รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การเตรียมแป้งพิมพ์ด้วยสารข้นจากกัมเมล็ดพืช สำหรับการพิมพ์ผ้าไหมด้วยสีจากเปลือกมังคุด

(Printing paste preparation using seed gums as thickening agent for eco-friendly silk printing by natural dye from mangosteen rind)

โดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วันเชิง สิทธิกิจโยธิน

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

โครงการวิจัยประเภทงบประมาณเงินรายได้

จากเงินทุนอุดหนุนการวิจัย (งบประมาณแผ่นดิน)

ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2557

มหาวิทยาลัยบูรพา

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อหาสูตรแป้งพิมพ์และสภาวะการผนึกสีบนผ้าที่เหมาะสมในการพิมพ์ผ้าไหมด้วยสีธรรมชาติจากเปลือกมังคุด โดยใช้กัมปรับปรุงจากเมล็ดหางนกยูงไทยและเมล็ดหางนกยูงฝรั่งเป็นสารข้นทางธรรมชาติ ซึ่งสูตรแป้งพิมพ์ที่ใช้พิมพ์นั้นจะใช้สูตรทางการค้าของโรงงานเป็นสูตรมาตรฐานที่ใช้สารข้นทางการค้า (ทัมมารีนกัม) โดยทำการแปรค่าความเข้มข้นของสารข้นทางธรรมชาติ ความเข้มข้นของกรดซิตริก ความเข้มข้นของยูเรีย ความเข้มข้นของสีธรรมชาติจากเปลือกมังคุด และอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการผนึกสี โดยวิเคราะห์ความคมชัดของลายเส้น การติดสี การกระจายตัวของสีด้วยตาเปล่า และด้วยเครื่องวัดความเข้มของสี และทำการเปรียบเทียบกับผ้าพิมพ์ที่พิมพ์ด้วยแป้งพิมพ์ที่เตรียมจากสารข้นทางการค้า จากการวิเคราะห์ดังกล่าวจะได้สูตรแป้งพิมพ์ที่เหมาะสมสำหรับการพิมพ์บนผ้าไหมด้วยสีจากเปลือกมังคุด ที่ใช้สารข้นจากกัมปรับปรุงจากเมล็ดหางนกยูงไทยและกัมจากเมล็ดหางนกยูงฝรั่ง จำนวน 2 สูตร จากนั้นนำผ้าไหมที่พิมพ์ด้วยสูตรแป้งพิมพ์ทั้งสองดังกล่าวไปทดสอบความคงทนของสีต่อการซักล้างบนวัสดุสิ่งทอ ความคงทนของสีต่อการขัดถู ความคงทนของสีต่อแสงแดดเทียม ความคงทนของสีต่อเหงื่อ และความคงทนของสีต่อน้ำ เปรียบเทียบกับผ้าไหมที่พิมพ์ด้วยสูตรแป้งพิมพ์ทางการค้า พบว่าผลการทดสอบความคงทนของการพิมพ์ด้วยแป้งพิมพ์ที่เตรียมด้วยสารข้นทางธรรมชาตินั้นจะมีค่าดีกว่าผ้าพิมพ์ที่ได้จากการพิมพ์ด้วยแป้งพิมพ์ทางการค้า ทั้งนี้ข้อดีของการใช้สารข้นธรรมชาติ คือใช้ปริมาณที่น้อยกว่าสารข้นทางการค้าเนื่องจากมีค่าความหนืดมากกว่า อีกทั้งเป็นวัตถุดิบที่หาได้ภายในประเทศเมื่อเทียบกับสารข้นทางการค้าที่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ

Abstract

The aim of the present work was to optimize the formula of printing paste. Seed gums from *Caesalpinia pulcherrima* and *Delonix regia* had been modified using carboxymethylation and used as natural thickening agents for printing on silk fabrics and compared to the commercial printed silk fabrics. Regarding the commercial thickening agent as tamarind gum, it is currently used for commercial printing paste however this high cost raw material must be imported. The concentration of natural thickening agent, citric, urea, natural dye from mangosteen rind and temperature and time in fixation process were investigated. The quality fabrics printed by depth of shade and colour fastness were evaluated and compared to printed fabrics by commercial printing paste. Finally, two formulas of printing paste were found out for each seed gums. The obtained results showed that the printing pasted from our natural seed gums had good potential to use instead of commercial thickening agent for printing on silk fabric.

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) สำหรับทุนอุดหนุนการวิจัยงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2557 สำหรับโครงการวิจัยเรื่อง “การเตรียมแป้งพิมพ์ด้วยสารข้นจากกัมเมล็ดพืช สำหรับการพิมพ์ผ้าไหมด้วยสีจากเปลือกมังคุด” ตามสัญญาทุนวิจัยเลขที่ 94/2557 และขอขอบคุณบริษัท ที เอ็น เอช อิมพอร์ต แอนด์ เอ็กซ์พอร์ต (T.N.H Import and Export Co., Ltd.) ที่เอื้อเฟื้อวัตถุดิบและสถานที่ในการดำเนินโครงการและรวมทั้งให้คำแนะนำเกี่ยวกับกระบวนการพิมพ์ผ้า และขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ที่ให้การสนับสนุนการทำโครงการวิจัยนี้ให้ลุล่วงไปด้วยดี

วันเช็ง สิทธิกิจโยธิน

พฤศจิกายน 2557

สารบัญ

บทคัดย่อ **ก**

Abstract **ข**

กิตติกรรมประกาศ **ค**

สารบัญ **ง**

บทที่ 1 บทนำ **1**

1.1 วัตถุประสงค์ **1**

1.2 ขอบเขตของการทำโครงการวิจัย 1

1.3 ประโยชน์ที่ได้รับ 2

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง **3**

2.1 การพิมพ์ผ้า 3

2.1.1 การพิมพ์ตรง 3

2.1.2 การพิมพ์แบบดิสชาร์สและแบบรีซิส 3

2.2 วิธีการพิมพ์ผ้า 4

2.2.1 การพิมพ์ผ้าด้วยเครื่องพิมพ์โรลเลอร์ 4

2.2.2 การพิมพ์ผ้าแบบสกรีน 4

2.2.3 การพิมพ์ผ้าแบบส่งถ่ายสี 4

2.2.4 การพิมพ์ผ้าแบบอิงค์เจท 4

2.3 สีพิมพ์ผ้า 5

2.3.1 การทำให้สีติดบนผ้า 5

2.3.2 สารช่วยในการพิมพ์ 6

2.4 สารข้น 6

2.5 กัม 7

2.5.1 แหล่งที่พบและชนิดกัม 7

2.5.2 คุณสมบัติทั่วไปของกัม 8

2.5.3 การใช้กัมในการเตรียมแป้งพิมพ์ 10

2.5.4 คุณสมบัติของกัมสำหรับการพิมพ์ผ้า 11

2.6 การทดสอบผ้าพิมพ์ 12

2.6.1 การตรวจสอบความสมบูรณ์ของผ้าพิมพ์ 12

2.6.2 ความคงทนของสีต่อการซักล้างบนวัสดุสิ่งทอ 15

2.6.3 ความคงทนของสีต่อการขัดถู 15

2.6.4 ความคงทนของสีต่อแสงแดดเทียม 15

2.6.5 ความคงทนของสีต่อเหงื่อ 16
2.6.6 ความคงทนของสีต่อน้ำ 16
บทที่ 3 วัตถุดิบและวิธีการทดลอง 17
3.1 การเตรียมวัตถุดิบ 17
3.1.1 วัตถุดิบ 17
3.1.2 การเตรียมผงกัมดิบ 18
3.1.3 การเตรียมผงกัมปรับปรุง 18
3.1.4 การสกัดสีธรรมชาติจากเปลือกมังคุด 19
3.2 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีฟิสิกส์ของผงกัม 19
3.2.1 ความชื้น 19
3.2.2 เถ้า 20
3.2.3 โปรตีน 21
3.2.4 ไขมัน 22
3.2.5 ความหนืดแบบอินทรินสิค 23
3.3 ขั้นตอนการพิมพ์ผ้าแบบตรง 25
3.3.1 การเตรียมแป้งพิมพ์ 25
3.3.2 การพิมพ์ผ้า 27
3.3.3 การซักล้าง 27
3.4 การเปรียบเทียบลักษณะปรากฏของผ้าพิมพ์ 28
3.5 การทดสอบความคงทนของสีผ้าพิมพ์ 29
3.5.1 ความคงทนของสีต่อการซักล้างบนวัสดุสิ้งทอ 29
3.5.2 ความคงทนของสีต่อการขัดถู 30
3.5.3 ความคงทนของสีต่อแงแดดเทียม 30
3.5.4 ความคงทนของสีเหงื่อ 30
3.5.5 ความคงทนของสีต่อน้ำ 33
บทที่ 4 ผลการทดลอง และอภิปรายผลการทดลอง 34
4.1 ลักษณะทางกายภายของเมล็ดพืชตัวอย่าง 34
4.1.1 เมล็ดหางนกยูงไทย 34
4.1.2 เมล็ดหางนกยูงฝรั่ง 34
4.2 การเตรียมผงกัมดิบและผงกัมปรับปรุง 35
4.3 องค์ประกอบทางเคมีของผงกัมดิบและผงกัมปรับปรุง 37
4.4 ค่าความหนืดแบบอินทรินสิคของสารละลายกัม 38
4.5 การเตรียมแป้งพิมพ์ 39

4.5.1 อิทธิพลของความเข้มข้นของสารข้น 40
4.5.2 อิทธิพลของความเข้มข้นของกรดซิตริก 42
4.5.3 อิทธิพลของความเข้มข้นของยูเรีย 44
4.5.4 อิทธิพลความเข้มข้นของสีธรรมชาติ 45
4.5.5 อิทธิพลของอุณหภูมิที่เหมาะสมในการผนึกสี 47
4.5.6 อิทธิพลของระยะเวลาในการผนึกสี 48
4.5.7 สูตรของแป้งพิมพ์และสภาวะที่เหมาะสม 50
4.6 ผลการทดสอบความคงทนของสี 51
4.6.1 ความคงทนต่อสีต่อการซักล้าง 51
4.6.2 ความคงทนต่อสีต่อการขัดถู 52
4.6.3 ความคงทนต่อสีต่อแสง 52
4.6.4 ความคงทนต่อสีต่อเหงื่อ 53
4.6.5 ความคงทนต่อสีต่อน้ำ 54
บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงาน **55**
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน 55
5.2 บทความวิชาการที่คาดว่าจะเตรียมเผยแพร่ 57
เอกสารอ้างอิง **58**

สารบัญรูปภาพ

2.1 โครงสร้างของกาแลคโตแมนแนนที่ได้จากลูคัสต์บีนกัม 8

2.2 ระบบสีแบบ CIELAB 1976 13

3.1 เมล็ดหางนกยูงไทย เมล็ดหางนกยูงฝรั่ง และผงทัมมารีนกัมทางการค้า 17

3.2 ผ้าไหม 18

3.3 เปลือกมังคุดตากแห้ง 18

3.4 การหาค่าความหนืดแบบอินทรินสิค 24

3.5 การหาค่าความหนืดแบบอินทรินสิคจากการพล็อตกราฟด้วยสมการ Huggins' – Kramer ของกัมจากเมล็ด Afzelia 25

3.6 เครื่องพิมพ์สกรีนแบบแบนราบ และกรอบสกรีน 27

3.7 ตัวอย่างผ้าพิมพ์ที่ใช้ในการสังเกตการติดสี ความเข้มข้น พื้นระนาบ ลายเส้น และการกระจายตัว 28

4.1 ลักษณะเมล็ดและโครงสร้างภายในเมล็ดหางนกยูงไทยและหางนกยูงฝรั่ง 35

4.2 ค่าความหนืดแบบอินทรินสิคของสารละลายกัมเมล็ดหางนกยูงไทยและเมล็ดหางนกยูงฝรั่งจากการประมาณโดยสมการ Huggins' และสมการ Kraemer ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส 38

4.3 ค่าความหนืดของสารข้นที่ความเข้มข้นต่างๆ สำหรับกัมปรับปรุงจากเมล็ดหางนกยูงไทยและกัมปรับปรุงจากเมล็ดหางนกยูงฝรั่ง และทัมมารีนกัมทางการค้า 40

สารบัญตาราง

2.1 ที่มาของกัมแต่ละชนิด 8

2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างชนิดสี ชนิดกัม และชนิดผ้าที่ใช้ 11

3.1 สูตรที่ใช้พิมพ์ทางการค้า 26

3.2 อุณหภูมิ และระยะเวลาในการอบผ้าไหมที่ใช้พิมพ์ทางการค้า 26

3.3 เกร์ยสเกล 32

4.1 องค์ประกอบของเมล็ดพืชตัวอย่าง 35

4.2 ปริมาณร้อยละโดยน้ำหนักของผงกัมดิบและผงกัมปรับปรุงเมื่อเทียบกับน้ำหนักของเมล็ดพืช 37

4.3 องค์ประกอบทางเคมีของผงกัม 38

4.4 ค่าความหนืดแบบอินทรินสิคของสารละลายผงกัมดิบและผงกัมปรับปรุงที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส 39

4.5 ผลการวัดสีและตัวอย่างผ้าพิมพ์ที่ได้จากสารข้น เมื่อแปรค่าความเข้มข้นของสารข้นตัวอย่าง 41

4.6 ผลการวัดสีและตัวอย่างผ้าพิมพ์ที่ได้จากสารข้น เมื่อแปรค่าความเข้มข้นของกรดซิตริก 43

4.7 ผลการวัดสีและตัวอย่างผ้าพิมพ์ที่ได้จากสารข้น เมื่อแปรค่าความเข้มข้นของยูเรีย 44

4.8 ผลการวัดสีและตัวอย่างผ้าพิมพ์ที่ได้จากสารข้น เมื่อแปรค่าความเข้มข้นของสีธรรมชาติ 46

4.9 ผลการวัดสีและตัวอย่างผ้าพิมพ์ที่ได้จากสารข้น เมื่อแปรค่าอุณหภูมิในการผนึกสี 47

4.10 ผลการวัดสีและตัวอย่างผ้าพิมพ์ที่ได้จากสารข้น เมื่อแปรค่าเวลาในการผนึกสี 49

4.11 สูตรการเตรียมสารข้นที่เหมาะสมต่อการพิมพ์ผ้า 50

4.12 การทดสอบความคงทนของสีต่อการซักล้างที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสตามมาตรฐาน ISO – C06 A1s: 2010 51

4.13 การทดสอบความคงทนของสีต่อการขัดถูตามมาตรฐาน ISO 105 – X12: 2001 52

4.14 การทดสอบความคงทนของสีต่อแสงตามมาตรฐาน ISO 105 – B02: 1994 53

4.15 การทดสอบความคงทนของสีต่อเหงื่อตามมาตรฐาน ISO 105 – E04: 2008 (สภาวะกรด) 54

4.16 การทดสอบความคงทนของสีต่อเหงื่อตามมาตรฐาน ISO 105 – E04: 2008 (สภาวะด่าง) 54

4.17 การทดสอบความคงทนของสีต่อน้ำตามมาตรฐาน ISO 105 – E01: 2010 55

บทที่ 1
บทนำ

สำหรับประเทศไทยนับได้ว่าเป็นแหล่งอุตสาหกรรมสิ่งทอที่มีขนาดใหญ่แห่งหนึ่ง เนื่องจากภายในประเทศมีวัตถุดิบที่หลากหลายและสามารถนำเข้าสู่อุตสาหกรรมได้ ปกติแล้ววัสดุสิ่งทออาจจะอยู่ในรูปของเส้นใย เส้นด้าย หรือผืนผ้า แต่อย่างไรก็ตามชนิดของเส้นใยก็เป็นตัวกำหนดชนิดของสีที่ใช้ในการพิมพ์ผ้า กระบวนการ อุณหภูมิ และสารเคมีที่ใช้ในการพิมพ์ แต่สารเคมี และส่วนประกอบบางอย่างที่ใช้ในการพิมพ์จะต้องมีการนำเข้าจากต่างประเทศ ทำให้สิ้นเปลืองงบประมาณ และเป็นการเพิ่มต้นทุนให้กับกระบวนการผลิต

สารข้น (Thickening agent) ในแป้งพิมพ์ ถือเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการทำหน้าที่พาสี และช่วยสีให้สามารถผนึกกับเนื้อผ้าได้ ปัจจุบันอุตสาหกรรมสิ่งทอจะนำเข้าสารข้นดังกล่าวจากต่างประเทศ สำหรับสารข้น เป็นสารประเภทไฮโดรคอลลอยด์ (Hydrocolloid) (สามารถให้ความหนืดได้ดีเมื่อละลายในน้ำแม้ใช้ในปริมาณความเข้มข้นน้อยๆ) โดยมีแหล่งที่มาจากเมล็ดพืช สาหร่าย ยางพืช จุลินทรีย์ เป็นต้น ซึ่งเป็นสารโพลีแซคคาไรด์กลุ่มใหญ่ที่ประกอบด้วยน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว หรือเรียกอีกชื่อว่า กัม (Gum) มีคุณสมบัติที่สำคัญ คือ สามารถละลายน้ำได้และให้ความข้นหนืดได้สูงแม้ที่ความเข้มข้นต่ำ ทำให้เกิดเจล ช่วยให้เกิดอิมัลชัน รักษาความคงตัว เป็นต้น ทำให้ถูกนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร และผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง

กัมพบเมล็ดพืชตระกูลฝัก (Legume family) เช่น หางนกยูงไทย หางนกยูงฝรั่ง เมล็ดมะขาม และราชพฤกษ์ เป็นต้น จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่ากัมที่ได้จากเมล็ดพืชดังกล่าว มีคุณสมบัติในการเป็นสารไฮโดร-คอลลอยด์ที่ดี จึงเป็นที่มาของโครงการวิจัยนี้ กล่าวคือนำกัมจากเมล็ดหางนกยูงไทย และเมล็ดหางนกยูงฝรั่งมาประยุกต์ใช้เป็นสารข้นสำหรับการเตรียมแป้งพิมพ์เพื่อพิมพ์ผ้าไหมด้วยสีจากธรรมชาติ (สีของเปลือกมังคุด)

1.1 วัตถุประสงค์

1. เพื่อหาสูตรที่เหมาะสมในการพิมพ์ผ้าไหมด้วยสีจากเปลือกมังคุด โดยใช้แป้งพิมพ์ที่เตรียมได้จากกัมปรับปรุงจากเมล็ดหางนกยูงไทย และเมล็ดหางนกยูงฝรั่ง
2. เพื่อหาอุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้ในการอบของการพิมพ์ผ้าไหมด้วยสีจากเปลือกมังคุด โดยใช้แป้งพิมพ์ที่เตรียมได้จากกัมปรับปรุงจากเมล็ดหางนกยูงไทย และเมล็ดหางนกยูงฝรั่ง
3. เพื่อทดสอบความคงทนของสีจากเปลือกมังคุดที่พิมพ์บนผ้าไหมที่พิมพ์ด้วยแป้งพิมพ์ที่เตรียมได้จากกัมปรับปรุงจากเมล็ดหางนกยูงไทย และเมล็ดหางนกยูงฝรั่ง และเปรียบเทียบกับผ้าพิมพ์ที่พิมพ์ด้วยแป้งพิมพ์ที่เตรียมได้จากทัมมารีนกัมทางการค้า

1.2 ขอบเขตการศึกษา

1. กัมจากเมล็ดพืชที่ใช้ คือ เมล็ดหางนกยูงไทย และเมล็ดหางนกยูงฝรั่ง
2. ผ้าที่ใช้สำหรับการพิมพ์ ผ้าไหม

3. สีที่ใช้พิมพ์ผ้า คือ สีธรรมชาติจากเปลือกมังคุด
4. กระบวนการที่ใช้ในการปรับปรุงกัมดิบคือ กระบวนการคาร์บอกซีเมทิลเลชัน
5. ศึกษาคุณสมบัติทางเคมีฟิสิกส์ของกัมดิบและกัมปรับปรุง ได้แก่ ความชื้น เถ้า ไขมัน โปรตีน โพลิแซคคาไรด์ และความหนืดแบบอินทรินสิค
6. การพิมพ์ผ้าไหมใช้วิธีการพิมพ์ตรง (Direct printing)
7. การหาสูตรที่เหมาะสมในการพิมพ์ผ้าที่ใช้แป้งพิมพ์ที่เตรียมได้จากกัมปรับปรุงจากเมล็ดหางนกยูง-ไทย และเมล็ดหางนกยูงฝรั่ง โดยตัวแปรที่ศึกษามีดังนี้
    - ความเข้มข้นของสารข้นจากกัมปรับปรุงจากเมล็ดหางนกยูงไทย และเมล็ดหางนกยูงฝรั่งที่ความเข้มข้นของสารข้นร้อยละ 3 – 8 โดยน้ำหนัก
    - ความเข้มข้นของกรดซิตริก (สำหรับผ้าไหม) ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.1, 0.3 และ 0.5 โดยน้ำหนัก
    - ความเข้มข้นของยูเรียที่ความเข้มข้นร้อยละ 10, 12 และ 14 โดยน้ำหนัก
    - อุณหภูมิในการอบด้วยความร้อนแห้ง (สำหรับผ้าไหม) ใช้ที่ 190, 200 และ 210 องศา-เซลเซียส
    - ระยะเวลาในการอบด้วยความร้อนแห้งใช้เวลาที่ 0.5, 1.0 และ 1.5 นาที
    - ความเข้มข้นของสีที่ความเข้มข้นร้อยละ 3, 4 และ 5 โดยน้ำหนัก
8. การทดสอบความคงทนของสีมีดังนี้ คือ ความคงทนของสีต่อการซักล้างบนวัสดุสิ่งทอ ความคงทนของสีต่อการขัดถู ความคงทนของสีต่อแสงแดดเทียม ความคงทนของสีต่อเหงื่อ และความคงทนของสีต่อน้ำ

1.3 ประโยชน์ที่ได้รับ

1. ได้สูตรแป้งพิมพ์ที่เหมาะสม เมื่อใช้สารข้นจากกัมปรับปรุงจากเมล็ดหางนกยูงไทย และเมล็ดหาง-นกยูงฝรั่งสำหรับการพิมพ์ผ้าไหมด้วยสีธรรมชาติจากเปลือกมังคุด
2. ได้สภาวะในการอบ (อุณหภูมิ และระยะเวลา) ที่เหมาะสมสำหรับการพิมพ์ผ้าไหมด้วยสีธรรมชาติจากเปลือกมังคุด
3. ได้ทราบถึงผลการทดสอบความคงทนของการติดสีธรรมชาติจากเปลือกมังคุดที่พิมพ์บนผ้าผ้าไหมที่พิมพ์ด้วยแป้งพิมพ์ที่เตรียมได้จากกัมปรับปรุงจากเมล็ดหางนกยูงไทย และเมล็ดหางนกยูงฝรั่ง โดยทำการเปรียบเทียบกับผ้าไหมที่พิมพ์ด้วยแป้งพิมพ์ที่เตรียมได้จากสารข้นทางการค้า

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การพิมพ์ผ้า

การพิมพ์ (Printing) หมายถึงการให้สีในตำแหน่งเฉพาะ เพื่อให้เกิดเป็นรูปร่างหรือลวดลายต่างๆ ซึ่งอาจเป็นเพียงลายง่ายๆ เช่น เส้นตรงหรือจุด โดยใช้สีเพียงไม่กี่สีไปจนถึงลายที่สลับซับซ้อน ความสัมพันธ์ของสีกับเส้นใย มีหลักการเดียวกับการย้อมสี เพียงแค่เปลี่ยนวิธีการเป็นการพิมพ์เท่านั้น อาจกล่าวได้ว่า การพิมพ์เป็นการเคลือบผิว ซึ่งอาจตามด้วยการตรึงสี และการล้างออก

การพิมพ์เกิดขึ้นมานานแล้ว โดยใช้เทคนิคและกรรมวิธีการผลิตอย่างง่ายๆ จนกระทั่งปัจจุบันได้พัฒนาการผลิต เครื่องจักร ชนิดของสี และสารเคมี ให้มีความทันสมัยมากขึ้น เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคทั้งในแง่ของปริมาณและคุณภาพ วิมลรัตน์ ศรีจรัสสิน (2550) ได้อธิบายการพิมพ์ในแบบต่างๆไว้ดังนี้

2.1.1 การพิมพ์ตรง

การพิมพ์ตรง (Direct printing) คือ การพิมพ์ลวดลายด้วยสีพิมพ์ลงบนผ้าขาวโดยตรง เป็นการทำให้สีติดบนสิ่งทอโดยตรงในบริเวณที่ออกแบบไว้ ซึ่งจะใช้แป้งพิมพ์ที่ผสมกับหมึกพิมพ์ตามประเภทที่เหมาะสมกับเนื้อผ้าและผสมกับสารเคมีอื่นๆ เพื่อช่วยเพิ่มความคมชัดของลายและความเข้มข้นของสี แล้วจึงทำการพิมพ์โดยตรงลงไปบนเนื้อผ้า สีแต่ละสีจะซ้อนทับกัน ซึ่งจะขึ้นกับทักษะของพิมพ์ และความหนืดของแป้งพิมพ์ การพิมพ์แบบสกรีนประกอบด้วย กรอบสกรีนที่ขึงด้วยผ้าใยสังเคราะห์หรือแผ่นโลหะตาข่าย บางส่วนของแผ่นตาข่ายนี้ถูกปิดไว้ไม่ให้สีผ่านได้ แป้งพิมพ์หรือหมึกพิมพ์จะถูกด้วยแรงปาดลงไปติดบนสิ่งทอในบริเวณที่ต้องการ แป้งพิมพ์หรือหมึกพิมพ์อาจมีสีติดอยู่ หรือเป็นวัสดุที่ไม่มีสีก็ได้

2.1.2 การพิมพ์แบบดิสชาร์สและแบบรีซิส

การพิมพ์แบบดิสชาร์สและแบบรีซิส (Discharge and resist printing) การพิมพ์แบบนี้เป็นการผสมรูปแบบการพิมพ์และการย้อมเข้าด้วยกัน การพิมพ์แบบดิสชาร์ส หรือเรียกว่า การลอกสีพื้น จะเริ่มจากการย้อมผ้าเป็นสีพื้นก่อน เมื่อย้อมและทำให้แห้งเสร็จแล้ว จะผ่านเข้าสู่การพิมพ์ทับด้วยแป้งพิมพ์ที่ประกอบด้วย สารเคมีที่มีคุณสมบัติในการทำลายหรือลอกสีพื้นที่ย้อมไว้แล้วออก ดังนั้นในบริเวณที่มีลายพิมพ์จะเห็นเป็นลวดลายสีขาว หรือสามารถทำเป็นลวดลายสี โดยการผสมสีที่ทนต่อการสารลอกสี เช่น สีวัต เป็นต้น ลงในแป้งพิมพ์ ดังนั้นสีพื้นจะถูกลอกออกไป และสีใหม่จะติดแมนที่ในลายพิมพ์ที่ต้องการ

การพิมพ์แบบรีซิสจะเริ่มด้วยการพิมพ์ก่อน ส่วนสีพื้นอาจใช้วิธีการย้อมหรือการพิมพ์ทับอีกครั้งในภายหลัง หลักการ คือ ในแป้งพิมพ์จะประกอบด้วยสารต้านสีไม่ให้สีติดในบริเวณที่พิมพ์ลาย หรืออาจ

ใช้แวกซ์เป็นวัสดุในการต้านสีติด จากนั้นนำผ้าไปย้อมหรือพิมพ์ บริเวณที่สสารต้านสีอยู่สีจะไม่ติดสีย้อม จึงกลายเป็นลวดลายสีขาว หรือทำเป็นลวดลายสีได้ รูปแบบการพิมพ์แบบนี้จะมีต้นทุนการผลิตสูง เพราะการทำงานลำบาก ต้องใช้ผู้มีประสบการณ์ แต่ผลงานพิมพ์มีคุณภาพและประณีตสวยงามกว่าการพิมพ์ตรง ทำให้สินค้ามีราคาสูง

2.2 วิธีการพิมพ์ผ้า

2.2.1 การพิมพ์ผ้าด้วยเครื่องพิมพ์โรลเลอร์

การพิมพ์ผ้าด้วยเครื่องพิมพ์โรลเลอร์ (Roller printing) เป็นระบบการพิมพ์อย่างต่อเนื่อง โดยลูกกลิ้งของเครื่องพิมพ์จะถูกแกะเป็นลวดลาย และสีที่ถูกขังบริเวณลวดลายนั้นจะถูกพิมพ์ผ่านออกมาติดกับผ้าที่เคลื่อนที่ผ่านไป ลูกกลิ้งแต่ละตัวจะให้สีแต่ละสี ลูกกลิ้งนี้ทำมาจากเหล็กและมีรูกลวงตรงกลาง ผ่านการชุบโลหะด้วยไฟฟ้าด้วยชั้นของคอปเปอร์ในบริเวณที่แกะลาย และเคลือบสุดท้ายด้วยโครเมียมเพื่อป้องกันการขีดข่วน ลูกกลิ้งพิมพ์นี้จะรับสีจากกล่องสี โดยความช่วยเหลือของลูกกลิ้งอีกตัวหนึ่งที่มีลักษณะคล้ายแปรง จากนั้นมีดปลายแหลมจะปาดสีพิมพ์ในบริเวณที่มีการแกลายของลูกกลิ้ง ทำให้สีพิมพ์ผ่านำไปที่ผ้า ผ้าที่พิมพ์จะอยู่บนลูกกลิ้งตัวใหญ่ตรงกลาง และหนุนด้วยผ้ายางเพื่อเพิ่มพื้นผิวที่ยืดหยุ่น ทำให้ผ้าถูกกดแนบกับลูกกลิ้งพิมพ์ได้ดี ลายพิมพ์จะถูกพิมพ์ต่อเนื่องกันไป และสุดท้ายผ้าจะถูกทำให้แห้ง โดยผ่านตู้อบความร้อนหรือลูกกลิ้งอบไอน้ำ

2.2.2 การพิมพ์ผ้าแบบสกรีน

การพิมพ์ผ้าแบบสกรีน (Screen printing) เป็นรูปแบบหนึ่งของการพิมพ์แบบสเตลซิล การพิมพ์แบบสกรีนประกอบด้วย กรอบสกรีนที่ขึงด้วยผ้าใยสังเคราะห์หรือแผ่นโลหะตาข่าย บางส่วนของแผ่นตาข่ายนี้จะถูกปิดรูไว้ไม่ให้สีผ่านได้ แป้งพิมพ์หรือหมึกพิมพ์จะถูกกดด้วยแรงปาดลงไปติดบนสิ่งทอในบริเวณที่ต้องการ แป้งพิมพ์หรือหมึกพิมพ์อาจมีสีผสมอยู่ หรือเป็นวัสดุที่ไม่มีสีก็ได้การพิมพ์สกรีนด้วยมือสามารถทำได้บนโต๊ะสกรีน แต่ผลผลิตช้า ทำให้เครื่องสกรีนแบบอัตโนมัติเข้ามามีบทบาทในอุตสาหกรรม ซึ่งแบ่งได้เป็นสองแบบคือ เครื่องพิมพ์แฟลต และเครื่องพิมพ์โรตารี

2.2.3 การพิมพ์ผ้าแบบส่งถ่ายสี

การพิมพ์แบบส่งถ่ายสี (Transfer printing) การพิมพ์วิธีนี้ใช้กับผ้าใยสังเคราะห์โดยเฉพาะผ้าโพลีเอสเทอร์ โดยสีดิสเพริสชนิดพิเศษจะถูกพิมพ์บนกระดาษ และนำไปประกบบนผ้าที่ต้องการพิมพ์ เมื่อผ่านผ้าและกระดาษที่มีลวดลายพิมพ์ไปบนลูกกลิ้งร้อน สีพิมพ์บนกระดาษจะไปติดอยู่บนผ้า

2.2.4 การพิมพ์ผ้าแบบอิงค์เจท

การพิมพ์แบบอิงค์เจท (Inkjet printing) นิยมในการพิมพ์พรม แต่ในปัจจุบันด้วยเทคโนโลยีใหม่จึงสามารถใช้พิมพ์บนวัสดุสิ่งทอได้ทุกชนิด เช่น ฝ้าย ไหม เป็นต้น เทคนิคนี้จะแตกต่างจากเทคนิคอื่นๆ

ลวดลายพิมพ์สามารถทำขึ้นได้บนจอคอมพิวเตอร์ และส่งผ่านลายพิมพ์ออกสู่เครื่องพิมพ์อิงค์เจทไปลงบนผ้า จึงมีข้อได้เปรียบ คือ ผลิตงานได้รวดเร็ว และผลิตได้หลายรูปแบบในปริมาณน้อยๆ

2.3 สีพิมพ์ผ้า

สีพิมพ์ในการพิมพ์สิ่งทอเปรียบเสมือนอ่างย้อมเฉพาะแห่งที่ประกอบด้วยสี และสารเติมแต่งอื่นๆ ที่จำเป็นในการช่วยให้สีติดบนวัสดุ เช่น แป้งพิมพ์ สีรีแอคทีฟจะประกอบด้วยเบส เป็นต้น โดยสีจากแป้งพิมพ์จะแพร่เข้าไปในเส้นใย หลังจากการผ่านให้ความร้อนสูงหรือการอบด้วยไอน้ำ ในระหว่างขั้นตอนการตรึง โดยทั่วไปสีที่ใช้ในการพิมพ์สิ่งทอจะต้องละลายน้ำได้ดี แตกต่างจากสีพิมพ์บนกระดาษ ซึ่งเป็นชนิดละลายในสารละลาย เพราะเป็นระบบการแห้งด้วยการระเหย ไม่ใช่การแพร่ผ่านวัสดุเหมือนการพิมพ์ผ้า ดังนั้น สีย้อมที่ใช้ย้อมผ้าก็สามารถใช้เป็นสีพิมพ์ได้เช่นเดียวกัน แต่ปริมาณน้ำที่ใช้ในการเตรียมแป้งพิมพ์ หรือในขั้นตอนการตรึงสีจะน้อยมาก เมื่อเทียบกับกระบวนการย้อม

สมบัติของสีที่สำคัญอีกประการหนึ่ง คือ การแทรกซึมของสีเข้าสู่เส้นใย ในกรณีของการพิมพ์ สีจะต้องแทรกซึมผ่านฟิล์มของแป้งพิมพ์ก่อนจะไปถึงเส้นใย จากนั้นจึงจะเกิดการดูดซึมเข้าสู่เส้นใย ถ้าการแทรกซึมสีผ่านแป้งพิมพ์เกิดช้า การตรึงสีจะต้องใช้เวลานานขึ้น ทำให้นิยมใช้สีที่มีโครงสร้างเล็กในการพิมพ์ แต่ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงระดับความคงทนของสีด้วย

2.3.1 การทำให้สีติดบนผ้า

การทำให้สีติดบนผ้าให้ได้ผลดีนั้น จะต้องพิจารณาเนื่องจากไอน้ำประกอบด้วยน้ำ และมีความร้อน (อภิชาต สนธิสมบัติ, 2545) โดยมีปัจจัยดังต่อไปนี้

1. ปริมาณน้ำต้องเพียงพอ เพื่อทำให้ฟิล์มของสารข้นพองตัว แต่ต้องไม่มากจนทำให้สารข้นที่พิมพ์กระจายตัวออกมา ซึ่งจะทำให้ลวดลายเปราะเปื้อน
2. ปริมาณไอน้ำพอที่จะทำให้สีพิมพ์เป็นสารแขวนลอย หรือสารละลาย เพื่อเป็นตัวกลางทำให้มีสีแพร่กระจายติดเส้นใยได้ดี
3. ไอน้ำทำให้เส้นใยดูดซับน้ำได้ จึงทำให้เส้นใยสามารถรับสีเข้าไปภายในได้
4. อุณหภูมิเป็นตัวเร่งการแพร่ของสีได้ดีขึ้น ในบางครั้งจะเติมสารประเภทดูดความชื้น เพื่อช่วยในการดูดความชื้นจากไอน้ำ ทำให้สีพิมพ์แพร่เข้าสู่เส้นใยได้ดีขึ้น

ผลเสียของการใช้ปริมาณไอน้ำมากเกินไป หรือเติมสารช่วยประเภทดูดความชื้นมากเกินไป ทำให้สีมีความเข้มเจือจางลง อาจส่งผลทำให้สีเกิดการกระจายตัวออกนอกพื้นที่ที่ต้องการ แต่ถ้าปริมาณไอน้ำน้อยเกินไป สีไม่สามารถติดบนเส้นใย เนื่องจากน้ำมีปริมาณไม่เพียงพอ

การพิมพ์ผ้าด้วยสีรีแอคทีฟ และสีดิสเพิร์ส (อัจฉราพร ไศละสูต และชิเวรุ วาตานาเบ, 2520)

1. การพิมพ์ผ้าด้วยสีรีแอคทีฟ สีรีแอคทีฟ สามารถละลายน้ำได้ ทำปฏิกิริยากับหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) .ในเส้นใยเซลลูโลส ได้พันธะโควาเลนต์ที่มีความแข็งแรงกว่าพันธะไฮโดรเจนที่เกิดระหว่างสีไดเร็กท์กับเส้นใยเซลลูโลสมาก จึงมีความคงทนต่อการซักดี

2. การพิมพ์ผ้าด้วยสีดิสเพิร์ส สามารถยึดติดกับผ้าสังเคราะห์ เช่น โพลิเอสเทอร์ เซลลูโลสอะซิเตตต และไนลอนได้โดยอาศัยแรงอย่างอ่อน เช่น แรงไดโพลหรือพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลของสีกับผ้า สีดิสเพิร์สที่กระจายในน้ำย้อมจะแพร่เข้าสู่เส้นใย และยึดติดบนเส้นใยด้วยกลไกที่เรียกว่า Solid Solution คือ การทำให้เนื้อสีที่ละลายน้ำได้น้อยกระจายตัวอยู่ในตัวพา

2.3.2 สารช่วยในการพิมพ์

สีจะซึมเข้าไปในเส้นใยค่อนข้างช้า และหลุดออกได้ง่ายจึงจำเป็นต้องเติมสารเคมีเพิ่ม เพื่อเร่งปฏิกิริยาให้เร็วขึ้น และทำให้สีติดทนทานสม่ำเสมอ สารเคมีเหล่านี้เรียกว่าสารช่วยย้อม ซึ่งมีด้วยกัน 5 ชนิด ดังนี้ (กนกพรรณศักดิ์สุริยา, 2549)

1. กรด ใช้สำหรับย้อมเส้นใยโปรตีน และไนลอนด้วยสีแอสิด ทำหน้าที่เป็นตัวทำละลายสี ทำให้ประจุไฟฟ้าลบในเส้นใยน้อยลง และเพิ่มประจุไฟฟ้าบวกเข้าไป จึงทำให้สีสามารถเข้าไปในเส้นใยได้ดี

2. ด่าง ใช้สำหรับย้อมเส้นใยเซลลูโลสด้วยสีอะโซอิค สีวัต กำมะถัน และสีรีแอคทีฟ ทำให้โมเลกุลของสีทำปฏิกิริยายึดติดกับโมเลกุลของใยเซลลูโลสได้ดียิ่งขึ้น

3. เกลือโซเดียมไอออน จะทำหน้าที่ลดประจุบลบของเส้นใยทำให้ประจุบวกของสีสามารถเข้าไปใกล้เส้นใยจนกระทั่งแรงแวนเดอวาวล์มีประสิทธิภาพ สามารถลดอุณหภูมิน้ำย้อมลงได้ ทำให้สีสม่ำเสมอ เป็นสารที่ดูดติดเส้นใยได้ง่าย

4. สารพา ทำหน้าที่ดูดติดเส้นใยก่อน เมื่อสีเข้าไปติดตัวสีจะลาย แล้วเส้นใยจะดูดสีได้มากขึ้น ทำให้ระดับการติดสีเพิ่มขึ้น

5. สารรีดิวซ์ สีบางชนิดไม่ละลายน้ำ จึงต้องใช้สารเคมีมาช่วยทำให้โมเลกุลของสีมีขนาดเล็กลงจนสามารถซึมผ่านเข้าไปในช่องว่างของเส้นใยได้

2.4 สารข้น

สารข้น (Thickening agent) คือสารที่เตรียมมาจากสารที่ให้ความหนืดสูง หรือสารที่มีลักษณะคล้ายเจล สารดังกล่าวสามารถดูดความชื้น หรือน้ำ ทำให้ตัวมันเองพองตัวได้ ดังนั้นสารข้นที่อยู่ในแป้งพิมพ์จึงเป็นตัวพาสี สารเคมี และตัวทำละลาย เพื่อทำให้แป้งพิมพ์ติดบนวัสดุอย่างสม่ำเสมอ (อภิชาติสนธิสมบัติ, 2545) อีกทั้งช่วยให้ลวดลายอยู่บนตำแหน่งที่ต้องการ รักษาความคมชัดของลวดลายแม้กระทั้งในสภาวะที่เปียกน้ำหรือมีความชื้นสูงภายใต้แรงกดดัน และช่วยรักษาความหนืดของแป้งพิมพ์ให้มีความสม่ำเสมอขณะทำการพิมพ์

แหล่งที่มาของสารข้น มีดังนี้

1. สารข้นที่ได้จากธรรมชาติ ส่วนใหญ่มาจากธัญพืช เช่น แป้งต่างๆ นอกจากนี้ยังสามารถพบพอลิเมอร์ที่สามารถนำมาเป็นสารข้นจากแหล่งอื่นๆ เช่น จากน้ำยางเหนียวของพืชบางชนิด จากรากหรือเมล็ด จากสาหร่ายทะเล และแม้แต่กระทั้งตัวเซลลูโลสพอลิเมอร์ที่พบในแป้ง คือ สารโพลีแซคคาไรด์ ซึ่งมีอยู่สองประเภท คือ พอลิเมอร์สายโซ่โมเลกุลเส้นตรงมีชื่อเรียกว่า อะไมโลส (Amylose) และพอลิเมอร์สายโซ่มีกิ่งก้านสาขา เรียกว่า อะไมโลเพกติน (Amylopectin)

2. สารข้นสังเคราะห์ ส่วนใหญ่เป็นพอลิเมอร์ตระกูลอะคริลิค การเตรียมสารข้นประเภทนี้ทำได้โดยอาศัยปฏิกิริยาโคโพลิเมอร์ไรเซชันระหว่างกรด Methacryllic กับ Ethyl Acrylate เมื่อนำไปใช้งานต้องเติมด่างลดลงไปทำให้หมู่คาร์บอกซิลิกเกิดการอิออนไนเซชันเป็นหมู่คาร์บอกซิเลต (ประจุลบ) จึงเกิดการผลักซึ่งกันและกันทำให้โมเลกุลพอลิเมอร์ที่ขดตัวอยู่ในสารแขวนลอยขยายตัวออกเป็นสายยาว เป็นผลให้ได้สารข้นที่มีความหนืดสูง และมีปริมาณของแข็งต่ำ ต้นทุนในการเตรียมแป้งพิมพ์จึงถูกแต่ปัญหาของสารข้นก็คือ การควบคุมความหนืด เนื่องจากพอลิเมอร์ประเภทนี้มีความไวต่อค่าความเป็นกรดด่างมากเกินไป

3. สารข้นอิมัลชัน สารข้นประเภทนี้ได้จากการผสมกันระหว่างน้ำกับน้ำมันโดยใช้ตัวทำให้เข้ากัน เป็นตัวช่วยในวัฏภาคของน้ำ และวัฏภาคของน้ำมันผสมเข้าเป็นเนื้อเดียวกัน และใช้กับงานพิมพ์ผ้า

2.5 กัม

กัม (Gum) เป็นสารคาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate) ที่พบในพืชสามารถถูกเก็บไว้ได้หลายรูปแบบ เช่น กาแลคโตแมนแนน (Galatomannan) แมนแนน (Mannan) กลูโคแมนแนน (Glucomannan) และกาแลคโตกลูแคน (Galactoglucan) เป็นต้น โดยจะสะสมอยู่ในผนังเซลล์ของเอนโดสเปิร์ม (Endosperm) จากการศึกษาข้อมูลต่างๆ พบว่า สำหรับพืชตระกูลฝัก (Leguminous plant) จะมีผนังของเอนโดสเปิร์มที่หนาจึงพบกัมในปริมาณมาก เนื่องจากกัมมีความสามารถในการดูดซับน้ำได้นาน ด้วยเหตุนี้เองเอนโดสเปิร์มในเมล็ดพืช จึงมีหน้าที่สำหรับเก็บน้ำไว้ใช้ในการเจริญเติบโต (งอก) เป็นต้นพืชต่อไป (Srivastava and Kapoor, 2005)

2.5.1 แหล่งที่พบและชนิดกัม

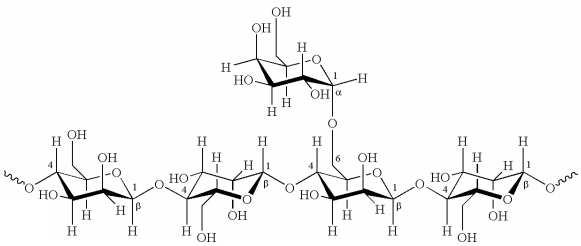
กัมเป็นสารที่ได้จากธรรมชาติ เช่นจากเมล็ดพืช (Plant seed) แบคทีเรีย (Bacteria) และเชื้อรา (Funguns) (Gimenez-Abian et al., 2004) (ตารางที่ 2.1) สำหรับกัมที่ได้จากพืชนั้น ส่วนใหญ่พบมากในพืชตระกูลฝัก ซึ่งพืชตระกูลฝัก สามารถแบ่งออกเป็น 3 วงศ์ คือ PAPILONOIDEAE, CAESALPINIOIDEAE และ MIMOSIODEAE จากการศึกษาความแตกต่างขององค์ประกอบทางเคมี พบว่าเมล็ดพืชจากวงศ์ CAESALPINIOIDEAE มีปริมาณกัมสูงถึงร้อยละ 84 เมื่อเทียบกับเมล็ดพืชจากวงศ์ MIMOSIODEAE และวงศ์ PAPILONOIDEAE ที่พบร้อยละ 52 และร้อยละ 46 ตามลำดับเนื่องจากมีอัตราส่วนระหว่างน้ำตาลแมนโนสต่อน้ำตาลกาแลคโตสมากกว่า

ตารางที่ 2.1 ที่มาของกัมแต่ละชนิด (วรรณา ตุลยธัญ, 2549)

แหล่งที่มาของกัม	ชนิดของกัม
- จากเมล็ดพืช	- โลคัสบีมกัมส์ กัวร์กัม ทัมมารีนกัม
- จากยางพืช	- กัมอาราบิก หรือ กัมอาคาเซีย กัมแกตติ คารายากัม กัมทรากาแคนต์
- จากสาหร่าย	- คาราจีแนน ผงวุ้น อัลจิเนต
- จากจุลินทรย์โดยกระบวนการหมัก	- แซนแทนกัม เดกซ์แทรน ฟอสโฟแมนแนน พอลิแซคคาไรด์B-1973 พอลิแซคคาไรด์Y-1401

กาแลคโตแมนแนน

กาแลคโตแมน (Galatomannan) เป็นกัมชนิดหนึ่ง ยกตัวอย่าง เช่น ฟีนูกรีคกัม (Fenugreek Gum) ทารากัม (Tara Gum) กัวร์กัม (Guar Gum) และลูคัสต์บีนกัม (Locust Beam Gum) แต่ที่นำไปประยุกต์ใช้กันมากคือ กัวร์กัม และลูคัสต์บีนกัม โครงสร้างของกาแลคโตแมนแนน ประกอบด้วยน้ำตาลแมนโนส (Mannose) เป็นสายโซ่หลัก และน้ำตาลกาแลคโตส (Galactose) เป็นสายกิ่ง จับกับสายหลัก ซึ่งถูกเชื่อมต่อด้วย D-monnosyl (Deaetet al., 1975; Srivastava and Kapoor, 2005) ดังแสดงในรูปที่ 2.1 เป็นโครงสร้างของกาแลคโตแมนแนนที่ได้จากเมล็ดของต้นลูคัสต์บีนกัม



รูปที่ 2.1 โครงสร้างของกาแลคโตแมนแนนที่ได้จากลูคัสต์บีนกัม

2.5.2 คุณสมบัติทั่วไปของกัม

กัม ป็นสารประเภทไฮโดรคอลลอยด์ (Hydrocolloid) จึงมีความสามารถในการละลายน้ำได้ดี โดยกัมมีความสามารถในการดูดน้ำได้ดี พองหรือขยายตัวได้ โดยสามารถเกิดปฏิกิริยาระหว่างโมเลกุลส่งผลให้ความหนืดของสารละลายเพิ่มขึ้น กัมบางชนิดไม่เกิดเจลเพราะโครงสร้างมีกิ่งมาก ทำให้สายโซ่หลักไม่มีโอกาสที่เข้าใกล้กัน เพื่อสร้างเป็น Junction Zones

การกระจายตัวในน้ำ

กัมส่วนใหญ่สามารถละลายน้ำได้ดีในน้ำร้อน มีเพียงบางชนิดเท่านั้นที่สามารถละลายน้ำได้ในน้ำเย็น เช่น กัมอะราบิก เป็นต้น และกัมบางชนิดละลายได้บางในสารละลายอินทรีย์ การที่กัมมีความสามารถในการละลาย หรือการกระจายตัวได้ในน้ำผันแปรแตกต่างกัน เรียกว่า Degree of Solubility ซึ่งปัจจัยสำคัญที่เกี่ยวข้อง คือ อุณหภูมิและความเข้มข้น พอลิแซคคาไรด์ส่วนใหญ่ละลายน้ำได้ดีที่ความเข้มข้นประมาณร้อยละ 1-2 แต่อนุพันธ์เซลลูโลสบางชนิดสามารถละลายได้ดีที่ความเข้มข้นเนื่องจากมีความหนืดต่ำ การละลายของกัมส่วนใหญ่ต้องใช้ความร้อนจึงจะทำให้เกิดการไฮเดรชัน (Hydration) มากที่สุด เช่น โลคัสต์บีนกัมและทรากาแคนต์แต่อะการ์ต้องต้มจนเดือดจึงจะเกิดการละลาย หรือกระจายตัวได้อย่างสมบูรณ์ อย่างไรก็ได้ในทางตรงกันข้ามเมทิลเซลลูโลสไม่สามารถละลายในน้ำร้อน แต่สามารถละลายได้ดีในน้ำเย็น (นิติยา รัตนาปนนท์, 2539)

การละลายหรือการทำให้พอลิแซคคาไรด์กัมกระจายตัวในน้ำต้องทำด้วยความระมัดระวังเพื่อไม่ให้กัมเกาะตัวเป็นก้อน การที่กัมเกาะตัวกันได้เนื่องจากกัมเหล่านี้มีสมบัติเป็นไฮโดรฟิลิค (Hydrophilic) กัมจึงเกาะตัวกันเป็นก้อน ซึ่งการละลายของกัมทำได้หลายวิธีดังนี้ (นิติยา รัตนาปนนท์, 2539)

ก. ทำให้กัมกระจายตัวในแอลกอฮอล์หรืออะซิโตน หรือน้ำเชื่อม หรือกลีเซอรีน จำนวนเล็กน้อยแล้วจึงเติมน้ำลงไป

ข. ผสมกับส่วนผสมอื่นๆ ที่เป็นของแข็ง เช่น น้ำตาล หรือ Icing Sugar เสียก่อนแล้วจึงเติมน้ำตาลลงไป หรือนำไปเติมลงในส่วนผสมที่เป็นของเหลวอื่นๆ

ค.ค่อยๆ เติมกัมลงในน้ำอย่างช้าๆ โดยการร่อนผ่านตะแกรงลงบนผิวน้ำ

ง. เติมน้ำเย็นลงไปในกัมเพียงเล็กน้อยพอให้กัมเปียกทั่วกัน แล้วคนกันให้เข้ากันดี หลังจากนั้นจึงค่อยๆ เติมน้ำร้อนลงไปเพื่อให้กัมละลายได้ดีขึ้น

การเกิดเจล

กัมบางชนิดสามารถเกิดเจลได้ภายใต้สภาวะที่เหมาะสม แต่บางชนิดต้องใช้สภาวะพิเศษขึ้น คือ ต้องผสมกับสารอื่นจึงสามารถเกิดเจลได้ ยกตัวอย่างเช่น เพคตินสามารถเกิดเจลได้ดีในน้ำร้อนที่มีน้ำตาลและกรด ด้วยเหตุนี้จึงถูกนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมผลิตแยมและเยลลี ซึ่งทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเนื้อเรียบ และเป็นเจลที่แผ่ได้ ในลักษณะที่อะการ์ละลายได้ดีเมื่อต้มจนเกือบเดือน และจะได้รับความร้อนสูงถึงอุณหภูมิระหว่าง 40 -50 องศาเซลเซียส และเจลที่เกิดขึ้นจะไม่หลอมเหลวจนกว่าจะได้รับความร้อนสูงถึงอุณหภูมิ 80 – 85 องศาเซลเซียส สำหรับคาร์ราจีแนนและเฟอเซล-ลาแรนเมื่อละลายในน้ำร้อนและปล่อยให้เย็นลงจนถึงอุณหภูมิห้อง จะเกิดเจลชนิดเปลี่ยนกลับไปกลับมาได้ด้วยความร้อน (Thermo-Reversible Gel) แต่อัลจิเนตจะให้เจลชนิด Irreversible Gel เมื่อละลายทั้งในน้ำร้อนหรือในน้ำเย็น เป็นต้น (นิติยา รัตนาปนนท์, 2539)

ความหนืด

พอลิแซคคาไรด์กัมเมื่อละลายน้ำ ได้สารละลายที่มีความหนืดเพิ่มขึ้น โดยกัมแต่ละชนิดให้สารละลายที่มีความหนืดแตกต่างกัน ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อความหนืดของสารละลายกัม ได้แก่

ก. ธรรมชาติของพอลิแซคคาไรด์กัม

ข. อุณหภูมิของน้ำที่ใช้ละลาย

ค. ความเข้มข้นของสารละลาย สารละลายกัมแต่ละชนิดจะให้ความหนืดสูงที่สุดที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เช่น คารายากัมและอะราบิค จะให้ความหนืดสูงสุดเมื่อมีความเข้มข้นเพียงร้อยละ 10 – 20 แต่ทรากาแคนต์โลคัสต์บีนกัมและกัวร์กัมจะให้ความหนืดสูงสุดเมื่อมีความเข้มข้นเพียงร้อยละ 1 เท่านั้น

ระยะเวลาที่ใช้ในการละลายก็เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความหนืดของสารละลายกัม ตัวอย่างเช่น คาร์บอนซีเมธิลเซลลูโลส และกัวร์กัมเมื่อละลายในน้ำจะได้สารละลายที่มีความหนืดสูงสุดอย่างรวดเร็ว ตรงกันข้ามกับทรากาแคนต์ จะละลายได้อย่างช้าๆ จึงต้องใช้เวลานานในการละลาย เพื่อให้สารละลายที่ได้มีความหนืดสูงสุด (นิติยา รัตนาปนนท์, 2539)

2.5.3 การใช้กัมในการเตรียมแป้งพิมพ์

กัมถูกนำมาเป็นองค์ประกอบหลักของแป้งพิมพ์ เนื่องจากกัมมีคุณสมบัติในการช่วยป้องกันการแพร่กระจายของสีที่บริเวณรอบผ้า เพื่อให้สีย้อมคงที่ในบริเวณผ้า และต้องการให้เกิดความคมชัดในการพิมพ์ และกัมที่ดีนั้นต้องมีคุณสมบัติที่ดีจึงจะสามารถนำมาเป็นองค์ประกอบหลักของแป้งพิมพ์ โดยแป้งพิมพ์นั้นมีอยู่หลายประเภท สามารถแบ่งได้ดังต่อไปนี้ คือ

1. แป้งจม (Pigment print paste) เมื่อพิมพ์แล้วเนื้อสีจะแทรกอยู่ระหว่างเส้นใยผ้า
2. แป้งยาง (Elastic print paste) เนื้อสีจะมีลักษณะเป็นฟิล์มเงายืดหยุ่นได้ลอยตัวอยู่บนผิวผ้า
3. แป้งลอย (Matt paste) เนื้อสีจะลอยตัวบนผ้าสีเข้มได้ดี พื้นผิวด้านไม่มีความเงา การยืดหยุ่น มีน้อยมากหรืออาจจะไม่มีเลย
4. แป้งนูน (Puff paste) เนื้อสีจะฟูตัวได้เมื่อใช้ความร้อนอบหรือรีด ทำให้ดูมีเนื้อหนาขึ้น พื้นผิวจะด้านไม่เงางามความยืดหยุ่นเพียงเล็กน้อย

หน้าที่ของแป้งพิมพ์ คือ ป้องกันไม่ให้สีแผ่ออกไปนอกบริเวณที่พิมพ์ ให้สีคงที่ในบริเวณผ้า และให้เกิดความคมชัดในการพิมพ์ สำหรับการกัมในการเตรียมแป้งพิมพ์จะขึ้นอยู่กับชนิดของสีและชนิดของผ้าที่ต้องการพิมพ์แสดงดังตารางที่ 2.2

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสารข้นจากเมล็ดมะขามสำหรับการพิมพ์ผ้าเส้นใยสังเคราะห์ที่ต่างถิ่นกัน และทำการเปรียบเทียบกับสารข้นทางการค้า พบว่าผ้าพิมพ์ที่ได้จากการพิมพ์ด้วยสารข้น

ที่ได้จากเมล็ดมะขามมีคุณสมบัติความเข้มของสี (K/S) คุณสมบัติความคงทน และความชัดของผ้าเส้นใยสังเคราะห์ได้ดีถึงระดับดีมาก (วันเช็ง สิทธิกิจโยธิน และคณะ, 2012) ในขณะที่ Ibrahim และคณะ (2010) ได้ทำการศึกษาสารข้มจากเมล็ดมะขามและคารายากัมสำหรับการพิมพ์ผ้า โดยใช้สีอะคิลิคในการพิมพ์ผ้า พบว่าสารข้นดังกล่าวมีคุณสมบัติความคงทน และผ้าพิมพ์มีความคมชัดดี

ตารางที่ 2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างชนิดสี ชนิดกัม และชนิดผ้าที่ใช้

ชนิดสี	ชนิดกัม	ชนิดผ้า
สีพิกเมนท์(Pigment)	กัวร์กัม (PRI, 2010)	เส้นใยธรรมชาติหรือเส้นใยสังเคราะห์
สีแอซิด (Acid)	คริสตัล กัม โมดิฟายด์ โลคัสบีนส์กัม	ไนลอน เส้นใยโปรตีน
สีรีแอคทีฟ (Reactive)	แอลจิเนต (T-SH, 2010)	ผ้าฝ้าย วิสโคสไหม และบางตัวใช้พิมพ์ไนลอนได้
สีวัต (Vat)	ผสมระหว่าง กัมทรากาแคนต์ และ British Gum (ENG, 2010)	เส้นใยเซลลูโลส
สีดิสเพิร์ส (Disperse)	โมดิฟายด์ ทัมมารีนกัม	ผ้าใยสังเคราะห์หรือผ้าโพลีเอสเทอร์

2.5.4 คุณสมบัติของกัมสำหรับการพิมพ์ผ้า

ลักษณะการทำงานที่สำคัญของแป้งพิมพ์ที่ดีสำหรับอุตสาหกรรมการพิมพ์สิ่ง มีดังนี้

1. กัมโดยทั่วไปมีน้ำหนักโมเลกุลสูงเป็นโพลิเมอร์ธรรมชาติหรือสังเคราะห์ ซึ่งถูกละลายหรือกระจายในน้ำ ความหนืดจะขึ้นอยู่กับการละลายของโพลีแซคคาไรด์

2. กัมที่ดีควรทำให้แป้งพิมพ์ที่เตรียมได้มีความเหนียว ความยืดหยุ่น และความหนืด เพื่อให้สามารถใช้กับเครื่องมือหรือขั้นตอนการพิมพ์ได้ และมีการไหลแบบ Non – Newtonian

3. กัมจะจับการกระจายหรือการละลายของอนุภาคสี สีควรมีความดึงดูดต่ำสำหรับการย้อมเพื่อให้สีส่งผ่านจากแป้งพิมพ์ไปยังผ้าพิมพ์ได้มากที่สุด หลังจากการพิมพ์แล้วชั้นฟิล์มของแป้งพิมพ์ที่ใช้พิมพ์เมื่อนำไปอบแห้งแป้งพิมพ์ไม่ควรเปราะและไม่ควรออกเกล็ด

4. ในกรณีการพิมพ์ด้วยสีรีแอคทีฟบนผ้าฝ้าย กัมควรทำปฏิกิริยาได้ดีกับอนุภาคของสีสำหรับการย้อม จะทำให้โปรตีนสกปรกเกิดจากโพลีแซคคาไรด์ในกัม

5. เมื่อสีย้อมได้ซึมไปยังผ้า โดยอาศัยคุณสมบัติเชื่อมและตรึงด้วยน้ำ ป้องกันการแพร่กระจายของสีที่บริเวณรอบผ้า เพื่อให้สีย้อมคงที่ในบริเวณผ้า และต้องการให้เกิดความคมชัดในการพิมพ์ การพิมพ์จะได้ผลดีเมื่อแป้งพิมพ์มีความดึงดูดต่ำ

6. หลังจากตรึงสีย้อมบนผ้า แป้งพิมพ์ที่ดีต้องซักง่ายและออกหมด

7. กัมควรจะบ่งบอกค่าความหนืดคงที่ที่จะใช้ในการพิมพ์ของช่วงระยะเวลาที่ดำเนินการพิมพ์ มีความเสถียรของค่าความหนืด โดยทั่วไปแล้วจะเสถียรได้เมื่อเก็บรักษาอย่างเหมาะสม ความปลอดภัยและการรักษาเป็นสิ่งที่สำคัญสำหรับสินค้าส่งออก

8. ความสามารถในการเข้ากันได้ของแป้งพิมพ์กับสีย้อมและองค์ประกอบอื่นๆ ที่มาช่วยเสริมในการพิมพ์ถือว่าเป็นปัจจัยสำคัญ โดยทั่วไปสารทำให้ข้นหนืดแบบ Non – Ionic สามารถเข้ากันได้ดีที่สุดสำหรับสีย้อม และสารช่วยเสริมการพิมพ์ผ้า โดยไม่คำนึงถึงลักษณะของไอออน แต่แป้งพิมพ์ไอออนที่ใช้อาจไม่เข้ากันกับค่าความหนืดที่เปลี่ยนไป สารเพิ่มความหนืดสังเคราะห์ เช่น เกลือของกรดโพลีอะคริลิก ที่มีการใช้ไม่บ่อยนัก มีอิเลคโทรไลทต่ำที่จะเข้ากันได้ อาจสูญเสียความหนืดในที่ที่มีเกลือ อีกทั้งในทางปฏิบัติสารเพิ่มความหนืดไม่ควรทำให้เกิดการอุดตันของรูสกรีนระหว่างการพิมพ์

2.6 การทดสอบผ้าพิมพ์

2.6.1 การตรวจสอบความสมบูรณ์ของผ้าพิมพ์

การตรวจสอบลักษณะปรากฏของผ้าพิมพ์สามารถทำได้ด้วยตาเปล่า แต่บุคคลที่สามารถตรวจสอบได้ต้องมีความชำนาญ และประสบการณ์ทางด้านการพิมพ์ ซึ่งความสมบูรณ์ของผ้าพิมพ์จำเป็นต้องสังเกตจากพื้นที่ของลายพิมพ์ ที่ประกอบด้วย พื้นระนาบ ลายเส้น และการกระจายตัวของสีบนผ้า โดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

1.พื้นระนาบ สังเกตความเข้มของสี

2.ลายเส้น สังเกตความคมชัดของลายเส้น (สีไม่ซึมออกบริเวณนอกสกรีน)

3.การกระจายตัว สังเกตการกระจายน้ำหนักของสี

ทฤษฎีการวัดสี

ระบบวัดสี สีที่ตาเรามองเห็นมีมากมายหลายสีจึงมีความจำเป็นต้องมีระบบจัดลำดับสีให้เป็นระเบียบเพื่อให้ผู้ใช้สามารถสื่อสารแล้วให้ความเข้าใจความหมายสีได้ตรงกัน มีกำหนดค่าสีเป็นปริมาณที่วัดได้เพื่อนำไปประเมินค่าเป็นตัวเลขที่แน่นอน ระบบการวัดสีที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง มี 2 ระบบ คือ ระบบ Munsell และระบบ CIE

ระบบ Munsell เป็นระบบพื้นฐานในการจัดลำดับสีอย่างง่ายดายโดยอาศัยคุณสมบัติการมองเห็น 3 ประการ ดังนี้

1 .Hue คือสีที่ปรากฏให้เห็น เช่น สีแดง สีเขียวเป็นต้น โดยจะเรียงเป็นเส้นรอบวงกลมอยู่รอบแกน Value มีทั้งหมด 10 สี คือ แดง (R) แดงเหลือง (PB) ม่วง (P) ม่วงแดง (PR) แต่ละสีแบ่งย่อย 10 สี

2. Value (Lightness) หมายถึง ความสว่างของสีโดยกำหนดค่าความสว่างตามแนวตั้งโดยสีขาวจะอยู่ที่ปลายสุดของแกนบน สีดำจะอยู่ด้านล่าง

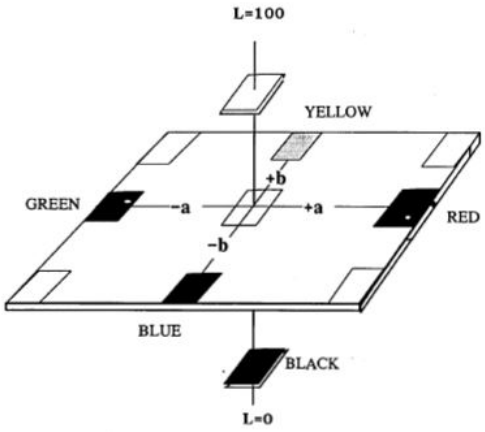
3. Chroma (Saturation) หมายถึง ความเข้ม ความบริสุทธิ์ของสี โดยกำหนดค่าตามแนวนอน เริ่มต้นจากสีเท่าใน Value หนึ่งๆแล้วเพิ่มเนื้อที่มากขึ้นเรียงออกมาตามลำดับที่ปลายนอกสุดจะเป็นสีที่มีความเข้มสูงสุด Chroma จะมีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 12 หรือ 14 ทั้งนี้ขึ้นกับว่าแต่ละสีจะสดที่สุดได้เท่าใด ณ ค่า Value คงที่

ระบบการวัดสีต้องคำนึงองค์ประกอบ 3 ประการ ดังนี้

1. Light Source คือ แหล่งกำหนดแสงมาตรฐาน เช่น A B C หรือ D65

2. Colour Object คือ วัตถุสีเมื่อแสงตกกระทบจะสะท้อนหรือกระจายแสงมาสู่ตา หรือเครื่องรับแสง

3. Observer คือ ผู้สังเกตการณ์ CIE L* a* b* (CIELAB) เป็นระบบการวัดสีที่พัฒนาจากระบบ CIE Tristimulus Value (x y หรือ z) และ CIE Chromaticity coordinate (x y หรือ z) โดยปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงจนสมารถบอกความแตกต่างของสีได้อย่างสม่ำเสมอปัจจุบันสมการที่ใช้ในการระบุสีเป็นที่ยอมรับกว้างขวาง คือ CIELAB 1976 ซึ่งมีลักษณะของ Color Space (ดังแสดงในรูปที่ 2.2)



รูปที่ 2.2 ระบบสีแบบ CIELAB 1976

หมายเหตุ L* ใช้กำหนดค่าความสว่าง (Lightness) –ของสี
ถ้า L* มีค่าเท่ากับ 0 หมายถึง สีดำ
ถ้า L* มีค่าเท่ากับ 100 หมายถึง สีขาว

a* ใช้กำหนดความเป็นสีแดงหรือสีเขียว (Red-Green)
ถ้า a*เป็นค่าบวก หมายถึง ความเป็นสีแดง
ถ้า a* เป็นค่าลบ หมายถึง ความเป็นสีเขียว

b* ใช้กำหนดความเป็นสีเหลืองหรือน้ำเงิน (Yellow-Blue)
ถ้า b* เป็นค่าบวก หมายถึง ความเป็นสีเหลือง
ถ้า b* เป็นค่าลบ หมายถึง ความเป็นสีน้ำเงิน

นอกจากนี้ในระบบ CIELAB ได้เชื่อมค่า “a*” และค่า “b*” เข้ากับ “Hue” และ “Chroma” โดยกำหนดค่าสีอีกสอง 2 ค่า คือ Hue Angle (h*) และ (Chroma) (C*)

Hue Angle เป็นตัวเลขระบุว่า สีอยู่ในตำแหน่งใดใน Color Space มีหน่วยเป็นองศา

ถ้า h* เท่ากับ 0 องศา (360 องศา) แสดงว่าเป็นสีแดง

ถ้า h* เท่ากับ 90 องศา แสดงว่าเป็นสีเหลือง

ถ้า h* เท่ากับ 180 องศา แสดงว่าเป็นสีเขียว

ถ้า h* เท่ากับ 270 องศา แสดงว่าเป็นสีน้ำเงิน

Chroma คือ ค่าความสดใสของสีที่มีความสว่างหนึ่งๆโดย $C = (a^{*2}+b^{*2})^{1/2}$

Chroma จะได้จากความยาวของเส้นตรงจากจุดกำเนิดที่ a* = h* = 0 ไปยังตำแหน่งของตัวอย่าง C* จะใช้บอกค่าความสดใสของสีที่มีค่าความสว่างหนึ่งๆ

โดยทั่วไปในการระบุสีในระบบ CIELAB นั้น มักจะระบุด้วยค่า L* C* และ h* มากกว่า L* a* b* เนื่องจากจะทำให้เข้าใจและทราบลักษณะของสีได้ใกล้เคียงกับที่ตามนุษย์มองเห็นสี

เครื่อง Spectrocolorimeter และเครื่อง Tristimulus Colorimeter เป็นเครื่องมือวัดความเข้มของสีของวัสดุ โดยวัดค่า R (Reflectance) ของวัสดุต่อแสง ซึ่งถ้าสะท้อนออกหมดค่า R จะเท่ากับ 1 และถูกดูดกลืนหมดค่า R จะเท่ากับ 0 โดยที่ความสัมพันธ์ของค่า R จะมีผลของความเข้มสี คือ ค่า K/S โดยที่ค่า K เป็น Absorption Coefficient ของวัสดุ S เป็น Scattering Coefficient ของวัสดุ ซึ่งทั้ง K และ S เป็นค่า K/S (หรือเป็นค่าความเข้มของสี ถ้าเทียบกับค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายค่า K/S ของวัสดุทึบก็จะมีค่าคล้ายๆกับค่า Absorbance ของสารละลาย) โดยที่ K/S = [(1-R)^2]/2R และเช่นกัน ค่า K/S ของแต่ละความยาวคลื่นแสงไม่เท่ากัน ดังนั้นค่านี้ก็เป็นค่าเฉพาะแต่ละความยาวคลื่นด้วย โดยมากแล้วก็มักวัดกันที่ Lambda Max ของสีแต่ละสี โดยสีแต่ละสีจะมี Lambda Max ที่ตำแหน่งแตกต่างกันไป โดยที่ในทางวิทยาศาสตร์สีมักจะกำหนด Lambda Max ของแต่ละแม่สีไว้ดังนี้ Yellow ค่า Lambda Max ของ K/S จะอยู่ที่ 420 นาโนเมตร Red ค่า Lambda Max จะอยู่ที่ 520 นาโนเมตร Blue ค่าอยู่ที่ 620 นาโนเมตร ซึ่งค่า K/S ทั้ง 3 ความยาวคลื่นนี้เราสามารถที่จะนำมาทำนายอัตราส่วนของสีทั้ง 3 ที่ผสมออกมาเป็น Target ที่ต้องการได้โดยการ Stimulus ดังนั้นเราจึงเรียกวิธีการนี้ว่า Tristimulus ดังนั้น ถ้าเรารู้ค่า K/S ของสีที่นำมาเป็นแม่สีที่เราทราบความเข้มข้นแน่นอนแล้ว เราก็สามารถที่จะคำนวณหาปริมาณของแต่ละสีที่ใช้เพื่อที่จะผสมได้เป็น Target ที่ต้องการดังสมการ f(R) = Ac(x) + Bc (y)+ Cc(z) เมื่อค่า A, B, C เป็นค่าคงที่ ที่เรียกว่า Calibration Factor ของสี x, y, z ตามลำดับที่มีความเข้มข้น c ผสมอยู่ แต่สีที่นำมาเป็นแม่สีก็ไม่ได้มีความบริสุทธิ์เชิงแสง ร้อยละ 100 ดังนั้นจึงต้องทำการวิเคราะห์ที่ Lambda Max มาตรฐานที่ 420, 520, 620 นาโนเมตร ตามลำดับ ดังนั้นสมการข้างต้นจึงต้องหาที่ 420, 520, 620 นาโนเมตร ซึ่งจากสมการ 3 ตัวแปรนี้ ถ้าเราใช้ค่าของแต่ละช่วงคลื่นก็ไม่สามารถที่จะใช้หาคำตอบ x, y, z ของสมการได้ แต่ถ้าใช้ค่าของแต่ละ 3 ช่วงคลื่นนี้ก็จะทำให้ได้สมการออกมาเป็น 3 สมการได้ ทำให้เราสามารถหาคำตอบ x, y, z ของสมการได้ ก็จะทำให้เราสามารถที่จะทราบปริมาณของสีแต่ละสีที่ใช้ผสมกัน เพื่อให้ได้ Target ที่ต้องการได้

สำหรับมาตรฐานการทดสอบสิ่งทอมีชื่อเรียกที่แตกต่างกันออกไป และในการใช้มาตรฐานเหล่านี้ก็ต้องพิจารณาดูว่า สินค้าสิ่งทอเหล่านั้นสอดคล้องกับมาตรฐานใด (รัตนพล มงคลรัตนาสิทธิ์, 2549) ซึ่งในการทำงานวิจัยนี้ได้มีการทดสอบความคงทน ดังต่อไปนี้

2.6.2 ความคงทนของสีต่อการซักล้างบนวัสดุสิ่งทอ

การทดสอบความคงทนของสีต่อการซักล้างวิธีนี้กำหนดขึ้นสำหรับความคงทนของสีของวัสดุสิ่งทอทุกประเภทต่อลักษณะการซักในการใช้งานจริงตามบ้านเรือน ในอุตสาหกรรม โรงพยาบาล ความคงทนของสีต่อการซักล้างบนวัสดุสิ่งทอ ใช้วิธีการทดสอบตามมาตรฐาน ISO 105-C06: 1994 (E) โดยชิ้นทดสอบที่ประกบติดอยู่กับผ้าหลายเส้นใย จะถูกนำมาทดสอบความคงทนของสีต่อการซักล้างในสารละลายน้ำสบู่มาตรฐาน ภายใต้อุณหภูมิและเวลาที่กำหนด หลังจากนั้นนำมาล้างน้ำและทำให้แห้งเพื่อทำการประเมินผลการเปลี่ยนแปลงของสีบนชิ้นงานทดสอบ และประเมินค่าการติดเปื้อนสี บนผ้าตัวอย่างที่ประกบติดอยู่กับผ้าหลายเส้นใย

2.6.3 ความคงทนของสีต่อการขัดถู

ขอบเขตการทดสอบความคงทนของสีต่อการขัดถู

1.วิธีการทดสอบตามมาตรฐาน ISO 105 ในส่วนนี้ใช้ทดสอบความคงทนของสีต่อการขัดถูและการเปื้อนสีบนวัสดุอื่น และใช้ได้กับสิ่งทอทุกชนิด

2.วิธีการทดสอบนี้เป็นวิธีที่สามารถประยุกต์ใช้กับวัสดุสิ่งทอที่นำมาปูคลุมบนพื้น

3.วิธีการทดสอบแบ่งเป็นสองวิธี คือ วิธีการขัดถูด้วยผ้าขาวแห้ง และวิธีการขัดถูด้วยผ้าขาวเปียก

ความคงทนของสีต่อการขัดถู ใช้วิธีการทดสอบตามมาตรฐาน ISO 105-X12: 2001 โดยชิ้นทดสอบจะถูกนำมาขัดถูกับผ้าขาวแห้งและผ้าขาวเปียก จะถูกกำหนดขึ้นมาสองแบบ คือ แบบหนึ่งสำหรับผ้าขน และอีกแบบสำหรับวัสดุสิ่งทออื่นๆ สำหรับผ้าที่ทนต่อการขัดถูหลังจากทดสอบเสร็จจะถูกนำไปประเมินผลด้วยเกรย์สเกลประเมินค่าติดเปื้อนสี

2.6.4 ความคงทนของสีต่อแสงแดดเทียม

มาตรฐานการทดสอบฉบับนี้ เป็นวิธีการทดสอบเพื่อหาค่าความคงทนของสีบนวัสดุสิ่งทอทุกชนิดและทุกรูปแบบอันเนื่องมาจากการกระทำของแสงแดดเทียม(แสงซีนอนอาร์ก) ซึ่งแสงแดดเทียมนี้จะใช้แทนแสงแดดจากธรรมชาติ วิธรการทดสอบนี้ยังใช้สำหรับวัสดุสิ่งทอที่มีสีขาว หรือย้อมขาว วิธีการทดสอบนี้ยอมให้ใช้ผ้า Blue wool Reference 2 ชุด ซึ่งมีความแตกต่างกัน และผลจากการใช้ Blue wool Reference ทั้งสองชนิดอาจจะให้ผลการทดสอบที่แตกต่างกันได้

ความคงทนของสีต่อแสงแดดเทียม ใช้วิธีการทดสอบตามมาตรฐาน ISO 105-B02: 1994 โดยชิ้นงานทดสอบที่เป็นวัสดุสิ่งทอถูกสัมผัสกับแสงแดดเทียมภายใต้สภาวะที่กำหนด และมีผ้า Blue wool Reference ใส่เข้าไปด้วย ความคงทนของสีจะถูกประเมินโดยการเปรียบเทียบสีที่เปลี่ยนไปของชิ้นงานทดสอบกับผ้า Blue wool Reference

2.6.5 ความคงทนของสีต่อเหงื่อ

ขอบเขตการทดสอบความคงทนของสีต่อเหงื่อ

มาตรฐานนี้กำหนดทดสอบความคงทนของสีต่อเหงื่อของผลิตภัณฑ์สิ่งทอทุกชนิดและทุกลักษณะที่มีสี

ความคงทนของสีต่อเหงื่อ ใช้วิธีการทดสอบตามมาตรฐาน ISO 105-E04: 1994 โดยชิ้นทดสอบของวัสดุจะเย็บติดกับผ้าหลายเส้นใย และจะนำไปแช่ไว้ในสารละลายเหงื่อเทียมที่มีส่วนประกอบแตกต่างกันคือในสภาวะที่เป็นกรด และสภาวะที่เป็นด่าง จากนั้นเอาน้ำออกจากชิ้นทดสอบแล้วนำไปวางบนเพลตอะครีลิค ในเครื่องทดสอบภายใต้แรงกดทับ หลังจากนั้นนำชิ้นทดสอบไปประเมินค่าการเปลี่ยนแปลงของสี และการติดเปื้อนของสีด้วยเกรย์สเกล

2.6.6 ความคงทนของสีต่อน้ำ

มาตรฐานนี้เป็นวิธีการทดสอบเพื่อประเมินค่าความคงทนของสีในวัสดุสิ่งทอในทุกประเภททุกแบบต่อน้ำ ความคงทนของสีต่อน้ำ ใช้วิธีการทดสอบตามมาตรฐาน ISO 105-E01: 1994 โดยเย็บชิ้นทดสอบติดกับผ้าหลายเส้นใย นำไปแช่ในน้ำ รีดน้ำออกแล้ววางบนเพลตอะครีลิค ในเครื่องทดสอบภายใต้แรงกดทับ หลังจากนั้นนำชิ้นทดสอบไปประเมินค่าการเปลี่ยนแปลงของสี และการติดเปื้อนของสีด้วยเกรย์สเกล

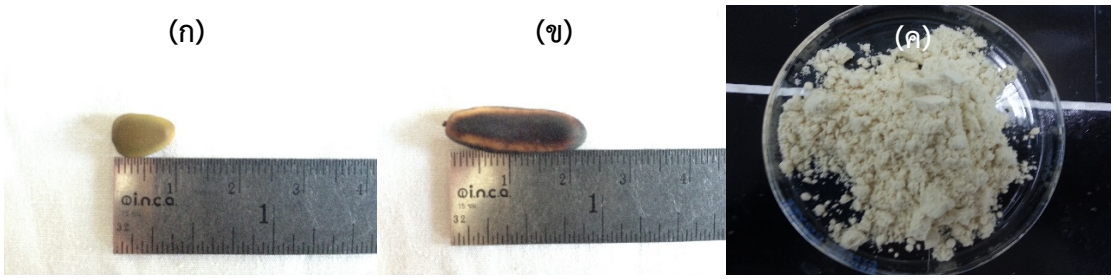
บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

โครงงานวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีฟิสิกส์จากเมล็ดหางนกยูงไทย *(Caesalpiniapulcherrima)* และเมล็ดหางนกยูงฝรั่ง (*Delonixregia*) ทั้งที่เป็นแบบผงกัมดิบ (Crude gum) และผงกัมปรับปรุง (Modified) ด้วยวิธีการคาร์บอกซีเมทิลเลชัน โดยทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีฟิสิกส์ของผงกัมตัวอย่าง ได้แก่ ความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน และความหนืดแบบอินทรินสิคของผงกัมตัวอย่างดังกล่าว รวมทั้งจะกล่าวถึงขั้นตอนการสกัดสีธรรมชาติจากเปลือกมังคุด การเตรียมแป้งพิมพ์โดยใช้สูตรทางการค้าเป็นค่าเบื้องต้น เพื่อหาสัดส่วนการเติมสารช่วยต่างๆ ให้มีความเหมาะสมกับสารข้นที่เราเตรียม จากนั้นกล่าวถึงขั้นตอนการวิเคราะห์ผ้าพิมพ์ในด้านต่างๆ ดังนี้ เช่น ความคงทนของสีต่อการซักล้างบนวัสดุสิ่งทอ ความคงทนของสีต่อการขัดถู ความคงทนของสีต่อแดดเทียม ความคงทนของสีต่อเหงื่อ และความคงทนของสีต่อน้ำ เป็นต้น

3.1 การเตรียมวัตถุดิบ

3.1.1 วัตถุดิบ

- เมล็ดหางนกยูงไทยจากต้นหางนกยูงไทย (*Caesalpinia pulcherrima*) เก็บรวบรวมจากจังหวัดชลบุรี
- เมล็ดหางนกยูงฝรั่งจากต้นหางนกยูงไทย (*Delonix regia*) เก็บรวมรวมจากจังหวัดฉะเชิงเทรา
- ผงทัมมารีนกัม (สารข้น) ทางการค้า ได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัท ที เอ็น เอช อิมพอร์ตแอนด์เอกพอร์ต (T.N.H. Import and Export Co., Ltd.) โดยกัมจากเมล็ดพืชตัวอย่างแสดงดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 เมล็ดหางนกยูงไทย (ก) เมล็ดหางนกยูงฝรั่ง (ข) และผงทัมมารีนกัมทางการค้า (ค)

- ผ้าทอที่ผลิตจากเส้นใยไหม น้ำหนัก 88 กรัมต่อตารางเมตร แสดงดังรูปที่ 3.2

รูปที่ 3.2 ผ้าไหม

- เปลือกมังคุดจากผลมังคุด (*Garcinia mangostana* L.) เก็บรวบรวมจากจังหวัดระนอง (ดังรูปที่ 3.3) เพื่อใช้ในการสกัดสีธรรมชาติ

รูปที่ 3.3 เปลือกมังคุดตากแห้ง

3.1.2 การเตรียมผงกัมดิบ

ขั้นตอนในการเตรียมผงกัมดิบจากเมล็ดพืชตัวอย่าง มีขั้นตอนดังนี้

1. ทำการแกะเมล็ดหางนกยูงฝรั่งและหางนกยูงไทยออกจากฝัก
2. ชั่งน้ำหนักเมล็ดจดบันทึกผล
3. ทำการแกะเปลือกหุ้มเมล็ดหางนกยูงฝรั่ง โดยกะเทาะเมล็ดให้แตกแล้วนำไปแช่ในน้ำรอประมาณ 8-12 ชั่วโมง ส่วนที่เป็นเอ็นโดสเปิร์มจะพองตัว แล้วเลือกเฉพาะส่วนดังกล่าวออก จากเปลือกแล้วนำไปอบให้แห้งประมาณ 4 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส
4. นำเนื้อในเมล็ดที่ได้มาทำการบดให้ละเอียด
5. นำผงที่ได้ไปร่อนผ่านตะแกรงร่อนขนาด 355 ไมครอน
6. ชั่งน้ำหนักผงกัมดิบที่ได้

3.1.3 การเตรียมผงกัมปรับปรุง

กัมเป็นสารพอลิแซคคาไรด์ ค่อนข้างมีกิ่งยาว ซับซ้อน เพื่อการเพิ่มประสิทธิภาพการของกัมดิบให้มีคุณสมบัติการจับตัวและนำไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์ที่หลากหลายมากขึ้นจึงต้องมีการปรับปรุงกัมดิบ การปรับปรุงกัมดิบยังเป็นการเพิ่มคุณสมบัติความหนืด ซึ่งกัมดิบที่ผ่านการปรับปรุงในสภาวะและอัตราส่วน

ของการปรับปรุงที่เหมาะสมจะมีความหนืดสูงกว่ากัมดิบโดยใช้วิธีคาร์บอกซีเมทิลเลชัน (Carboxymethylation) ซึ่งปรับปรุงตามวิธีของ Smith (1982) ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1. ละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์จำนวน 14 กรัมในบีกเกอร์ด้วยสารละลายเมทานอล ปริมาณ 250 มิลลิลิตร
2. เติมผงกัมจำนวน 18 กรัม
3. เติมกรดคลอโรอะซิติกจำนวน 14.175 กรัม
4. นำบีกเกอร์แช่ในน้ำที่อุณหภูมิคงที่ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 1 ชั่วโมง
5. แยกสารละลายโดยการกรองและนำตะกอนที่ได้ละลายน้ำเพื่อปรับค่าความเป็นกรดเป็นด่างให้เป็นกลางด้วยสารละลายไฮโดรคลอริก
6. กรองสารละลายที่ได้ และนำส่วนที่เป็นตะกอนมาล้างด้วยสารละลายเมทานอลที่ความเข้มข้นร้อยละ 80 (ปริมาตรต่อปริมาตร) ล้างซ้ำ 3 ครั้ง โดยใช้ซิลเวอร์ไนเตรทหยดในน้ำล้างจนกว่าตะกอนที่ได้ไม่มีตะกอนสีขาว จากนั้นล้างซ้ำอีกหนึ่งครั้งด้วยสารละลายเมทานอล หลังจากนั้นชะด้วยเอทานอล
7. นำตะกอนที่ได้ไปอบที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 5 ชั่วโมง และนำไปบดให้ละเอียด

8.นำไปร่อนผ่านตะแกรงขนาด 355 ไมครอน

3.1.4 การสกัดสีธรรมชาติจากเปลือกมังคุด

การสกัดสีจากเปลือกมังคุดถูกปรับปรุงมาจากวิธีของ Zin และ Moe (2008) ดังนี้

1. นำเปลือกมังคุดแห้งมาบดหยาบ
2. นำไปสกัดที่ความร้อน 60 องศาเซลเซลเซียส โดยใช้เอทานอล:น้ำ (40:60) ในปริมาณ 500 มิลลิลิตร นาน 1 ชั่วโมง
3. กรองด้วยผ้าขนาด 180 เมซ
4. จากนั้นนำมากลั่นจนมีปริมาณของแข็งร้อยละ 40

3.2 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีฟิสิกส์ของผงกัม

3.2.1 ความชื้น

วิธีการวิเคราะห์หาความชื้นของกัมจะทำตามมาตราฐาน ASTM-D2974-87 ความชื้น คือ ส่วนที่สูญเสียไปจากสารเมื่อเพิ่มความร้อนให้แก่สารนั้น ความร้อนที่ให้จะต้องมีอุณหภูมิไม่สูงกว่าจุดเดือดของน้ำ หรืออาจปล่อยสารตั้งทิ้งไว้ในโถดูดความชื้น น้ำหนักที่สูญหายไป คือ สารที่ระเหยได้ทั้งหมด (Total Volatile Matter) ที่หายไป ณ อุณหภูมินั้นส่วนของแข็งแห้งที่เหลืออยู่ เรียกว่า ของแข็งทั้งหมด (Total Solid) (ลักขณา รุจนะไกรกานต์ และนิธิยา รัตนาปนนท์, 2536) สำหรับขั้นตอนการหาปริมาณความชื้นมีดังนี้

1. อบถ้วยกระเบื้องที่แห้งและสะอาดในตู้อบ ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบและปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้นชั่ง และบันทึกน้ำหนัก (X_1)
2. ชั่งสารตัวอย่างประมาณ 1.5 กรัม ใส่ในถ้วยกระเบื้องชั่ง และบันทึกน้ำหนัก (X_2)
3. นำไปอบในตู้อบ ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง
4. นำออกจากตู้อบและปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก และบันทึกผล (X_3)
5. นำผลที่ได้มาคำนวณปริมาณร้อยละความชื้น ดังสมการที่ 3.1

$$\frac{\left(X_2-X_1\right)-\left(X_3-X_1\right)}{\left(X_2-X_1\right)}\times 100 \qquad (3.1)$$

เมื่อ X_1 คือ น้ำหนักถ้วยกระเบื้อง (กรัม)

X_2 คือ น้ำหนักสารและถ้วยกระเบื้องก่อนอบ (กรัม)

X_3 คือ น้ำหนักสารและถ้วยกระเบื้องหลังอบ (กรัม)

3.2.2 เถ้า

เถ้า คือ ส่วนของสารอนินทรีย์ที่เหลือจากการเผาที่อุณหภูมิสูง จนกระทั่งสารอินทรีย์ถูกเผาไหม้ไปหมด เถ้าที่ได้มีส่วนประกอบของแร่ธาตุไม่เหมือนเดิมทุกอย่าง เนื่องจากแร่ธาตุบางอย่างอาจระเหยไประหว่างเวลาการเผา ค่าของเถ้าที่หาได้ สามารถบอกถึงคุณภาพของสิ่งนั้นๆ ถ้าค่าของเถ้าสูงกว่าปกติ ก็หมายถึงอาจมีการปลอมปนสารอื่นเข้ามา เช่น ทราย เป็นต้น (Darinka et al, 2007) การหาปริมาณเถ้ามีขั้นตอนดังนี้ (วิธีการวิเคราะห์หาปริมาณเถ้าของกัมจะทำตามมาตราฐาน AOAC 923.03)

1. อบถ้วยกระเบื้องที่แห้งและสะอาดในตู้อบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมงนำออกจากตู้อบและปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื่น ชั่งน้ำหนักและบันทึกผล (Y_1)
2. ชั่งสารตัวอย่างประมาณ 2.5 กรัม ใส่ในถ้วยกระเบื้อง ชั่งน้ำหนักและบันทึกผล
3. นำไปเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่งโมง
4. นำออกจากเตาเผาและปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก และบันทึกผล (Y_2)
5. นำผลที่ได้มาคำนวณปริมาณร้อยละเถ้า ดังสมการที่ 3.2

$$\frac{\left(Y_2-Y_1\right)}{100-\%\text{Moisture}} \qquad (3.2)$$

เมื่อ (Y_1) คือ น้ำหนักถ้วยกระเบื้อง (กรัม)

(Y_2) คือ น้ำหนักสารและถ้วยกระเบื้องหลังเผา (กรัม)

3.2.3 โปรตีน

วิธีการหาปริมาณโปรตีนของผงดิบจากเมล็ดพืชตัวอย่างจะเป็นการหาปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน (-NH) ทั้งหมดซึ่งทำตามมาตราฐาน AOAC 981.10 สำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนประกอบด้วย 4 ขั้นตอนหลักดังนี้ คือ

1. การย่อยตัวอย่าง (Digestion) เป็นการย่อยตัวอย่างสารด้วยกรดซัลฟูริกเข้มข้น โดยมีสารเร่งปฏิกิริยาภายใต้สภาวะอุณหภูมิสูง ไนโตรเจนที่เป็นของโปรตีนแท้ (True protein) และ ไม่ใช่โปรตีน (Non Protein Nitrogen, NPN) จะถูกเปลี่ยนเป็นแอมโมเนียมซัลเฟต (Ammonium Sulfate, $(NH_4)_2SO_4$)
2. การกลั่นแอมโมเนียม (Distillation) เมื่อนำโซเดียมไฮดรอกไซด์ มาทำปฏิกิริยากับเกลือแอมโมเนียซัลเฟตที่ได้จากการย่อยตัวอย่างสารแล้วจะได้ก๊าซแอมโมเนียซึ่งจับก๊าซนี้ได้ด้วยสารละลายบอริก
3. การไตเตรทเพื่อหาปริมาณไนโตรเจน เป็นการนำสารละลายกรดบอริกซึ่งจับก๊าซแอมโมเนียไว้มาไตเตรทกับสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริก
4. การคำนวณนำปริมาณสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริกที่ใช้ในการไตเตรทไป คำนวณหาปริมาณไนโตรเจน (สมการที่ 3.3) แล้วคูณกับ Kjeldahl Factor (5.7) ได้เป็นค่าโปรตีน (สมการที่ 3.4)

$$\frac{(A-B)\times C\times 0.014}{D}\times 100 \qquad (3.3)$$

$$\%\,N\times 5.7 \qquad (3.4)$$

เมื่อให้ A = มิลลิกรัมของสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริก 0.1 นอร์มอล ที่ไตรเตรทกับตัวอย่าง

B = มิลลิกรัมของสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริก 0.1 นอร์มอลที่ไตรเตรท กับ Blank

C = ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริก

D = น้ำหนักตัวอย่างสาร (กรัม)

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างสาร 0.25 กรัม ใส่หลอดแก้วก้นกลมขนาด 250 มิลลิลิตร
2. ใส่ตัวเร่งปฏิกิริยา (Kjelblet) จำนวน 1 เม็ด และกรดซัลฟูริกเข้มข้น 10 มิลลิลิตรลงในหลอดแก้วก้นกลม
3. นำตัวอย่างสารไปย่อยด้วยเครื่อง2020 Digestion System ที่อุณหภูมิ 420 องศา-เซลเซียส นาน 45 นาที
4. ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง

5. นำตัวอย่างสารที่ผ่านการย่อยแล้วเข้าเครื่องกลั่น Kjeltec System 1026 Distilling Unit จากนั้น เติมกรดบอริกร้อยละ 2 ปริมาตร 25 มิลลิลิตร และหยดอินดิเคเตอร์ (NaOH) 2-3 หยด ลงในขวดลูกชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร
6. กลั่นด้วยระบบอัตโนมัติ ใช้เวลา 3.5 นาที
7. นำตัวอย่างที่ผ่านการกลั่น มาไตเตรทด้วยสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริก ความเข้มข้น 0.1นอร์มอล
8. คำนวณหาปริมาณโปรตีนจากสมการ 3.3 และ 3.4

3.2.4 ไขมัน

วิธีการวิเคราะห์หาปริมาณไขมันของกัมจะทำตามมาตราฐานAOAC 922.06 ด้วยชุดสกัดแบบซอกเลต (Soxhlet Apparatus)

1. ล้างเครื่องแก้วที่ต้องใช้ด้วยปิโตรเลียม จากนั้นทำให้แห้งโดยอบที่อุณหภูมิ 102 องศา-เซลเซียส นาน 30 นาที แล้วทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น
2. วางชิ้นผ้าฝ้ายใส่ในบีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร อุดสำลีไว้ที่ก้นของทิมเบิล
3. ตัวอย่าง 5 กรัมใส่ในทิมเบิลเติมทราย 1-1.5 กรัม และคนให้เข้ากันด้วยแท่งคนเช็ดแท่งคนด้วยชิ้นผ้าฝ้ายแล้วนำไปวางบนทิมเบิลอบให้แห้งด้วยอุณหภูมิ 102 องศาเซลเซียส นาน 5 ชั่วโมง
4. ทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น
5. นำชิ้นผ้าฝ้ายจากก้นบีกเกอร์ไปวางด้านบนของทิมเบิล
6. นำทิมเบิลใส่ในชุดสกัดแบบซอกเลต
7. ทำความสะอาดขวดวัดปริมาตรขนาด 150 มิลลิลิตร แล้วใส่ปิโตรเลียมประมาณ 90 มิลลิลิตร
8. ทำการสกัดโดยให้ความร้อนโดยอุปกรณ์ให้ความร้อนหรือ อ่างควบคุมความร้อน
9. ให้ความร้อนกับตัวทำละลายจนเดือดเปลี่ยนค่าความร้อนซึ่งหยดตัวทำละลายจากคอนเดนเซอร์ใส่ในตัวอย่าง อย่างต่อเนื่องประมาณ 6 หยด ต่อวินาที
10. ย้ายการสกัดจากการให้ความร้อนและแยกออกจากเครื่องสกัดและคอนเดนเซอร์ แล้วนำขวดแก้วไปให้ความร้อนและป้องกันการระเหยของตัวทำละลาย
11. นำขวดแก้วไปอบที่ 102 องศาเซลเซียส ทำให้แห้งจนกระทั่งน้ำหนักคงที่ประมาณ 1-2 ชั่วโมง
12. ทำให้เย็นในโถดูดความชื้นและสามารถคำนวณปริมาณไขมันจากสมการที่ 3.5

$$\frac{(W_1 - W_2)}{W_1} \times 100 \qquad (3.5)$$

เมื่อให้ W_1 = น้ำหนักของขวดแก้ว

W_2 = น้ำหนักของขวดแก้ว และปริมาณไขมันที่สกัดได้

S = น้ำหนักตัวอย่าง

3.2.5 ความหนืดแบบอินทรินสิค

ผงกัมแต่ละชนิดเมื่อละลายน้ำจะได้สารละลายที่มีความหนืดเพิ่มขึ้นและสารละลายของกัมแต่ละชนิดจะมีความหนืดแตกต่างกัน ซึ่งสารละลายของกัมแต่ละชนิดจะให้ความหนืดสูงที่สุดที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน และอุณหภูมิเป็นปัจจัยที่มีผลกระทบต่อค่าความหนืดแบบอินทรินสิค (Intrinsic viscosity) ด้วย

1. ละลายผงกัมตัวอย่างในน้ำกลั่น คิดเป็นร้อยละ 0.1 โดยน้ำหนักกวนสารละลายเป็นเวลา 1 ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นกวนสารละลายต่อที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสนาน 30 นาที
2. นำสารละลายไปทำให้เย็นโดยแช่ในอ่างน้ำเย็น
3. นำสารละลายตัวอย่างไปตกตะกอนด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยงที่ความเร็ว 6,000 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิห้อง
4. จับเครื่องวัดความหนืดด้วยแคลมป์ จุ่มเครื่องวัดความหนืดลงในโหลแก้วที่มีน้ำอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสตามลำดับ ให้ระดับน้ำอยู่เหนือขีด Start Mark และควบคุมอุณหภูมิน้ำในโหลแก้วให้คงที่ตลอดการทดลอง
5. นำสารละลายตัวอย่างไปเจือจาง ให้มีความเข้มข้นตั้งแต่ร้อยละ 0.010ถึง 0.060 โดยปริมาตร
6. ปิเปตสารแต่ละความเข้มข้น 10 มิลลิลิตร ลงในหลอดวัดค่าความหนืดแบบหลอด (Capillary Viscometer) ทิ้งสารละลายในหลอดวัดค่าความหนืดเป็นเวลา 10 นาที
7. ดูดสารละลายขึ้น จนสูงกว่าเส้นบนเล็กน้อย (รูปที่ 3.4)
8. เริ่มจับเวลาเมื่อสารละลายลงมาถึงจุด Start Mark
9. หยุดเวลาเมื่อสารละลายลงมาถึงจุด Stop Mark
10. บันทึกระยะเวลาที่สารละลายใช้ (วินาที)
11. นำเวลา (วินาที) ที่บันทึกได้มาทำการคำนวณตามสมการ 3.6 และสมการ 3.7
12. ประมาณค่า $[\eta]$ ตามสมการ 3.8 และ 3.9

$$\frac{\eta}{\eta_s} = \left(\frac{\rho}{\rho_s}\right)\left(\frac{t}{t_s}\right) \tag{3.6}$$

เมื่อ ρ และ ρ_s คือค่าความหนาแน่นของสารละลายและตัวทำละลาย

t และ t_s คือเวลาที่ใช้ในการไหลผ่านหลอดคะปิลลารีของสารละลายและของตัวทำละลาย

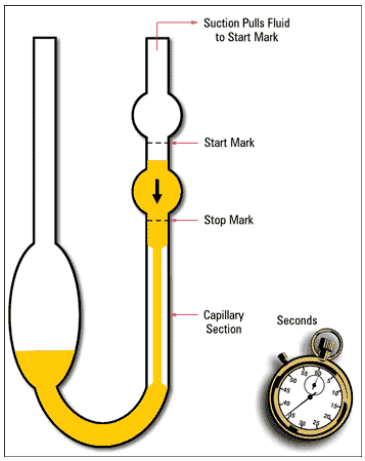
$$[\eta] = \lim_{C \to 0} \left(\frac{\eta_{sp}}{C} \right) \tag{3.7}$$

เมื่อ $\eta_{sp} = \left[\frac{(\eta - \eta_s)}{\eta_s} \right] = \eta_{rel} - 1$ คือ ความหนืดจำเพาะ (ตัวแปรไร้หน่วย)

$\eta_{rel} = \frac{\eta}{\eta_s}$ คือ ความสัมพันธ์ของความหนืด (ตัวแปรไร้หน่วย)

η และ η_s คือ ค่าความหนืดของสารละลายและตัวทำละลาย

C คือ ความเข้มข้นของสารละลายในหน่วย กรัมต่อเดซิลิตรหรือกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร



รูปที่ 3.4 การหาค่าความหนืดแบบอินทรินสิค

สมการของ Huggins's (1942) (สมการที่ 3.8) และ Kraemer's (1938) (สมการที่ 3.9) สามารถนำมาหาค่าความหนืดแบบอินทรินสิค

$$(\eta_{sp} / C) = [\eta] + k'[\eta]^2 C \tag{3.8}$$

$$(\ln \eta_{sp} / C) = [\eta] + k''[\eta]^2 C \tag{3.9}$$

เมื่อ $[\eta]$ คือค่าที่ได้จากการลากเส้นกราฟไปที่ C=0 ตามความสัมพันธ์

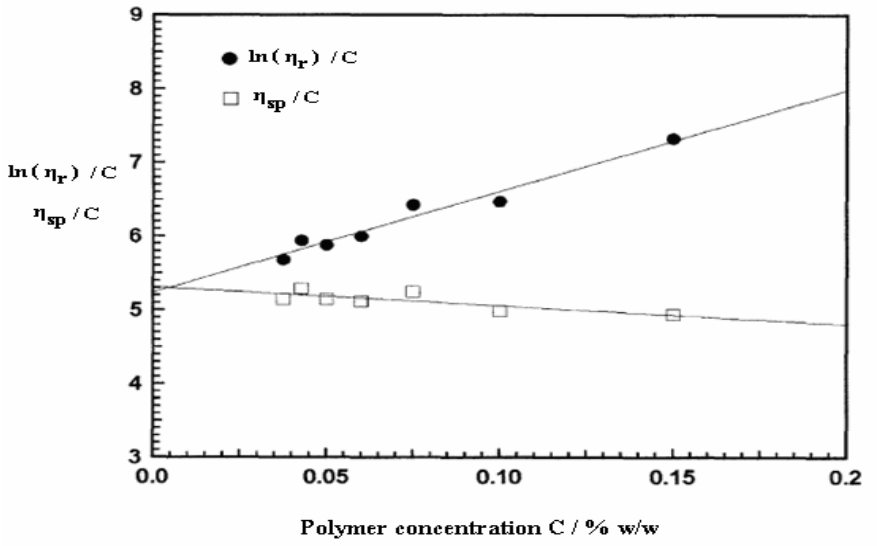
η_{sp} คือ ค่าความหนืดจำเพาะ (Specific Viscosity)

η_{rel} คือ ค่าความหนืดสัมพัทธ์ (Relative Viscosity)

C คือ ค่าความเข้มข้นของสารละลาย

k' และ k'' คือ ค่าคงที่สัมประสิทธิ์ของ Huggins' และ Kramer's ตามลำดับ

การหาค่าความหนืดแบบอินทรินสิค สามารถหาได้จากการพล็อตกราฟ Huggins'-Kramer's ดังแสดงในรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 การหาความหนืดแบบอินทรินสิคจากการพล็อตกราฟด้วยสมการ Huggins' - Kramer ของกัมจากเมล็ด Afzelia

เพื่อให้การวิเคราะห์มีความถูกต้องสูงควรคำนึงถึงข้อควรระวังต่อไปนี้ คือ ระหว่างการวิเคราะห์ควรควบคุมอุณหภูมิให้คงที่อย่างน้อย ± 0.1 องศาเซลเซียส ค่าEfflux time ไม่ควรต่ำจนเกินไป (โดยทั่วไปมักควบคุมให้สูงกว่า 100 วินาที) และควรควบคุมความเข้มข้นของสารละลายให้มีค่าความหนืดอยู่ระหว่าง 1.1 และ 1.5 เพื่อความถูกต้องในการหาความหนืดโดย การลากเส้นกราฟไปตัดแกนความเข้มข้น C=0 ดังแสดงในรูปที่ 3.5

3.3 ขั้นตอนการพิมพ์ผ้าแบบตรง

3.3.1 การเตรียมแป้งพิมพ์

การเตรียมแป้งพิมพ์สำหรับโครงงานวิจัยนี้จะใช้สูตรมาตรฐานการพิมพ์ทางการค้าในการพิมพ์ผ้าประเภทใยสังเคราะห์ ในทางทฤษฎีแป้งพิมพ์ที่ใช้ในการพิมพ์ผ้าควรมีความหนืดอยู่ในช่วง 5,000 – 20,000 เซนติพอยซ์ ในขณะที่การพิมพ์ทางการค้าจะใช้สีจากเคมีในการพิมพ์ผ้า ซึ่งแป้งพิมพ์ที่เตรียมควรมีความหนืดอยู่ในช่วง 8,000 – 9,000 เซนติพอยซ์ จึงจะทำให้มีการติดของสีที่คมชัด และมีลายเส้นที่ชัดเจน แต่ในโครงงานวิจัยนี้จะใช้สีจากธรรมชาติ (สีจากเปลือกมังคุด) สำหรับการพิมพ์ผ้า ฉะนั้นความหนืดของแป้งพิมพ์ควรจะอยู่ในช่วง 8,000 – 12,000 เซนติพอยซ์ (ได้มาจากการทดสอบเบื้องต้นแล้วว่า สามารถพิมพ์ผ้าได้ดี และมีการควบคุมลายเส้นให้คมชัด) ในกรณีที่ใช้แป้งพิมพ์ที่มีความหนืดน้อยกว่า 8,000 เซนติพอยซ์ จะทำให้มีการเคลื่อนตัวของสีน้อย และการซึมของสีผ่านรูสกรีนได้ไม่ดี ทำให้สีที่ติดอยู่ ณ ตำแหน่งที่พิมพ์มีลายพิมพ์ไม่คมชัด และสีติดไม่สม่ำเสมอ สำหรับสูตรที่ใช้ในการพิมพ์ผ้าแสดงดังตารางที่ 3.1 สำหรับการศึกษาหาอุณหภูมิ และระยะเวลาที่เหมาะสมในการอบผ้าไหมจะทำการปรับตามตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.1 สูตรที่ใช้พิมพ์ทางการค้า

ส่วนประกอบของแป้งพิมพ์	สูตรที่ใช้พิมพ์ทางการค้า (ร้อยละ)	ตัวแปรที่ศึกษา
1. สารข้น[1](ความเข้มข้นร้อยละ 8 โดยน้ำหนัก)	63 - 74	ชนิดของกัม (หางนกยูงไทย และหางนกยูงฝรั่ง) ความเข้มข้นของสารข้นร้อยละ 3 – 8 โดยน้ำหนัก
2. โซเดียมไนโตรเบนซีน	1	-
3. โซเดียมเฮกซะฟอสเฟต	0.4	-
4. กรดซิตริก[2](ค่าความเป็นกรดด่าง 3 – 4)	0.3	0.1, 0.3 และ 0.5
5. ยูเรีย	12	10, 12 และ 14
6. สี[3]	2 (สีสังเคราะห์)	3, 4 และ 5 (สีจากธรรมชาติ)
7. น้ำ	*X*	-
น้ำหนักทั้งหมด	100	-

[1] สารข้นตามสูตรที่ใช้พิมพ์ทางการค้าเตรียมได้จากทัมมารีนกัมทางการค้า ที่ความเข้มข้นร้อยละ 8 โดยน้ำหนัก (เตรียมจากกัมปรับปรุงผสมกับน้ำทิ้งไว้ 1 คืน เพื่อให้กัมพองตัว) โดยแป้งพิมพ์ที่เตรียมได้มีความหนืดอยู่ในช่วงร้อยละ 63 – 74 เพื่อให้แป้งพิมพ์มีค่าความหนืดอยู่ในช่วง 8,000 – 12,000 เซนติพอยซ์ สำหรับสารข้นที่ต้องการศึกษาจะเตรียมจากกัม-ปรับปรุงเมล็ดหางนกยูงไทยที่ความเข้มข้นร้อยละ 3, 4 และ 5 โดยน้ำหนัก และกัมปรับปรุงเมล็ดหางนกยูงฝรั่ง ที่ความเข้มข้นร้อยละ 5, 6 และ 7 โดยน้ำหนัก

[2] กรดซิตริก ใช้เพื่อพิมพ์บนผ้าไหม โดยทำหน้าที่ปรับค่าความเป็นกรดด่าง ให้อยู่ในช่วง 3 – 4 ทั้งนี้เนื่องมาจากผ้าไหมมีประจุบวกบนผิวหน้า กรดจะเป็นตัวปรับให้สีมีประจุลบทำให้สามารถติดกับเส้นใยที่มีประจุบวกได้ดี (อภิชาต สนธิสมบัติ, 2545)

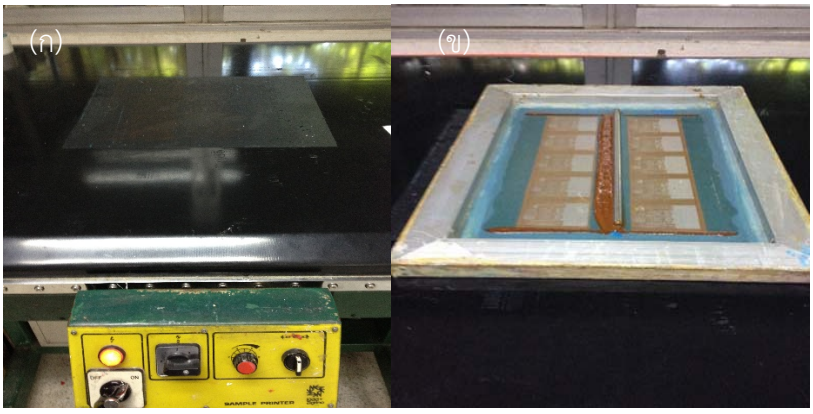
[3] สี สำหรับการพิมพ์ผ้าทางการค้าใช้สีเคมีจำพวกสีดิสเพิร์สและสีรีแอคทีฟที่ความเข้มข้นร้อยละ 2 โดยน้ำหนัก แต่ในโครงงานวิจัยนี้ใช้สีจากเปลือกมังคุดที่ความเข้มข้นร้อยละ 4 โดยน้ำหนักเนื่องจากสีธรรมชาติจะมีการติดสีที่น้อยกว่าสีเคมี

ตารางที่ 3.2 อุณหภูมิ และระยะเวลาในการอบผ้าไหมที่ใช้พิมพ์ทางการค้า

	สูตรที่ใช้พิมพ์ทางการค้า	ตัวแปรที่ศึกษา
อุณหภูมิในการอบด้วยความร้อนแห้ง (องศาเซลเซียส)	200	190, 200 และ 210
ระยะเวลาในการอบ (นาที)	1	0.5, 1.0 และ 1.5

3.3.2 การพิมพ์ผ้า

1. เตรียมผ้าไหมอย่างละ 2 ชิ้น ขนาด 8x30 ตารางเซนติเมตร
2. วางผ้าทั้ง2 ชิ้น บนเครื่องพิมพ์สกรีนแบบแบนราบ (รูปที่ 3.6 (ก)) จากนั้นนำกรอบสกรีนวางทับลงบนผ้า (รูปที่ 3.6 (ข))
3. เทแป้งพิมพ์ที่เตรียมไว้ ลงบนกรอบสกรีน
4. ใช้แท่งเหล็กวางลงบนกรอบสกรีน และปรับสวิตซ์ที่เครื่องพิมพ์แท่งเหล็กจะเคลื่อนที่ปาดสีลงบนผ้า
5. สำหรับผ้าตัวอย่างที่เป็นผ้าไหม นำไปอบให้สีแห้งที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส นาน 2 นาทีจากนั้นนำผ้าพิมพ์ไปอบด้วยความร้อนแห้งที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส นาน 1 นาที (สูตรที่ใช้พิมพ์ทางการค้า)



รูปที่ 3.6 เครื่องพิมพ์สกรีนแบบแบนราบ (ก) และกรอบสกรีน (ข)

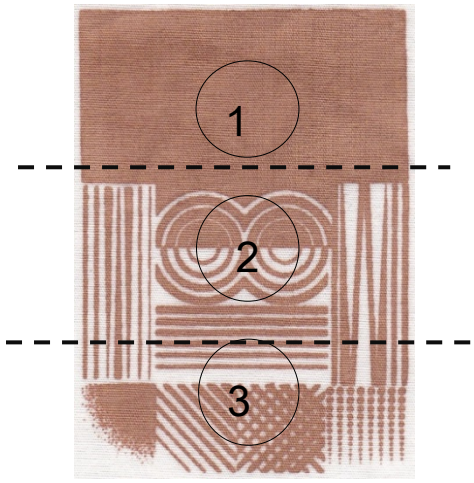
3.3.3 การซักล้าง

1. นำผ้าที่พิมพ์เสร็จแล้วไปซักล้างด้วยการต้มกับน้ำสบู่ (Thiourea Dioxide 3 กรัมต่อน้ำกลั่น 1000 มิลลิลิตร) ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที เพื่อกำจัดสีส่วนเกินที่ไม่ยึดติดกับเส้นใยและสารข้น
2. จากนั้นนำผ้าที่ซักล้างด้วยน้ำสบู่เสร็จแล้วมาล้างด้วยน้ำเปล่าจนกระทั่งน้ำที่ใช้ล้างไม่มีสี จากนั้นนำผ้าที่ผ่านการซักล้างไปรีดด้วยเตารีดให้แห้ง โดยรีดด้านหลังของผ้าพิมพ์

หลังจากที่ผ้าผ่านการซักล้าง ผ้าพิมพ์จะมีความนิ่มขึ้น และมีความคงทนของสีตรงตามความเป็นจริง

3.4 การเปรียบเทียบลักษณะปรากฏของผ้าพิมพ์

ทำการเปรียบเทียบลักษณะปรากฏของผ้าพิมพ์ที่พิมพ์ด้วยแป้งพิมพ์จากเมล็ดหางนกยูงไทย และเมล็ดหางนกยูงฝรั่งกับผ้าพิมพ์ที่พิมพ์ด้วยแป้งพิมพ์จากทัมมารีนกัมทางการค้า ด้วยการสังเกตด้วยตาเปล่าจากตัวอย่างผ้าใน (รูปที่ 3.7)



รูปที่ 3.7 ตัวอย่างผ้าพิมพ์ที่ใช้ในการสังเกตการติดสี ความเข้มข้น พื้นระนาบ (1) ลายเส้น (2) และการกระจายตัว (3)

จากนั้นนำผ้าพิมพ์ไปวิเคราะห์หาค่าสี และความเข้มสีด้วยเครื่องวัดหาค่าสี (Spectrophotometer for Color) ตามขั้นตอนดังนี้

1. เข้าโปรแกรม Universel และกำหนดค่าซอฟแวร์ในการอ่านโดยใช้เฉดสีที่ต้องการ
2. ติดตั้งส่งหนีบเสริมตามที่อธิบาไว้ในคู่มือการใช้งาน
3. ทำการ Standardize เครื่องที่ปรากฏอยู่ด้านหน้าของโปรแกรม Universel
4. ตอนแรกให้ใช้บัตรสีดำ ยึดส่งพื้นที่ตรงมุมมองขนาดใหญ่ตรงตำแหน่งจานพอร์ตแลนส์ที่จะใช้สำหรับการตรวจวัด
5. หลังจากนั้นยังไม่ต้องเอาบัตรสีดำออกจากช่องการส่ง ให้ทำการวางกระเบื้องสีขาวที่ปรับพอร์ตสะท้อนให้เสร็จสมบูรณ์ บันทึกค่ามาตรฐานของค่า L*, a* และb* เพื่อนำไปคำนวณหาค่าความแตกต่างของสี (ΔE) โดยใช้สมการที่ 3.10
6. วางผ้าตัวอย่าง แล้วนำ Ceramic Dise ปิดลงบนตัวอย่าง
7. กดปุ่ม Read Sam เพื่อใช้ในการอ่านค่าตัวอย่าง
8. ทำการบันทึกค่า L*, a* และb* ที่ได้ และตรวจดูค่าเฉดสี

สำหรับการประเมินผล เป็นดังนี้

ถ้า L*	มีค่าเป็น 0	แสดงว่า	ค่าความมืด
ถ้า L*	มีค่าเป็น 100	แสดงว่า	ค่าความสว่าง
ถ้า a*	มีค่าเป็นเชิงลบ (+)	แสดงว่า	เป็นสีแดง
ถ้า a*	มีค่าเป็นเชิงบวก (-)	แสดงว่า	เป็นสีเขียว
ถ้า b*	มีค่าเป็นเชิงลบ (+)	แสดงว่า	เป็นสีเหลือง
ถ้า b*	มีค่าเป็นเชิงบวก (-)	แสดงว่า	เป็นสีน้ำเงิน

การคำนวณ

$$\Delta E = \sqrt{((\Delta L^*)^2 + (\Delta a^{*2}) + (\Delta b^{*2}))} \quad (3.10)$$

เมื่อ ΔE คือ ค่าความแตกต่างของสี

ΔL คือ ค่า $L_{มาตรฐาน} - L_{ตัวอย่าง}$

Δa คือ ค่า $a_{มาตรฐาน} - a_{ตัวอย่าง}$

Δb คือ ค่า $b_{มาตรฐาน} - b_{ตัวอย่าง}$

3.5 การทดสอบความคงทนของสีผ้าพิมพ์

3.5.1 ความคงทนของสีต่อการซักล้างบนวัสดุสิ่งทอ

ความคงทนของสีต่อการซักล้างบนวัสดุสิ่งทอ ใช้วิธีการทดสอบตามมาตรฐาน ISO 105-C06: 1994 (E) โดยมีวิธีการทดสอบดังนี้ (รัตนพล มงคลรัตนาสิทธิ์, 2549)

วิธีการทดสอบ

1.นำภาชนะบรรจุขึ้นมาจากเครื่องทดสอบและเปิดฝา

2. ทำการตวงปริมาณสารละลายผงซักฟอกตามปริมาณที่ต้องการลงในภาชนะบรรจุ

3. นำชิ้นงานทดสอบลงในภาชนะบรรจุปิดฝา

4. นำภาชนะบรรจุใส่ลงในเครื่องทดสอบ

5. ทำการตั้งอุณหภูมิ และเวลา ตามที่ต้องการทดสอบ

6. หยุดเครื่องทดสอบ นำภาชนะบรรจุขึ้นมาจากเครื่องทดสอบและเปิดฝา

7.เทสารละลายในภาชนะบรรจุใส่ลงในบีกเกอร์ แล้วค่อยๆเทสารละลายออกให้เหลือแต่ชิ้นงานทดสอบไว้ในบีกเกอร์

8. ทำการล้างชิ้นงานทดสอบด้วยน้ำ 100 มิลลิเมตร ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส จำนวน 2 ครั้ง แยกกันเป็นเวลาครั้งละ 1 นาที

9. ใช้มือบีบชิ้นงานทดสอบเพื่อให้เหลือปริมาณน้ำน้อยที่สุด

10. ในกรณีที่ชิ้นงานทดสอบถูกเย็บทั้ง 4 ด้านให้ทำการแยกชิ้นงานทดสอบโดยทำการเลาะเส้นด้ายเย็บออก 3 ด้าน ให้เหลือด้านที่สั้นที่สุดเพียง 1 ด้าน
11. นำไปแขวนตากที่อุณหภูมิไม่เกิน 60 องศาเซลเซียส โดยให้ผ้าเส้นใยหรือผ้าขาวสองเส้นใยอยู่ด้านบนในขณะที่แขวน
12. ทำการประเมินชิ้นทดสอบหลังจากที่ชิ้นงานแห้งแล้วดังนี้
    12.1 ประเมินผลการเปลี่ยนแปลงของสีบนชิ้นงานทดสอบโดยใช้เกรย์สเกลสำหรับการประเมินค่าการเปลี่ยนแปลงของสี
    12.2 ประเมินค่าการติดเปื้อนสีบนผ้าเส้นใยหรือผ้าขาวสองเส้นใยโดยใช้เกรย์สเกลสำหรับการประเมินค่าการติดเปื้อนสี

3.5.2 ความคงทนของสีต่อการขัดถู

ความคงทนของสีต่อการขัดถู ใช้วิธีการทดสอบตามมาตรฐาน ISO 105-X12: 2001 โดยมีขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างและวิธีการทดสอบดังนี้ (รัตนพล มงคลรัตนาสิทธิ์, 2549)

การเตรียมตัวอย่าง

1. ถ้าชิ้นตัวอย่างทดสอบเป็นผ้า หรือวัสดุคลุมพื้น (Floor Covering) ให้ตัดชิ้นทดสอบสี่ชิ้นขนาด 50 มิลลิเมตร × 140 มิลลิเมตร สำหรับการขัดถูในสภาวะแห้งและสภาวะเปียกโดยสองชิ้นแรกให้ตัดด้านยาวขนานกับด้ายยืน ส่วนอีกสองชิ้นให้ตัดด้านยาวขนานกับด้ายพุ่ง
2. ตัวอย่างทดสอบที่เป็นเส้นด้ายให้ถักเป็นผืนผ้ามีขนาดตามข้อ 1 หรือพันขนานกันตามความยาวของกระดาษแข็ง รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้ามีขนาดตามข้อ 1

วิธีการทดสอบ

1. ยึดชิ้นตัวอย่างที่จะทดสอบกับฐานของเครื่องทดสอบที่มีกระดาษทรายติดอยู่และใช้ฝาครอบ ครอบชิ้นส่วนเพื่อยึดให้แน่นเมื่อทำการทดสอบวัสดุสิ่งทอที่มีหลายสี ต้องการวางชิ้นทดสอบลงบนฐานของเครื่องทดสอบให้มั่นใจว่าเวลาขัดถูแล้วสามารถขัดถูได้ครบทุกสี แต่ถ้าชิ้นตัวอย่างทดสอบมีลวดลายขนาดใหญ่ และสามารถขัดถูแยกแต่ละสีได้ให้ทำการขัดถูโดยแยกแต่ละสีในกรณีที่ทำการขัดถูแล้วมีเส้นใยที่มีสีหลุดมาติดผ้า จำเป็นต้องกำจัดให้หลุดออกไป เพื่อการพิจารณาค่าการติดเปื้อนสี
2. วิธีขัดถูด้วยผ้าขาวแห้ง นำผ้าตัวอย่างวางลงตรงปลายนิ้ว และใช้คลิปลวดหนีบเอาไว้ จากนั้นถูผ้าขาวแห้งบนชิ้นทดสอบแห้งไปมาตามแนวยาว 100 มิลลิเมตร 10 ครั้ง ภายใน 10 วินาที ให้ทำการทดสอบตามแนวด้ายยืนและแนวด้ายพุ่งแยกกัน
3. วิธีการขัดถูด้วยผ้าขาวเปียก ให้ทำซ้ำตามข้อ 2 แต่ให้ชิ้นทดสอบใหม่ที่แห้งถูกับผ้าเปียกเสร็จแล้วผึ่งให้แห้งที่อุณหภูมิห้องให้ทำการทดลองที่แนวด้ายยืนและแนวด้ายพุ่งแยกกัน

3.5.3 ความคงทนของสีต่อแสงแดดเทียม

ความคงทนของสีต่อแสงแดดเทียม (แสงซีนอนอาร์ก) ใช้วิธีการทดสอบตามมาตรฐาน ISO 105-B02: 1994 โดยมีวิธีการทดสอบดังนี้ (รัตนพล มงคลรัตนาสิทธิ์, 2549)

วิธีการทดสอบ

1. ตรวจสอบความชื้นของตู้อาบแสงว่าอยู่ในสภาวะปกติหรือไม่ และทำความสะอาด โดยปฏิบัติตามคำแนะนำของผู้ผลิตและจำหน่ายเครื่อง
2. ตัดผ้าตัวอย่าง และผ้า Blue wool ref. 1-4 ขนาดอย่างน้อย 45 ×10 มิลลิเมตร นำมาเรียงบนการ์ด และปิดตรงกลางของชิ้นทดสอบไม่ให้โดนแสง
3. นำมาวาง และใส่ลงไปในชั้นตัวอย่างของเครื่องทดสอบตามลำดับ และนำเข้าเครื่องทดสอบ
4. ทำการอาบแสงผ้าตัวอย่าง และผ้า Blue wool ref. อย่างต่อเนื่อง
5. สังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงสีของผ้า ระหว่างส่วนที่โดนแสงกับไม่โดนแสง เทียบกับเกรย์สเกลสำหรับค่าความคงทนของสี
6. ทำการประเมินค่าความคงทนของสีต่อแสงบนผ้าตัวอย่าง โดยใช้ Blue wool ref. ที่ใส่เข้าไปตั้งแต่แรกเป็นสเกลสำหรับประเมินผล

3.5.4 ความคงทนของสีต่อเหงื่อ

ความคงทนของสีต่อเหงื่อ ใช้วิธีการทดสอบตามมาตรฐาน ISO 105-E04: 1994 โดยมีวิธีการทดสอบดังนี้ (รัตนพล มงคลรัตนาสิทธิ์, 2549)

วิธีการทดสอบ

1. ชิ้นทดสอบจะต้องแยกออกเป็น 2 ชุด คือ ชุดแรกจะทดสอบในสารละลายเหงื่อเทียมที่มีสภาวะเป็นด่าง pH 8.0 และชุดที่สองทดสอบในสารละลายเหงื่อเทียมที่มีสภาวะเป็นกรด-ด่างที่ 5.5
2. นำชิ้นทดสอบมาชั่ง และบันทึกน้ำหนักและนำมาคำนวณ ปริมาณสารที่ต้องการใช้ (L:R=1:50) (มิลลิเมตรสารที่จะใช้ = น้ำหนักชิ้นที่ทดสอบ (กรัม)×50)
3. นำชิ้นทดสอบแต่ละชิ้นแช่ในสารละลายที่แยกไว้โดยกำหนดอัตราส่วนระหว่างน้ำหนักของชิ้นทดสอบกับสารละลายเป็น 1 ต่อ 50 ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที คนชิ้นทดสอบให้เปียกทั่วกันตลอด เมสารละลายออกแล้วใช้แท่งแก้ว 2 อันบีบสารละลายที่มีมากเกินควรออก นำชิ้นทดสอบแต่ละชิ้นวางไว้ระหว่างเพลตอะครีลิคในเครื่องทดสอบภายใต้แรงกดทับ ปรับเครื่องให้มีแรงกด 12.5 กิโลปาสคาล โดยใช้แท่งน้ำหนักกดทับ
4. การทดสอบต้องแยกเครื่องทดสอบออกเป็น 2 เครื่องด้วย เพื่อใช้กับชิ้นทดสอบที่ต่างสภาวะกัน คือ ชุดแรกใช้กับสภาวะที่เป็นด่าง และชุดที่สองใช้กับสภาวะที่เป็นกรด
5. นำ เครื่องทดสอบ เข้าไปวางในตู้อบที่อุณหภูมิ 37 ± 2 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง

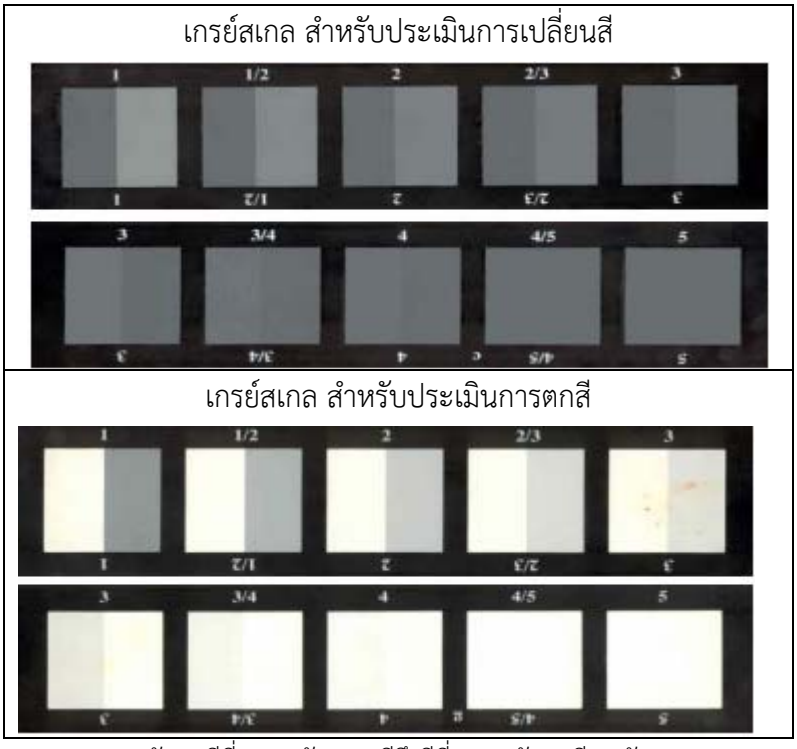
6. นำชิ้นทดสอบออกจากตู้อบ และผึ่งให้แห้งโดยการแขวนตากที่อุณหภูมิไม่เกิน 60 องศาเซลเซียสโดยการแขวนผ้าหลายเส้นใยไว้กับราวแขวนหรือถ้าเป็นการทดสอบเส้นใยหรือเส้นด้าย ต้องเลาะเอาผ้าด้านประกบกับชิ้นทดสอบออก 3 ด้าน เหลือด้านสั้น ไว้ 1 ด้าน แล้วนำมาแขวนตากเหมือนเดิม
7. หาค่าในการเปลี่ยนแปลงสีของชิ้นทดสอบ และค่าการติดเปื้อนสีบนผ้าหลายเส้นใย โดยใช้เกรย์สเกล (ตารางที่ 3.2)

***หมายเหตุ** เกรย์สเกล (Gray scale) อุปกรณที่ใช้สำหรับประเมินผลการทดสอบค่าความคงทนของสี โดยมีลักษณะเป็นแถบคู่ โดยมีสีที่คงอยู่ในแต่ละแถบซึ่งเทียบได้กับชิ้นงานที่ไม่ผ่านการทดสอบ ส่วนแถบที่เหลือเปรียบเทียบได้กับชิ้นงานที่ผ่านการทดสอบหรือผ่านการทดสอบ เกรย์สเกลแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. การประเมินค่าการเปลี่ยนสี (Gray scake for colour change) ซึ่งเกรย์สเกลนี้มีลักษณะเป็นสีเทา มีทั้งมาตรฐาน AATCC, ISO, JIS, และDIN เกร์ยสเกลนี้ระดับ 5 ถือว่าดีที่สุดจะไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงของสี ส่วนระดับที่ 1 ถือว่าแย่ที่สุดเกิดการเปลี่ยนแปลงของสีมากที่สุด

2. การประเมินค่าการติดเปื้อนสี (Gray scale for colour) ซึ่งเกรย์สเกลนี้มีลักษณะเป็นสีขาวมีทั้งมาตรฐาน AATCC, ISO, JIS, และDIN เกร์ยสเกลนี้ระดับ 5 ถือว่าดีที่สุดจะไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงของสี ส่วนระดับที่ 1 ถือว่าแย่ที่สุดเกิดการเปลี่ยนแปลงของสีมากที่สุดดังตารางที่ 3.3 พร้อมคำอธิบาย

ตารางที่ 3.3 เกร์ยสเกล



หมายเหตุ : ระดับ 5 ดีที่สุด ระดับ 4-5 ดีถึงดีที่สุด ระดับ 4 ดี ระดับ 3-4 ปานกลางถึงดี ระดับ 3 ปานกลาง ระดับ 2-3 แย่ถึงปานกลาง ระดับ 2 แย่ ระดับ 1-2 แย่ที่สุดถึงแย่ ระดับ 1 แย่ที่สุด

3.5.5 ความคงทนของสีต่อน้ำ

ความคงทนของสีต่อน้ำ ใช้วิธีการทดสอบตามมาตรฐาน ISO 105-E01: 1994 โดยมีวิธีการทดสอบดังนี้ (รัตนพล มงคลรัตนาสิทธิ์, 2549)

วิธีการทดสอบ

1. แช่ชิ้นทดสอบแต่ละชิ้นแยกกันไว้ในน้ำที่อุณหภูมิห้อง จนแน่ใจว่าชิ้นทดสอบเปียกอย่างทั่วถึงทั้งชิ้น วางชิ้นทดสอบระหว่างเพลตอะครีลิค ในเครื่องทดสอบภายใต้แรงกดทับปรับเครื่องให้มีแรงกด 12.5 กิโลปาสคาล โดยใช้แท่งน้ำหนักกดทับ
2. นำ เครื่องทดสอบ เข้าไปวางในตู้อบที่อุณหภูมิ 37 ± 2 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง
3. นำชิ้นทดสอบออกจากตู้อบ และผึ่งให้แห้งโดยการแขวนตากที่อุณหภูมิไม่เกิน 60 องศา-เซลเซียสโดยการแขวนผ้าหลายเส้นใยไว้กับราวแขวนหรือถ้าเป็นการทดสอบเส้นใยหรือเส้นด้าย ต้องเลาะเอาผ้าด้านประกบกับชิ้นทดสอบออก 3 ด้าน เหลือด้านสั้น ไว้ 1 ด้าน แล้วนำมาแขวนตากเหมือนเดิม
4. หาค่าในการเปลี่ยนแปลงสีของชิ้นทดสอบ และค่าการติดเปื้อนสีบนผ้าหลายเส้นใย โดยใช้เกรย์สเกล (ตารางที่ 3.3)

บทที่ 4
ผลการทดลอง และอภิปรายผลการทดลอง

โครงงานวิจัยนี้ได้นำเมล็ดหางนกยูงไทย และเมล็ดหางนกยูงฝรั่งมาศึกษาลักษณะทางกายภาพ เนื่องจากเอนโดสเปิร์มของเมล็ดดังกล่าวมีสารกาแลคโตแมนแนนเป็นองค์ประกอบหลัก สำหรับบทนี้จะกล่าวถึงการเตรียมผงกัมดิบและผงกัมปรับปรุง จากเมล็ดพืชดังกล่าว และทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีฟิสิกส์ และความหนืดแบบอินทรินสิคของผงกัมตัวอย่าง และจากการศึกษาการพิมพ์ผ้าไหม ซึ่งใช้สารให้ความหนืดจากกัมปรับปรุงหางนกยูงไทย และกัมปรับปรุงหางนกยูงฝรั่งด้วยวิธีการพิมพ์กับสีจากเปลือกมังคุด โดยการศึกษาตัวแปรเกี่ยวกับ ความเข้มข้นของแป้งพิมพ์ ความเข้มข้นของโซเดียมไบคาร์โบเนต ความเข้มข้นของกรดซิตริก ความเข้มข้นของยูเรีย ความเข้มข้นของอุณหภูมิและเวลาในการผนึกสี และความเข้มข้นของสี จากนั้นทำการทดสอบผ้าพิมพ์ในด้านต่างๆ ดังนี้ ความคงทนของสีต่อการซักล้างบนวัสดุสิ่งทอ ความคงทนของสีต่อการขัดถู ความคงทนของสีต่อแดดเทียม ความคงทนของสีต่อเหงื่อ และความคงทนของสีต่อน้ำ

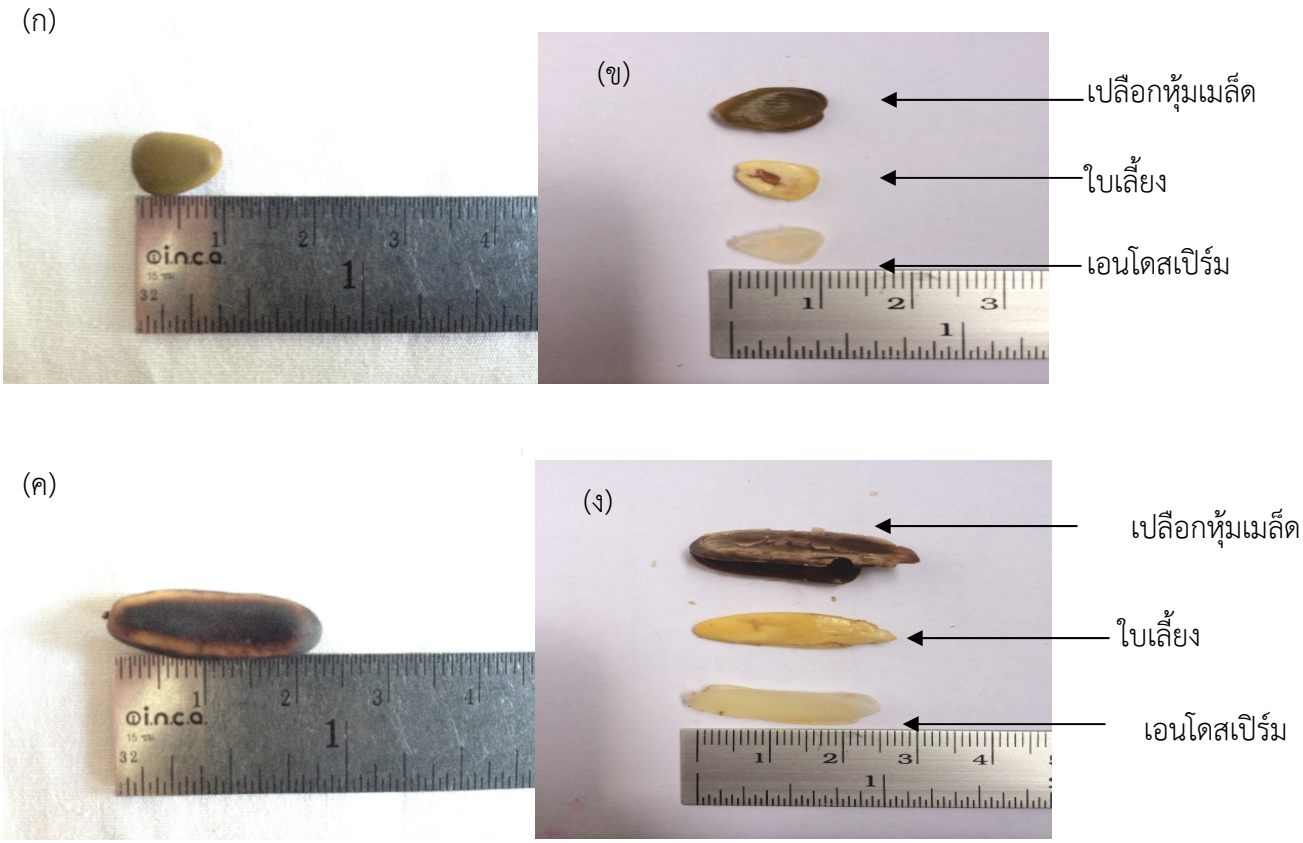
4.1 ลักษณะทางกายภาพของเมล็ดพืชตัวอย่าง

4.1.1 เมล็ดหางนกยูงไทย

หางนกยูงไทยมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Caesalpinia pulcherrima* (L.) Sw.เป็นพรรณไม้พุ่ม ที่มีลำต้นขนาดเล็กมีผลเป็นฝักแบน กว้างประมาณ 3-5 เซนติเมตร ยาว 40-60 เซนติเมตร ลักษณะเป็นข้อๆ แต่ละข้อมี 1 เมล็ด เมื่ออ่อนเมล็ดสีเขียว เมื่อแก่เต็มที่เมล็ดสีน้ำตาลเทาขอบขาวเหลือง ลักษณะค่อนข้างกลม ดังแสดงในรูป 4.1 (ก) เมื่อกะเทาะเมล็ดจะพบว่า มีส่วนประกอบของเปลือกหุ้มเมล็ดอยู่ชั้นนอกสุด ถัดมาเป็นส่วนของเอนโดสเปิร์มมีสีขาวขุ่น ซึ่งส่วนนี้จะเป็นส่วนที่นำไปใช้ในการศึกษา ถัดมาเป็นส่วนกลางของเมล็ดประกอบไปด้วยใบเลี้ยงหรือเอมบริโอที่มีสีเหลืองซึ่งจะกลายเป็นต้นอ่อนต่อไป ดังแสดงในรูปที่ 4.1 (ข) เมื่อคำนวณเป็นค่าร้อยละองค์ประกอบของเมล็ดหางนกยูงไทย พบว่าปริมาณเอนโดสเปิร์มของเมล็ดหางนกยูงไทยในเมล็ดมีประมาณร้อยละ 28 เมื่อเทียบกับเมล็ดพืชทั้งหมด ดังแสดงในตารางที่ 4.1

4.1.2 เมล็ดหางนกยูงฝรั่ง

หางนกยูงฝรั่ง มีชื่อวิทยาศาสตร์ ว่า *Delonix regia* L.มีผลเป็นฝักแบน กว้างประมาณ 3-5 เซนติเมตร ยาว 40-60 เซนติเมตร ลักษณะเป็นข้อๆ แต่ละข้อมี 1 เมล็ด เมื่ออ่อนเมล็ดสีเขียว เมื่อแก่เต็มที่เมล็ดสีน้ำตาลเทาขอบขาวเหลือง ลักษณะค่อนข้างกลมยาวเป็นทรงกระบอกมนปลายเมล็ด ความยาวประมาณ 1.7-2.2 เซนติเมตรดังแสดงในรูปที่ 4.1 (ค) เมื่อกะเทาะเมล็ดจะพบว่า มีส่วนประกอบของเปลือกหุ้มเมล็ดอยู่ชั้นนอกสุด ถัดมาเป็นส่วนของเอนโดสเปิร์มมีสีขาวขุ่น ซึ่งส่วนนี้จะเป็นส่วนที่นำไปใช้ในการศึกษา ถัดมาเป็นส่วนกลางของเมล็ดประกอบไปด้วยใบเลี้ยงมีสีเหลืองนวล ซึ่งจะกลายเป็นต้นอ่อนต่อไป ดังแสดงในรูปที่ 4.1 (ง) เมื่อคำนวณเป็นค่าร้อยละองค์ประกอบของเมล็ดหางนกยูงฝรั่ง พบว่าปริมาณเอนโดสเปิร์มของเมล็ดหางนกยูงฝรั่งมีประมาณร้อยละ 31 เมื่อเทียบกับน้ำหนักของเมล็ดทั้งหมด ดังแสดงในตารางที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ลักษณะเมล็ดหางนกยูงไทย (ก) โครงสร้างภายในเมล็ดหางนกยูงไทย (ข) ลักษณะเมล็ดหางนกยูงฝรั่ง (ค) และโครงสร้างภายในเมล็ดหางนกยูงฝรั่ง (ง)

ตารางที่ 4.1 องค์ประกอบของเมล็ดพืชตัวอย่าง

องค์ประกอบ	หางนกยูงไทย (ร้อยละ)	หางนกยูงฝรั่ง (ร้อยละ)
เปลือกหุ้มเมล็ด	48.18±0.90	49.93±0.81
เอนโดสเปิร์ม	28.19±1.56	30.98±1.54
ใบเลี้ยง	23.61±1.00	19.06±0.76

ข้อมูลทั้งหมดที่ได้จากการทดลองทำซ้ำอย่างน้อย 3 ครั้ง

4.2 การเตรียมผงกัมดิบและผงกัมปรับปรุง

การเตรียมผงกัมดิบและผงกัมปรับปรุง แสดงตามขั้นตอนในหัวข้อที่ 3.1.2 และ 3.1.3 ตามลำดับ โดยการเตรียมผงกัมดิบจะทำได้โดยการนำเมล็ดมากะเทาะให้แตก นำไปแช่น้ำจนส่วนสีขาวขุ่นที่เป็นเอนโด-สเปิร์มพองตัว แล้วลอกส่วนที่เป็นเอนโดสเปิร์มออกจากเปลือกหุ้มเมล็ด หลังจากนั้นนำไปอบจนแห้งและนำไปบดให้ละเอียด

การเตรียมผงกัมปรับปรุงจะใช้วิธีคาร์บอกซีเมทิลเลชัน (Carboxymethylation) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติทางเคมีฟิสิกส์ของกัมดิบ เช่น เพื่อให้กัมสามารถกระจายตัวในน้ำได้เพิ่มขึ้นทำให้สารละลายมีความหนืดเพิ่มขึ้นเมื่อใช้ความเข้มข้นต่ำ หรือเพื่อเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติในการเกิดเจลาติไนเซชัน หรือเพื่อเพิ่มความคงตัวภายใต้สภาวะการแช่แข็งและการคืนตัว ซึ่งจะสามารถนำไปใช้ปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ (Smith, 1982)

การปรับปรุงกัมทำได้โดยการนำผงกัมดิบมาละลายในสารละลายที่ประกอบไปด้วยโซเดียมไฮดรอก-ไซด์และคลอโรอะซิติกตามอัตราส่วน โดยใช้อัตราส่วนที่โซเดียมไฮดรอกไซด์ต่อคลอโรอะซิติกต่อผงกัม (โมล) ที่ 3.5:1.5:1 โมลโดยสัดส่วนนี้ได้มาจากสมการที่ 4.1 ซึ่งการเตรียมกัมปรับปรุงทางเคมีด้วยวิธีคาร์บอกซี-เมทิลเลชันเป็นการแทนที่หมู่ไฮดรอกซิล (-OH) บนหน่วยกลูโคสในโมเลกุลของกัมด้วยหมู่คาร์บอกซีเมทิล ($-CH_2COO-$) โดยเกิดปฏิกิริยา 2 ขั้นตอนคือขั้นตอนแรกปฏิกิริยา Alkalization ซึ่งจะเป็นการทำให้เม็ดแป้งกระจายตัวในตัวกลางปฏิกิริยาที่เป็นด่างดังแสดงในสมการที่ 4.1

ปฏิกิริยา Alkalization

$$\text{gum-OH} + \text{NaOH} \longleftrightarrow \text{gum-ONa} + H_2O \qquad (4.1)$$

ขั้นตอนที่สองจะทำปฏิกิริยาคาร์บอกซีเมทิลเลชัน (Carboxymethylation) กับ Etherifying Agent ได้แก่โซเดียมโมโนคลอโรอะซิเทต (Sodiummonochloroacetate, SMCA) ดังแสดงในสมการที่ 4.2 ในสภาวะด่างต่อไป (Ragheb et al., 1997) ซึ่งเขียนเป็นสมการ (Tijsen et al., 2001) ได้ดังนี้

ปฏิกิริยาCarboxymethylation

$$\text{gum-ONa} + \text{Cl-}CH_2\text{-CO-ONa} \longrightarrow \text{gum-O-}\ CH_2\text{-COONa} + \text{NaCl} \qquad (4.2)$$

ในการทำปฏิกิริยา Alkalization และ Carboxymethylation จะมีปฏิกิริยาข้างเคียง (Side reaction) เกิดขึ้นได้ดังแสดงในสมการที่ (4.3)

$$\text{NaOH} + ClCH_2COONa \longleftrightarrow HOCH_2COONa + \text{NaCl} \qquad (4.3)$$

เนื่องจากการใช้ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์มากเกินจะเกิดเกลือ ซึ่งเกลือเป็นสารที่ไม่ต้องการ อีกทั้งยังเป็นการประหยัดสารเคมีอีกด้วย

พบว่า จาก 100 กรัมของเมล็ดหางนกยูงไทยทั้งหมดจะได้ส่วนที่เป็นเอนโดสเปิร์มประมาณร้อยละ 28 (ตารางที่ 4.1) และปริมาณผงกัมดิบที่ได้ประมาณร้อยละ 26 เมื่อเทียบกับน้ำหนักของเมล็ดหางนกยูงไทยเริ่มต้น เมื่อนำมาทำเป็นผงกัมปรับปรุง ได้ผงกัมประมาณร้อยละ 24 ดังแสดงในตารางที่ 4.2 และจาก 100

กรัมของเมล็ดหางนกยูงฝรั่งทั้งหมดจะได้ส่วนที่เป็นเอนโดสเปิร์มประมาณร้อยละ 31 (ตารางที่ 4.1) และปริมาณผงกัมดิบที่ได้ประมาณร้อยละ 25 เมื่อเทียบกับน้ำหนักของเมล็ดหางนกยูงฝรั่งเริ่มต้น ดังแสดงใน ตารางที่ 4.2 และเมื่อนำมาทำเป็นผงกัมปรับปรุง ได้ผงกัมประมาณร้อยละ 24 ดังแสดงในตารางที่ 4.2 จะเห็นได้ว่าเมื่อนำมาทำผงกัมปรับปรุงมีการสูญเสียกัมที่น้อยมาก ซึ่งต่างจากในส่วนของผงกัมดิบที่สูญเสียมาก เนื่องจากมีการสูญเสียในส่วนของเอนโดสเปิร์มในระหว่างการบดเอนโดนสเปิร์มให้ละเอียด ซึ่งเอนโดสเปิร์มมีลักษณะที่แข็งและเหนียวจึงทำให้ระหว่างการตำหรือบดนั้นอาจมีชิ้นส่วนของเอนโดสเปิร์มกระเด็นหรือติดกับอุปกรณ์ที่ใช้ตำหรือบดได้ รวมในระหว่างขั้นตอนการร่อนผ่านตะแกรง ผงกัมจะไปติดกับตะแกรงหรืออาจฟุ้งกระจายในระหว่างการร่อนได้

ตารางที่ 4.2 ปริมาณร้อยละโดยน้ำหนักของผงกัมดิบและผงกัมปรับปรุงเมื่อเทียบกับน้ำหนักของเมล็ดพืช

	หางนกยูงไทย	**หางนกยูงฝรั่ง**
ผงกัมดิบ	25.85±1.44	24.99±0.97
ผงกัมปรับปรุง	23.96±0.72	24.25±1.38

ข้อมูลทั้งหมดที่ได้จากการทดลองทำซ้ำอย่างน้อย 3 ครั้ง

4.3 องค์ประกอบทางเคมีของผงกัมดิบและผงกัมปรับปรุง

จากผลการวิเคราะห์วิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี ปริมาณความชื้นเฉลี่ยของเมล็ดหางนกยูงไทย และเมล็ดหางนกยูงฝรั่ง พบว่าปริมาณความชื้นเฉลี่ยของผงกัมตัวอย่างที่ผ่านการปรับปรุงด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิล-เลชันมีปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้น เนื่องจากในขั้นตอนการปรับปรุงผลกัมเป็นการดึงน้ำออก จึงทำให้ผงกัมตัวอย่างมีความสามารถในการกักเก็บความชื้นได้มากกว่าผงกัมดิบ อีกทั้งวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลชัน เป็นวิธีที่เพิ่มปริมาณของหมู่ไฮดรอกซิล ทำให้ผงกัมปรับปรุงจับน้ำในอากาศได้มากขึ้นส่วนปริมาณเถ้าของผงกัมตัวอย่างดิบ และผงกัมตัวอย่างปรับปรุงมีค่าใกล้เคียงกัน และในส่วนปริมาณโปรตีน หลังจากผ่านการปรับปรุงนั้นมีค่าลดลง ส่งผลให้ผงกัมปรับปรุงตัวอย่างมีการทำปฏิกิริยากับสีพิมพ์ได้ดี (Mathur, 2006) ในขณะที่ปริมาณไขมันของผงกัมปรับปรุงตัวอย่างมีค่าค่าน้อยกว่าผงกัมดิบตัวอย่าง เนื่องจากการทำการปรับปรุงผงกัมเป็นส่วนที่ดึงไขมันออก ปริมาณไขมันจึงมีค่าน้อยลงเมื่อผ่านการปรับปรุง ส่งผลให้ความสามารถในการละลายของผงกัมตัวอย่างเพิ่มขึ้น และทำให้เกิดความคงตัวในการเก็บรักษาเพื่อการใช้ประโยชน์ได้ดีขึ้น และปริมาณโพลิแซคคาไรด์ในการปรับปรุงกัมมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากผงกัมที่ผ่านการปรับปรุงปริมาณโปรตีน และไขมัน จะลดลงดังแสดงในตารางที่ 4.3 ทั้งนี้ได้วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสารข้นทางการค้าด้วย (ทัมมารีนกัม) เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบ ซึ่งพบว่าปริมาณโปรตีนและไขมันของสารข้นทางการค้าอยู่ในระดับที่สูง เมื่อเทียบกับของผงกัมจากเมล็ดพืชตัวอย่าง

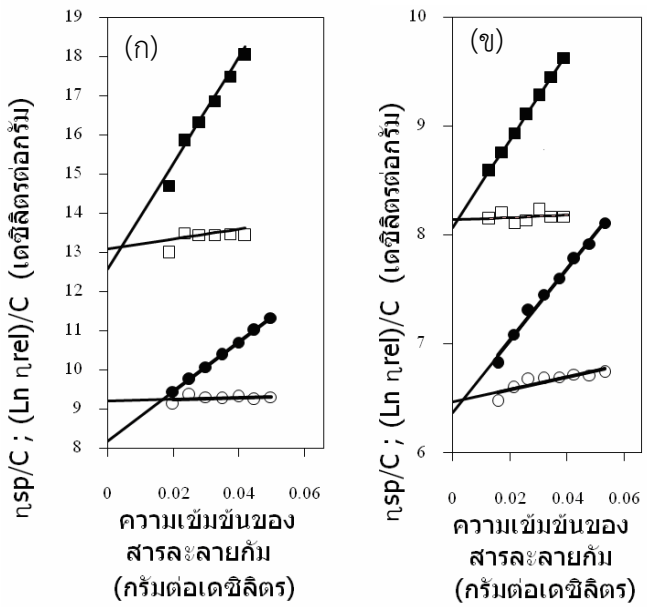
ตารางที่ 4.3 องค์ประกอบทางเคมีของผงกัม

ชนิดผงกัม		ร้อยละ				
		ความชื้น	เถ้า	โปรตีน	ไขมัน	โพลิแซคคาไรด์
หางนกยูงไทย	ดิบ	3.07±0.05	0.07±0.00	2.71	0.77	96.45
	ปรับปรุง	4.12±0.09	0.07±0.00	1.95	0.00	97.98
หางนกยูงฝรั่ง	ดิบ	2.15±0.09	0.06±0.00	3.8	1.27	94.87
	ปรับปรุง	3.58±0.30	0.09±0.00	1.27	0.09	98.32
ทัมมารีนกัมทางการค้า		12.70±0.06	0.73±0.03	4.08	4.26	90.93

*ค่าโพลิแซคคาไรด์คำนวณได้จากค่าแตกต่างของปริมาณไขมัน โปรตีน และเถ้า

4.4 ค่าความหนืดแบบอินทรินสิคของสารละลายกัม

เนื่องจากค่าความหนืดแบบอินทรินสิคเป็นคุณสมบัติที่สำคัญของสารละลายกัม คือเป็นค่าความหนืดที่ไม่ขึ้นกับความเข้มข้นของสารละลาย (ความเข้มข้นเข้าใกล้ศูนย์) สำหรับขั้นตอนการหาความหนืดแบบอินทรินสิคได้กล่าวไว้ในหัวข้อ 3.2.5 โดยใช้เครื่องวัดความหนืดชนิดหลอด (Cannon Fenske Routine Viscometers) วัดที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และนำผลการทดลองมาประมาณหาค่าความหนืดโดยใช้สมการของ Huggins' (1942) (สมการที่ 3.8) และ Kraemer (1938) (สมการที่ 3.9) (รูปที่ 4.2) สำหรับข้อมูลของค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ แสดงในดังตารางที่ 4.4



รูปที่ 4.2 ค่าความหนืดแบบอินทรินสิคของสารละลายกัมเมล็ดหางนกยูงไทย (ก) และเมล็ดหางนกยูงฝรั่ง (ข) โดยกัมตัวอย่างดิบ (○) และกัมตัวอย่างปรับปรุง (□) จากการประมาณโดยสมการ Huggins' (สัญลักษณ์ทึบ) และสมการ Kraemer (สัญลักษณ์โปร่ง) ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 4.4 ค่าความหนืดแบบอินทรินสิคของผงกัมดิบและผงกัมปรับปรุงที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

	กัมจากเมล็ดหางนกยูงไทย		กัมจากเมล็ดหางนกยูงฝรั่ง	
	กัมดิบ	กัมปรับปรุง	กัมดิบ	กัมปรับปรุง
Intrinsic viscosity (dl/g), $[\eta]_H$ of Huggins'	8.19	12.43	6.40	8.07
Intrinsic viscosity (dl/g), $[\eta]_K$ of Kraemer	9.20	12.98	6.47	8.14
Huggins' coefficient, k'_H	0.94	0.86	0.81	0.61

จากตารางที่ 4.4 พบว่าค่าความหนืดที่ได้จากสมการ Huggins' และสมการ Kraemer ของทั้งผงกัมดิบและผงกัมปรับปรุงมีค่าใกล้เคียงกัน และค่าความหนืดอินทรินสิคของสารละลายกัมปรับปรุงมีค่ามากกว่าค่าของสารละลายกัมดิบ เนื่องมาจากผงกัมปรับปรุงได้ถูกกำจัดสิ่งเจือปน เช่น ไขมัน โปรตีน มีปริมาณน้อยลง ทำให้กัมมีความบริสุทธิ์มากขึ้นโดยดูได้จากปริมาณโพลิแซคคาไรด์ที่มีค่าเพิ่มขึ้น อีกทั้งในการปรับปรุงกัมทำให้เกิดหมู่ไฮดรอกซิล (OH) เพิ่มมากขึ้น เมื่อผงกัมปรับปรุงละลายในน้ำ จึงเกิดการดูดซับน้ำมากขึ้น ส่งผลให้ผงกัมเมื่อแตกตัวออกจะเกิดความหนืดขึ้น ทำให้ค่าความหนืดอินทรินสิคมีค่าเพิ่มขึ้นตามลำดับ

สำหรับค่าสัมประสิทธิ์ของ Huggins' (k'_H) เป็นค่าคงที่ซึ่งจะบ่งบอกถึงความสามารถของตัวทำละลายที่ใช้ในการทดสอบปริมาณความหนืดแบบอินทรินสิคว่ามีประสิทธิภาพในการเป็นตัวทำละลายได้ดีหรือไม่ ซึ่งตัวทำละลายที่ดีนั้น ควรมีค่าอยู่ระหว่าง 0.3-0.8 (Tager, 1978) ซึ่งจากการทดลองจะเห็นได้ว่าตัวทำละลายที่ใช้ คือน้ำกลั่น พบว่าค่า k'_H ที่ตารางที่ 4.4 จะอยู่ในช่วงระหว่าง 0.61-0.94 ซึ่งมากกว่าช่วงของตัวทำละลายที่ดี

4.5 การเตรียมแป้งพิมพ์

การเตรียมแป้งพิมพ์สำหรับพิมพ์ผ้าจำเป็นต้องเตรียมให้แป้งพิมพ์มีความหนืดอยู่ในช่วง 8,000 – 12,000 เซนติพอยซ์ (ดังที่กล่าวไว้ในบทที่ 3) สำหรับการเตรียมแป้งพิมพ์ทางการค้าโดยใช้สารข้นทางการค้าจะเตรียมสารละลายสารข้นที่ความเข้มข้นร้อยละ 8 ซึ่งจะมีค่าความหนืดอยู่ที่ประมาณ 9,000 เซนติพอยซ์

จากนั้นแป้งพิมพ์ที่เตรียมได้จากกัมจากเมล็ดพืชนำไปใช้พิมพ์ผ้าแบบตรง (Direct printing) และทำการเปรียบเทียบกับผ้าพิมพ์ที่พิมพ์ด้วยแป้งพิมพ์ที่เตรียมได้จากทัมมารีนกัมทางการค้า โดยทำการสังเกตด้วยตาเปล่า วิเคราะห์ค่าสีและความเข้มสีด้วยเครื่องวัดหาค่าสี ซึ่งจะทำการทดลองตามตัวแปรที่ศึกษาในตารางที่ 3.1 เพื่อให้ได้สูตรที่เหมาะสมสำหรับการพิมพ์ผ้าต่อไป โดยจะแบ่งหัวข้อการศึกษาเป็นดังนี้

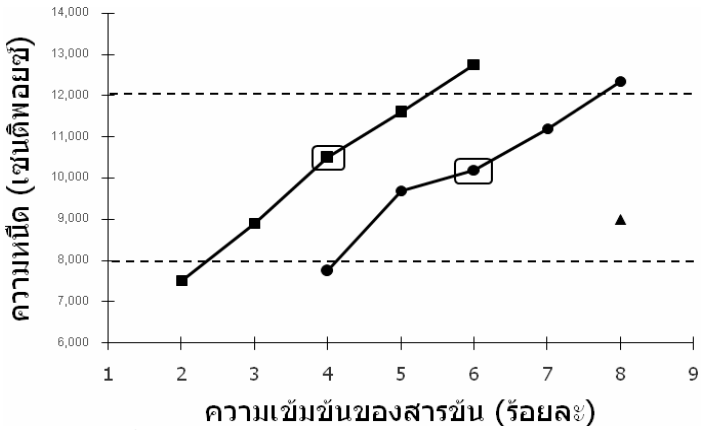
- อิทธิพลความเข้มข้นของสารข้น

- อิทธิพลความเข้มข้นของกรดซิตริก
- อิทธิพลความเข้มข้นของยูเรีย
- อิทธิพลความเข้มข้นของสีธรรมชาติ
- อิทธิพลของอุณหภูมิในการผนึกสี
- อิทธิพลของระยะเวลาในการผนึกสี

4.5.1 อิทธิพลของความเข้มข้นของสารข้น

ค่าความเข้มข้นของสารข้นที่ใช้พิมพ์ทางการค้านั้น คือร้อยละ 8 โดยน้ำหนัก (แสดงดังตารางที่ 3.1) จากการศึกษาอิทธิพลของความเข้มข้นของสารข้น พบว่า การพิมพ์นั้นต้องการให้สีพิมพ์ติดบนวัสดุอย่างสม่ำเสมอ และควบคุมลายเส้นให้ชัดเจน โดยแป้งพิมพ์ควรมีความหนืดที่เหมาะสม เพื่อช่วยควบคุมลายเส้นให้คมชัด

ค่าความเข้มข้นที่เหมาะสมของแป้งพิมพ์ที่เตรียมได้จากกัมปรับปรุงของหางนกยูงไทยและกัมปรับปรุงของหางนกยูงฝรั่งสามารถหาได้จากรูปที่ 4.3 โดยความหนืดของสารข้นต้องอยู่ในช่วง 8,000 – 12,000 เซนติพอยซ์ พบว่าความเข้มข้นของสารข้นที่เตรียมได้จากกัมปรับปรุงของหางนกยูงไทย อยู่ในช่วงร้อยละ 3-5 โดยน้ำหนักส่วนสารข้นที่เตรียมได้จากกัมปรับปรุงของหางนกยูงฝรั่งอยู่ในช่วงร้อยละ 5-7 โดยน้ำหนัก



รูปที่ 4.3 ค่าความหนืดของสารข้นที่ความเข้มข้นต่างๆ สำหรับกัมปรับปรุงจากเมล็ดหางนกยูงไทย (■) และกัมปรับปรุงจากเมล็โหางนกยูงฝรั่ง (●) และทัมมารีนกัมทางค้า (▲)

ความหนืดของสารข้นจากกัมปรับปรุงหางนกยูงไทยที่ความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก มีค่าสูงกว่าของสารข้นจากกัมปรับปรุงหางนกยูงฝรั่งที่ความเข้มข้นเดียวกัน ทั้งนี้สอดคล้องกับผลของค่าความหนืดแบบอินทรินสิค กล่าวคือ ค่าความหนืดแบบอินทรินสิคของกัมปรับปรุงของหางนกยูงไทยสูงกว่ากัมปรับปรุงของหางนกยูงฝรั่ง

ตารางที่ 4.5 ผลการวัดสีและตัวอย่างผ้าพิมพ์ที่ได้จากสารข้น เมื่อแปรค่าความเข้มข้นของสารข้นตัวอย่าง

ลำดับที่ของสูตร	สูตร (ร้อยละ)				ค่าของสี (Colour values / Colour strength)				ตัวอย่างผ้า
	สารข้น	กรดซิตริก	ยูเรีย	สี	L*	a*	b*	K/S	
สารข้นทางการค้า									
1	8	0.3	12	4	68.84	9.52	23.15	1.731	
หางนกยูงไทย									
1	3	0.3	12	4	69.75	8.19	23.03	1.840	
2	4	0.3	12	4	70.27	8.08	24.27	1.868	
3	*5*	*0.3*	*12*	*4*	*71.66*	*7.66*	*24.00*	*1.655*	
หางนกยูงฝรั่ง									
1	*5*	*0.3*	*12*	*4*	*70.58*	*7.96*	*23.00*	*2.147*	
2	6	0.3	12	4	70.90	8.01	22.87	1.677	
3	7	0.3	12	4	70.98	24.63	24.63	1.759	

ฉะนั้นการหาความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารข้นตัวอย่าง จะทำการแปรความเข้มข้นดังนี้ กล่าวคือ สารข้นจากกัมปรับปรุงหางนกยูงไทยแปรที่ความเข้มข้นร้อยละ 3, 4 และ 5 โดยน้ำหนัก สารข้นจากกัมปรับปรุงหางนกยูงฝรั่งแปรที่ความเข้มข้น 5, 6 และ 7 โดยน้ำหนัก (ในขณะที่ส่วนประกอบอื่นของการเตรียมแป้งพิมพ์เป็นค่าคงที่ที่ใช้ในสูตรทางการค้า (ตารางที่ 3.1)) เทียบกับสารข้นทางการค้าโดยการดูจากตาเปล่าและวัดความเข้มสี ซึ่งจากการวิเคราะห์ด้วยตาเปล่าพบว่า สารข้นจากกัมปรับปรุงหางนกยูงไทยและหางนกยูงฝรั่งที่ความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก ผ้าพิมพ์มีความคมชัดและลวดลายชัดเจน ผ้าไหมที่ได้จากการพิมพ์ที่ความเข้มข้นต่างๆ แสดงได้ดังตารางที่ 4.5 เมื่อเปรียบเทียบค่าความเข้มสีของผ้าที่พิมพ์ด้วยสารข้นตัวอย่างกับสารข้นทางการค้า พบว่าผ้าไหมที่พิมพ์ได้จากสารข้นจากกัมปรับปรุงหางนกยูงไทยมีค่าความเข้มสีใกล้เคียงกัน ในขณะที่สารข้นจากกัมปรับปรุงหางนกยูงฝรั่งมีค่าความเข้มสีมากกว่าผ้าที่พิมพ์ได้จากทัมมารีนกัมทางการค้า

4.5.2 อิทธิพลของความเข้มข้นของกรดซิตริก

แป้งพิมพ์สำหรับสีบางประเภท จะต้องรักษาความเสถียรภาพของค่าความเป็นกรดเป็นด่างของแป้งพิมพ์ เพื่อให้มีสภาวะที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการพิมพ์บนผ้าไหม และทำให้สีติดวัสดุได้ดีที่สุด โดยสารดังกล่าวที่ช่วยรักษาค่าความเป็นกรดเป็นด่างในการศึกษาครั้งนี้ คือ กรดซิตริก ค่าความเข้มข้นของกรดซิตริกที่ใช้พิมพ์ทางการค้านั้น มีความเข้มข้นร้อยละ 0.3 โดยน้ำหนัก (แสดงดังตารางที่ 3.1) ผลการศึกษาอิทธิพลความเข้มข้นของกรดซิตริก พบว่ากรดซิตริกมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ในช่วง 3- 4 กรดใช้สำหรับพิมพ์เส้นใยโปรตีน โดยเส้นใยโปรตีนทำหน้าที่เป็นตัวทำละลายสี ทำให้ประจุไฟฟ้าลบในเส้นใยน้อยลง และเพิ่มประจุไฟฟ้าบวกเข้าไป จึงทำให้สีสามารถเข้าไปในเส้นใยได้ดีโดยการพิมพ์ผ้าต้องรักษาความเสถียรภาพของค่าความเป็นกรดเป็นด่างของแป้งพิมพ์ ดังนั้นจะใช้กรดซิตริกในการพิมพ์บนผ้าไหม เพราะกรดจะช่วยทำให้เกิดการผนึกสีที่ดี เกิดลวดลายที่คมชัด และมีการติดสีที่สม่ำเสมอ

เมื่อได้ความเข้มข้นของสีที่เหมาะสม เราจะนำมาหาความเข้มข้นของซิตริกที่ต้องการศึกษา 0.1, 0.3 และ 0.5 กรัม ของสารข้นตัวอย่างตัวอย่าง ซึ่งอยู่ในช่วงความเป็นกรดด่างตามสูตรทางการค้าเทียบกับทัมมารีนกัมทางการค้าโดยการดูจากตาเปล่า และวัดความเข้มสี ซึ่งซิตริกเป็นตัวปรับค่ากรดด่างในผ้าไหม จากการวิเคราะห์ด้วยตาเปล่า พบว่าความเข้มข้นของซิตริกในสารข้นที่เตรียมได้จากหางนกยูงไทยและหางนกยูงฝรั่งที่ความเข้มข้น 0.5 กับ 0.1 กรัม ให้ผ้าพิมพ์มีความคมชัดและลวดลายชัดเจน (ตารางที่ 4.6) เมื่อเปรียบเทียบค่าความเข้มสีของผ้าที่พิมพ์ด้วยสารข้นตัวอย่างกับทัมมารีนกัมทางการค้า พบว่าสารข้นที่เตรียมได้จากกัมปรับปรุงหางนกยูงไทยและกัมปรับปรุงหางนกยูงฝรั่งที่ความเข้มข้นซิตริก 0.5 และ 0.1 กรัม มีค่าความเข้มสีมากกว่าผ้าที่พิมพ์ได้จากทัมมารีนกัมทางการค้า

ตารางที่ 4.6 ผลการวัดสีและตัวอย่างผ้าพิมพ์ที่ได้จากสารข้น เมื่อแปรค่าความเข้มข้นของกรดซิตริก

ลำดับที่ของสูตร	สูตร (ร้อยละ)				ค่าของสี (Colour values / Colour strength)				ตัวอย่างผ้า
	สารข้น	กรดซิตริก	ยูเรีย	สี	L*	a*	b*	K/S	
สารข้นทางการค้า									
1	8	0.3	12	4	68.84	9.52	23.15	1.731	
หางนกยูงไทย									
1	5	0.1	12	4	71.98	7.55	25.20	1.752	
2	5	0.3	12	4	71.66	7.66	24.00	1.655	
3	*5*	*0.5*	*12*	*4*	*69.79*	*8.46*	*25.39*	*1.980*	
หางนกยูงฝรั่ง									
1	*5*	*0.1*	*12*	*4*	*70.51*	*7.90*	*23.23*	*1.743*	
2	5	0.3	12	4	70.98	8.01	24.63	2.417	
3	5	0.5	12	4	69.26	8.16	22.39	1.762	

4.5.3 อิทธิพลของความเข้มข้นของยูเรีย

ตารางที่ 4.7 ผลการวัดสีและตัวอย่างผ้าพิมพ์ที่ได้จากสารข้น เมื่อแปรค่าความเข้มข้นของยูเรีย

ลำดับที่ของสูตร	สูตร (ร้อยละ)				ค่าของสี (Colour values / Colour strength)				ตัวอย่างผ้า
	สารข้น	กรดซิตริก	ยูเรีย	สี	L*	a*	b*	K/S	
สารข้นทางการค้า									
1	8	0.3	12	4	68.84	9.52	23.15	1.731	
หางนกยูงไทย									
1	*5*	*0.5*	*10*	*4*	*69.41*	*9.00*	*24.03*	*1.795*	
2	5	0.5	12	4	69.79	8.46	25.39	1.980	
3	5	0.5	14	4	69.34	8.98	22.92	1.677	
หางนกยูงฝรั่ง									
1	5	0.1	10	4	70.48	8.03	21.36	1.419	
2	5	0.1	12	4	70.51	7.90	23.23	1.743	
3	*5*	*0.1*	*14*	*4*	*70.46*	*7.59*	*24.34*	*1.530*	

ค่าความเข้มข้นของยูเรียตามมาตราฐานที่ใช้พิมพ์ทางการค้านั้น คือร้อยละ 12 โดยน้ำหนัก (แสดงดังตารางที่ 3.1) ผลการศึกษาอิทธิพลความเข้มข้นของยูเรีย พบว่า ยูเรียจะส่งผลในเรื่องการดูดความชื้นจากไอน้ำทำให้สีที่พิมพ์ไปแล้วแพร่เข้าไปภายในเส้นใยได้ดี ซิตริกที่ต้องการศึกษาร้อยละ 10, 12 และ 14 โดยน้ำหนัก จากการวิเคราะห์ด้วยตาเปล่าพบว่าความเข้มข้นยูเรียในสารข้นที่เตรียมได้จากกัมปรับปรุงหางนกยูงไทยและกัมปรับปรุงหางนกยูงฝรั่งที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 และร้อยละ 14 โดยน้ำหนักผ้าพิมพ์มีความคมชัดและลวดลายชัดเจน (ดังในตารางที่ 4.7) เมื่อเปรียบเทียบค่าความเข้มสีของผ้าที่พิมพ์ด้วยสารข้นตัวอย่างกับทัมมารีนกัมทางการค้า พบว่าบนผ้าไหมสารข้นที่เตรียมได้จากกัมปรับปรุงหางนกยูงไทยมีค่าความเข้มสีมากกว่า สารข้นที่เตรียมได้จากกัมปรับปรุงหางนกยูงฝรั่งมีค่าความเข้มสีใกล้เคียงกันกับทัมมารีนกัมทางการค้า ค่าความเข้มสีของผ้าพิมพ์ที่พิมพ์ได้จากสารข้นที่เตรียมได้จากกัมปรับปรุงหางนกยูงไทยและกัมปรับปรุงหางนกยูงฝรั่งที่ความเข้มข้นยูเรียร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก ค่าความเข้มสีของสารข้นที่เตรียมได้จากกัมปรับปรุงหางนกยูงไทยมีค่ามากกว่าสารข้นที่เตรียมได้จากกัมปรับปรุงหางนกยูงฝรั่ง และที่ความเข้มข้นของยูเรียร้อยละ 12 และร้อยละ 14 โดยน้ำหนัก มีค่าความเข้มสีไม่แตกต่างกันมากนัก

4.5.4 อิทธิพลความเข้มข้นของสีธรรมชาติ

ค่าความเข้มข้นของสีตามมาตราฐานที่ใช้พิมพ์ทางการค้านั้น มีความเข้มข้นร้อยละ 4 โดยน้ำหนัก (แสดงดังตารางที่ 3.1) ผลการศึกษาอิทธิพลความเข้มข้นของสี พบว่า สีที่ใช้ในการพิมพ์จะต้องละลายน้ำได้ดี และมีการแทรกซึมของสีเข้าสู่เส้นใย โดยการพิมพ์ผ้า สีจะต้องแทรกซึมผ่านฟิล์มของแป้งพิมพ์ก่อนที่จะไปถึงเส้นใย จากนั้นจึงจะเกิดการดูดซึมเข้าสู่เส้นใย ถ้าการแทรกซึมสีผ่านแป้งพิมพ์เกิดช้า การตรึงสีจะต้องใช้เวลานานขึ้น ทำให้นิยมใช้สีที่มีขนานโครงสร้างเล็กในการพิมพ์ เมื่อได้ศึกษาความเข้มข้นของสารข้นตัวอย่าง ซิตริก ยูเรีย อุณหภูมิเวลาที่เหมาะสมจะนำมาหาค่าความเข้มข้นสีที่ต้องการศึกษาร้อยละ 3, 4 และ 5 โดยน้ำหนัก ของสารข้นตัวอย่างเทียบกับทัมมารีนกัมทางการค้าโดยดูจากตาเปล่า และวัดค่าความเข้มสีจากการวิเคราะห์ด้วยตาเปล่าพบว่า ผ้าพิมพ์ที่พิมพ์ได้จากสารข้นที่เตรียมได้จากกัมปรับปรุงหางนกยูงไทยและกัมปรับปรุงหางนกยูงฝรั่งที่ความเข้มข้นร้อยละ 4 โดยน้ำหนักผ้าพิมพ์มีความคมชัดและลวดลายชัดเจน (ดังในตารางที่ 4.8)

เปรียบเทียบค่าความเข้มสีของผ้าที่พิมพ์ด้วยสารข้นตัวอย่างกับทัมมารีนกัมทางการค้า พบว่าบนผ้าไหมสารข้นที่เตรียมได้จากกัมปรับปรุงหางนกยูงไทยและกัมปรับปรุงหางนกยูงฝรั่งที่ความเข้มข้นสีร้อยละ 4 โดยน้ำหนัก มีค่าความเข้มสีต่ำกว่าผ้าที่พิมพ์ได้จากทัมมารีนกัมทางการค้าเล็กน้อย มีความเข้มข้นอื่นที่มีค่าความเข้มสีสูงกว่า แต่จะมีค่าความคมชัด และลายเส้นน้อยกว่าเวลาในการผนึกสีที่เลือกไว้

ตารางที่ 4.8 ผลการวัดสีและตัวอย่างผ้าพิมพ์ที่ได้จากสารข้น เมื่อแปรค่าความเข้มข้นของสีธรรมชาติ

ลำดับที่ของสูตร	สูตร (ร้อยละ)				ค่าของสี (Colour values / Colour strength)				ตัวอย่างผ้า
	สารข้น	กรดซิตริก	ยูเรีย	สี	L*	a*	b*	K/S	
สารข้นทางการค้า									
1	8	0.3	12	4	68.84	9.52	23.15	1.731	
หางนกยูงไทย									
1	5	0.5	10	3	77.25	5.88	21.97	0.986	
2	*5*	*0.5*	*10*	*4*	*75.89*	*6.73*	*21.38*	*1.052*	
3	5	0.5	10	5	74.27	7.07	22.97	1.320	
หางนกยูงฝรั่ง									
1	5	0.1	14	3	71.21	7.18	20.74	1.384	
2	*5*	*0.1*	*14*	*4*	*78.83*	*4.33*	*18.05*	*0.755*	
3	5	0.1	14	5	69.04	7.81	21.14	1.660	

4.5.5 อิทธิพลของอุณหภูมิที่เหมาะสมในการผนึกสี

ตารางที่ 4.9 ผลการวัดสีและตัวอย่างผ้าพิมพ์ที่ได้จากสารข้น เมื่อแปรค่าอุณหภูมิในการผนึกสี

ลำดับที่ของสูตร	อุณหภูมิและเวลาในการผนึกสี		ค่าของสี (Colour values / Colour strength)				ตัวอย่างผ้า
	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)	L*	a*	b*	K/S	
สารข้นทางการค้า							
1	200	1.0	68.84	9.52	23.15	1.731	
หางนกยูงไทย							
1	*190*	*1.0*	*70.67*	*11.00*	*27.63*	*1.052*	
2	200	1.0	69.41	9.00	24.03	1.795	
3	210	1.0	66.49	9.80	24.39	2.190	
หางนกยูงฝรั่ง							
1	190	1.0	74.52	5.85	19.89	1.153	
2	200	1.0	70.46	7.59	20.69	1.530	
3	*210*	*1.0*	*69.90*	*7.44*	*20.48*	*1.576*	

ผ้าไหมใช้อุณหภูมิในการอบด้วยความร้อนแห้งที่เหมาะสมในการผนึกสีตามมาตราฐานที่ใช้พิมพ์ทางการค้านั้น ที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส (แสดงดังตารางที่ 3.2) ผลการศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิที่เหมาะสมในการผนึกสีพบว่าผ้าไหมใช้อุณหภูมิในการอบด้วยความร้อนแห้ง เนื่องจากผ้าไหมเป็นเส้นใยที่ดูดความชื้นได้น้อยและจะทำให้มีน้ำหนักน้อยลงเมื่ออบด้วยไอน้ำ ดังนั้นผ้าไหมจึงอบด้วยความร้อนแห้ง โดยการอบแห้งทำได้โดยทำให้โมเลกุลของสีออกจากแป้งพิมพ์ โดยใช้พลังงานความร้อนที่ได้จากตู้อบ (แก๊สหรือขดลวดความร้อน) ทำให้สีเคลื่อนตัวเข้าไปแทรกในเส้นใย จึงทำให้เกิดการติดสี

เมื่อได้ศึกษาความเข้มข้นของสารข้นตัวอย่าง ซิตริก ยูเรียที่เหมาะสมจะนำมาหาอุณหภูมิที่ต้องการศึกษาของสารข้นที่เตรียมได้จากกัมปรับปรุงหางนกยูงไทยที่ 100, 110 และ 120 องศาเซลเซียส และกัมปรับปรุงหางนกยูงฝรั่ง 190, 200 และ 210 องศาเซลเซียสที่เหมาะสมของการผนึกสีในการพิมพ์ผ้าเทียบกับทัมมารีนกัมทางการค้าโดยดูด้วยตาเปล่า และวัดค่าความเข้มสี จากการวิเคราะห์ด้วยตาเปล่าพบว่าอุณหภูมิในการผนึกสีของสารข้นที่เตรียมได้จากกัมปรับปรุงหางนกยูงไทยและกัมปรับปรุงหางนกยูงฝรั่งที่ 190 และ 210 องศาเซลเซียสผ้าพิมพ์มีความคมชัดและลวดลายชัดเจน (ดังในตารางที่ 4.9)

เปรียบเทียบค่าความเข้มสีของผ้าที่พิมพ์ด้วยสารข้นตัวอย่างกับทัมมารีนกัมทางการค้า พบว่าบนผ้าไหมสารข้นที่เตรียมได้จากกัมปรับปรุงหางนกยูงไทยที่ 190 องศาเซลเซียสมีค่าความเข้มสีต่ำกว่าเล็กน้อย สารข้นกัมปรับปรุงหางนกยูงฝรั่งที่ 210 องศาเซลเซียส มีค่าความเข้มสีใกล้เคียงกันกับทัมมารีนกัมทางการค้า จากรูปพบว่ามีความเข้มข้นอื่นที่มีค่าความเข้มสีสูงกว่า แต่จะมีค่าความคมชัด และลายเส้นน้อยกว่าอุณหภูมิในการผนึกสีที่เลือกไว้

4.5.6 อิทธิพลของระยะเวลาในการผนึกสี

สำหรับผ้าไหมใช้ระยะเวลาในการอบด้วยความร้อนแห้งที่เหมาะสมในการผนึกสีตามมาตราฐานที่ใช้พิมพ์ทางการค้านั้น ที่เวลา 1 นาที (แสดงดังตารางที่ 3.2) ผลการศึกษาอิทธิพลของระยะเวลาที่เหมาะสมในการผนึกสีพบว่าระยะเวลาในการผนึกสีมีผลต่อผ้าเนื่องจากผ้าไหมเมื่อถูกความร้อนเป็นเวลานานเกินไป เส้นใยจะสลายตัวทันที ค่าความแข็งแรงที่ลดลง และค่าการยืดตัวลดลง

เมื่อได้ศึกษาความเข้มข้นของสารข้นตัวอย่าง ซิตริก ยูเรีย อุณหภูมิในการผนึกสีที่เหมาะสมจะนำมาหาเวลาที่ต้องการศึกษาบนบนผ้าไหมที่ 0.5, 1.0 และ 1.5 นาที ที่เหมาะสมของการผนึกสีในการพิมพ์ผ้าของสารข้นตัวอย่างเทียบกับทัมมารีนกัมทางการค้าโดยดูด้วยตาเปล่า และวัดค่าความเข้มสี เมื่อปรียบเทียบค่าความเข้มสีของผ้าที่พิมพ์ด้วยสารข้นตัวอย่างกับทัมมารีนกัมทางการค้า พบว่าบนผ้าไหมสารข้นที่เตรียมได้จากกัมปรับปรุงหางนกยูงไทยและกัมปรับปรุงหางนกยูงฝรั่งที่เวลา 1 กับ 0.5 นาที มีค่าความเข้มสีต่ำกว่าผ้าที่พิมพ์ได้จากทัมมารีนกัมทางการค้าเล็กน้อย (จากตารางที่ 4.10) มีความเข้มข้นอื่นที่มีค่าความเข้มสีสูงกว่า แต่จะมีค่าความคมชัด และลายเส้นน้อยกว่าเวลาในการผนึกสีที่เลือกไว้

ตารางที่ 4.10 ผลการวัดสีและตัวอย่างผ้าพิมพ์ที่ได้จากสารข้น เมื่อแปรค่าเวลาในการผนึกสี

ลำดับที่ของสูตร	อุณหภูมิและเวลาในการผนึกสี		ค่าของสี (Colour values / Colour strength)				ตัวอย่างผ้า
	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)	L*	a*	b*	K/S	
สารข้นทางการค้า							
1	200	1.0	68.84	9.52	23.15	1.731	
หางนกยูงไทย							
1	190	0.5	77.79	5.15	19.97	0.940	
2	*190*	*1.0*	*5.89*	*6.73*	*21.38*	*1.052*	
3	190	1.5	74.43	6.34	21.37	1.205	
หางนกยูงฝรั่ง							
1	*210*	*0.5*	*78.83*	*4.33*	*18.05*	*0.775*	
2	210	1.0	69.90	7.44	20.48	1.576	
3	210	1.5	67.12	8.87	22.70	2.067	

ค่าความเข้มสีของผ้าไหมที่พิมพ์ด้วยสารข้นที่เตรียมได้จากกัมปรับปรุงหางนกยูงไทยและกัมปรับปรุงหางนกยูงฝรั่งที่ความเข้มข้นเดียวกัน พบว่าสารข้นที่เตรียมได้จากกัมปรับปรุงหางนกยูงไทยและกัมปรับปรุงหางนกยูงฝรั่ง มีค่าความเข้มสีแตกต่างกันไม่มาก เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น และสารข้นจากกัมปรับปรุงหางนกยูงฝรั่งบนผ้าไหมมีแนวโน้มที่ค่าความเข้มสีเพิ่มขึ้น เมื่อเวลาเพิ่มขึ้น มีเวลาที่มีค่าความเข้มสีสูงกว่า แต่จะมีค่าความคมชัด และลายเส้นน้อยกว่าความเข้มข้นสารข้นตัวอย่างที่เลือกไว้

4.5.7 สูตรของแป้งพิมพ์และสภาวะที่เหมาะสม

หลังจากที่ได้ศึกษาหาความเข้มข้นของความเข้มข้นสารข้นตัวอย่าง ซิตริก ยูเรีย อุณหภูมิ เวลา และสีที่เหมาะสมจะได้สูตรของแป้งพิมพ์ที่เหมาะสมดังตารางที่ 4.11 เมื่อวิเคราะห์สีของผ้าพิมพ์ที่พิมพ์ด้วยสารข้นตัวอย่างพบว่า เมื่อมองด้วยตาเปล่าเป็นสีเหลืองซึ่งสอดคล้องกับการวิเคราะห์ ค่า a* เป็นบวกหมายถึงตำแหน่งของผ้าพิมพ์อยู่ในฝั่งสีแดง และ b* เป็นบวกหมายถึงผ้าพิมพ์อยู่ในฝั่งสีเหลืองซึ่งสอดคล้องกับการมองด้วยตาเปล่า ส่วนค่า L* มีค่าเข้าใกล้ 0 หมายถึงค่าความมืด

ตารางที่ 4.11 สูตรการเตรียมสารข้นที่เหมาะสมต่อการพิมพ์ผ้า

อุณหภูมิ / เวลาในการผนึกสี	สูตร (ร้อยละ)				ค่าของสี (Colour values / Colour strength)				ตัวอย่างผ้า
	สารข้น	กรดซิตริก	ยูเรีย	สี	L*	a*	b*	K/S	
สารข้นทางการค้า									
200 / 1.0	8	0.3	12	4	68.84	9.52	23.15	1.731	
หางนกยูงไทย									
190 / 1.0	5	0.5	10	4	73.36	7.60	23.63	1.498	
หางนกยูงฝรั่ง									
210 / 0.5	5	0.1	14	4	67.30	8.49	21.71	1.953	

4.6 ผลการทดสอบความคงทนของสี

การทดสอบความคงทนต่อสีต่อการซักล้าง (ISO 105 – C06 A1S: 2010) ความคงทนของสีต่อการขัดถู (ISO 105 – X12: 2001) ความคงทนของสีต่อแสง (ISO 105 – B02: 1994) ความคงทนของสีต่อเหงื่อ (ISO 105 – E04: 2008) ความคงทนของสีต่อน้ำ (ISO 105 – E01: 2010) บนผ้าไหม โดยการใช้กัมปรับปรุงจากหางนกยูงฝรั่งและกัมปรับปรุงจากหางนกยูงไทยพิมพ์ด้วยสีจากเปลือกมังคุด บนผ้าไหมด้วยแม่พิมพ์บล็อคสกีน ได้ผลการทดสอบดังตาราง และมีรายละเอียดผลการทดสอบ ดังนี้

4.6.1 ความคงทนต่อสีต่อการซักล้าง

การทดสอบความคงทนของสีต่อการซักล้าง คือความสามารถของผ้าที่จะทนต่อกระบวนการซักล้าง การสูญเสียสี และการขัดถู (อภิชาต สนธิสมบัติ, 2545) ผลการทดสอบความคงทนต่อสีต่อการซักล้างปรากฏดังตารางที่ 4.12 จากตารางจะสังเกตได้ว่าระดับความคงทนต่อการเปลี่ยนแปลงของสี (Colour Change) อยู่ในระดับดีถึงระดับดีถึงดีมาก (ระดับ 4 ถึง 4-5) สำหรับค่าความคงทนต่อการติดเปื้อนสีบนผ้าขาว (Colour Staining) อยู่ในระดับดีถึงดีมาก (ระดับ 4-5) และทัมมารีนกัมทางการค้า ระดับความคงทนต่อการเปลี่ยนแปลงของสีอยู่ในระดับดีถึงดีมาก (ระดับ 4-5) ระดับความคงทนต่อการเปลี่ยนแปลงของสีอยู่ในระดับดีถึงระดับดีถึงดีมาก (ระดับ 4 ถึง 4-5)

ตารางที่ 4.12 การทดสอบความคงทนของสีต่อการซักล้างที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสตามมาตรฐาน ISO 105 – C06 A1S: 2010

ความคงทนของสี	หางนกยูงไทย	หางนกยูงฝรั่ง	ทัมมารีนกัมทางการค้า
ต่อการเปลี่ยนแปลงของสี	4	4	4-5
ต่อการติดเปื้อนสีบนผ้าขาว			
อะซิเตท	4-5	4-5	4-5
ฝ้าย	4-5	4-5	4-5
ไนลอน	4-5	4-5	4-5
พอลิเอสเทอร์	4-5	4-5	4-5
อะคริลิค	4-5	4-5	4-5
ขนสัตว์	4-5	4-5	4-5

หมายเหตุ : ระดับ 5 ดีที่สุด ระดับ 4-5 ดีถึงดีที่สุด ระดับ 4 ดี ระดับ 3-4 ปานกลางถึงดี ระดับ 3 ปานกลาง ระดับ 2-3 แย่ถึงปานกลาง ระดับ 2 แย่ ระดับ 1-2 แย่ที่สุดถึงแย่ ระดับ 1 แย่ที่สุด

4.6.2 ความคงทนต่อสีต่อการขัดถู

การทดสอบความคงทนของสีต่อการขัดถู โดยสมบัติของเส้นใยที่มีความทนทานต่อการขัดถูจะมีผลต่อเสื้อผ้าที่ผลิตจากเส้นใยที่มีความทนทานต่อการขัดถูที่ดี โดยทนทานต่อการใช้งาน การสวมใส่ และการซักทำความสะอาด (อภิชาต สนธิสมบัติ, 2545)

ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการขัดถูปรากฏดังตารางที่ 4.13 จากตารางจะสังเกตได้ว่า ระดับความคงทนต่อการติดเปื้อนสีบนผ้าขาวในแนวด้ายยืนเปียก และด้ายพุ่งเปียก อยู่ในระดับปานกลางถึงระดับปานกลางถึงดี (ระดับ 3 ถึง 3-4) ส่วนในแนวด้ายยืนแห้ง และด้ายพุ่งแห้ง อยู่ในระดับดีถึงดีมาก (ระดับ 4-5) ส่วนทัมมารีนกัมทางการค้า ระดับความคงทนต่อการติดเปื้อนสีบนผ้าขาวในแนวด้ายยืนเปียก และด้ายพุ่งเปียก อยู่ในระดับปานกลางถึงดีถึงระดับดี (ระดับ 3-4 ถึง 4) ส่วนในแนวด้ายยืนแห้ง และด้ายพุ่งแห้ง อยู่ในระดับดีถึงดีมาก (ระดับ 4-5)

ตารางที่ 4.13 การทดสอบความคงทนของสีต่อการขัดถูตามมาตรฐาน ISO 105 – X12: 2001

ชนิดกัม	ความคงทนต่อการติดเปื้อนสีบนผ้าขาว			
	แนวด้ายยืน		แนวด้ายพุ่ง	
	แห้ง	เปียก	แห้ง	เปียก
หางนกยูงไทย	4-5	3-4	4-5	3-4
หางนกยูงฝรั่ง	4-5	3-4	4-5	3-4
ทัมมารีนกัมทางการค้า	4-5	4	4-5	3-4

หมายเหตุ : ระดับ 5 ดีที่สุด ระดับ 4-5 ดีถึงดีที่สุด ระดับ 4 ดี ระดับ 3-4 ปานกลางถึงดี ระดับ 3 ปานกลาง ระดับ 2-3 แย่ถึงปานกลาง ระดับ 2 แย่ ระดับ 1-2 แย่ที่สุดถึงแย่ ระดับ 1 แย่ที่สุด

4.6.3 ความคงทนต่อสีต่อแสง

การทดสอบความคงทนของสีต่อการแสง เนื่องจากความสามารถของวัสดุที่ทนต่อแสงแดด รังสีที่มีอยู่ในแสงแดดเป็นตัวการทำให้สีเปลี่ยนแปลง โดยอิทธิพลของแสงทำให้สีซีด และมีปัจจัยหลายปัจจัย เช่น ความเข้มของสี ความชื้นของวัสดุ อุณหภูมิของอากาศ ตัวอย่าง สิ่งเจือปนที่อยู่ในอากาศ และคุณภาพของแหล่งกำเนิดแสงเป็นสิ่งสำคัญของความคงทนของแสง (อภิชาต สนธิสมบัติ, 2545)

ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อแสงแสดงดังตารางที่ 4.14 จากตารางจะสังเกตได้ว่า ระดับความคงทนต่อการเปลี่ยนแปลงของสีของผ้าไหมทั้งกัมปรับปรุงหางนกยูงฝรั่งและหางนกยูงไทยอยู่ในระดับดีมาก (ระดับ มากกว่า 4) ส่วนผ้าฝ้ายทั้งกัมปรับปรุงหางนกยูงฝรั่งและหางนกยูงไทยอยู่ในระดับดี (ระดับ 4) และทัมมารีนกัมทางการค้าอยู่ในระดับดี (ระดับ 4)

ตารางที่ 4.14 การทดสอบความคงทนของสีต่อแสงตามมาตรฐาน ISO 105 – B02: 1994

ชนิดกัม	ค่าการเปลี่ยนแปลงของสี
หางนกยูงไทย	มากกว่า 4
หางนกยูงฝรั่ง	มากกว่า 4
ทัมมารีนกัมทางการค้า	4

หมายเหตุ : ระดับ 5 ดีที่สุด ระดับ 4-5 ดีถึงดีที่สุด ระดับ 4 ดี ระดับ 3-4 ปานกลางถึงดี ระดับ 3 ปานกลาง ระดับ 2-3 แย่ถึงปานกลาง ระดับ 2 แย่ ระดับ 1-2 แย่ที่สุดถึงแย่ ระดับ 1 แย่ที่สุด

4.6.4 ความคงทนต่อสีต่อเหงื่อ

เหงื่อสามารถทำให้ผ้าเปลี่ยนสี และทำให้เกิดกาตกติดสีบนวัสดุที่นำมาวางให้ใกล้ชิดกัน ดังนั้นผ้าที่พิมพ์สีแล้วจะต้องสัมผัสผิวหนัง ดังนั้นจะต้องทดสอบความคงทนของสีต่อเหงื่อ เหงื่อที่ถูกขับออกจากร่างกายตามธรรมชาติทันทีจะมีสภาวะเป็นกรด แต่เมื่อปล่อยทิ้งไว้นานๆ จะมีสภาวะเป็นด่าง เนื่องจากสภาวะเป็นกรดมักจะมีผลกระทบกับสีที่อยู่บนผ้า (อภิชาต สนธิสมบัติ, 2545) ดังนั้นจึงทำการทดสอบผ้าทั้งในสภาวะเป็นกรด และสภาวะเป็นด่าง

1. จากตารางที่ 4.15 จะสังเกตได้ว่า ผลการคงทนของสีต่อเหงื่อสภาวะกรดมีค่าระดับความคงทนต่อการเปลี่ยนแปลงของสีของผ้าฝ้ายทั้งกัมปรับปรุงหางนกยูงฝรั่งและหางนกยูงไทย อยู่ในระดับดี (ระดับ 4) ส่วนผ้าไหมทั้งกัมปรับปรุงหางนกยูงฝรั่งและหางนกยูงไทยอยู่ในระดับดีถึงดีมาก (ระดับ 4-5) สำหรับค่าความคงทนต่อการติดเปื้อนสีบนผ้าขาวอยู่ในระดับดีถึงดีมาก (ระดับ 4-5) และทัมมารีนกัมทางการค้าอยู่ในระดับดีถึงดีมาก (ระดับ 4-5)

2. จากตารางที่ 4.16 จะสังเกตได้ว่า ผลการคงทนของสีต่อเหงื่อสภาวะด่างมีค่าระดับความคงทนต่อการเปลี่ยนแปลงของสีของผ้าฝ้ายทั้งกัมปรับปรุงหางนกยูงฝรั่งและหางนกยูงไทย อยู่ในระดับปานกลางถึงดีถึงดี (ระดับ 3-4 ถึง 4) ส่วนผ้าไหมทั้งกัมปรับปรุงหางนกยูงฝรั่งและหางนกยูงไทยอยู่ในระดับปานกลางถึงปานกลางถึงดี (ระดับ 3 ถึง 3-4) สำหรับค่าความคงทนต่อการติดเปื้อนสีบนผ้าขาวอยู่ในระดับดีถึงดีถึงดีมาก (ระดับ 4 ถึง 4-5) และทัมมารีนกัมทางการค้าอยู่ในระดับดี (ระดับ 4)

ตารางที่ 4.15 การทดสอบความคงทนของสีต่อเหงื่อตามมาตรฐาน ISO 105 – E04: 2008 (สภาวะกรด)

ความคงทนของสี	หางนกยูงไทย	หางนกยูงฝรั่ง	ทัมมารีนกัมทางการค้า
ต่อการเปลี่ยนแปลงของสี	4-5	4-5	4-5
ต่อการติดเปื้อนสีบนผ้าขาว			
อะซิเตท	4-5	4-5	4-5
ฝ้าย	4-5	4-5	4-5
ไนลอน	4-5	4-5	4-5
พอลิเอสเทอร์	4-5	4-5	4-5
อะคริลิค	4-5	4-5	4-5
ขนสัตว์	4-5	4-5	4-5

หมายเหตุ : ระดับ 5 ดีที่สุด ระดับ 4-5 ดีถึงดีที่สุด ระดับ 4 ดี ระดับ 3-4 ปานกลางถึงดี ระดับ 3 ปานกลาง ระดับ 2-3 แย่ถึงปานกลาง ระดับ 2 แย่ ระดับ 1-2 แย่ที่สุดถึงแย่ ระดับ 1 แย่ที่สุด

ตารางที่ 4.16 การทดสอบความคงทนของสีต่อเหงื่อตามมาตรฐาน ISO 105 – E04: 2008 (สภาวะด่าง)

ความคงทนของสี	หางนกยูงไทย	หางนกยูงฝรั่ง	ทัมมารีนกัมทางการค้า
ต่อการเปลี่ยนแปลงของสี	3-4	3	4
ต่อการติดเปื้อนสีบนผ้าขาว			
อะซิเตท	4-5	4-5	4
ฝ้าย	4	4	4
ไนลอน	4-5	4-5	4
พอลิเอสเทอร์	4-5	4-5	4
อะคริลิค	4-5	4-5	4
ขนสัตว์	4-5	4-5	4

หมายเหตุ : ระดับ 5 ดีที่สุด ระดับ 4-5 ดีถึงดีที่สุด ระดับ 4 ดี ระดับ 3-4 ปานกลางถึงดี ระดับ 3 ปานกลาง ระดับ 2-3 แย่ถึงปานกลาง ระดับ 2 แย่ ระดับ 1-2 แย่ที่สุดถึงแย่ ระดับ 1 แย่ที่สุด

4.6.5 ความคงทนต่อสีต่อน้ำ

การทดสอบความคงทนของสีต่อน้ำปรากฏดังตารางที่ 4.17 จากตารางจะสังเกตได้ว่า ผลการคงทนของสีต่อเหงื่อสภาวะกรดมีค่าระดับความคงทนต่อการเปลี่ยนแปลงของสีอยู่ในระดับดีถึงดีถึงดีมาก (ระดับ 4 ถึง 4-5) สำหรับค่าความคงทนต่อการติดเปื้อนสีบนผ้าขาวอยู่ในระดับดีถึงดีมาก (ระดับ 4-5) และทัมมารีนกัมทางการค้าอยู่ในระดับดีถึงดีมาก (ระดับ 4-5)

ตารางที่ 4.17 การทดสอบความคงทนของสีต่อน้ำตามมาตรฐาน ISO 105 – E01: 2010

ความคงทนของสี	หางนกยูงไทย	หางนกยูงฝรั่ง	ทัมมารีนกัมทางการค้า
ต่อการเปลี่ยนแปลงของสี	4-5	4	4-5
ต่อการติดเปื้อนสีบนผ้าขาว			
อะซิเตท	4-5	4-5	4-5
ฝ้าย	4-5	4-5	4-5
ไนลอน	4-5	4-5	4-5
พอลิเอสเทอร์	4-5	4-5	4-5
อะคริลิค	4-5	4-5	4-5
ขนสัตว์	4-5	4-5	4-5

หมายเหตุ : ระดับ 5 ดีที่สุด ระดับ 4-5 ดีถึงดีที่สุด ระดับ 4 ดี ระดับ 3-4 ปานกลางถึงดี ระดับ 3 ปานกลาง ระดับ 2-3 แย่ถึงปานกลาง ระดับ 2 แย่ ระดับ 1-2 แย่ที่สุดถึงแย่ ระดับ 1 แย่ที่สุด

บทที่ 5
สรุปผลการดำเนินงาน

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

โครงงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์มีวัตถุประสงค์เพื่อหาสูตรแป้งพิมพ์และสภาวะการอบผ้าที่เหมาะสมในการพิมพ์บนผ้าไหมด้วยสีจากเปลือกมังคุด โดยใช้กัมปรับปรุงจากเมล็ดหางนกยูงไทยและเมล็ดหางนกยูงฝรั่ง และนำผ้าพิมพ์ที่ไปทดสอบความคงทนของสี โดยเปรียบเทียบกับผ้าพิมพ์ที่พิมพ์ด้วยแป้งพิมพ์ที่เตรียมได้จากทัมมารีนกัมทางการค้าโดยกัมที่ใช้ในการเตรียมแป้งพิมพ์ โดยดูจากลักษณะปรากฏบนผ้าพิมพ์ เพื่อทดสอบคุณสมบัติทางเคมีฟิสิกัลของกัมปรับปรุงจากเมล็ดหางนกยูงไทย และเมล็ดหางนกยูงฝรั่ง เพื่อศึกษากระบวนการพิมพ์ผ้าแบบตรง (Direct prinying) และขั้นตอนการเตรียมแป้งพิมพ์เพื่อใช้สำหรับพิมพ์บนผ้าไหม

การปรับปรุงกัมด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลชันของเมล็ดหางนกยูงฝรั่ง เป็นการแทนที่หมู่ไฮดรอกซิล (-OH) บนหน่วยกลูโคสในโมเลกุลของกัมด้วยหมู่คาร์บอกซีเมทิล ($-CH_2COO-$) โดยทำการละลายกัมด้วยสารละลายเมทานอลและเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์และคลอโรอะซิติก เมื่อเปรียบเทียบกับผงกัมดิบพบว่า

1. การปรับปรุงกัมด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลชันส่งผลให้คุณสมบัติทางเคมีฟิสิกส์ของกัมเปลี่ยนไป กล่าวคือปรับปรุงด้วยวธีคาร์บอกซีเมทิลเลชันนั้นจะทำให้ปริมาณไขมันและโปรตีนลดลง ทำให้ผงกัมมีความบริสุทธิ์มากขึ้น
2. ค่าความหนืดแบบอินทรินสิคของสารละลายกัมปรับปรุงจะมีค่ามากกว่าเมื่อเทียบกับสารละลายกัมดิบ
3. ผงกัมปรับปรุงจะละลายได้ดีขึ้นที่อุณหภูมิห้อง (30 องศาเซลเซียส) เมื่อเทียบกับผงกัมดิบ

การพิมพ์ผ้าจากแป้งพิมพ์ที่เตรียมได้จากกัมปรับปรุงจากเมล็ดหางนกยูงไทยและเมล็ดหางนกยูงฝรั่ง เพื่อเปรียบเทียบกับผ้าพิมพ์ที่เตรียมได้จากทัมมารีนกัมทางการค้า พบว่า

1. สารข้นที่เตรียมได้จากกัมปรับปรุงจากเมล็ดหางนกยูงไทยมีค่าความหนืดสูง ทำให้ใช้ความเข้มข้นต่ำก็จะสามารถพิมพ์ผ้าได้ ซึ่งต่างจากสารข้นที่เตรียมได้จากทัมมารีนกัมทางการค้าที่ใช้ความเข้มข้นสูงถึงจะสามารถพิมพ์ผ้าได้
2. จากสูตรแป้งพิมพ์ที่เหมาะสมสำหรับพิมพ์ผ้าไหมจากกัมปรับปรุงของเมล็ดหางนกยูงไทยและหางนกยูงฝรั่งจำนวน 2 สูตร

ผ้าไหมที่พิมพ์ได้จากแป้งพิมพ์ที่เตรียมจากกัมปรับปรุงของเมล็ดหางนกยูงไทยและหางนกยูงฝรั่ง จำนวน 2 สูตร นำมาทดสอบค่าความคงทนต่อการซักล้าง ความคงทนของสีต่อการขัดถู ความคงทนของสีต่อแสง ความคงทนของสีต่อเหงื่อ และความคงทนของสีต่อน้ำ พบว่า ผ้าพิมพ์จากสารข้นที่เตรียมได้จากกัมปรับปรุงของเมล็ดหางนกยูงไทย และหางนกยูงฝรั่งมีค่าความคงทนของสีในการทดสอบจะอยู่ในระดับ ดีถึงดีมากเมื่อเทียบกับผ้าพิมพ์จากสารข้นที่เตรียมได้จากทัมมารีนกัมทางการค้า ทั้งนี้ทัมมารีนกัมทางการค้าต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ซึ่งมีราคากิโลกรัมละประมาณ 10,000 บาท ซึ่งเมื่อเทียบกัมจากเมล็ดหางนกยูงไทยและเมล็ดหางนกยูงฝรั่งที่หาได้ภายในประเทศ ทำให้มีต้นทุนการผลิตที่ต่ำกว่า

5.2 บทความวิชาการที่คาดว่าจะเตรียมเผยแพร่

เรื่อง “Application of seed gum thickener for eco-printing” ซึ่งคาดว่าจะยื่นภายใน พ.ศ. 2558 เพื่อพิจารณาเผยแพร่สำหรับวารสาร

Journal of Industrial Textiles (Q1) หรือ

Journal of the Textile Institute (Q1) หรือ

Textile Asia (Q3) หรือ

Journal of Textile Engineering (Q4)

เอกสารอ้างอิง

กนกพรรณ ศักดิ์สุริยา. (2549). ผลของอุณหภูมิ และภาระบรรทุกทางชลศาสตร์ต่อการดูดติดของสีรี-แอคทีฟโดยวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร. สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

จิราทิพย์ ลาภบรรจบ และจุฑามาศ วิลา. (2551). การศึกษาหาความหนืดแบบ Intrinsic ของกัม (Determination of Intrinsic Viscosuty of Gums). ภาควิชาวิศวกรรมเคมี. มหาวิทยาลัยบูรพา

ณัฐดนย์ รุ่งเรืองกิจไกร, รัตนพล มงคลรัตนสิทธิ์, จรูญ คล้ายจ้อย และคณะ(2556).การพิมพ์ผ้าฝ้ายด้วยแป้งจากหัวบอนและสีปิ๊กเมนท์. การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั่งที่ 5 “การพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรมเพื่อความยั่งยืน” กรุงเทพฯ, ประเทศไทย, 15 – 16 กรกฎาคม 2556. หน้า 407.

เทพนม เมืองแมน ภรณี หวังธำรงค์วงศ์ อรชา สุตเธียรกุล วรัญญา แสงเพชรส่อง และร่มไทร กล้าสุนทร. 2533. คู่มือสมุนไพรรักษากลุ่มอาการ. มหาวิทยาลัยมหิดล.กรุงเทพฯ

นิธิยา รัตนาปนนท์. (2539). เคมีอาหาร, คณะอุตสาหกรรมเกษตร: เชียงใหม่

พิมพ์วดี เกษตรวรวัฒน์และอณัติยา แก่นแก้ว. (2551). การศึกษาคุณสมบัติทางเคมีฟิสิกส์เคมีของกัมที่ลำดับส่วนต่างๆ (PhysicccchemicalCharactcrization of Reflecicd Gums). คณะวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยบูรพา

พะยอม ตันติวัฒน์. (2521). สมุนไพร พิมพ์ครั้งที่ 2, โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ

พิเชษฐ์ วิริยจิตรา. (2531). สารสกัดจากเปลือกมังคุด สุดยอด ปลอดอันตราย. มติชนรายวัน. (23 ตุลาคม 2531) : 4-5

รัตนพล มงคลรัตนาสิทธิ์. (2549). วิธีการทดสอบความคงทนของสีบนวัสดุสิ่งทอตามมาตรฐาน. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ลักขณารุจนะไกรกานต์และนิธิยารัตนาปนนท์. (2536). หลักการวิเคราะห์อาหาร. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหารคณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

วรรณา ตุลยธัญ. (2549). เคมีอาหารของคาร์โบไฮเดรต. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิมลรัตน์ ศรีจรัสสิน. (2550). เทคโนโลยีสิ่งทอเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 1. พิมพ์ที่กราฟแมนเพรส จำกัด

ศศธร ศรีทองกุล และสาวิตรี อัครมาส. (2556). มัดย้อม. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์เอ็มไอเอส จำกัด.

ศิรินันท์ ห่อสมบัติ. สภาวะที่เหมาะสมในการย้อมด้วยครามธรรมชาติอะโซเดียมไฮโดรซัลไฟท์, วิทยานิพนธ์ปริญญาคหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, (2543).

อนุพงษ์ ชี้รัตน์. (2556). พื้นฐานงานผ้า. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: บริษัท วี พริ้นท์ (1991) จำกัด.

อภิชาต สนธิสมบัติ. (2550). Textile Chemical Processingกระบวนการทางเคมีสิ่งทอ. พิมพ์ครั้งที่ 1. วิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล.

อัจฉราพร ไศละสูต และชิเวรุ วาตานาเบ. (2520). วิศวกรรมสิ่งทอ. พิมพ์โดยสมาคมส่งเสริมความรู้ด้านเทคนิคระหว่างประเทศ.

อุดมลักษณ์ สุขอัตตะและคณะ (2549).การสกัดและการออกฤทธิ์ยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ของสารสกัดจากเปลือกมังคุด.

เอื่อมพร วีสมหมาย. (2547). ไม้ป่ายืนต้นของไทย 1. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ เอชเย็น กรุ๊ป จำกัด.

กรมหม่อนไหม. (2554).การย้อมสีด้วยวัสดุธรรมชาติ (ออนไลน์). สืบค้นจาก : http://www.qsds.go.th/qthaisilk/inside.php[1กันยายน 2556]

Colourway. (2553). อุตสาหกรรมสิ่งทอ.ฉบับเดือนพฤศจิกายน-ธันวาคม : บริษัท อุตสาหกรรมรามาเท็กซ์ไทล์ (1988)จำกัด.

Colourway. (2554). อุตสาหกรรมสิ่งทอ.ฉบับเดือนมีนาคม-เมษายน : บริษัท อุตสาหกรรมรามาเท็กซ์ไทล์ (1988)จำกัด.

Colourway. (2553). อุตสาหกรรมสิ่งทอ.ฉบับเดือนพฤษภาคม-มิถุนายน : บริษัท อุตสาหกรรมรามาเท็กซ์ไทล์ (1988)จำกัด.

Abbas. M.A.M. (2004). Printing of wool fabrics with anionic dyes using new thickeners. Ph.D. Thesis. Helwan University, Cairo.

Azero, E.G., & Andrade, C.T. (2002). Testing procedures for galactomannan purification. Polymer Testing, 21, 551-556.

Behrouziana, F. and Razavia, S. (2014). Intrinsic Viscosity of Cress (LepidiumSativum) Seed Gum: Effect of Salts and Sugars. 35, 100-105.

Betancur-Ancona, D., Pacheco-Aguirre, J., Castellanos-Ruelas, A., &Chel-Guerrero, L. (2011). Microencapsulation of Papain Using Carboxymethylated Flamboyant (Delonixregia) Seed Gum. Innovation Food Science and Emerging Technologies, 12, 67-72.

Darinka, D., Luisito, C., Jean, A., Eric, A. D. (2007). Chemical and Physical Stability of Citral and Limoene in Sodium Dodecyl Sulfate-Chitosan and Gum Arabic-Stabilized Oil-In-Water Emulsion. Journal of Agricultural and Food. Chemisty. 55, 3585-3591.

Dea, I. C. M., and Morrison, A. (1975). Chemistry and Interaction of Seed Galactomannans. Advances in Carbohydrates, Chemistry and Biochemistry. 31, 241-312.

Darinka, D., Luisito, C., Jean, A., Eric, A. D. (2007). Chemical and Physical Stability of Citral and Limoene in Sodium Dodecyl Sulfate-Chitosan and Gum Arabic - Stabilized Oil-In-Water Emulsion. Journal of Agricultural and Food. Chemisty. 55, 3585-3591.

ERWEKA (ออนไลน์). สืบค้นจาก: http://www.erweka.com/products/item/tablet-hardness-testers/erweka-tbh-325-hardness-tester.html [12 พฤษภาคม 2557]

Figura, L.O. &Teixeira, A.A. (2007). Food Physics:Physical Properties–Measurement and Application. Berlin, Springer, pp. 117-206

Gimenez-Abian, J. F., Sumara, I., Hirota, T., Hauf, S., Gerlich, D., de la Torre, C., Ellenberg, J.and Peters, J. M. (2004). Regulation of sister chromatid cohesion between chromosome arms. Curr. Biol. 14, 1187-1193.

K.H. Prabhu, M.D. Teli. (2011). Eco-dyeing using Tamarindusindica L. seed coat tannin as a natural mordant for textiles with antibacterial activity. Mumbai., India.

Mathur A.and Mal Sand .P. (2006). Textile print-paste thickeners from Polysaccharides. Science Tech Entrepreneur. 54, Devnagar, Jodhpur-342008.

M.H Abo-Shosha et al., (2008). Preparation and characterization of polyacrylic acid/karaya gum and polyacrylic acid/tamarind seed gum adducts and utilization in textile printing. HelwanUniv.,Cairo.

Ragheb, A.A., H.S. El-Sayiad& A.H.D. Cairo. (1997). Preparation and characterization of carboxymethyl starch (CMS) products and their utilization in textile printing.Starch/starke. 49: 238-245.

Rana, V., and Bachetii, R. (2010). Seed Galactomannans: A Natural Source of Industrial Potential. International Transactions in Applied Sciences. 2, 201-211.

Reid J S G and Edwards M E, Galactomannans and other Cell Wall Storage Polysaccharides Seeds; Stephen, A. M., Ed.; Food Polysaccharides and their Application; Marcel Dekker Inc.: New York, 1995, pp. 155–186.

Smith, P.S. (1982). Starch derivatives and their use in foods, pp. 237-262. In D.R. Lineback and

G.E. Inglett (eds.). Food Carbohydrate. The AVI Publishing Co., Westort.

Srivastava, M., and Kapoor, VP. (2005). Seed Galactomannans. Chemistry & Biodiversity. 2, 295-317.

Starch (CMS) Products and Their Utilization in Textile Printing. Starch/starke. 49, 238-245.

Tager, A. (1978). Physical chemistry of polymers. Moscow: Mir Publishers.

Tijsen, C.J., H.J. Kolk, E.J. Stamhuis& A.A.C.M. Beenackers. (2001). An Experimental Study on Carboxymethylation of Granular Potato Starch in Non-aqueous Media. Carbohydrate Polymer. 45: 219-226.