เพื่อให้เส้นใยแตกตัวออกจากกัน ข. เพื่อกำจัดเชื้อโรค ค. เพื่อให้เส้นใยเงางาม ง. เพื่อทำลายโปรตีน ไขมันที่เกาะในเส้นใย				

จุดประสงค์ เชิงพฤติกรรม ข้อที่	แบบทดสอบ	คะแนนประเมิน ผู้เชี่ยวชาญ			ข้อเสนอแนะ
		+1	0	-1	
4	9. ข้อใดไม่ใช่รังสีจากดวงอาทิตย์ ก. รังสีวิทยุ ข. รังสีอินฟราเรด ค. รังสีแสงสีขาว ง. รังสีอัลตราไวโอเล็ต				
4	10. รังสีจากดวงอาทิตย์ชนิดใดมีค่าความถี่สูง ที่สุดที่สุด ก. รังสีวิทยุรังสี ข. รังสีอินฟราเรด ค. รังสีแสงสีขาว ง. อัลตราไวโอเล็ต				
4	11. รังสีจากดวงอาทิตย์ชนิดใดมีปริมาณมาก ที่สุด ก. รังสีอินฟราเรด ข. รังสีวิทยุ ค. รังสีแสงสีขาว ง. รังสีอัลตราไวโอเล็ต				
4	12. ปริมาณรังสีจากดวงอาทิตย์ชนิดใดที่ทำให้ เกิดอันตรายมากที่สุด หากมีปริมาณ เท่า ๆ กัน ก. รังสีแสงสีขาว ข. รังสีอินฟราเรด ค. รังสีอัลตราไวโอเล็ต ง. รังสีวิทยุ				
4	13. ปริมาณรังสีจากดวงอาทิตย์ชนิดใดหาก ร่างกายได้รับในปริมาณที่พอเหมาะ จะไป กระตุ้นให้ร่างกายสร้างวิตามิน ดี ก. รังสีอัลตราไวโอเล็ต ข. รังสีแกมมา ค. รังสีอินฟราเรด ง. รังสีเบต้า				



2615280817

VRU :Thesis 58B74670106 thesis / recv: 07062566 19:06:35 / seq: 20

จุดประสงค์ เชิงพฤติกรรม ข้อที่	แบบทดสอบ	คะแนนประเมิน ผู้เชี่ยวชาญ			ข้อเสนอแนะ
		+1	0	-1	
3	14. ข้อใดไม่ใช่ปัจจัยสำคัญของสารให้สี ที่ สามารถสะท้อนรังสีอินฟราเรดได้ดี ก. ค่าดัชนีหักเหของแสง ข. ขนาดอนุภาค ค. ทดต่อสภาพอากาศ กรด-เบส ง. หาซื้อได้ง่าย				
3	15. ข้อใดไม่ใช่ประเภทของการถ่ายเทความร้อน ก. การนำความร้อน ข. การหักเหความร้อน ค. การพาความร้อน ง. การแผ่รังสีความร้อน				
3	16. การที่หลังคาบ้านร้อนเมื่อได้รับแสงแดดจาก ดวงอาทิตย์ เกิดจากขบวนการใด ก. การนำความร้อน ข. การหักเหความร้อน ค. การพาความร้อน ง. การแผ่รังสีความร้อน				
3	17. การดูดกลืนแสงของวัสดุจากดวงอาทิตย์จะ ถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานชนิดใด ก. พลังงานลม ข. พลังงานความร้อน ค. พลังงานเคมี ง. พลังงานชีวภาพ				
3	18. ธาตุที่เป็นองค์ประกอบหลักของดินลูกรัง ที่ มีปริมาณมากที่สุดคือ ธาตุใด ก. เหล็ก ข. อะลูมิน่า ค. ซิลิกา ง. ไทเทเนียม				



2615280817

VRU :Thesis 58B74670106 thesis / recv: 07062566 19:06:35 / seq: 20

จุดประสงค์ เชิงพฤติกรรม ข้อที่	แบบทดสอบ	คะแนนประเมิน			ข้อเสนอแนะ
		+1	0	-1	
5	19. ธาตุใดที่เป็นองค์ประกอบของดินลูกรัง ซึ่งนำมาใช้ในการย้อมเส้นใยฝ้าย ก. อะลูมิน่า ข. เหล็ก ค. ซิลิกา ง. ไทเทเนียม				
5	20. ธาตุที่เป็นองค์ประกอบของดินลูกรังใด ที่ให้สีแดง ก. เหล็ก ข. อะลูมิน่า ค. ซิลิกา ง. ไทเทเนียม				
	ข้อ21-24 จงเลือกวัสดุที่ได้จากธรรมชาติ ที่ให้สี ย้อมตรงตามตัวเลือก ก. แก่นขนุน ข. ผลคำแสด ค. ใบฮ่อม ง. ใบขี้เหล็ก				
6	21. ถ้าต้องการใช้วัสดุจากธรรมชาติ ย้อมสี เขียว ท่านจะเลือกใช้วัสดุจากธรรมชาติใด				
6	22. ถ้าต้องการใช้วัสดุจากธรรมชาติ ย้อมสี แดง ท่านจะเลือกใช้วัสดุจากธรรมชาติใด				
6	23. ถ้าต้องการใช้วัสดุจากธรรมชาติ ย้อมสี เหลือง ท่านจะเลือกใช้วัสดุจากธรรมชาติใด				
6	24. ถ้าต้องการใช้วัสดุจากธรรมชาติ ย้อมสี น้ำ เงิน ท่านจะเลือกใช้วัสดุจากธรรมชาติใด				
3	25. ผิวของเส้นใยแบบใดที่สามารถสะท้อนรังสี อินฟราเรดได้ดีที่สุด ก. ผิวขรุขระ ข. ผิวสากขรุขระ ค. ผิวเรียบ ง. ผิวเรียบและขรุขระ				



2615280817

VRU-IThesis 58B74670106 thesis / recv: 07062566 19:06:35 / seq: 20

จุดประสงค์ เชิงพฤติกรรม ข้อที่	แบบทดสอบ	คะแนนประเมิน ผู้เชี่ยวชาญ			ข้อเสนอแนะ
		+1	0	-1	
6	26. วัสดุในข้อใดที่ให้สีแตกต่างจากข้ออื่น ก. เพกา ข. ดาวเรือง ค. ย้อม ง. ครั่ง				
3	27. ในการวิจัยครั้งนี้ ไม่ได้มุ่งศึกษาอะไร ก. ขนาดของเม็ดสี ข. ราคาผืนผ้าจากเส้นใยฝ้าย ค. การสะท้อนความร้อน ง. สารช่วยย้อมและติดสี				
6	28. สีที่ได้จากธรรมชาติ ไม่นิยมย้อมกับเส้นใยชนิดใด ก. ฝ้าย ข. เส้นใยพลาสติก ค. เส้นใยขนสัตว์ ง. ไหม				
3	29. ในงานย้อมเส้นใยฝ้ายครั้งนี้ ใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ใด ก. การดูดความร้อน ข. การนำความร้อน ค. การพาความร้อน ง. การสะท้อนความร้อน				
3	30. เม็ดสีที่มีขนาดเล็ก มีประโยชน์อย่างไร ก. ช่วยให้เส้นใยอ่อนนุ่ม ข. ช่วยให้สีซึมลึกลงในเส้นใย ค. ใช้เวลาน้อยในการย้อม ง. ช่วยให้ย้อมเส้นใยง่าย				



2615280817

VRU-IThesis 58B74670106 thesis / rev: 07062566 19:06:35 / seq: 20

ตารางที่ 1 การวิเคราะห์แบบทดสอบเพื่อประเมินดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับ
วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

แบบทดสอบ	คะแนนประเมินผู้เชี่ยวชาญ					IOC	แปล ความ
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1. ข้อใดไม่ใช่ประโยชน์ของการต้มเส้นใย ฝ้ายในน้ำร้อนก่อนย้อมสี ก. ทำให้เส้นใยติดสีดีขึ้น ข. เพื่อให้เส้นใยสามารถทนความร้อนสูง ได้ ค. เพื่อฆ่าเชื้อโรค ง. เพื่อล้างไขมันและโปรตีนของเส้นใย	1	1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
2. การกระตุกเส้นใยในการย้อมสี เพื่อ อะไร ก. เพื่อให้เส้นใยเรียงตัวได้ดี ข. เพื่อให้เส้นใยยืดตัว ค. เพื่อให้เส้นใยรับแรงดึงได้ดี ง. เพื่อให้เส้นใยเงางาม	1	0	1	1	1	0.80	ใช้ได้
3. การเติมเกลือลงไปในระหว่างย้อม เพื่อ อะไร ก. เพื่อให้สีซึมเข้าเส้นใยได้ดี ข. เพื่อให้เส้นใยไม่ละลายในความร้อน ค. เพื่อให้เส้นใยมีสีสดใส ง. เพื่อให้น้ำย้อมสีไม่ร้อนเกินไป	1	1	0	1	1	0.68	ใช้ได้
4. ข้อใดไม่ใช่ปัจจัยหลักในขบวนการ ย้อมเส้นใยฝ้าย ก. ราคา ข. กรด-เบส ค. สารช่วยย้อม ง. อุณหภูมิ	1	1	0	1	1	0.80	ใช้ได้
5. ข้อใดไม่ใช่สารช่วยย้อมที่ได้จาก ธรรมชาติ ก. น้ำบาดาล ข. น้ำสนิมเหล็ก ค. น้ำซ้เถ้า ง. เปลือกไม้	1	1	1	1	1	1.00	ใช้ได้

แบบทดสอบ	คะแนนประเมินผู้เชี่ยวชาญ					IOC	แปล ความ
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
6. สารช่วยติดสี ข้อใดไม่เข้าพวก ก. น้ำซี๊เจ้า ข. น้ำยากล้วย ค. น้ำมะขามเปียก ง. น้ำปูนใส	1	1	0	1	1	0.80	ใช้ได้
7. การปรับปรุงเส้นใยก่อนทำการย้อม มี เหตุผลเพื่ออะไร ก. เพื่อให้ใช้ได้ทนนาน ข. เพื่อให้ย้อมติดสีง่าย ค. เพื่อให้เส้นใยทนความร้อน ง. เพื่อให้เส้นใยทนกรด-เบสได้	1	0	1	1	1	0.80	ใช้ได้
8. การทำความสะอาดเส้นใย เพื่ออะไร ก. เพื่อให้เส้นใยแตกตัวออกจากกัน ข. เพื่อกำจัดเชื้อโรค ค. เพื่อให้เส้นใยเงางาม ง. เพื่อทำลายโปรตีนที่เกาะในเส้นใย	1	0	1	1	1	0.80	ใช้ได้
9. ข้อใดไม่ใช่รังสีจากดวงอาทิตย์ ก. รังสีวิทยุ ข. รังสีอินฟราเรด ค. รังสีแสงสีขา ง. รังสีอัลตราไวโอเล็ต	1	1	0	1	1	0.80	ใช้ได้
10. รังสีจากดวงอาทิตย์ชนิดใดมี ค่าความถี่สูงที่สุดที่สุด ก. รังสีวิทยุรังสี ข. รังสีอินฟราเรด ค. รังสีแสงสีขา ง. อัลตราไวโอเล็ต	1	1	0	1	1	0.80	ใช้ได้
11. รังสีจากดวงอาทิตย์ชนิดใดมีปริมาณ มากที่สุด ก. รังสีอินฟราเรด ข. รังสีวิทยุ ค. รังสีแสงสีขา ง. รังสีอัลตราไวโอเล็ต	1	1	0	1	1	0.80	ใช้ได้

แบบทดสอบ	คะแนนประเมินผู้เชี่ยวชาญ					IOC	แปล ความ
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
12. ปริมาณรังสีจากดวงอาทิตย์ชนิดใดที่ทำให้เกิดอันตรายมากที่สุด หากมีปริมาณเท่า ๆ กัน ก. รังสีแสงสีขาว ข. รังสีอินฟราเรด ค. รังสีอัลตราไวโอเล็ต ง. รังสีวิทยุ	1	0	1	1	1	0.80	ใช้ได้
13. ปริมาณรังสีจากดวงอาทิตย์ชนิดใดหากร่างกายได้รับในปริมาณที่พอเหมาะจะไปกระตุ้นให้ร่างกายสร้างวิตามิน ดี ก. รังสีอัลตราไวโอเล็ต ข. รังสีแกมมา ค. รังสีอินฟราเรด ง. รังสีเบต้า	1	0	1	1	1	0.80	ใช้ได้
14. ข้อใดไม่ใช่ปัจจัยสำคัญของสารให้สีที่สามารถสะท้อนรังสีอินฟราเรตได้ดี ก. ค่าดัชนีหักเหของแสง ข. ขนาดอนุภาค ค. ทดต่อสภาพอากาศ กรด-เบส ง. หาซื้อได้ง่าย	1	0	1	1	1	0.80	ใช้ได้
15. ข้อใดไม่ใช่ประเภทของการถ่ายเทความร้อน ก. การนำความร้อน ข. การหักเหความร้อน ค. การพาความร้อน ง. การแผ่รังสีความร้อน	1	1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
16. การที่หลังคาบ้านร้อนเมื่อได้รับแสงแดดจากดวงอาทิตย์ เกิดจากขบวนการใด ก. การนำความร้อน ข. การหักเหความร้อน ค. การพาความร้อน ง. การแผ่รังสีความร้อน	1	1	1	1	1	1.00	ใช้ได้

แบบทดสอบ	คะแนนประเมินผู้เชี่ยวชาญ					IOC	แปลความ
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
17. การดูดกลืนแสงของวัสดุจากดวงอาทิตย์จะถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานชนิดใด ก. พลังงานลม ข. พลังงานความร้อน ค. พลังงานเคมี ง. พลังงานชีวภาพ	1	1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
18. ธาตุที่เป็นองค์ประกอบหลักของดินลูกรัง ที่มีปริมาณมากที่สุดคือ ธาตุใด ก. เหล็ก ข. อะลูมิน่า ค. ซิลิกา ง. ไทเทเนียม	1	1	0	1	1	0.80	ใช้ได้
19. ธาตุใดที่เป็นองค์ประกอบของดินลูกรัง ซึ่งนำมาใช้ในการย้อมเส้นใยฝ้าย ก. อะลูมิน่า ข. เหล็ก ค. ซิลิกา ง. ไทเทเนียม	1	1	1	0	1	0.80	ใช้ได้
20. ธาตุที่เป็นองค์ประกอบของดินลูกรังใดที่ให้สีแดง ก. เหล็ก ข. อะลูมิน่า ค. ซิลิกา ง. ไทเทเนียม	1	0	1	1	1	0.80	ใช้ได้
ข้อ21-24 จงเลือกวัสดุที่ได้จากธรรมชาติที่ให้สีย้อมตรงตามตัวเลือก ก. แก่นขนุน ข. ผลค้ำแสด ค. ใบฮ่อม ง. ใบขี้เหล็ก							
21. ถ้าต้องการใช้วัสดุจากธรรมชาติ ย้อมสี เขียว ท่านจะเลือกใช้วัสดุจากธรรมชาติใด	0	1	1	1	1	0.80	ใช้ได้
22. ถ้าต้องการใช้วัสดุจากธรรมชาติ ย้อมสี แดง ท่านจะเลือกใช้วัสดุจาก	1	1	1	1	1	1.00	ใช้ได้

แบบทดสอบ	คะแนนประเมินผู้เชี่ยวชาญ					IOC	แปล ความ
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
ธรรมชาติใด							
23. ถ้าต้องการใช้วัสดุจากธรรมชาติ ย้อมสี เหลือง ท่านจะเลือกใช้วัสดุจาก ธรรมชาติใด	1	1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
24. ถ้าต้องการใช้วัสดุจากธรรมชาติ ย้อมสี น้ำเงิน ท่านจะเลือกใช้วัสดุจาก ธรรมชาติใด	0	1	1	1	1	0.80	ใช้ได้
25. ผิวของเส้นใยแบบใดที่สามารถ สะท้อนรังสีอินฟราเรดได้ดีที่สุด ก. ผิวขรุขระ ข. ผิวสากขรุขระ ค. ผิวเรียบ ง. ผิวเรียบและขรุขระ	1	1	0	1	1	0.80	ใช้ได้
26. วัสดุในข้อใดที่ให้สีแตกต่างจากข้อ อื่น ก. เพกา ข. ดาวเรือง ค. ฮ่อม ง. ครั่ง	1	1	1	1	0	0.8	ใช้ได้
27. ในการวิจัยครั้งนี้ ไม่ได้มุ่งศึกษาอะไร ก. ขนาดของเม็ดสี ข. ราคาผืนผ้าจากเส้นใยฝ้าย ค. การสะท้อนความร้อน ง. สารช่วยย้อมและติดสี	1	0	1	1	1	0.80	ใช้ได้
28. สีที่ได้จากธรรมชาติ ไม่นิยมย้อมกับ เส้นใยชนิดใด ก. ฝ้าย ข. เส้นใยพลาสติก ค. เส้นใยขนสัตว์ ง. ไหม	1	1	1	0	1	0.80	ใช้ได้
29. ในงานย้อมเส้นใยฝ้ายครั้งนี้ ใช้ หลักการทางวิทยาศาสตร์ใด ก. การดูดความร้อน ข. การนำความร้อน ค. การพาความร้อน	1	0	1	1	1	0.80	ใช้ได้

แบบทดสอบ	คะแนนประเมินผู้เชี่ยวชาญ					IOC	แปลความ
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
ง. การสะท้อนความร้อน							
30. เม็ดสีที่มีขนาดเล็ก มีประโยชน์อย่างไร ก. ช่วยให้เส้นใยอ่อนนุ่ม ข. ช่วยให้สีซึมลึกลงในเส้นใย ค. ใช้เวลาน้อยในการย้อม ง. ช่วยให้ย้อมเส้นใยง่าย	0	1	1	1	1	0.80	ใช้ได้

ตารางที่ 2 ตารางวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก ของแบบทดสอบ (R)

ข้อที่	ความยาก	แปลผล	อำนาจจำแนก	Sig.	แปลผล	แปลผลคุณภาพของข้อสอบ
1	0.43	ใช้ได้	0.3842 *	0.0361	ใช้ได้	ใช้ได้
2	0.67	ใช้ได้	0.4093 *	0.0247	ใช้ได้	ใช้ได้
3	0.30	ใช้ได้	0.4762 *	0.0078	ใช้ได้	ใช้ได้
4	0.50	ใช้ได้	0.7069 *	0.0000	ใช้ได้	ใช้ได้
5	0.63	ใช้ได้	0.3662 *	0.0466	ใช้ได้	ใช้ได้
6	0.43	ใช้ได้	0.6509 *	0.0001	ใช้ได้	ใช้ได้
7	0.70	ใช้ได้	0.5809 *	0.0008	ใช้ได้	ใช้ได้
8	0.47	ใช้ได้	0.7257 *	0.0000	ใช้ได้	ใช้ได้
9	0.60	ใช้ได้	0.4790 *	0.0074	ใช้ได้	ใช้ได้
10	0.47	ใช้ได้	0.5429 *	0.0019	ใช้ได้	ใช้ได้
11	0.53	ใช้ได้	0.3325	0.0726	ทิ้ง	ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง
12	0.47	ใช้ได้	0.2632	0.1599	ทิ้ง	ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง
13	0.53	ใช้ได้	0.5670 *	0.0011	ใช้ได้	ใช้ได้
14	0.53	ใช้ได้	0.5101 *	0.0040	ใช้ได้	ใช้ได้
15	0.50	ใช้ได้	0.4779 *	0.0076	ใช้ได้	ใช้ได้
16	0.43	ใช้ได้	0.5833 *	0.0007	ใช้ได้	ใช้ได้
17	0.53	ใช้ได้	0.4348 *	0.0164	ใช้ได้	ใช้ได้
18	0.63	ใช้ได้	0.5505 *	0.0016	ใช้ได้	ใช้ได้
19	0.47	ใช้ได้	0.3553	0.0540	ทิ้ง	ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง
20	0.50	ใช้ได้	0.2283	0.2250	ทิ้ง	ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง
21	0.27	ใช้ได้	0.4006 *	0.0282	ใช้ได้	ใช้ได้
22	0.67	ใช้ได้	0.4290 *	0.0180	ใช้ได้	ใช้ได้

ข้อที่	ความยาก	แปลผล	อำนาจจำแนก	Sig.	แปลผล	แปลผลคุณภาพของข้อสอบ
23	0.40	ใช้ได้	0.4066 *	0.0258	ใช้ได้	ใช้ได้
24	0.27	ใช้ได้	0.4320 *	0.0171	ใช้ได้	ใช้ได้
25	0.57	ใช้ได้	0.5744 *	0.0009	ใช้ได้	ใช้ได้
26	0.43	ใช้ได้	0.3004	0.1068	ทิ้ง	ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง
27	0.27	ใช้ได้	0.2659	0.1556	ทิ้ง	ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง
28	0.43	ใช้ได้	0.6412 *	0.0001	ใช้ได้	ใช้ได้
29	0.53	ใช้ได้	0.5957 *	0.0005	ใช้ได้	ใช้ได้
30	0.57	ใช้ได้	0.4317 *	0.0172	ใช้ได้	ใช้ได้

คนที่	คะแนนก่อนฝึกอบรม	คะแนนหลังฝึกอบรม	ผลต่างคะแนน
1	7	11	4
2	5	15	10
3	6	18	12
4	6	14	8
5	8	13	5
6	11	14	3
7	10	15	5
8	12	15	3
9	8	16	8
10	6	13	7
11	5	14	9
12	7	14	7
13	6	16	10
14	7	17	10
15	8	15	7
16	5	14	9
17	4	12	8
18	5	13	8
19	6	15	9
20	7	14	7
21	10	14	4
22	7	13	6
23	9	13	4
24	11	12	1



2615280817

VRU_IThesis_58B74670106_thesis / recv: 07062566_19:06:35 / seq: 20

25	5	13	8
26	6	14	8
27	7	16	9
28	7	15	8
29	8	17	9
30	9	16	7
คะแนนเฉลี่ย	7.27	14.37	7.10
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	2.03	1.61	

ตารางที่ 3 ผลการประเมินความพึงพอใจในการอบรมของผู้เข้ารับการอบรมเชิงปฏิบัติการ เรื่องการ
ย้อมเส้นใยฝ้ายจากการพัฒนาเม็ดสีสะท้อนรังสีอินฟราเรดจากดินลูกรัง

ลำดับ	หัวข้อการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ		
		M	SD	เกณฑ์การประเมิน
1.	ความเหมาะสมของเนื้อหาสาระในการอบรม	4.43	0.68	มาก
2.	ความเหมาะสมของเอกสารประกอบการอบรม	4.63	0.61	มากที่สุด
3.	ความเหมาะสมของกิจกรรมการอบรม	4.63	0.56	มากที่สุด
4.	ความเหมาะสมของระยะเวลาในการฝึกอบรม	4.40	0.77	มาก
5.	การเตรียมตัวและความพร้อมของวิทยากร	4.40	0.62	มาก
6.	ความสามารถในการถ่ายทอดความรู้ของวิทยากร	4.20	0.61	มาก
7.	สถานที่ที่ใช้ในการอบรม	4.20	0.94	มาก
8.	ความเหมาะสมของวัสดุ-อุปกรณ์	4.60	0.62	มากที่สุด
9.	ความรู้ และประโยชน์ในการเข้ารับการอบรม	4.46	0.51	มาก
10.	การอบรมตอบสนองตรงความต้องการของผู้เข้ารับการอบรม	4.30	0.53	มาก
เฉลี่ย		4.42	0.65	มาก

หมายเหตุ เกณฑ์การให้คะแนน ค่าเฉลี่ย 5.00-4.50 หมายถึง ความเหมาะสมระดับมากที่สุด
ค่าเฉลี่ย 4.49-3.50 หมายถึง ความเหมาะสมระดับมาก
ค่าเฉลี่ย 3.49-2.50 หมายถึง ความเหมาะสมระดับปานกลาง
ค่าเฉลี่ย 2.49-1.50 หมายถึง ความเหมาะสมระดับน้อย
ค่าเฉลี่ย 1.49-1.00 หมายถึง ความเหมาะสมระดับน้อยที่สุด




ภาคผนวก ง
เอกสารขอจดสิทธิบัตร

GRAD VRU



2615280817

VRU iThesis 58B74670106 thesis / recv : 07062566 19:06:35 / seq : 20

 คำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร		สำนักงานเจเนอรัล	
<input type="checkbox"/> ภาคประดิษฐ์ <input type="checkbox"/> ภาคออกแบบหรือวงแหวน <input type="checkbox"/> อนุสิทธิบัตร ข้าพเจ้าผู้ขอเสนอชื่อในคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้ ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ตามพระราชบัญญัติสิทธิบัตร พ.ศ. 2522 แก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติสิทธิบัตร (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2535 และพระราชบัญญัติสิทธิบัตร (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2542		วันรับคำขอ 27 พ.ย. 2563 วันยื่นคำขอ 27 พ.ย. 2563	เลขที่คำขอ 2001006783
ที่อยู่ก่อนยื่นคำขอรับการประดิษฐ์ระหว่างประเทศ ไร้ที่แน่นอน ประเภทสิทธิบัตร ในประเภทโฆษณา เลขที่ประเภทโฆษณา วันออกสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร เขตที่มีสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร			
รายละเอียดชื่อเจเนอรัล			
1. ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์ทางออกแบบผลิตภัณฑ์ เมื่อเทียบด้วยระบบอ้างอิงแบบสากลตามบัญชี			
2. คำขอรับสิทธิบัตรทางออกแบบผลิตภัณฑ์ฉบับนี้เป็นคำขอสำหรับระบบผลิตภัณฑ์อย่างเดียวกันและเป็นที่ขอคำค้นที่ ในจำนวน _____ คำขอ ที่เป็นคราวเดียวกัน			
3. ผู้ประดิษฐ์สิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร <input type="checkbox"/> บุคคลธรรมดา <input type="checkbox"/> นิติบุคคล <input checked="" type="checkbox"/> หน่วยราชการ <input type="checkbox"/> บุคคล <input type="checkbox"/> อื่นๆ _____ ที่อยู่ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ หมู่ที่ 1 หมู่ 20 ตำบล/แขวง คลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัด ปทุมธานี รหัสไปรษณีย์ 13180 ประเทศ ไทย อีเมล _____ <input type="checkbox"/> เลขประจำตัวประชาชน <input type="checkbox"/> เลขทะเบียนนิติบุคคล <input type="checkbox"/> เลขประจำตัวผู้เสียภาษีอากร 0 9 9 4 0 0 0 2 3 9 2 5 4 <input checked="" type="checkbox"/> เก็บเลข (จึงมอบ) ในกรณีที่มา ชื่อสถานที่ผ่าน ท่านสะดวกให้ทาง <input checked="" type="checkbox"/> อีเมล <input type="checkbox"/> อื่นๆ		3.1 สัญชาติไทย 3.2 โทรศัพท์ 0-2529-0674-7 3.3 โทรศัพท์ 0-2529-0674	
4. สิทธิในการรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร <input type="checkbox"/> ผู้ประดิษฐ์/ผู้ออกแบบ <input checked="" type="checkbox"/> ผู้รับโอน <input type="checkbox"/> ผู้ขอรับสิทธิโดยพฤตินัย			
5. สิวแทน (ตัวพิมพ์) ชื่อ _____ ที่อยู่ _____ ตำบล/แขวง อำเภอ/เขต จังหวัด รหัสไปรษณีย์ ประเทศ _____ อีเมล _____ เลขประจำตัวประชาชน _____ <input type="checkbox"/> เก็บเลข (จึงมอบ)		5.1 ตัวแทนที่ 5.2 โทรศัพท์ 5.3 โทรศัพท์	
6. ผู้ประดิษฐ์/ผู้ออกแบบผลิตภัณฑ์ <input type="checkbox"/> ชื่อและที่อยู่ผู้รับโอนในต่างประเทศ ชื่อ นาย โยธิน กิตยาพิศ ต.ม.คลองหลวง จ. เขตนครปฐมจำนวนประชาชน 3-4509-00621-23-5 หมู่ที่ 1 หมู่ 20 ตำบล/แขวง คลองหนึ่ง อำเภอ/เขต คลองหลวง จังหวัด ปทุมธานี รหัสไปรษณีย์ 13180 ประเทศ ไทย อีเมล _____ เลขประจำตัวประชาชน 3 4 0 5 9 0 0 6 2 1 2 3 5 <input type="checkbox"/> เก็บเลข (จึงมอบ)			
7. คำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้พร้อมเอกสารหรือใบอ้างอิงกับคำขอเดิม ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ขอมีใจว่าคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้ ในวันเดียวกันกับคำขอรับสิทธิบัตร เดิมที่ _____ วันขึ้น _____ เพราะคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้มีสาระหรือคำอ้างอิงกับคำขอเดิมเพราะ <input type="checkbox"/> คำขอเดิมมีการประดิษฐ์หลายอย่าง <input type="checkbox"/> ผู้ประดิษฐ์เดิมและผู้ขอรับสิทธิบัตร <input type="checkbox"/> ขอเปลี่ยนแปลงประเภทขอ สิทธิ			
หมายเหตุ ในกรณีที่ใบรายการระบุผู้ประดิษฐ์โดยผู้รับโอน ให้จัดทำใบแสดงการมอบอำนาจฉบับจริงที่มีรายละเอียดตรงกับข้อมูลคำขอรับสิทธิบัตรและยื่นพร้อมคำขอรับ สำนักงานเจเนอรัล			
จำนวนประเภทสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร <input type="checkbox"/> กลุ่มวิสาหกิจ <input type="checkbox"/> กลุ่มชาติ สิทธิบัตรการประดิษฐ์ (วิศวกรรม) <input type="checkbox"/> สิทธิบัตรการประดิษฐ์ (อุตสาหกรรม) สิทธิบัตรการประดิษฐ์ (เคมี) <input type="checkbox"/> สิทธิบัตรการประดิษฐ์ (วัสดุผสม) <input type="checkbox"/> สิทธิบัตรการประดิษฐ์ (วิศวกรรม) (ออกแบบผลิตภัณฑ์) 1 สิทธิบัตรการประดิษฐ์ (ชีวภาพ) <input type="checkbox"/> สิทธิบัตรการประดิษฐ์ (ออกแบบผลิตภัณฑ์) 2 สิทธิบัตรการประดิษฐ์ (เกษตรกรรม) <input type="checkbox"/> สิทธิบัตรการประดิษฐ์ (ออกแบบผลิตภัณฑ์) 3 สิทธิบัตรการประดิษฐ์ (เภสัชภัณฑ์) <input type="checkbox"/> สิทธิบัตรการประดิษฐ์ (ออกแบบผลิตภัณฑ์)		อนุสิทธิบัตร <input type="checkbox"/> อนุสิทธิบัตร (วิศวกรรม) <input type="checkbox"/> อนุสิทธิบัตร (เคมี)	

ภาพที่ 1 เอกสารขอจดสิทธิบัตร

2615280817 VRU :Thesis 58B74670106 thesis / recv: 07062566 19:06:35 / seq: 20



ภาคผนวก จ
กิจกรรมการอบรมเชิงปฏิบัติการและขั้นตอนการยื่นขอเส้นใยฝ้ายด้วยเมล็ดสีสะท้อนรังสี
อินฟราเรดในระดับชุมชน

GRAD VRU



2615280817

VRU iThesis 58B74670106 thesis / rev: 07062566 19:06:35 / seq: 20

1. แหล่งดินลูกรังของชุมชน



2. คัดแยกขนาดแยกเศษใบไม้/กรวด



3. บดให้มีขนาดเล็ก



4. แขน้ำให้เปลือยอยู่ให้มีขนาดเล็กลง



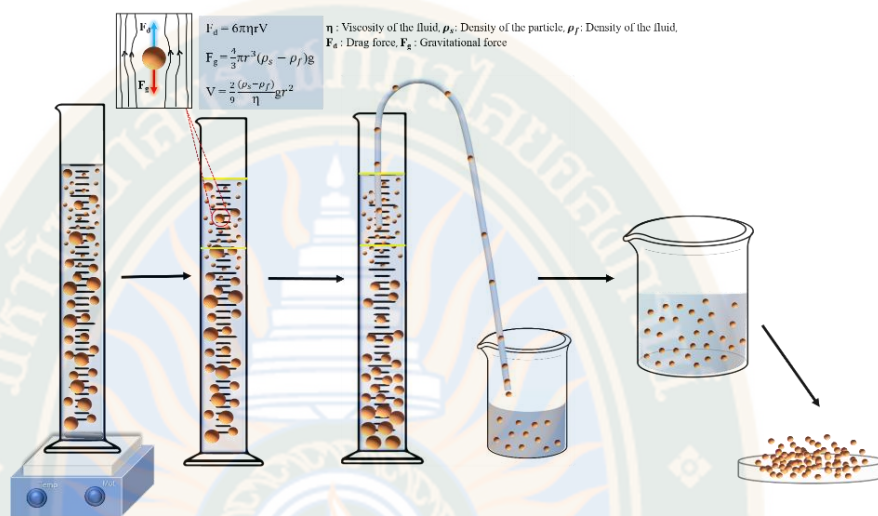
5. กรองละเอียดอีกครั้ง



6. นำไปตากตะกอนด้วย กฏของสตีทส์ เพื่อให้ได้ขนาดที่เล็ก



อธิบายกฎของสโตก



7. นำดินที่ผ่านการคัดขนาดด้วย กฎของสโตก ไปพักรวมให้มีปริมาณที่พร้อมใช้งาน



8. นำดินที่ผ่านการคัดขนาดด้วย ของสโตกไปผสมน้ำเพื่อย้อมเส้นใย



GRAD VRU

9. ล้างทำความสะอาดเส้นใย ฝิ้งให้แห้ง



10. ทอเป็นผืนผ้า



11. ตัดชุด/จำหน่าย/เป็นผลิตภัณฑ์ตำบล

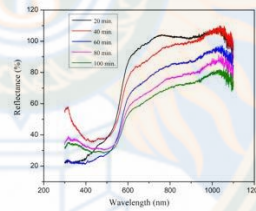


12. นวัตกรรมเม็ดสีสะท้อนรังสีอินฟราเรดจากดินลูกรังและเป็นผลิตภัณฑ์ของชุมชน

ธรรมชาติของความร้อนที่กระทำต่อวัสดุ



ได้เม็ดสีที่สะท้อนความร้อนได้มากกว่า 80 %



ออกแบบตราสัญลักษณ์มหาวิทยาลัยชุมชน



แนวคิดต้องการพัฒนาให้วัสดุสะท้อน

ความร้อน 100 %

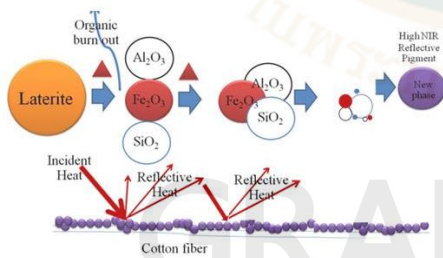


ย้อมด้าย ทอและตัดเย็บ



พัฒนาดินลูกรังให้เป็นเม็ดสีสะท้อนความ

ร้อน



ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	นายโยธิน กัลยาเลิศ
วัน เดือน ปี เกิด	2 มีนาคม 2520
สถานที่เกิด	จังหวัดร้อยเอ็ด
วุฒิการศึกษา	พ.ศ.2542 คุรุศาสตรบัณฑิต สาขาฟิสิกส์-คณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ พ.ศ. 2548 การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ที่อยู่ปัจจุบัน	1 หมู่ 20 ถ.พหลโยธิน ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี
ผลงานตีพิมพ์	Yotin Kallayalert, Pannraphat Takolpuckdee, Sasamol Phasuk and Chumphol Busabok.(2019). Comparison of Chemical Composition of Lateritic Soil for Dyed Textile from Loei, Buriram, Mukdahan and Kalasin. The 3rd Roi Et Rajabhat University National and International Conferenceon Education and Technology Research.159-165 Yotin Kallayalert, Pannraphat Takolpuckdee, Sasamol Phasuk and Chumphol Busabok. (2023). The development of pigments reflects infrared radiation from gravel (lateritic) soils. Prog Appl Sci Tech. 20xx

GRAD VRU