

ผลของสารช่วยติดสีที่มีต่อความคงทนของสีผ้าฝ้ายสีธรรมชาติสีน้ำตาล THE EFFECT OF MORDANTS ON THE COLORFASTNESS OF NATURAL BROWN COLORED COTTON FABRIC

กชกร สกุลบริสุทธิ^{1*} สุธีลักษณ์ ไกรสุวรรณ² ขจีจรัส ภิรมย์ธรรมศิริ²
Kotchakorn Sakulborisut^{1*}, Suteeluk Kraisuwan², Kajjarus Pirothamsiri²

¹สาขาคหกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

¹Department of Home Economics, Graduate School, Kasetsart University.

²คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

²Faculty of Agriculture, Kasetsart University.

*Corresponding author, E-mail: ks.jajah@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสีและผลของสารช่วยติดสีของความคงทนของสีของผ้าฝ้ายสีธรรมชาติสีน้ำตาล สารช่วยติดสีที่ทดลองใช้ ได้แก่ สารส้ม เหล็ก โครมและดีบุก วิเคราะห์ค่าสีและค่าความคงทนของสีต่อแสง ต่อการซักและต่อการซักและฟอกขาว วิเคราะห์ความแปรปรวนโดยใช้ one-way analysis of variance และ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ผลการศึกษาพบว่า ผ้าฝ้ายสีธรรมชาติสีน้ำตาล ค่า L* ของตัวแปรควบคุมและตัวแปรที่ศึกษามีค่าอยู่ระหว่าง 33.49 - 50.14 ค่า a* ของตัวแปรควบคุมและตัวแปรที่ศึกษามีค่าอยู่ระหว่าง 4.96- 12.05 ค่า b* ของตัวแปรควบคุมและตัวแปรที่ศึกษามีค่าอยู่ระหว่าง 13.93 - 25.26 ค่า C* ของตัวแปรควบคุมและตัวแปรที่ศึกษามีค่าอยู่ระหว่าง 14.79 - 27.99 และค่า h* ของตัวแปรควบคุมและตัวแปรที่ศึกษามีค่าอยู่ระหว่าง 64.49 - 70.39 ค่า dE* ของการเปลี่ยนสีจากการอาบแสงของตัวแปรควบคุมและตัวแปรที่ศึกษามีค่าอยู่ระหว่าง 0.58 -3.00 ค่า dE* ของการเปลี่ยนสีจากการซักของตัวแปรควบคุมและตัวแปรที่ศึกษามีค่าอยู่ระหว่าง 0.84 - 6.23 ค่า dE* ของการเปลี่ยนสีจากการซักของตัวแปรควบคุมและตัวแปรที่ศึกษามีค่าอยู่ระหว่าง 1.04 - 2.49 ค่า dE* จากการซักและฟอกขาวของตัวแปรควบคุมและตัวแปรที่ศึกษามีค่าอยู่ระหว่าง 0.88 - 9.25 ชนิดของสารช่วยติดสีมีผลต่อความคงทนของสีต่อแสง ความคงทนของสีต่อการซักและความคงทนของสีต่อการซักและฟอกขาว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

คำสำคัญ: ฝ้ายสีน้ำตาลธรรมชาติ สารช่วยติดสีความคงทนของสี

Abstract

The objectives of this research were to study the color and the effect of mordant on the colorfastness of natural brown colored cotton fabric. The factor of this experiment was the type of mordants which were potassium aluminiumsulphate, ferrous sulphate, potassium dichromate, and stannous chloride. The following were analyzed: color values, colorfastness to light, colorfastness to laundering and colorfastness to laundering and bleaching, using one

way analysis of variance and Duncan's New Multiple range Test (DMRT). The results found that the L^* values of controlled variable and variables in the study were between 33.49 - 50.14, the a^* values of controlled variable and variables in the study were between 4.96- 12.05, the b^* values of controlled variable and variables in the study were between 13.93 - 25.26, the C^* values of controlled variable and variables in the study were between 14.79 - 27.99 and the h^* values of controlled variable and variables in the study were between 64.49 - 70.39. The dE^* values on color change of colorfastness to light of controlled variable and variables in the study were between 0.58 - 3.00. The dE^* values on color change of colorfastness to laundering of controlled variable and variables in the study were between 0.84 - 6.23. The dE^* values on color staining of colorfastness to laundering of controlled variable and variables in the study were between 1.04 - 2.49. The dE^* values on color change of colorfastness to laundering and bleaching of controlled variable and variables in the study were between 0.88 - 9.25. The type of mordant significantly affected the dE^* values of colorfastness to light, colorfastness to laundering and colorfastness to laundering and bleaching at the 0.05 level.

Keywords: Natural Brown Colored Cotton, Mordants, Colorfastness

บทนำ

ฝ้ายเป็นเส้นใยธรรมชาติ ที่นิยมใช้เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตสิ่งทอมาเป็นระยะเวลายาวนานและมีบทบาทสำคัญยิ่งในอุตสาหกรรมสิ่งทอโดยทั่วไปฝ้ายจะมีเส้นใยเป็นสีขาวนวลถึงสีเหลือง จัดเป็นเส้นใยสั้นมีความยาวเฉลี่ย 0.3 - 5.5 เซนติเมตร ลักษณะตามยาวของเส้นใยฝ้ายจะแบนคล้ายริบบิ้น มีความกว้างประมาณ 12 - 20 ไมโครเมตร ลักษณะตามภาคตัดขวางเป็นรูปเกือบกลมคล้ายเมล็ดถั่ว [1] เส้นใยฝ้ายมีคุณสมบัติในการดูดซับน้ำและระบายอากาศได้ดี จึงส่งผลต่อความสบายในการสวมใส่ จากกระแสการอนุรักษ์ธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม ทำให้ผู้บริโภคส่วนใหญ่ให้ความสำคัญในการเลือกใช้ผลิตภัณฑ์ที่ไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเพิ่มมากขึ้นจึงเกิดการพัฒนาพันธุ์ฝ้ายสีธรรมชาติเพื่อลดขั้นตอนของการฟอกย้อมลงเนื่องจากการใช้เส้นใยฝ้ายต้องผ่านกระบวนการฟอกหรือย้อมสี เพื่อให้เกิดความสวยงามน่าใช้

มากยิ่งขึ้น ซึ่งกระบวนการดังกล่าวก่อให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อมจากน้ำเสียหรือสารเคมีที่ใช้ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ได้พัฒนาพันธุ์ฝ้ายที่มีสีธรรมชาติ คือ พันธุ์ฝ้ายสีน้ำตาล ทั้งเส้นใยสั้น (Short Staple) และเส้นใยยาวปานกลาง (Medium Long Staple) โดยการผสมข้ามพันธุ์ทำให้ได้เส้นใยฝ้ายสีธรรมชาติที่ต้านทานแมลงให้ผลผลิตสูง สามารถปลูกได้ง่ายและต้านทานโรคพืช แต่เกษตรกรที่ปลูกและทอผ้าฝ้ายจากเส้นใยสีธรรมชาติประสบปัญหาว่าสีของเส้นด้ายที่ปั่นมือจากฝ้ายสีธรรมชาตินั้นซีดจางลงเมื่อเก็บไว้ในบางสภาวะ อาทิ เมื่อถูกแสงแดดส่งผลให้สีของผ้าทอมีความไม่สม่ำเสมอ สอดคล้องกับ Singh [2] พบว่า แสงแดดมีผลต่อสีของผ้าฝ้ายสีธรรมชาติสีน้ำตาล ทั้งนี้ยังไม่มีการศึกษาเรื่องความคงทนของสีต่อสภาวะต่างๆ ของผ้าฝ้ายสีธรรมชาติ การศึกษาความคงทนของสีผ้าฝ้ายสีธรรมชาติจึงมีความสำคัญและจำเป็นเพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการนำผ้าฝ้ายสีธรรมชาติไป

ใช้ประโยชน์และพัฒนาให้ดียิ่งขึ้น สารช่วยติดหรือสารช่วยย้อม (Mordant) เป็นสารเคมีหรือสารจากธรรมชาติที่ใช้ในการย้อมสีธรรมชาติเพื่อช่วยให้เส้นใยดูดซับสีและยึดเกาะกับเส้นใยได้ดียิ่งขึ้น [3] ซึ่งสารเหล่านี้นอกจากจะเป็นตัวย้อมสีและเพิ่มการติดสีในเส้นใยแล้ว ยังช่วยเปลี่ยนเฉดสีให้เข้มขึ้น จางลง หรือช่วยให้สีสว่างสดใสขึ้นหรือหม่นลง จากการศึกษาของนฤมล ศรราชพันธุ์ [4] พบว่า ชนิดของสารช่วยติดมีผลต่อค่าสีและความคงทนของสีต่อการซักและต่อแสงในการย้อมไหมด้วยมันชัน ดังนั้นผู้วิจัยจึงเชื่อว่า สารช่วยติดเหล่านี้จะช่วยทำให้สีของฝ้ายสีธรรมชาติมีความคงทนมากขึ้นและเปลี่ยนเฉดสีให้หลากหลายขึ้น ดังนั้นการศึกษาผลของสารช่วยติดสีหรือสารช่วยย้อมสีที่มีต่อสีและความคงทนของสีผ้าที่ทำจากเส้นด้ายฝ้ายสีธรรมชาติสีน้ำตาลจะเป็นแนวทางในการพัฒนาคุณภาพผ้าฝ้ายสีธรรมชาติมากขึ้น ทำให้มีการนำไปใช้ประโยชน์ได้ดีขึ้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาสีและผลของสารช่วยติดต่อความคงทนของสีผ้าฝ้ายสีธรรมชาติสีน้ำตาล

วิธีดำเนินการวิจัย

อุปกรณ์

1. ผ้าฝ้ายสีธรรมชาติทอมือลายขัดแบบชิ้นหนึ่งลงหนึ่งจากใยสีน้ำตาล (ตากฟ้า 2/น้ำตาล) ของศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ อำเภอตากฟ้า จังหวัดนครสวรรค์

2. สารช่วยติด จำนวน 4 ชนิด ได้แก่ สารส้ม เหล็ก โครม และดีบุก

3. ผงซักฟอกมาตรฐาน (Standard Reference Detergent) สำหรับการทดสอบซักตามมาตรฐาน AATCC

4. สารฟอกขาว Sodium Hypochlorite (NaOCl) สำหรับการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักและฟอกขาว

วิธีการ

แผนการทดลอง การวิจัยนี้ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design หรือ CRD) จำนวน 3 ซ้ำ โดยมีปัจจัยการทดลองปัจจัยเดียวคือ ชนิดของสารช่วยติดคือ ผ้าย้อมที่มิใช่สารช่วยติดและที่มิใช่สารส้ม เหล็ก โครม และดีบุกเป็นสารช่วยติด

การย้อมสารช่วยติด

ใช้ความเข้มข้นสารช่วยติด 5% อัตราส่วนของสารละลายสารช่วยติดต่อวัสดุ 30 : 1 ย้อมที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที มีวิธีการ ดังนี้

1. ทำความสะอาดผ้าฝ้ายสีธรรมชาติสีน้ำตาล อัตราส่วนน้ำต่อสารละลาย 30 : 1 ละลายสารเคมีที่ใช้ คือ Sodium Persulfate 0.5% ต่อน้ำหนักผ้า Sodium hydroxide 3% ต่อน้ำหนักผ้า Tetrasodium Pyrophosphate 0.5% ต่อน้ำหนักผ้า และ Wetting agent 0.2% ต่อน้ำหนักผ้า ต้มผ้าที่จุดเดือดนาน 30 - 60 นาที แล้วล้างออกด้วยน้ำกลั่น [5]

2. เตรียมชิ้นตัวอย่าง ซึ่งน้ำหนักชิ้นตัวอย่างและคำนวณปริมาณสารช่วยติดที่ความเข้มข้น 5% อัตราส่วน 30 : 1

3. ตั้งโปรแกรมเครื่องย้อมที่อุณหภูมิห้องระยะเวลาในการย้อม 30 นาที นำผ้าทดลองใส่กระบอกล้อม เติมสารละลายสารช่วยติดตามอัตราส่วนที่กำหนดไว้ นำเข้าเครื่องย้อมผ้าเมื่อครบเวลาที่กำหนด นำผ้าออกจากเครื่องล้างด้วยน้ำกลั่นแล้วตากที่อุณหภูมิห้องจนแห้ง

การวัดค่าสี วัดค่าสี L^* a^* b^* C^* และ h^* โดยใช้เครื่อง Spectrophotometer Spectraflash 500 (Xenon flash lamp, diffuse/8)

การทดสอบความคงทนของสีต่อแสง ดำเนินการตามวิธีการทดสอบมาตรฐาน AATCC test method 16 - 1998 Colorfastness to Light Option 3 โดยใช้แสงจากหลอดไฟ Xenon-Arc จำนวนฉายแสงซ้ำ 20 ครั้ง เตรียมชิ้นทดสอบโดยตัดชิ้นงานขนาด 2.75 x 5.5 นิ้ว ตั้งค่าเครื่อง Weather-O-Meter ที่อุณหภูมิของ Black

Panel ที่ 63 ± 1 องศาเซลเซียส อุณหภูมิของภาชนะบรรจุ ที่ 43 ± 2 องศาเซลเซียส ค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่ 35 ± 5 ค่ารังสีที่ใช้ 420 ± 0.5 nm เมื่อครบตามเวลาที่กำหนดนำผ้าทดลองออกจากเครื่อง นำชิ้นงานทดสอบมาผึ่งที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลาอย่างน้อย 4 ชั่วโมง [6]

การทดสอบความคงทนของสีต่อการซัก
ดำเนินการตามวิธีทดสอบมาตรฐาน AATCC test method 61 - 2003 Colorfastness to Laundering, Home and Commercial: Accelerated Test No. 2A โดยตัดชิ้นงานขนาด 5×10 เซนติเมตร เย็บประกบกับผ้า Multifiber ที่มีขนาด 5×5 เซนติเมตร สภาวะการทดสอบคือ อุณหภูมิในการซัก 49 ± 2 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำซัก 150 มิลลิกรัม ความเข้มข้นของผงซักฟอก 0.15 % จำนวนลูกบอลสแตนเลสที่ใส่ในกระบอก 50 ลูก ซักเป็นเวลา 45 นาที เมื่อครบตามเวลาที่กำหนดนำผ้าทดลองออกจากเครื่องย้อมผ้า ล้างโดยน้ำกลั่น 200 มิลลิลิตร 3 ครั้ง คลั่งละ 2 นาที ตากที่อุณหภูมิห้องจนผ้าแห้ง [5]

การทดสอบความคงทนของสีต่อการซักและฟอกขาว ดำเนินการตามวิธีทดสอบมาตรฐาน AATCC test method 61 - 2003 Colorfastness

to Laundering, Home and Commercial: Accelerated Test No. 5A เตรียมชิ้นทดสอบขนาด 5×15 เซนติเมตร สภาวะในการทดสอบคือ อุณหภูมิในการซัก 49 ± 2 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำซัก 150 มิลลิกรัม ความเข้มข้นของผงซักฟอก 0.15 % ความเข้มข้นของคลอรีน 0.027 % จำนวนลูกบอลสแตนเลสที่ใส่ในกระบอก 50 ลูก ซักเป็นเวลา 45 นาที เมื่อครบตามเวลาที่กำหนดนำผ้าทดลองออกจากเครื่องย้อมผ้า ล้างโดยน้ำกลั่น 200 มิลลิลิตร 3 ครั้ง คลั่งละ 2 นาที ตากที่อุณหภูมิห้องจนผ้าแห้ง [5]

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์ค่าเฉลี่ย L^* a^* b^* C^* และ h^*
2. วิเคราะห์ค่าความคงทนของสีต่อแสงจากค่าการเปลี่ยนแปลงสี (Color Change) วิเคราะห์ ค่าความคงทนของสีต่อการซักจากค่าการเปลี่ยนแปลงสีและค่าการติดเปื้อนสี (Color Staining) และค่าความคงทนของสีต่อการซักและฟอกขาว จากค่าการเปลี่ยนแปลงสี โดยวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย (Mean) วิเคราะห์ความแปรปรวนโดยใช้ one-way analysis of variance และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ผลการวิจัย

ค่าสี

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ย L^* a^* b^* C^* และ h^* ของผ้าฝ้ายสีธรรมชาติสีน้ำตาลที่ย้อมด้วยสารช่วยติดชนิดต่างๆ

ชนิดสารช่วยติด	ค่าสี				
	L^*	a^*	b^*	C^*	h^*
ไม่ใช้สารช่วยติด	46.69	11.03	23.40	25.87	64.78
เหล็ก	33.49	4.96	13.93	14.79	70.39
สารส้ม	47.17	11.12	24.09	26.53	65.24
ดีบุก	50.14	12.05	25.26	27.99	64.49
โครม	45.92	10.79	22.92	25.34	64.79

จากตารางที่ 1 จะเห็นว่าค่า L^* ของผ้าฝ้ายสีธรรมชาติสีน้ำตาลที่ย้อมด้วยสารช่วยติดชนิดต่างๆ มีค่าสูงปานกลางแสดงว่ามีสีค่อนข้างเข้ม โดยผ้าฝ้ายสีธรรมชาติสีน้ำตาลที่ย้อมด้วยดีบุกให้ค่าความสว่างสูงสุด ในขณะที่ผ้าฝ้ายสีธรรมชาติสีน้ำตาลที่ย้อมด้วยเหล็ก ให้ค่าความสว่างต่ำที่สุด และผ้าฝ้ายสีธรรมชาติสีน้ำตาลที่ย้อมด้วยโครม และสารส้มให้ค่าความสว่างใกล้เคียงกับผ้าฝ้ายสีธรรมชาติสีน้ำตาลที่ไม่ใช้สารช่วยติด (ตัวควบคุม)

ค่า a^* ของผ้าฝ้ายสีธรรมชาติสีน้ำตาลที่ย้อมด้วยสารช่วยติดชนิดต่างๆ มีค่าเป็นบวก ซึ่งแสดงถึงความเป็นสีแดง จากการทดลองพบว่า ผ้าฝ้ายสีธรรมชาติสีน้ำตาลที่ไม่ใช้สารช่วยติด (ตัวควบคุม) สารส้ม ดีบุกและโครม ให้ค่าความเป็นสีแดงใกล้เคียงกัน โดยผ้าฝ้ายสีธรรมชาติสีน้ำตาลที่ย้อมด้วยดีบุกให้ค่าความเป็นสีแดงสูงที่สุดในขณะที่ผ้าฝ้ายสีธรรมชาติสีน้ำตาลที่ย้อมด้วยเหล็กให้ค่าความเป็นสีแดงต่ำที่สุด

ค่า b^* ของผ้าฝ้ายสีธรรมชาติสีน้ำตาลที่ย้อมด้วยสารช่วยติดชนิดต่างๆ มีค่าเป็นบวก ซึ่งแสดงถึงความเป็นสีเหลือง ซึ่งเป็นไปตามลักษณะของสีที่ควรจะเป็นของผ้าฝ้ายสีธรรมชาติสีน้ำตาล จากการทดลองพบว่า ผ้าฝ้ายสีธรรมชาติสีน้ำตาลที่ไม่ใช้สารช่วยติด (ตัวควบคุม) สารส้ม ดีบุกและโครม ให้ค่าความเป็นสีเหลืองใกล้เคียงกัน โดยผ้าฝ้ายสีธรรมชาติสีน้ำตาลที่ย้อมด้วยดีบุกให้ค่าความเป็นสีเหลืองสูงที่สุดในขณะที่ผ้าฝ้ายสีธรรมชาติสีน้ำตาลที่ย้อมด้วยเหล็กให้ค่าความเป็นสีเหลืองต่ำที่สุด

ค่า C^* ของผ้าฝ้ายสีธรรมชาติสีน้ำตาลที่ย้อมด้วยสารช่วยติดชนิดต่างๆ มีค่า C^* ไม่สูงมากนัก แสดงว่าผ้าฝ้ายสีธรรมชาติสีน้ำตาลมีความสดใสปานกลาง จากการทดลองพบว่า ผ้าฝ้ายสีธรรมชาติสีน้ำตาลที่ไม่ใช้สารช่วยติด (ตัวควบคุม) สารส้ม ดีบุกและโครม มีค่าความสดใสใกล้เคียงกัน โดยผ้าฝ้ายสีธรรมชาติสีน้ำตาลที่ย้อมด้วยดีบุกให้

ค่าความสดใสสูงที่สุดในขณะที่ผ้าฝ้ายสีธรรมชาติสีน้ำตาลที่ย้อมด้วยเหล็กให้ค่าความสดใสต่ำที่สุด

ค่า h^* ของผ้าฝ้ายสีธรรมชาติสีน้ำตาลที่ย้อมด้วยสารช่วยติดชนิดต่างๆ มีค่าสีอยู่ระหว่าง 64.49 ถึง 70.39 องศา ซึ่งแสดงว่าสีของผ้าฝ้ายสีธรรมชาติสีน้ำตาลเป็นสีแดงค่อนข้างไปทางเหลือง ซึ่งเป็นไปตามลักษณะของสีที่ควรจะเป็น จากการทดลองพบว่า ผ้าฝ้ายสีธรรมชาติสีน้ำตาลที่ไม่ใช้สารช่วยติด (ตัวควบคุม) สารส้ม ดีบุกและโครม มีค่า h^* อยู่ระหว่าง 64.49 – 65.24 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน แสดงว่าเฉดสีที่ได้ใกล้เคียงกันมาก ผ้าฝ้ายสีธรรมชาติสีน้ำตาลที่ย้อมด้วยดีบุกมีค่า h^* ต่ำที่สุดในขณะที่ผ้าฝ้ายสีธรรมชาติสีน้ำตาลที่ย้อมด้วยเหล็ก มีค่า h^* สูงที่สุด และมีค่าสีต่างจากผ้าที่ไม่ใช้สารช่วยติด (ตัวควบคุม) และผ้าที่ใช้สารช่วยติดชนิดอื่นๆ อย่างเห็นได้ชัด

ผลต่อความคงทนของสีต่อแสง

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อแสงของผ้าฝ้ายสีธรรมชาติสีน้ำตาล

สารช่วยติด	dE*	ระดับความคงทน
ไม่ใช้สารช่วยติด	3.00 ± 0.00 ^a	3.5 (ดี)
โครม	1.75 ± 0.26 ^b	4 (ดีมาก)
ดีบุก	1.10 ± 0.33 ^c	4.5 (ดีเลิศ)
สารส้ม	0.88 ± 0.15 ^{cd}	4.5 (ดีเลิศ)
เหล็ก	0.58 ± 0.22 ^d	5 (ดียอดเยี่ยม)

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรในแนวตั้งแตกต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากตารางที่ 2 ซึ่งแสดงค่าการเปลี่ยนสี (dE*) หลังการทดสอบความคงทนของสีต่อแสงของผ้าฝ้ายสีธรรมชาติสีน้ำตาลที่ย้อมด้วยสารช่วยติดชนิดต่างๆ พบว่า ค่าเฉลี่ย dE* ของผ้าฝ้ายสีธรรมชาติสีน้ำตาลมีค่าต่ำลง เมื่อเทียบกับผ้าฝ้ายสีธรรมชาติสีน้ำตาลที่ไม่ใช้สารช่วยติด (ตัวควบคุม) โดยผ้าฝ้ายสีธรรมชาติสีน้ำตาลที่ย้อมด้วยเหล็ก ให้ค่าเฉลี่ย dE* ของการเปลี่ยนสีต่ำที่สุด ระดับความคงทนอยู่ที่ระดับ 5 (ดียอดเยี่ยม)

เมื่อพิจารณาระดับความคงทนของสีต่อแสงของผ้าฝ้ายสีธรรมชาติสีน้ำตาล จะเห็นว่า การย้อมสารช่วยติดทับบนผ้าฝ้ายสีธรรมชาติสีน้ำตาลด้วยโครม ดีบุก สารส้มและเหล็ก ล้วนช่วยเพิ่มความคงทนของสีต่อแสงในผ้าฝ้ายสีธรรมชาติสีน้ำตาล

ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) เพื่อตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย dE* หลังการอบแสง พบว่า ผ้าฝ้ายสีธรรมชาติสีน้ำตาลที่ไม่ใช้สารช่วยติด (ตัวควบคุม) มีค่าเฉลี่ย dE* สูงกว่าผ้าฝ้ายสีธรรมชาติสีน้ำตาลที่ย้อมด้วยสารช่วยติดชนิดต่างๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P < 0.05) ผ้าฝ้ายสีธรรมชาติสีน้ำตาลที่ย้อมด้วยโครม มีค่าเฉลี่ย dE* สูงกว่าผ้าฝ้ายสีธรรมชาติสีน้ำตาลที่ย้อมด้วยดีบุก สารส้มและเหล็ก

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P < 0.05) และผ้าฝ้ายสีธรรมชาติสีน้ำตาลที่ย้อมด้วยดีบุก มีค่าเฉลี่ย dE* สูงกว่าผ้าฝ้ายสีธรรมชาติสีน้ำตาลที่ย้อมด้วยเหล็ก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P < 0.05) แต่ผ้าฝ้ายสีธรรมชาติสีน้ำตาลที่ย้อมด้วยดีบุกมีค่าเฉลี่ย dE* ไม่แตกต่างกับผ้าฝ้ายสีธรรมชาติสีน้ำตาลที่ย้อมด้วยสารส้มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P > 0.05) และผ้าฝ้ายสีธรรมชาติสีน้ำตาลที่ย้อมด้วยสารส้มมีค่าเฉลี่ย dE* ไม่แตกต่างกับผ้าฝ้ายสีธรรมชาติสีน้ำตาลที่ย้อมด้วยเหล็กอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P > 0.05)

จากผลการวิจัยสรุปได้ว่า หากต้องการเพิ่มความคงทนของสีต่อแสงให้กับผ้าฝ้ายสีธรรมชาติสีน้ำตาล สามารถใช้โครม ดีบุก สารส้มและเหล็กเป็นสารช่วยติด เพราะทำให้ระดับความคงทนของสีต่อแสงของผ้าฝ้ายสีธรรมชาติสีน้ำตาลเพิ่มขึ้น คือมีระดับความคงทนเพิ่มขึ้นถึงระดับ 5 (ดียอดเยี่ยม) ซึ่งสอดคล้องกับที่วรรณ ดอนชัย [7] กล่าวว่า สารช่วยย้อมเหล็ก จะช่วยทำให้วัสดุสิ่งทอมีความคงทนของสีต่อแสงดี แต่ไม่ควรใช้ในปริมาณที่มากเกินไปเพราะจะทำให้เส้นใยเปื่อย

ผลต่อความคงทนของสีต่อการซัก

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักด้านการเปลี่ยนสีของผ้าฝ้ายสีธรรมชาติสีน้ำตาลที่ย้อมด้วยสารช่วยติดชนิดต่างๆ

สารช่วยติด	การเปลี่ยนสี	
	dE*	ระดับความคงทน
เหล็ก	6.23 ± 1.06 ^a	2.5 (ดีพอใช้)
ดีบุก	1.69 ± 0.25 ^b	4.5 (ดีเลิศ)
สารส้ม	1.58 ± 0.31 ^b	4.5 (ดีเลิศ)
โครม	1.21 ± 0.28 ^{bc}	4.5 (ดีเลิศ)
ไม่ใช้สารช่วยติด	0.84 ± 0.00 ^c	4.5 (ดีเลิศ)

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรในแนวตั้งแตกต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากตารางที่ 3 ซึ่งแสดงค่าการเปลี่ยนสีหลังการซักของผ้าฝ้ายสีธรรมชาติสีน้ำตาล พบว่าค่าเฉลี่ย dE* ของการเปลี่ยนสีมีค่าค่อนข้างต่ำ ยกเว้นผ้าฝ้ายสีธรรมชาติสีน้ำตาลที่ย้อมด้วยเหล็กที่มีค่าเฉลี่ย dE* ของการเปลี่ยนสีสูงที่สุด ความคงทนของสีอยู่ที่ระดับ 2.5 (ดีพอใช้) ผ้าฝ้ายสีธรรมชาติสีน้ำตาลที่ไม่ใช้สารช่วยติดที่ย้อมด้วยสารส้ม ดีบุกและโครมมีค่าเฉลี่ย dE* ของการเปลี่ยนสีใกล้เคียงกัน ระดับความคงทนของสีอยู่ที่ระดับ 4.5 (ดีเลิศ) โดยผ้าฝ้ายสีธรรมชาติสีน้ำตาลที่ไม่ใช้สารช่วยติดให้ค่าเฉลี่ย dE* ของการเปลี่ยนสีต่ำที่สุด ดังนั้นการย้อมสารช่วยติดชนิดต่างๆ ลงบนผ้าฝ้ายสีธรรมชาติสีน้ำตาล ไม่ช่วยเพิ่มระดับความคงทนของสีต่อการซักในผ้าฝ้ายสีธรรมชาติสีน้ำตาล

ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) เพื่อตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย dE* ของการเปลี่ยนสีหลังการซัก พบว่าผ้าฝ้ายสีธรรมชาติสีน้ำตาลที่ย้อมด้วยเหล็กมีค่าเฉลี่ย dE* ของการเปลี่ยนสีหลังซักสูงกว่าผ้าฝ้าย

สีธรรมชาติสีน้ำตาลที่ไม่ใช้สารช่วยติด(ตัวควบคุม) และที่ย้อมด้วยสารช่วยติดชนิดอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P < 0.05) และผ้าฝ้ายสีธรรมชาติสีน้ำตาลที่ย้อมด้วยดีบุกและสารส้ม มีค่าเฉลี่ย dE* ของการเปลี่ยนสีหลังการสูงกว่าผ้าฝ้ายสีธรรมชาติสีน้ำตาลที่ไม่ใช้สารช่วยติด (ตัวควบคุม) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P < 0.05) แต่ผ้าฝ้ายสีธรรมชาติสีน้ำตาลที่ย้อมด้วยดีบุกมีค่าเฉลี่ย dE* ไม่แตกต่างกับผ้าฝ้ายสีธรรมชาติสีน้ำตาลที่ย้อมด้วยสารส้มและโครมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P > 0.05) และผ้าฝ้ายสีธรรมชาติสีน้ำตาลที่ย้อมด้วยโครมมีค่าเฉลี่ย dE* ไม่แตกต่างกับผ้าฝ้ายสีธรรมชาติสีน้ำตาลที่ไม่ใช้สารช่วยติด (ตัวควบคุม) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P > 0.05)

จากผลการวิจัยสรุปได้ว่า สารช่วยติดทุกชนิดไม่ทำให้ระดับความคงทนของสีต่อการซักด้านการเปลี่ยนสีเพิ่มขึ้น นอกจากนี้การใช้เหล็ก ดีบุกและสารส้มเป็นสารช่วยติด ยังทำให้ระดับความคงทนของสี ด้านการเปลี่ยนสีลดลงเมื่อเทียบกับผ้าฝ้ายสีธรรมชาติสีน้ำตาลที่ไม่ใช้สาร

ช่วยติด (ตัวควบคุม) คือ มีระดับความคงทน อยู่ที่ระดับ 2.5 (ดีพอใช้) ซึ่งสอดคล้องกับนันทนัช พิเชษฐวิทย์ [8] ที่ศึกษาผลของสารช่วยติดสี ที่มีต่อการย้อมไหมด้วยไบอะตะบฝรั่ง พบว่า

การใช้สารช่วยติดเหล็กไม่ทำให้ระดับความคงทน ของสีต่อการซักเพิ่มขึ้น กล่าวคือไม่ทำให้ค่า การเปลี่ยนสีหลังการซักลดลง

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักด้านการเปื้อนสีของผ้าฝ้ายสีธรรมชาติ สีน้ำตาลที่ย้อมด้วยสารช่วยติดชนิดต่างๆ

สารช่วยติด	การเปลี่ยนสี	
	dE*	ระดับความคงทน
โครม	2.49 ± 0.26 ^a	2.5 (ดีพอใช้)
ไม่ใช้สารช่วยติด	2.21 ± 0.00 ^{ab}	4.5 (ดีเลิศ)
ดีบุก	1.93 ± 0.38 ^{ab}	4.5 (ดีเลิศ)
เหล็ก	1.51 ± 0.65 ^{bc}	4.5 (ดีเลิศ)
สารส้ม	1.04 ± 0.46 ^c	4.5 (ดีเลิศ)

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรในแนวตั้งแตกต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากตารางที่ 4 ซึ่งแสดงค่าการเปื้อนสี หลังการซักของผ้าฝ้ายสีธรรมชาติสีน้ำตาล เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ย dE* ของการเปื้อนสีของ ผ้าฝ้ายสีธรรมชาติสีน้ำตาล พบว่า มีค่าค่อนข้างต่ำ โดยผ้าฝ้ายสีธรรมชาติสีน้ำตาลที่ย้อมด้วย สารส้มให้ค่าเฉลี่ย dE* ของการเปื้อนสีต่ำที่สุด ระดับความคงทนของสีอยู่ที่ระดับ 5 (ดียอดเยี่ยม) เช่นเดียวกับผ้าฝ้ายสีธรรมชาติสีน้ำตาลที่ย้อม ด้วยเหล็กและดีบุก ในขณะที่ผ้าฝ้ายสีธรรมชาติ สีน้ำตาลที่ย้อมด้วยโครมให้ค่าเฉลี่ย dE* ของการเปื้อนสีสูงที่สุด ระดับความคงทนของสี อยู่ที่ระดับ 4.5 (ดีเลิศ) เช่นเดียวกับผ้าฝ้ายสี ธรรมชาติสีน้ำตาลที่ไม่ใช้สารช่วยติด (ตัวควบคุม)

ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) เพื่อตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย dE* ของการเปื้อนสีหลังการซัก พบว่า ผ้าฝ้ายสีธรรมชาติสีน้ำตาลที่ย้อมด้วยโครม มีค่าเฉลี่ย dE* ของการเปื้อนสีหลังซักสูงกว่า

ผ้าฝ้ายสีธรรมชาติสีน้ำตาลที่ย้อมด้วยเหล็ก และสารส้ม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P < 0.05) แต่ผ้าฝ้ายสีธรรมชาติสีน้ำตาลที่ย้อมด้วยโครม มีค่าเฉลี่ย dE* ไม่แตกต่างกับผ้าฝ้ายสีธรรมชาติ สีน้ำตาลที่ไม่ใช้สารช่วยติด (ตัวควบคุม) และที่ย้อมด้วยดีบุกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P > 0.05) ผ้าฝ้ายสีธรรมชาติสีน้ำตาล ที่ไม่ใช้สารช่วยติด (ตัวควบคุม) และที่ย้อม ด้วยดีบุก มีค่าเฉลี่ย dE* ของการเปื้อนสีหลัง ซักสูงกว่าผ้าฝ้ายสีธรรมชาติสีน้ำตาลที่ย้อม ด้วยสารส้ม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P < 0.05) ผ้าฝ้ายสีธรรมชาติสีน้ำตาลที่ไม่ใช้สารช่วยติด (ตัวควบคุม) มีค่าเฉลี่ย dE* ไม่แตกต่างกับ ผ้าฝ้ายสีธรรมชาติสีน้ำตาลที่ย้อมด้วยโครม ดีบุก และเหล็กอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P > 0.05) และผ้าฝ้ายสีธรรมชาติสีน้ำตาลที่ย้อมด้วยเหล็ก มีค่าเฉลี่ย dE* ไม่แตกต่างกับผ้าฝ้ายสีธรรมชาติ สีน้ำตาลที่ย้อมด้วยสารส้มอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติ (P > 0.05)

จากผลการวิจัยสรุปได้ว่า หากต้องการ (การตกสี) ของผ้าฝ้ายสีธรรมชาติสีน้ำตาล
เพิ่มความคงทนของสีต่อการซักด้วยการเป็อนสี สามารถใช้ดีบุกและสารส้มย้อมเป็นสารช่วยติด

ผลต่อความคงทนของสีต่อการซักและการฟอกขาว

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักและการฟอกขาวของผ้าฝ้ายสีธรรมชาติสีน้ำตาล
ที่ย้อมด้วยสารช่วยติดชนิดต่างๆ

สารช่วยติด	dE*	ระดับความคงทน
เหล็ก	9.25 ± 0.96 ^a	2 (พอใช้)
สารส้ม	8.00 ± 0.36 ^b	2 (พอใช้)
ไม่ใช้สารช่วยติด	7.67 ± 0.00 ^b	2 (พอใช้)
โครม	3.63 ± 0.48 ^c	3 (เกือบดี)
ดีบุก	0.88 ± 0.17 ^d	5 (ดียอดเยี่ยม)

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรในแนวตั้งแตกต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากตารางที่ 5 ซึ่งแสดงค่าการเปลี่ยนสี
หลังการทดสอบความคงทนของสีต่อการซัก
และการฟอกขาวของผ้าฝ้ายสีธรรมชาติสีน้ำตาล
พบว่า ค่าเฉลี่ย dE* ของการเปลี่ยนสีมีค่า
ค่อนข้างแตกต่างกัน โดยผ้าฝ้ายสีธรรมชาติ
สีน้ำตาลที่ย้อมด้วยดีบุกมีค่า dE* ต่ำที่สุด
ในขณะที่ผ้าฝ้ายสีธรรมชาติสีน้ำตาลที่ย้อมด้วยเหล็ก
ให้ค่าเฉลี่ย dE* ของการเปลี่ยนสีสูงที่สุด

เมื่อพิจารณาระดับความคงทนของการเปลี่ยน
สีต่อการซักและการฟอกขาวของผ้าฝ้ายสีธรรมชาติ
สีน้ำตาล พบว่า การไม่ใช้สารช่วยติด (ตัวควบคุม)
การย้อมด้วยสารส้มและเหล็ก มีระดับความคงทน
ที่ระดับ 2 (พอใช้) อย่างไรก็ตามการใช้สาร
ช่วยติดโครมและดีบุก ทำให้มีระดับความคงทนของ
สีที่ระดับ 3 (เกือบดี) และระดับ 5 (ดียอดเยี่ยม)
ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย
ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test
(DMRT) เพื่อตรวจสอบความแตกต่างของ
ค่าเฉลี่ย dE* ของการเปลี่ยนสีหลังการซัก

และการฟอกขาว พบว่า ผ้าฝ้ายสีธรรมชาติ
สีน้ำตาลที่ย้อมด้วยเหล็ก มีค่าเฉลี่ย dE*
ของการเปลี่ยนสีหลังการซักและการฟอกขาวสูง
กว่าผ้าฝ้ายสีธรรมชาติสีน้ำตาลที่ไม่ใช้สารช่วยติด
(ตัวควบคุม) และที่ย้อมด้วยสารส้ม โครม
และดีบุกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P < 0.05)
ผ้าฝ้ายสีธรรมชาติสีน้ำตาลที่ย้อมด้วยสารส้ม
และไม่ใช้สารช่วยติด (ตัวควบคุม) มีค่าเฉลี่ย
dE* ของการเปลี่ยนสีหลังการซักและการฟอกขาว
สูงกว่าผ้าฝ้ายสีธรรมชาติสีน้ำตาลที่ย้อมด้วยโครม
และดีบุก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P < 0.05)
แต่ผ้าฝ้ายสีธรรมชาติสีน้ำตาลที่ย้อมด้วยสารส้ม
มีค่าเฉลี่ย dE* ไม่แตกต่างกับผ้าฝ้ายสีธรรมชาติ
สีน้ำตาลที่ไม่ใช้สารช่วยติด (ตัวควบคุม)
อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P > 0.05) และผ้าฝ้าย
สีธรรมชาติสีน้ำตาลที่ย้อมด้วยโครม มีค่าเฉลี่ย
dE* ของการเปลี่ยนสีหลังการซักและการฟอกขาว
สูงกว่าผ้าฝ้ายสีธรรมชาติสีน้ำตาลที่ย้อมด้วยดีบุก
อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P < 0.05)

จากผลการวิจัยสรุปได้ว่า โครม และดีบุก เป็นสารช่วยติดที่มีค่าเฉลี่ย dE^* ของการเปลี่ยนสีต่ำลง เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้สารช่วยติด (ตัวควบคุม) และมีระดับความคงทนเพิ่มขึ้น คือ ระดับ 3 (เกือบดี) และระดับ 5 (ดียอดเยี่ยม) ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับที่วรรณ ดอนชัย [7] กล่าวว่า สารช่วยย้อมดีบุก จะช่วยให้วัสดุสิ่งทอมีความคงทนของสีต่อการซักดี ในขณะที่เหล็กและสารส้มเป็นสารช่วยติดที่ทำให้ค่าเฉลี่ย dE^* ของการเปลี่ยนสีสูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้สารช่วยติด

สรุปและอภิปรายผล

จากการวิจัยพบว่า ชนิดของสารช่วยติด มีผลต่อสี ความคงทนของสีต่อแสง ความคงทนของสีต่อการซักและความคงทนของสีต่อการซักและฟอกขาว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ผลการวิจัยสรุปได้ว่า ค่า L^* ของตัวแปรควบคุมและตัวแปรที่ศึกษามีค่าอยู่ระหว่าง 33.49 - 50.14 ค่า a^* ของตัวแปรควบคุมและตัวแปรที่ศึกษามีค่าอยู่ระหว่าง 4.96- 12.05 ค่า b^* ของตัวแปรควบคุมและตัวแปรที่ศึกษามีค่าอยู่ระหว่าง 13.93 - 25.26 ค่า C^*

ของตัวแปรควบคุมและตัวแปรที่ศึกษา มีค่าอยู่ระหว่าง 14.79 - 27.99 และค่า h^* ของตัวแปรควบคุมและตัวแปรที่ศึกษามีค่าอยู่ระหว่าง 64.49 - 70.39 ค่า dE^* ของการเปลี่ยนสีจากการอบแสงของตัวแปรควบคุมและตัวแปรที่ศึกษามีค่าอยู่ระหว่าง 0.58 -3.00 ค่า dE^* ของการเปลี่ยนสีจากการซักของตัวแปรควบคุมและตัวแปรที่ศึกษามีค่าอยู่ระหว่าง 0.84 - 6.23 ค่า dE^* ของการเปื้อนสีจากการซักของตัวแปรควบคุมและตัวแปรที่ศึกษามีค่าอยู่ระหว่าง 1.04 - 2.49 ค่า dE^* จากการซักและฟอกขาวของตัวแปรควบคุมและตัวแปรที่ศึกษามีค่าอยู่ระหว่าง 0.88 - 9.25

ผลการวิจัยชี้แนะว่า ถ้าใช้ผ้าฝ้ายสีธรรมชาติสีน้ำตาลที่ไม่ได้ย้อมทับด้วยสารช่วยติดควรหลีกเลี่ยงการถูกแสงแดดโดยตรงและการใช้สารฟอกขาวหากต้องการเพิ่มความคงทนของสีต่อการซักด้านการเปื้อนสีควรย้อมทับด้วยโครมเหล็ก สารส้มหรือดีบุก และหากต้องการเพิ่มความคงทนของสีต่อการซักและการฟอกขาวควรย้อมทับด้วยโครมหรือดีบุก

เอกสารอ้างอิง

- [1] อภิชาติ สนธิสมบัติ. (ม.ป.ป.). *สมบัติของเส้นใย*. สืบค้นเมื่อ 29 มีนาคม 2556, จาก: http://www.ttcexpert.com/2012/Intro_cotton_flax_wool_silk
- [2] Singh, P; V, V. Singh; & V, N. Waghmare. (2015). *Naturally Coloured Cotton*. Retrieved February 27, 2015, from <http://www.cicr.org.in>
- [3] สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. (2550). *การย้อมสีธรรมชาติ*. สืบค้นเมื่อ 29 มีนาคม 2556, จาก http://www.ist.cmu.ac.th/cotton/naturalColor_Assistance.php?subnav=3
- [4] นฤมล ทรายพันธุ์. (2533). *การใช้สารช่วยติดในการย้อมไหมด้วยมันชัน*. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท (คหกรรมศาสตร์). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [5] รัตนพล มงคลรัตนสิทธิ์. (2549). *วิธีการทดสอบความคงทนของสีบนวัสดุสิ่งทอตามมาตรฐาน*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

- [6] Testex textile Instrument Ltd. (2002). *Reballot of proposed Revision of AATCC Test Method 16-1998 Colorfastness to light*. Dongguan.
- [7] วรณั ดอนชัย. (2548). *เอกสารชุดความรู้เรื่องสีย้อมธรรมชาติ*. เชียงใหม่: สถาบันวิจัยและพัฒนา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- [8] นันทนัช พิเชษฐวิทย์. (2533). *ผลของสารช่วยติดสีที่มีต่อการย้อมไหมด้วยใบตะขบฝรั่ง*. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท (คหกรรมศาสตร์). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์.