

1. ชื่อชุดโครงการวิจัย      การวิจัยและพัฒนาพืชเส้นใย
2. ชื่อโครงการวิจัย      การวิจัยและปรับปรุงพันธุ์ฝ้าย พร้อมเทคโนโลยีที่เหมาะสม
  - กิจกรรม      การวิจัยและพัฒนาคุณภาพเส้นใยฝ้ายหลังการเก็บเกี่ยว
  - กิจกรรมย่อย      วิธีการถนอมและรักษาคุณสมบัติพิเศษเฉพาะด้านของเส้นใยฝ้ายหลังการแปรรูป
3. ชื่อการทดลอง      การถนอมและรักษาคุณภาพเส้นด้ายและสิ่งทอด้วยความร้อน
  - กรด ต่างและเกลือ
  - Preservation and Maintenance of Thread and Cloth by Heat, Acid, Base and Salt Application

#### 4. คณะผู้ดำเนินงาน

หัวหน้าการทดลอง      รัมพ์พัน โกศลานันท์<sup>1</sup>

ผู้ร่วมงาน      ปริญญา สืบบุญเรือง<sup>2</sup> จารุวรรณ บางแวก<sup>1</sup>

5. บทคัดย่อ      ฝ้ายเป็นพืชเส้นใยที่สำคัญของประเทศไทยและเป็นวัตถุดิบหลักสำหรับสิ่งทอของไทย เพื่อลดการใช้สารเคมีในการย้อมสีเส้นด้าย นักปรับปรุงพันธุ์พืชจึงปรับปรุงพันธุ์ฝ้ายให้เส้นใยมีสี แต่ปัญหาของเส้นใยสีคือเมื่อเก็บไว้นานสีจะซีดจางลง จึงได้ทำการทดลองขึ้นโดยใช้ความร้อน กรด ต่าง และเกลือ ในการถนอมรักษาสี เนื่องจากสารเหล่านี้มีคุณสมบัติเป็นสารช่วยย้อม งานวิจัยแบ่งออกเป็นเส้นด้าย 6 การทดลอง และสิ่งทอ (ผืนผ้า) 3 การทดลอง ซึ่งประกอบด้วยกรรมวิธีที่แช่ในน้ำ (ควบคุม), 1% Citric acid และ 0.25% NaOH ที่อุณหภูมิปกติ, ต้มในน้ำร้อน 50 และ 100 °C, และ ต้มใน 100 °C 0.25% และ 1% NaOH, 0.25% และ 1% Ca(OH)<sub>2</sub>, 5 และ 20% น้ำปูนใส และ 5, 20 และ 40% น้ำขี้เถ้า นาน 30 และ 50 นาที ผลการทดลองพบว่ากรรมวิธีที่มีศักยภาพในการถนอมและรักษาสีเส้นด้ายและสิ่งทอ (ผืนผ้า) คือ กรรมวิธีที่ต้มใน 0.25% Ca(OH)<sub>2</sub>, 5% น้ำปูนใส และ 5% น้ำขี้เถ้า นาน 30 นาที โดยกรรมวิธีเหล่านี้มีค่ามุมของสี (H°) ความพอใจของลูกค้าและความเหนียวของเส้นด้ายสูงกว่า และมีค่าความสว่าง (L\*), สีแดง (a\*), สีเหลือง (b\*) และความเข้มของสี (C\*) ต่ำกว่ากรรมวิธีควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

---

1.สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร

2. ศูนย์วิจัยพืชไร่ นครสวรรค์ จ. นครสวรรค์ สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร

**6. คำนำ** ฝ้ายเป็นพืชเส้นใยที่สำคัญของประเทศไทยและยังคงครองความยิ่งใหญ่ในการนำมาใช้เป็นวัตถุดิบหลักสำหรับการผลิตสิ่งทอของไทย เพื่ออนุรักษ์ธรรมชาติและลดปัญหาโลกร้อนจากการใช้สารเคมีในการย้อมสีเส้นด้ายและสิ่งทอ นักปรับปรุงพันธุ์พืชจึงปรับปรุงพันธุ์ฝ้ายให้เส้นใยมีสี แต่ปัญหาของฝ้ายเส้นใยสีคือเมื่อเก็บไว้นานสีจะจางลง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องศึกษาหาวิธีการที่จะเก็บถนอมรักษาสีให้ยาวนานขึ้น เส้นใยฝ้ายเป็นเส้นใยธรรมชาติที่เจริญมาจากเซลล์ epidermis ของเยื่อหุ้มเมล็ด แบ่งเป็น 2 ชนิดคือ เส้นใยาว (lint) และเส้นใยสั้น (linter) เส้นใยาวเกิดก่อนเส้นใยสั้น 2-12 วันขึ้นอยู่กับพันธุ์ เส้นใยาวจะมีสีขาว ความยาวเฉลี่ยประมาณ 2.5 ซม. เส้นใยสั้นจะมีสีเขียวน้ำตาลสีเหลืองอ่อน หรือสีเทา ความยาวไม่เกิน 3.25 มม. (นิรนาม, 2555) เส้นใยฝ้ายประกอบด้วยเซลลูโลสซึ่งประกอบด้วยกลูโคสหลายโมเลกุลเชื่อมต่อกันด้วย  $\beta$  1, 4 glycosidic linkage มีหมู่ไฮดรอกซิลเป็นส่วนประกอบ ดังนั้นจึงทำให้เส้นใยเซลลูโลสมีสมบัติในการดูดซับความชื้นและก่อให้เกิดการระคายเคืองผิวหนังสวมใส่สบายแต่ข้อเสียคือดูดซึมน้ำได้ดีจึงใช้เวลาานกว่าจะแห้งจึงอาจเกิดการอับชื้นขึ้นราและมีกลิ่นได้ง่าย เส้นใยเซลลูโลสมีความแข็งแรงสูงโดยเฉพาะตอนเปียกน้ำ จึงซักได้ด้วยน้ำหรือการซักแห้ง อย่างไรก็ตามฝ้ายจะมีความกระด้างเนื่องจากเส้นใยมีลักษณะแบนบิดไปมาคล้ายริบบิ้นและมีภาคตัดขวางเหมือนเมล็ดถั่ว (อรุณี , 2555)

คุณภาพเส้นใยฝ้ายเป็นสิ่งสำคัญที่จะส่งผลกระทบต่อคุณภาพของสิ่งทอ การจัดแบ่งคุณภาพของฝ้ายเป็นสิ่งสำคัญในการกำหนดคุณภาพของเส้นใยที่จะนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์สิ่งทอ การจัดแบ่งคุณภาพเส้นใยฝ้ายมีหลายระบบ ปัจจัยที่เกี่ยวข้องได้แก่ 1)พันธุ์ 2)สภาพแวดล้อมการปลูก 3)การทำลายของศัตรูพืช 4)ความยาวนานของการเจริญเติบโต 5)การปล่อยให้เส้นใยถูกอากาศ 6)วิธีการเก็บเกี่ยวที่เสี่ยงการปลอมปน 7)การเก็บรักษา 8) การเตรียมการหีบ และ 9)วิธีการและสภาพแวดล้อมในการหีบ คุณภาพเส้นใยที่ต้องจัดจำแนก ได้แก่ 1) เกรด : สี ปริมาณใบสิ่งเจือปนอื่นๆ และคุณภาพการหีบ 2)ความยาวของเส้นใย 3) คุณสมบัติอื่นๆเช่นความเหนียว ความละเอียดความแก่และความสม่ำเสมอ(ชเนษฐ, 2555) สีจัดเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพสิ่งทอ เนื่องจากสีของเส้นใยนั้นสามารถเปลี่ยนแปลงหรือเสื่อมคุณภาพเมื่อได้รับปัจจัยที่เอื้อต่อการเปลี่ยนแปลงเช่นความชื้นและอุณหภูมิ (UNCTAD, 2009) หากมีความชื้นสูงหรือฝนตกเส้นใยจะยึดตัวเพิ่มความเหลืองของเส้นใย ความชื้นต่ำหรือเมื่อทิ้งเส้นใยในเวลานานและอากาศร้อนจะทำให้เส้นใยแห้งและหดตัวสั้นลงและแสงจะทำให้สีจางลง (ชเนษฐ, 2555)

สารช่วยย้อมหรือสารกระตุ้นสีเป็นสารที่ช่วยให้สีติดกับเส้นด้ายดีขึ้นและเปลี่ยนเฉดสีธรรมชาติให้เปลี่ยนแปลงไปจากสีเดิม สารช่วยย้อมธรรมชาติ (มอร์แดนท์ธรรมชาติ) หมายถึง สารประกอบน้ำหมัก

ธรรมชาติ ที่ช่วยในการยึดสีและบางครั้งทำให้เฉดสีเปลี่ยน เช่น น้ำปูนใส น้ำตาง น้ำโคลนและน้ำบาดาล น้ำปูนใสได้จากปูนขาวที่ใช้กินกับหมากหรือทำจากปูนจากการเผาเปลือกหอยโดยละลายปูนขาวในน้ำสะอาดทิ้งไว้ให้ตกตะกอนจะได้น้ำปูนใสมาใช้เป็นสารช่วยย้อมต่อไป น้ำตางหรือน้ำขี้เถ้าได้จากขี้เถ้าพืช เช่น ส่วนต่างๆ ของกล้วย ต้นผักขม เปลือกของผลนุ่น กากมะพร้าว เป็นต้น วิธีการทำน้ำตางเลือกพืชชนิดใดชนิดหนึ่งที่ยั่งยืนๆ นำมาผึ่งแดดให้หมาด จากนั้นเผาให้เป็นขี้เถ้าสีขาว นำขี้เถ้าไปใส่ในอ่างที่มีน้ำอยู่ กวนให้ทั่วทิ้งไว้ 4 – 5 ชั่วโมงขี้เถ้าจะตกตะกอน นำน้ำที่ได้ไปกรองให้สะอาดแล้วจึงนำไปใช้งาน อีกวิธีหนึ่งนำขี้เถ้าที่ได้ไปใส่ในกระป๋องที่เจาะรูเล็กๆ รองกันด้วยปุ๋ยฝ้าย หรือโยมะพร้าวใส่ขี้เถ้าจนเกือบเต็ม กดให้แน่นเติมน้ำให้ท่วมขี้เถ้า แขนงกระป๋องทิ้งไว้รองเอาแต่น้ำตางไปใช้งาน กรดได้จากพืชที่มีรสเปรี้ยว เช่น น้ำมะนาว น้ำใบหรือฝักส้มป่อยและน้ำมะขามเปียก นอกจากนี้อาจใช้เกลือแกงผสมกับน้ำสีย้อมเพื่อช่วยให้สีติดเส้นด้ายได้ง่ายขึ้น (ศูนย์วิชาการและเทคโนโลยีสิ่งทอพื้นบ้าน, 2555) ส่วนความร้อนใช้เพื่อเร่งปฏิกิริยาทางเคมีของกรดต่างและเกลือกับเส้นด้ายและผืนผ้า นราพรและรุ่งทิพย์ (2555) รายงานว่าการเพิ่มความเป็นกรดเป็นด่างช่วยให้สีย้อมติดผ้าดีขึ้น ดังนั้นจึงทำการทดลองโดยผสมผสานการใช้ความร้อนร่วมกับกรด ต่างและเกลือเพื่อถนอมรักษาสีของเส้นใยและสิ่งทอให้ยาวนานขึ้น

7. **วิธีดำเนินการ** วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย Duncan Multiple Range Test (DMRT) ที่  $P \leq 0.01$  ยกเว้นการทดลองที่ 4 และ 5 ที่วางแผนการทดลองแบบ Factorial in CRD และ Split Plot Design

**อุปกรณ์** ที่ใช้ในการทดลอง

1. เส้นด้าย ใน 1 ซ้ำ มี 12 มัดๆละ 12 เส้น ดังนั้น 1 ซ้ำ มี 144 เส้น
2. ผืนผ้า ขนาด 1 x 1 นิ้ว และ 2 x 2 นิ้ว
3. สารเคมี ได้แก่ NaOH, NaCl ,Citric acid และ Ca(OH)<sub>2</sub>
4. ต่างธรรมชาติ ได้แก่ น้ำปูนใส น้ำขี้เถ้า น้ำปูนแดงที่กินกับหมากและขี้เถ้าจากเตาถ่านไปแช่น้ำ กวนให้ทั่วทิ้งไว้ 3 วันจนตกตะกอน นำส่วนที่ใสไปใช้
5. เตาร้อน (Hot plate)
6. เครื่องวัดสี Miniscan EZ 45/0 SAV Hunter Lab
7. เครื่องวัดความเหนียว Chatillon รุ่น 10 LBE
8. เครื่องชั่ง

**วิธีการ** การทดลองแบ่งเป็น 2 ส่วน คือส่วนที่ 1 ทดลองกับเส้นด้าย ส่วนที่ 2 ทดลองกับสิ่งทอ (ผืนผ้า)

**การทดลองเส้นด้ายประกอบด้วย 6 การทดลอง**

**การทดลองที่ 1 (การทดลองเบื้องต้น) ศึกษาหาชนิดของสารเคมีที่เหมาะสม** ประกอบด้วย 7 กรรมวิธี 4 ซ้ำ ได้แก่ น้ำที่อุณหภูมิห้อง (ควบคุม) , น้ำต้ม 50 °C, 1% citric acid pH 2, 1% citric acid pH 5, 0.25% NaOH pH 8, 0.25% NaOH pH 11 และ 1% NaCl ดำเนินการโดยแช่เส้นด้ายลงในสารเคมีชนิดต่างๆ นาน 30 นาที ที่อุณหภูมิห้อง และเฉพาะกรรมวิธีที่ 2 ต้มเส้นด้ายที่ 50 °C นาน 30 นาที ล้างด้วยน้ำสะอาด 2 ครั้ง ผึ่งให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง เก็บไว้ในถุงซิปล็อคในตู้เสื้อผ้า (มืด) ติดตามการเปลี่ยนแปลงสีนาน 3 เดือน

**การทดลองที่ 2 ศึกษาหาชนิดและความเข้มข้นของสารละลายต่าง** ประกอบด้วย 6 กรรมวิธี 12 ซ้ำ น้ำที่อุณหภูมิห้อง (ควบคุม), 100°C น้ำ, 0.25% NaOH, 1% NaOH, 0.25% Ca(OH)<sub>2</sub> และ 1% Ca(OH)<sub>2</sub> ต้มเส้นด้ายลงในสารละลายต่างชนิดต่างๆที่ 100°C นาน 50 นาที ล้างด้วยน้ำสะอาด 2 ครั้ง และผึ่งให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง เก็บไว้ในถุงซิปล็อคในตู้เสื้อผ้า (มืด)ติดตามการเปลี่ยนแปลงสีนาน 12 เดือน

**การทดลองที่ 3 เปรียบเทียบชนิดสารละลายต่างเคมีกับธรรมชาติ** ประกอบด้วย 5 กรรมวิธี 12 ซ้ำ ได้แก่ 100°C น้ำ, 0.25% NaOH, 0.25% Ca(OH)<sub>2</sub>, 5% น้ำปูนใส และเส้นด้ายแห้ง (ควบคุม) ต้มเส้นด้ายลงในสารละลายต่างชนิดต่างๆที่ 100°C นาน 50 นาที ล้างด้วยน้ำสะอาด 2 ครั้ง และผึ่งให้แห้งที่อุณหภูมิห้องเก็บไว้ในถุงซิปล็อคในตู้เสื้อผ้า (มืด)ติดตามการเปลี่ยนแปลงสีนาน 12 เดือน

**การทดลองที่ 4 หาชนิดสารละลายต่างและระยะเวลาการต้มที่เหมาะสม** วางแผนการทดลองแบบ Factorial in CRD ปัจจัยแรกชนิดสารละลายต่างมี 4 ชนิด ได้แก่ น้ำ, 0.25% Ca(OH)<sub>2</sub>, 5%น้ำปูนใส และ 20%น้ำซี้เถ้า ปัจจัยที่ 2 ระยะเวลาของการต้มมี 2 ระยะ 30 และ 50 นาที ประกอบด้วย (4 x 2) + 1 รวม 9 กรรมวิธี 12 ซ้ำ ได้แก่ น้ำที่อุณหภูมิห้อง (ควบคุม), 100°C น้ำ นาน 30 นาที และ 50 นาที, 0.25% Ca(OH)<sub>2</sub> นาน 30 นาทีและ 50 นาที, 5% น้ำปูนใส นาน 30 นาทีและ 50 นาที , 20% น้ำซี้เถ้า นาน 30 นาทีและ 50 นาที ต้มเส้นด้ายลงในสารละลายต่างชนิดต่างๆที่ 100°C ล้างด้วยน้ำสะอาด 2 ครั้งและผึ่งให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง เก็บไว้ในถุงซิปล็อคในตู้เสื้อผ้า (มืด)ติดตามการเปลี่ยนแปลงสีนาน 12 เดือน

**การทดลองที่ 5** ศึกษาปัจจัยที่ทำให้สีจาง (แสง) และหาความเข้มข้นที่เหมาะสมของต่าง วางแผนการทดลองแบบ Split Plot Design โดยมีแสงสว่าง(การเก็บไว้ในที่มีดและสว่าง)เป็น Main plot และความเข้มข้นของสารละลายต่างเป็น Sub plot ประกอบด้วย 7 กรรมวิธี 12 ซ้ำ ได้แก่ น้ำที่อุณหภูมิห้อง (ควบคุม), 100°C น้ำ, 0.25% Ca(OH)<sub>2</sub>, 5 % น้ำปูนใส, 20% น้ำปูนใส, 20 % น้ำซี้เถ้า และ 40% น้ำซี้เถ้า ต้มเส้นด้ายลงในสารละลายต่างชนิดต่างๆที่ 100°C นาน 30 นาที ล้างด้วยน้ำสะอาด 2 ครั้ง และผึ่งให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง แยกเก็บไว้ในถุงซิปล็อคในตู้เสื้อผ้า (มีด) และนอกตู้เสื้อผ้า (สว่าง) ติดตามการเปลี่ยนแปลงสีนาน 12 เดือน

**การทดลองที่ 6** เพื่อยืนยันผล ประกอบด้วย 6 กรรมวิธี 12 ซ้ำ ได้แก่ น้ำที่อุณหภูมิห้อง(ควบคุม),100°C น้ำ , 0.25% Ca(OH)<sub>2</sub> , 5% น้ำปูนใส , 5% น้ำซี้เถ้า และ 20 % น้ำซี้เถ้า ต้มเส้นด้ายลงในสารละลายต่างชนิดต่างๆที่ 100°C นาน 30 นาที ล้างด้วยน้ำสะอาด 2 ครั้ง และผึ่งให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง เก็บไว้ในถุงซิปล็อคในตู้เสื้อผ้า (มีด) ติดตามการเปลี่ยนแปลงสีนาน 12 เดือน

### **การทดลองกับสิ่งทอ(ผืนผ้า)ประกอบด้วย 3 การทดลอง**

**การทดลองที่ 1** หาชนิดสารละลายต่างที่เหมาะสม ประกอบด้วย 5 กรรมวิธี 12 ซ้ำ ได้แก่ น้ำที่ 100°C , 0.25% NaOH, 0.25% Ca(OH)<sub>2</sub> , 5% น้ำปูนใสและผืนผ้าแห้ง (ควบคุม) ต้มผืนผ้าลงในสารละลายต่างที่ 100°C นาน 50 นาที ล้างด้วยน้ำสะอาด 2 ครั้ง และผึ่งให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง เก็บไว้ในถุงซิปล็อคในตู้เสื้อผ้า (มีด) ติดตามการเปลี่ยนแปลงสีนาน 12 เดือน

**การทดลองที่ 2** หาชนิดสารละลายต่างและเวลาที่เหมาะสม ประกอบด้วย 8กรรมวิธี 12 ซ้ำ ได้แก่ ผ้าแห้ง (ควบคุม 1) , ผ้าแช่น้ำที่อุณหภูมิห้อง (ควบคุม 2) , 100°C น้ำ นาน 50 นาที, 0.25 % NaOH นาน 30 นาที, 0.25% Ca(OH)<sub>2</sub> นาน 30 นาที , 0.25% Ca(OH)<sub>2</sub> นาน 50 นาที, 5% น้ำปูนใส นาน 50 นาที และ 20% น้ำซี้เถ้า นาน 50 นาที ต้มผืนผ้าลงในสารละลายต่างที่ 100°C ตามระยะเวลาจากนั้น ล้างด้วยน้ำสะอาด 2 ครั้ง และผึ่งให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง เก็บไว้ในถุงซิปล็อคในตู้เสื้อผ้า (มีด) ติดตามการเปลี่ยนแปลงสีนาน 12 เดือน

การทดลองที่ 3 เพื่อยืนยันผล ประกอบด้วย 6 กรรมวิธี 12 ซ้ำ ได้แก่ น้ำที่อุณหภูมิห้อง(ควบคุม) 100°C น้ำ, 0.25% Ca(OH)<sub>2</sub> , 5% น้ำปูนใส, 5% น้ำขี้เถ้า และ 20 % น้ำขี้เถ้า ต้มผืนผ้าลงในสารละลายต่างที่ 100°C นาน 30 นาที ล้างด้วยน้ำสะอาด 2 ครั้ง และผึ่งให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง เก็บไว้ในถุงซิปล็อคในตู้เสื้อผ้า (มืด) ติดตามการเปลี่ยนแปลงสีนาน 12 เดือน

#### การบันทึกข้อมูลและตรวจเช็คคุณภาพ

1. การเปลี่ยนแปลงสีวัดด้วยเครื่อง Miniscan EZ 45/0 SAV Hunter Lab ประเทศสหรัฐอเมริกา รายงานผลเป็นค่า L\*, a\* และ b\* ตามระบบ Hunter's scale โดยวัดสีเส้นด้ายบริเวณหัว กลาง และท้าย ส่วนผืนผ้าวัดบริเวณส่วนกลางของผ้าทั้งบริเวณด้านหน้าและด้านหลัง L\* ค่าความสว่างมีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 100 0 = ดำ 100 = ขาว a\* ค่าเป็น+สีแดง ค่าเป็น - สีเขียว b\* ค่าเป็น+สีเหลือง ค่าเป็น - สีน้ำเงิน

H° (มุมของสี) เป็นตัวเลขที่ระบุตำแหน่งของสีมีหน่วยเป็นองศา เรียงตามลำดับสี แดง แสด เหลือง เขียว น้ำเงิน คราม ม่วง  $= \tan^{-1}(b/a)$  C\* (ความเข้มของสี) เป็นตัวเลขบ่งบอกความสดใสของเนื้อสีถ้ามีค่าน้อยสีจะทึบและถ้ามีค่ามากเนื้อสีจะสดใส  $= (a^2 + b^2)^{1/2}$

2. ความเหนียวของเส้นด้ายวัดด้วยเครื่อง Chatillon รุ่น 10 LBE ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยใช้หัว (probe) รูปตะขอ วิธีวัด วางเส้นด้ายบนตะขอให้ส่วนกลางอยู่บนตะขอพอดี และออกแรงกระทัดจนเส้นด้ายขาดแล้วอ่านค่าตัวเลขที่ปรากฏบนหน้าจอ (หน่วยวัดเป็นนิวตัน) เนื่องจากเส้นด้ายใช้มือทอจึงมีความแปรปรวนสูงดังนั้นใน 1 ซ้ำ จึงวัด 24 เส้น

3. ความพอใจโดยให้คะแนน 1 2 3 และ 4 1=ไม่ดี, 2 = พอใช้, 3 = ดี, 4 = ดีมาก โดยมีผู้ให้คะแนน 4 คน

ระยะเวลา เริ่มต้น ตุลาคม 2553 สิ้นสุด กันยายน 2555

สถานที่ดำเนินการ สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผล เกษตร

#### 8. ผลการทดลองและวิจารณ์

ลักษณะสีเส้นด้ายและผืนผ้าที่ต้องการควรมีลักษณะดังนี้ 1.) มีค่าความสว่าง (L\*) 2.) สีแดง (a\*) 3.) สีเหลือง (b\*) 4.) ความเข้มของสี (C\*) ต่ำเพราะถ้าตัวชี้วัดดังกล่าวต่ำแสดงว่าเส้นด้ายและผืนผ้ามีสีเข้ม 5.) มุมของสี (H°) ควรมีค่าสูงเพราะแสดงว่าสีเข้าใกล้สีเข้ม 6.) ความเหนียวควรสูงเพื่อทนทานต่อการนึ่งซัก

#### ผลการทดลองเส้นด้าย

ผลการทดลองที่ 1 ศึกษาหาชนิดของสารที่เหมาะสมในการชะลอการเปลี่ยนแปลงสี โดยใช้กรดเกลือ และด่างโดยติดตามการเปลี่ยนแปลงสีเป็นเวลา 3 เดือน ผลการทดลองพบว่ากรดซัลฟิวริกความเข้มข้น

1% ที่ pH 2 และ 5 ทำให้เส้นด้ายเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลอ่อน น้ำร้อน และ NaOH ความเข้มข้น 0.25% ที่ pH 8 และ 11 ทำให้สีเป็นสีเขียวเข้มกว่ากรรมวิธีควบคุม ส่วนกรรมวิธีที่แช่ในเกลือ ไม่มีความแตกต่างจากกรรมวิธีควบคุม ( Figure 1:Left) จากการทดลองนี้ ทำให้สรุปได้ว่าน้ำร้อนและด่างสามารถชะลอกการเปลี่ยนแปลงสีได้ ดังนั้นในการทดลองครั้งต่อไปจึงบูรณาการใช้ความร้อนและด่างเข้าด้วยกัน โดยเพิ่มความร้อนให้สูงขึ้นเป็น $100^{\circ}\text{C}$  เพื่อเร่งปฏิกิริยา

ผลการทดลองที่ 2 กรรมวิธีที่มีศักยภาพในการรักษาสี ได้แก่ กรรมวิธีที่ต้มใน 0.25% และ 1% NaOH และ 0.25%  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  โดยมีค่าความสว่าง สีแดง สีเหลืองและความเข้มของสีต่ำกว่ากรรมวิธีควบคุมและน้ำร้อนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กรรมวิธีที่ได้รับการยอมรับสูงสุดคือ 0.25% NaOH และ 0.25%  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  โดย 0.25% NaOH มีค่ามุมของสีสูงกว่ากรรมวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 1 และ Figure 1:Right) กรรมวิธีที่ต้มใน 1% NaOH เกิดการกัดสี ทำให้สีหลุดลอกออกมาจากเส้นด้าย เพราะความเข้มข้นสูงเกินไป เพื่อลดการใช้สารเคมีและอนุรักษ์ธรรมชาติ การทดลองครั้งต่อไปจึงหาชนิดของด่างที่เป็นธรรมชาติเช่น น้ำปูนใสและน้ำขี้เถ้าทดแทนด่างเคมี เช่น NaOH และ  $\text{Ca}(\text{OH})_2$

ผลการทดลองที่ 3 กรรมวิธีที่มีศักยภาพคือ กรรมวิธีที่ต้มใน 0.25%  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  และ 5% น้ำปูนใส โดยมีค่ามุมของสีสูงกว่าและค่าความสว่าง สีแดง สีเหลือง ความเข้มของสีต่ำกว่ากรรมวิธีควบคุมและกรรมวิธีที่ต้มในน้ำร้อน อย่างไรก็ตามความเหนียวของเส้นด้ายไม่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างกรรมวิธี กรรมวิธีที่ได้รับการยอมรับสูงสุดคือกรรมวิธีที่ต้มใน 0.25%  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  และกรรมวิธีที่ต้มในน้ำปูนใสได้รับการยอมรับรองลงมาสอดคล้องกลุ่มผู้ผลิต กลุ่มแปรรูปผลิตภัณฑ์จากผ้า (2555) ที่รายงานว่า การนำเส้นด้ายไปแช่ในน้ำปูนใสหรือโคลนตมจะทำให้ฝ้ายมีสีเข้มขึ้น กรรมวิธีที่ต้มใน NaOH ได้รับการยอมรับต่ำสุด (Table 2 และ Figure 2:Left) เนื่องจากสีและเนื้อสัมผัสค่อนข้างหยาบและกระด้าง แม้ว่าจะมีค่ามุมของสีสูงสุดและค่าสีแดง สีเหลืองและความเข้มของสีต่ำสุดก็ตาม

ผลการทดลองที่ 4 มี Interaction ระหว่างระยะเวลาของการต้มและชนิดของสาร โดยกรรมวิธีที่มีศักยภาพในการรักษาสีเส้นด้ายคือ กรรมวิธีที่ต้มใน 0.25%  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , 5% น้ำปูนใสและ 20% น้ำขี้เถ้า เมื่อใช้เวลาต้ม 30 และ 50 นาที โดยมีค่ามุมของสีสูงกว่าและมีค่าความสว่าง สีแดง สีเหลือง และความเข้มของสีต่ำกว่ากรรมวิธีควบคุมและกรรมวิธีที่ต้มในน้ำร้อน กรรมวิธีที่ต้มใน 5% น้ำปูนใส, 20% น้ำขี้เถ้ามีความเหนียวมากกว่ากรรมวิธีอื่น เพราะ Ca ในสารละลายเหล่านี้อาจสร้างสะพาน ( Ca bridge) กับ Carboxyl group ของ galacturonic acid ในผนังเซลล์จึงทำให้เซลล์แข็งแรง กรรมวิธีที่ได้รับความพอใจสูงสุดได้แก่ กรรมวิธีที่ต้มใน 0.25%  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  นาน 30 และ 50 นาที, 5% น้ำปูนใสและ 20% น้ำขี้เถ้า ต้มนาน 50 นาที ( Table 3 และ Figure 2:Right) อย่างไรก็ตามเมื่อมองด้วยตาเปล่าไม่สามารถแยก

ความแตกต่างของสีที่ต้มระหว่าง 30 และ 50 นาทีได้ ดังนั้นการทดลองครั้งต่อไปจึงต้มแค่ 30 นาทีเพื่อประหยัดเวลาและพลังงานในการต้ม แต่เพิ่มความเข้มข้นของด่างให้สูงขึ้น

ผลการทดลองที่ 5 พบว่า ค่ามุมของสี สีแดง สีเหลือง ความเข้มของสีไม่มี interaction ระหว่างแสงกับความเข้มข้นของด่าง แสงมีอิทธิพลที่ทำให้เส้นด้ายมีสีซีดจาง โดยกรรมวิธีที่เก็บไว้ในที่มีด จะมีสีเข้มกว่ากรรมวิธีที่เก็บไว้นอกตู้เสื้อผ้า ( $a^*$  มีค่าต่ำ Table 4) ส่วนความเข้มข้นของด่างที่ถนอมและรักษาสีและได้รับความพอใจสูงได้แก่ กรรมวิธีที่ต้มในน้ำร้อน, 0.25%  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , 5 และ 20% น้ำปูนใส เนื่องจาก  $H^+$  มีค่าสูง (Table 5) ส่วนค่าความสว่างมี interaction ระหว่างแสงและความเข้มข้นของด่าง กรรมวิธีที่มีค่าความสว่างต่ำได้แก่ 5 และ 20% น้ำปูนใส รองลงมาคือ 0.25%  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  (Table 6) กล่าวโดยสรุปกรรมวิธีที่มีศักยภาพในการถนอมและรักษาสีคือ กรรมวิธีที่ต้มใน 0.25%  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , 5 และ 20% น้ำปูนใส (Figure 3) เมื่อมองด้วยตาเปล่าไม่สามารถแยกความแตกต่างของสีที่ต้มใน 5 และ 20% น้ำปูนใส การทดลองต่อไปจึงใช้น้ำปูนใส 5% ส่วนกรรมวิธีที่ต้มใน 40% น้ำซี้เถ้า พบว่าสีลอกออกจากเส้นด้าย เพราะความเข้มข้นสูงเกินไป การทดลองต่อไปจึงลดความเข้มข้นของซี้เถ้าลงเหลือ 5 %

ผลการทดลองที่ 6 พบว่ากรรมวิธีที่มีศักยภาพในการถนอมรักษาสีเส้นด้ายคือ การต้มใน 5% น้ำซี้เถ้า, 5% น้ำปูนใสและ 0.25%  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  นาน 30 นาที โดยกรรมวิธีเหล่านี้ค่ามุมของสีและคะแนนความพอใจสูงกว่า และมีค่าความสว่าง สีแดง สีเหลืองและความเข้มของสีต่ำกว่ากรรมวิธีควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 7 และ Figure 4) แต่กรรมวิธีที่ต้มใน 0.25%  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  มีความเหนียวต่ำกว่ากรรมวิธีควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้กรรมวิธีที่ต้มใน 20% น้ำซี้เถ้า เส้นด้ายมีสีซีดจางกว่าที่ 5 % น้ำซี้เถ้าเล็กน้อย อาจจะเป็นเพราะความเข้มข้นสูงเกินไป

### ผลการทดลองกับผืนผ้า

ผลการทดลองที่ 1 ทุกกรรมวิธีสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสีของผืนผ้าได้ดีกว่ากรรมวิธีควบคุม โดยกรรมวิธีที่ต้มใน 0.25%  $\text{NaOH}$  มีมุมของสีสูงสุดและมีค่าสีแดง สีเหลืองและความเข้มของสีต่ำสุด แต่เมื่อมองภาพรวมทั้งการเปลี่ยนแปลงสีและการยอมรับพบว่ากรรมวิธีที่ต้มในน้ำร้อนและ 0.25%  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  ได้รับการยอมรับสูงสุด รองลงมาคือ กรรมวิธีที่ต้มในน้ำปูนใสและ  $\text{NaOH}$  ตามลำดับ (Table 8 และ Figure 5:Left) การให้คะแนนความพอใจแต่ละกรรมวิธีค่อนข้างยาก เนื่องจากผ้าประกอบด้วยเส้นยืน (พุ่ง) และเส้นนอน ทำให้แยกความแตกต่างของสีลำบาก

ผลการทดลองที่ 2 กรรมวิธีที่ดีที่สุดในการรักษาผืนผ้าคือ กรรมวิธีที่ต้มใน 20% น้ำซี้เถ้า นาน 50 นาที โดยมีค่ามุมของสีสูงกว่าและความสว่างสีแดง สีเหลือง ความเข้มของสีต่ำกว่ากรรมวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กรรมวิธีที่ได้รับความพอใจสูงสุดได้แก่ กรรมวิธีที่ต้มใน  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  นาน 30 นาทีและ



50 นาที และกรรมวิธีที่ต้มใน 5% น้ำปูนใสและ 20% น้ำขี้เถ้านาน 50 นาที (Table 9 และ Figure 5:Right)

ผลการทดลองที่ 3 เป็นไปในทิศทางเดียวกับเส้นด้าย คือ กรรมวิธีที่ต้มใน 0.25%Ca(OH)<sub>2</sub>, 5% น้ำปูนใสและ5%น้ำขี้เถ้า สามารถถนอมรักษาผืนผ้าได้ดี เพราะมีค่ามุมของสีและคะแนนความพอใจสูงกว่า และมีค่าความสว่างสีแดง สีเหลืองและความเข้มของสีต่ำกว่ากรรมวิธีควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 10 และ Figure 6)

## 9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

กรรมวิธีที่สามารถถนอมและรักษาสีเส้นด้ายและผืนผ้า คือ การต้มใน 5% น้ำปูนใส, 5% น้ำขี้เถ้า และ 0.25%Ca(OH)<sub>2</sub> นาน 30 นาที และเก็บไว้ในถุงซิปล็อคในตู้เสื้อผ้าที่ไม่โดนแสง

10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ เป็นเทคโนโลยีที่พร้อมสำหรับแนะนำและถ่ายทอดให้เกษตรกรผู้ทอผ้านำไปใช้ได้

11. คำขอบคุณ ขอขอบคุณนางสาววิไล เนียมพิบูลย์ นางสาวพรพิมล ยิ้มมากและนางสาวปิยลักษณ์ อยู่สบาย ที่ช่วยดำเนินการทดลองและพิมพ์เอกสารนี้

## 12. เอกสารอ้างอิง

กลุ่มผู้ผลิต กลุ่มแปรรูปผลิตภัณฑ์จากผ้า 2555.

<http://www.otoptoday.com/wisdom/print?name=131349497802> 18/10/2012

ชเนษฐ ม้าลำพอง 2555.เส้นใยฝ้ายพืชไร่เพื่ออุตสาหกรรม II

<http://agri.kps.ku.ac.th/agron/file/cottonfiber-indusii.pdf>18/10/2012

นิรนาม 2555. [www.nsrn.ac.th/technofac/.../พืชเส้นใย%20crops\).ppt](http://www.nsrn.ac.th/technofac/.../พืชเส้นใย%20crops).ppt) 18/10/2012

นราพร แซ่เล่า และรุ่งทิพย์ เพชรแสง 2555. การปรับปรุงความสามารถในการติดสีของฝ้ายย้อมสีธรรมชาติ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

[www.ie.psu.ac.th/depart.../data/IES001\\_stdproject\\_โปสเตอร์ไทย.ppt](http://www.ie.psu.ac.th/depart.../data/IES001_stdproject_โปสเตอร์ไทย.ppt)18/10/2012

ศูนย์วิชาการและเทคโนโลยีสิ่งทอพื้นบ้าน 2555. <http://www.ist.cmu.ac.th/cotton/naturalColorAssistance.php?subnav=3> 18/10/2012

อรุณี คงดี 2555. เส้นใยธรรมชาติ: สานผืนลวดโลกกร้อน คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

[www.ap.mju.ac.th/data\\_silo/jarya/4556.pdf](http://www.ap.mju.ac.th/data_silo/jarya/4556.pdf)18/10/2012

### 13. ภาคผนวก

Table 1 Effect of base solution on thread color changes and satisfaction

Treatment	L*	a*	b*	C*	H*	Satisfaction
	Month 12					
25°C water (control)	62.73 d	2.40 c	18.48 d	18.64 d	82.60 b	1 d
50°C water	59.93 c	2.48 c	17.96 c	18.14 c	82.18 b	2 c
0.25% NaOH	56.47 a	1.61 a	15.71 a	15.80 a	84.16 a	4 a
1% NaOH	57.00 b	2.05 b	16.09 b	16.23 b	82.78 b	3 b
0.25% Ca(OH) <sub>2</sub>	56.62 a	2.12 b	15.83 a	15.98 a	82.40 b	4 a
1% Ca(OH) <sub>2</sub>	56.20 a	2.20 bc	15.67 a	15.83 a	82.01 b	3 b
CV	3.1	17.99	4.23	4.33	1.43	0
F Test	**	**	**	**	**	**

Means in same column followed by same letter are not significantly different by Duncan's Multiple Range Test at  $P \leq 0.01$  ns= non significant, \* = significant  $P \leq 0.05$  \*\* = significant  $P \leq 0.01$

Table 2 Effect of base solution on thread color changes, strength and satisfaction

Treatment	L*	a*	b*	C*	H*	Strength	Satisfaction
	Month 12						
100°C water	63.16 b	1.33 c	16.45 c	16.51 c	85.36 b	2.31 a	2 c
0.25% NaOH	71.79 d	0.06 a	11.15 a	11.15 a	89.71 a	2.35 a	1 d
0.25% Ca(OH) <sub>2</sub>	58.14 a	0.26 b	15.50 b	15.51 b	89.05 a	2.04 a	4 a
5% lime water	58.51 a	0.26 b	15.67 b	15.67 b	89.04 a	1.97 a	3 b
dry cloth (control)	65.13 c	2.17 d	18.37 d	18.50 d	83.24 c	2.14 a	2 c
CV	2.57	25.58	3.11	3.08	0.94	26.49	0
F Test	**	**	**	**	**	ns	**

Means in same column followed by same letter are not significantly different by Duncan's Multiple Range Test at  $P \leq 0.01$  ns= non significant, \* = significant  $P \leq 0.05$  \*\* = significant  $P \leq 0.01$

**Table 3 Effect of base solution on thread color changes, strength and satisfaction**

Treatment	L*	a*	b*	C*	H°	Strength	Satisfaction
	month 9						
control (25°C water)	54.75 c	0.97 e	15.47 f	15.50 f	86.42 e	2.23 bc	1 d
30 min water	53.08 b	0.54 c	14.41 e	14.42 e	87.88 c	2.46 ab	2 c
50 min water	52.34 b	0.70 d	14.45 e	14.47 e	87.21 d	2.58 a	2 c
30 min 0.25% Ca(OH) <sub>2</sub>	46.58 a	0.16 a	13.55 cd	13.55 cd	89.31 ab	2.05 cd	4 a
50 min 0.25% Ca(OH) <sub>2</sub>	47.42 a	0.05 a	13.42 cd	13.42 cd	89.78 ab	2.19 bc	4 a
30 min 5% time water	47.78 a	0.38 b	13.71 d	13.71 d	88.41 c	1.87 cd	3 b
50 min 5% time water	47.73 a	0.03 a	13.19 c	13.20 c	89.86 a	1.82 d	4 a
30 min 20% ash water	47.14 a	0.19 a	12.68 b	12.68 b	89.17 b	2.66 a	3 b
50 min 20% ash water	47.78 a	0.15 a	12.05 a	12.05 a	89.28 ab	2.08 cd	4 a
cv	2.96	50.3	3.93	3.94	0.81	25.70	0
F Test	**	**	**	**	**	**	**

Means in same column followed by same letter are not significantly different by Duncan's Multiple Range Test at  $P \leq 0.01$  ns= non significant, \* = significant  $P \leq 0.05$  \*\* = significant  $P \leq 0.01$

**Table 4 Effect of light and base concentration on thread H° angle**

Base concentration	Place		Base con. ave.
	dark	light	
25°C water (control)	90.02	87.99	89.01 d
100°C water	92.34	90.79	91.57 a
0.25% Ca(OH) <sub>2</sub>	91.52	90.73	91.13 ab
5% lime water	91.5	90.62	91.06 ab
20% lime water	91.43	90.19	90.81 b
20% ash water	90.53	89.25	89.89 c
40% ash water	89.42	87.8	88.61 d
Place ave.	90.97a	89.63b	
CV (place)	1.2		
CV( base con.)	1.07		

Means in same column followed by same letter are not significantly different by Duncan's Multiple Range Test at  $P \leq 0.01$  ns= non significant, \* = significant  $P \leq 0.05$  \*\* = significant  $P \leq 0.01$

**Table 5 Effect of light and base concentration on thread a\* value**

Base concentration	Place		Base con. ave.
	dark	light	
25°C water (control)	-5.2	0.56	0.28 d
100°C water	-0.63	-0.2	-0.41 a
0.25% Ca(OH) <sub>2</sub>	-0.39	-0.18	-0.29 ab
5% lime water	-0.39	-0.15	-0.27 b
20% lime water	-0.37	-0.05	-0.21 b
20% ash water	-0.13	-0.18	0.23 c
40% ash water	0.13	-0.47	0.30 d
Place ave.	-0.25 a	0.09 b	
CV (place)	-339.78		
CV(base con.)	-311.17		

Means in same column followed by same letter are not significantly different by Duncan's Multiple Range Test at  $P \leq 0.01$  ns= non significant, \* = significant  $P \leq 0.05$  \*\* = significant  $P \leq 0.01$

**Table 6 Effect of light and base concentration on thread Lightness (L\*)**

Base concentration	Place		Base con. ave.
	dark	light	
25°C water (control)	62.30 i	59.03 hi	60.66
100° C water	60.99 h	56.77 g	58.88
0.25% Ca(OH) <sub>2</sub>	52.79 bc	51.09 bc	51.94
5% lime water	52.36 b	49.87 a	51.11
20% lime water	52.11 ab	50.46 ab	51.28
20% ash water	55.41 d	53.70 e	54.55
40% ash water	60.13 gh	58.59 h	59.36
Place ave.	56.59 a	54.59 b	
CV (place)	2.84		
CV( base con.)	2.61		

Means in same column followed by same latter are not significantly different by Duncan's Multiple Range Test at  $P \leq 0.01$  ns= non significant, \* = significant  $P \leq 0.05$  \*\* = significant  $P \leq 0.01$

Table 7 Effect of base solution on thread color changes, strength and satisfaction

Treatment	L*	a*	b*	C*	H*	Strength	Satisfaction
	Month 1						
25°C water (control)	61.81 d	0.15 d	16.32d	16.33d	89.49 d	3.16 ab	1 d
100°C water	61.47 d	-0.22be	15.68c	15.69c	90.83bc	3.01 bc	2 c
0.25% Ca(OH) <sub>2</sub>	52.89 c	-0.3 b	15.12b	15.12b	91.17 c	2.67 c	4a
5% lime water	52.60 c	-0.1 c	15.53b	15.53c	90.36 c	2.81 bc	4a
5% ash water	50.27 a	-0.68 a	14.44a	14.46a	92.71 a	3.15 ab	4a
20% ash water	51.26 b	-0.11 c	14.25a	14.25a	90.44bc	3.48 a	3 b
CV	2.11	-107.31	1.91	1.91	0.94	19.43	0
F Test	**	**	**	**	**	**	**

Means in same column followed by same latter are not significantly different by Duncan's Multiple Range Test at  $P \leq 0.01$  ns= non significant, \* = significant  $P \leq 0.05$  \*\* = significant  $P \leq 0.01$

**Table 8 Effect of base solution on clothes color changes and satisfaction**

Treatment	L*	a*	b*	C*	H*	Satisfaction
	Month 12					
100°C water	65.16 a	0.90 c	9.83 a	9.87 a	84.81 d	4 a
0.25% NaOH	67.42 c	0.08 a	9.91 a	9.91 a	89.51 a	2 c
0.25% Ca(OH) <sub>2</sub>	66.53 b	0.63 b	10.70 b	10.72 b	86.62 b	4 a
20% lime water	66.84 b	0.82 c	10.20 b	10.24 c	85.45 c	3 b
dry cloth (control)	69.70 d	1.88 d	14.25 c	14.36 c	82.47 e	1 d
CV	4.39	20.36	6.32	6.35	0.89	0
F Test	**	**	**	**	**	**

Means in same column followed by same letter are not significantly different by Duncan's Multiple Range Test at  $P \leq 0.01$  ns= non significant, \* = significant  $P \leq 0.05$  \*\* = significant  $P \leq 0.01$

**Table 9 Effect of base solution on clothes color changes and satisfaction**

Treatment	L*	a*	b*	C*	H*	Satisfaction
	Month 12					
dry cloth (control)	68.97 g	1.84 f	14.32 f	14.44 f	82.68 d	1 d
25°C water	66.71 f	1.49 e	12.05 e	12.14 e	82.94 d	1 d
100°C 50 min water	66.12 f	0.82 d	10.36 d	10.39 d	85.48 c	2 c
30 min 0.25% NaOH	64.66 e	-0.02 a	9.12 b	9.12 b	90.12 a	3 b
30 min 0.25% Ca(OH) <sub>2</sub>	61.84 d	0.49 bc	9.41 bc	9.42 bc	86.99 b	4 a
50 min 0.25% Ca(OH) <sub>2</sub>	61.18 c	0.46 bc	9.39 bc	9.41 bc	87.17b	4 a
50 min 5% lime water	60.52 b	0.54 c	9.60 c	9.62 c	86.75 b	4 a
50 min 20% ash water	59.65 a	0.40 b	8.77 a	8.78 a	87.40 b	4 a
CV	0.96	14.1	2.93	2.91	0.71	0
F Test	**	**	**	**	**	**

Means in same column followed by same letter are not significantly different by Duncan's Multiple Range Test at  $P \leq 0.01$  ns= non significant, \* = significant  $P \leq 0.05$  \*\* = significant  $P \leq 0.01$

**Table 10 Effect of base solution on clothes color changes and satisfaction**

Treatment	L*	a*	b*	C*	H*	Satisfaction
	Month 1					
25°C water (control)	65.51 c	0.23 d	11.62 c	11.63 c	88.88 d	1 d
100°C water	65.82 d	-0.21a	10.69 b	10.69 b	91.12 a	2 c
0.25%Ca(OH) <sub>2</sub>	59.91 a	0.00 c	10.89 b	10.89 b	89.99 c	4 a
5% lime water	61.03 b	-0.16 ab	10.21 a	10.21 a	90.90 ab	4 a
5% ash water	60.62 b	-0.02 bc	10.57 ab	10.57 ab	90.20 bc	4 a
20% ash water	63.51 c	-0.04 bc	11.74 c	11.74 c	90.19 bc	3 d
CV	1.35	-513.46	4.95	4.69	0.96	0
F Test	**	**	**	**	**	**

Means in same column followed by same letter are not significantly different by Duncan's Multiple Range Test at  $P \leq 0.01$  ns= non significant, \* = significant  $P \leq 0.05$  \*\* = significant  $P \leq 0.01$



Figure 1 Effect of heat, acid, base and salt solution on thread color changes (Left = Experiment 1, 3 months after storage, T1 = 25°C water (control) ,T2 = 50 °C water, T3 = 1% citric acid pH 2, T4 = 1% citric acid pH 5, T5= 0.25% NaOH pH 8, T6=0.25% NaOH pH 11, and T7= 1% NaCl : Right = Experiment 2, 12 months after storage T1=25°C water (control), T2=50°C water, T3=0.25% NaOH, T4= 1% NaOH, T5=0.25% Ca(OH)<sub>2</sub>, and T6= 1% Ca(OH)<sub>2</sub>



Figure 2 Effect of base solution on thread color changes (Left = Experiment 3, 12 months after storage ,T1= 100 °C water,T2= 0.25% NaOH ,T3= 0.25% Ca(OH)<sub>2</sub>,T4= 5% lime water, and T5= dry cloth (control) : Right= Experiment 4, 9 months after storage , T1= 25°C water (control) , T2=30 min 100°C water,T3=50 min 100°C water, 30 min 0.25%Ca(OH)<sub>2</sub>,T5= 50 min 0.25 Ca(OH)<sub>2</sub>, T6=30 min 5% lime water,T7= 50 min 5% lime water,T8= 30 min 20% ash water , and T9= 50 min 20% ash water)



Figure 3 Effect of base solution on thread color changes of experiment 5 at 4 months after storage (Left= kept in the dark: Right kept in the light) T1=25°C water (control),T2=



100°C water, T3= 0.25% Ca(OH)<sub>2</sub>, T4= 5 % lime water, T5= 20% lime water, T6= 20 % ash water และ T7= 40% ash water)



Figure 4 Effect of base solution on thread color changes at 1 month after storage  
 T1=25°C water (control), T2= 100 °C water , T3= 0.25% Ca(OH)<sub>2</sub> , T4= 5% lime water, T5= 5% ash water, และ T6= 20 % ash water)

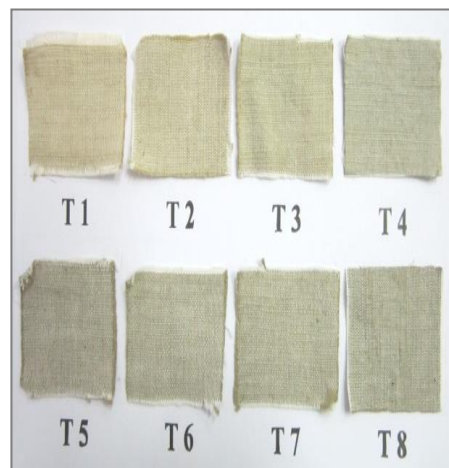
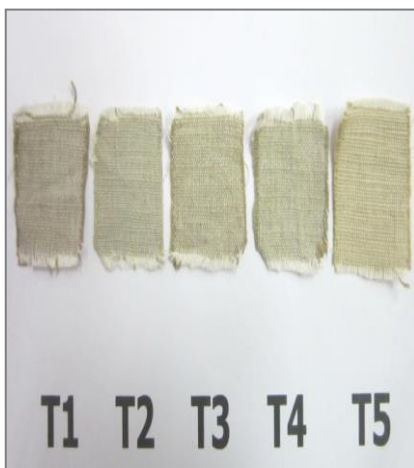


Figure 5 Effect of base solution on cloth color changes at 12 months after storage (Left = Experiment 1 T1=100 °C water, T2= 0.25% NaOH, T3= 0.25% Ca(OH)<sub>2</sub>, T4= 5% lime water, และ T5= dry cloth (control): Right=Experiment 2 T1= dry cloth (control 1) T2= 25°C water (control 2 ), T3= 50 min 100°C water, T4=30min 0.25 % NaOH , T5= 30min 0.25 %

Ca(OH)<sub>2</sub>, T6= 50 min 0.25% Ca(OH)<sub>2</sub>, T7= 50 min 5% lime water, และ T8=50 min 20% ash water)

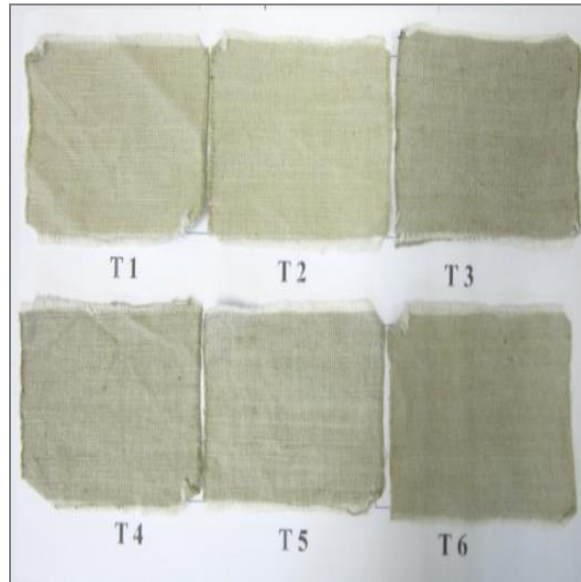


Figure 6 Effect of base solution on cloth color changes at 1 month after storage (T1= 25°C water (control), T2=100°C water, T3= 0.25% Ca(OH)<sub>2</sub>, T4= 5% lime water, T5 = 5% ash water, และ T6 = 20 % ash water)