

การศึกษาระดับความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในสิ่งทอ
DETERMINATION OF FORMALDEHYDE LEVELS IN TEXTILES

นางสาวกัญต์กนิษฐ อยุ่จันทร์
นางสาวจันทรีรัตน์ เจริญวรรณ
นายอดิวัฒน์ พลอชนะพร

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของภาควิชาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาเคมีสิ่งแวดล้อม
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2556

การศึกษาระดับความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ในสิ่งทอ

DETERMINATION OF FORMALDEHYDE LEVELS IN TEXTILES

นางสาวกัญต์กนิษฐ์	มณีอินทร์
นางสาวจุฑาทิรัตน์	เจริญวรรณ
นายอภิวัฒน์	พ่อขันชาย

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา เคมีสิ่งแวดล้อม

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2556

DETERMINATION OF FORMALDEHYDE LEVELS IN TEXTILES

MISS KANKANIT

MANEEIN

MISS JUTARAT

JAREARNWAN

MR. APIWAT

PHOKANCHAI

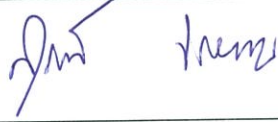
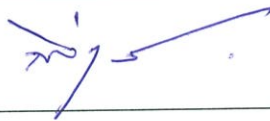

**A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE
IN ENVIRONMENTAL CHEMISTRY
FACULTY OF SCIENCE
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2013**

หัวข้อโครงการพิเศษ การศึกษาระดับความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ในสิ่งทอ
 DETERMINATION OF FORMALDEHYDE LEVELS IN TEXTILES

ชื่อนักศึกษา นางสาวกนกนิตกนิษฐ์ มณีอินทร์
 นางสาวจุฑารัตน์ เจริญวรรณ
 นายอภิวัฒน์ พ่อขันชาย

ปริญญา วิทยาศาสตร์บัณฑิต
 สาขาวิชา เคมีสิ่งแวดล้อม
 อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.กรองแก้ว ทิพย์ศักดิ์

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้
 โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมี
 สิ่งแวดล้อม ประจำปีการศึกษา 2556

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.สุวรรณณี จรรยาพูน	
อ.กมลีนสุคนธ์ สุวรรณรัตน์	
ผศ.กรองแก้ว ทิพย์ศักดิ์	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

หัวข้อโครงการพิเศษ	การศึกษาระดับความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ในสิ่งทอ DETERMINATION OF FORMALDEHYDE LEVELS IN TEXTILES	
ชื่อนักศึกษา	นางสาวกัญต์กนิษฐ์	มณีนรินทร์
	นางสาวจุฑารัตน์	เจริญวรรณ
	นายอภิวัฒน์	พอชันชาย
ปริญญา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต	
สาขาวิชา	เคมีสิ่งแวดล้อม	
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.กรองแก้ว	ทิพย์ศักดิ์

บทคัดย่อ

โครงการพิเศษนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาระดับความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์อิสระในสิ่งทอตามวิธีวิเคราะห์ มอก. 121 เล่ม 33-2556 ทดสอบสิ่งทอ เล่ม 33 โดยวิธีสกัดด้วยน้ำในตัวอย่างผ้าฝ้าย 100% จำนวน 3 ยี่ห้อๆ ละ 3 สี คือ สีขาว สีแดง และสีน้ำเงิน ในสภาวะการเก็บรักษาแบบเปิดและแบบปิด ศึกษาจลนศาสตร์เคมีของฟอร์มาลดีไฮด์ขณะที่เก็บรักษา ศึกษาผลของการซักล้างตัวอย่างผ้าฝ้ายสีขาวทั้งในสภาวะการเก็บรักษาแบบเปิดและแบบปิด เปรียบเทียบระดับความเข้มข้นฟอร์มาลดีไฮด์ในผ้าที่พิมพ์ลายและไม่พิมพ์ลายจากตัวอย่างผ้าทั้งหมด 5 ชนิด ได้แก่ ผ้าจอร์เจีย ผ้าสปัน ผ้าซาติน ผ้าพอลิเอสเตอร์และผ้าชีฟอง ผลการศึกษาพบว่าระดับฟอร์มาลดีไฮด์ในผ้าฝ้ายทั้ง 3 สีเมื่อเก็บรักษาแบบเปิดถึงวันที่ 16 มีระดับฟอร์มาลดีไฮด์ไม่เกินมาตรฐานสิ่งทอของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2554 แต่ถ้าเป็นแบบปิดต้องเก็บนานถึงวันที่ 20 จึงมีค่าไม่เกินมาตรฐาน การสลายตัวของฟอร์มาลดีไฮด์จากวันที่ 1 ถึงวันที่ 20 ในสภาวะการเก็บรักษาแบบเปิดและแบบปิดเป็นไปตามแบบปฏิกิริยาอันดับหนึ่งเทียม (Pseudo-first order reaction) ค่าครึ่งชีวิตของฟอร์มาลดีไฮด์ในผ้าฝ้าย เมื่อเก็บรักษาแบบเปิดและแบบปิด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.77 ± 2.08 และ 5.67 ± 1.16 วัน ในการซักล้างผ้าฝ้ายด้วยผงซักฟอกสามารถลดความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ได้ 55.33 ถึง 77.78 % ขณะที่การซักด้วยน้ำอุ่น 60°C สามารถลดฟอร์มาลดีไฮด์ได้ 44.04 ถึง 70.62 % นอกจากนี้พบว่าผ้าซาตินกับผ้าพอลิเอสเตอร์ที่พิมพ์ลายมีระดับฟอร์มาลดีไฮด์สูงกว่าผ้าที่ไม่มีการพิมพ์ลาย เท่ากับ 48.00 ± 0.12 mg/kg และ 88.45 ± 0.85 mg/kg ตามลำดับ ซึ่งเกินกว่าค่ามาตรฐาน

คำสำคัญ : ฟอร์มาลดีไฮด์, สิ่งทอ, ปฏิกิริยาอันดับหนึ่งเทียม

Title	DETERMINATION OF FORMALDEHYDE LEVELS IN TEXTILES	
Students	MISS KANKANIT	MANEEIN
	MISS JUTARAT	JAREANRNWAN
	MR. APIWAT	PHOKANCHAI
Degree	Bachelor of Science	
Major Program	Environmental Chemistry	
Advisor	Asst.Prof. Krongkaew	Tippayasak

ABSTRACT

The purpose of this special project is to determine the level of free formaldehyde (HCHO) in textiles according to the Thai Industrial Standard Testing (TISI) book serial number 121 No. 33 – B.E. 2556. Testing procedure followed the Water Extraction method. The 100% cotton 3 brands and which different 3 colors, such as white, red and blue were stored in both the open and close conditions. The chemical kinetics of formaldehyde was also studied during storage. Factor of washing that affected to HCHO were experimented with the white cotton in both storage conditions. Furthermore, HCHO in printed and non-printed of 5 textiles type e.g.; georgette, spun-bonded, satin, polyester and chiffon. The result showed that all cottons in the open condition storage HCHO on 16th was less than the standard limit of TISI Test A.D. 2010 while the closed condition kept more time in 20 days. The reaction of HCHO in both conditions followed the pseudo first order reaction. The half-life of HCHO in the opened and closed conditions were 7.77 ± 2.08 and 5.67 ± 1.16 days, respectively. Washing with detergent can reduce the HCHO concentration about 53.33 to 72.78 % in cotton. While washing with the 60°C warm water can reduce the HCHO about 44.04 to 70.62 %. In addition, the printed satin and polyester showed higher formaldehyde level than not-printed type (48.00 ± 0.12 and 88.45 ± 0.85 mg/kg respective) which over the standard limit.

Keywords: Formaldehyde, Textile, Pseudo First Order Reaction

กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์จากบุคคล หลายฝ่ายในการให้ความช่วยเหลือ ให้คำปรึกษาและคำแนะนำ รวมทั้งการจัดหาอุปกรณ์ที่จำเป็นในการทำโครงการพิเศษ คณะผู้จัดทำโครงการพิเศษจึงใคร่ขอขอบพระคุณทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือดังต่อไปนี้

ขอขอบพระคุณ ผศ.กรองแก้ว ทิพย์ศักดิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการพิเศษที่ให้ความกรุณา ความเมตตา ที่เสียสละเวลามาให้ความรู้ ให้คำปรึกษา และคำแนะนำ รวมทั้งแนะแนวทางในการดำเนินงานตลอดจนความห่วงใย การดูแล ความเอาใจใส่กับคณะผู้จัดทำเป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณ บิดา-มารดา และพี่น้องในครอบครัวที่เป็นกำลังใจในการฟันฝ่าอุปสรรคต่างๆ ในการทำโครงการพิเศษนี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอบคุณ เพื่อนๆ ทุกคนที่คอยช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจให้ตลอดการทำโครงการพิเศษนี้ ขอขอบพระคุณ เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการเคมี เจ้าหน้าที่ฝ่ายธุรการสาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่านที่ให้ความสะดวกในการจัดหาอุปกรณ์ที่จำเป็น รวมถึงการขอยืมใช้เครื่องมือ อุปกรณ์ สารเคมี การขอใช้สถานที่ และการดำเนินการต่างๆ ตลอดการทำโครงการพิเศษนี้

ขอขอบพระคุณ บิดา-มารดา และพี่น้องในครอบครัวที่เป็นกำลังใจในการฟันฝ่าอุปสรรคต่างๆ ในการทำโครงการพิเศษนี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอบคุณ เพื่อนๆ ทุกคนที่คอยช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจให้ตลอดการทำโครงการพิเศษนี้ สุดท้ายนี้ ขอขอบพระคุณทุกท่านที่ไม่ได้กล่าวถึงข้างต้นที่ได้ให้ความช่วยเหลือ และคำแนะนำต่างๆ สำหรับโครงการพิเศษนี้

นางสาวกัญต์กนิษฐ์	มณีอินทร์
นางสาวจุฑาทร์ตน์	เจริญวรรณ
นายอภิวัฒน์	พ่อขันชาย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VII
สารบัญรูป	IX
คำย่อและสัญลักษณ์	X
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับของงานวิจัย	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 โฟร์มาลดีไฮด์	3
2.2 เส้นใย (fabric)	9
2.3 ฝ้าย (Cotton)	13
2.4 ค่ามาตรฐานของโฟร์มาลดีไฮด์ที่มีในสิ่งทอ	18
2.5 แนวทางป้องกันหรือหลีกเลี่ยงการสัมผัสโฟร์มาลดีไฮด์ในชีวิตประจำวัน	19
2.6 จลนศาสตร์	22
2.7 ผลกระทบจากโฟร์มาลดีไฮด์จากสิ่งทอ	24
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	25

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่3 การดำเนินงานวิจัย	
3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์	30
3.2 วัสดุและสารเคมี	30
3.3 การดำเนินงานวิจัย	31
บทที่4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล	
4.1 สมบัติตัวอย่างของผ้า	35
4.2 ระดับความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ที่ปลดปล่อยจากผ้าฝ้าย	36
4.3 จลนศาสตร์ของปฏิกิริยา และความคงตัวของฟอร์มาลดีไฮด์ที่อยู่ในผ้าฝ้าย	40
4.4 ระดับความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์หลังการซักล้างผ้าฝ้ายด้วยน้ำอุ่นและ ผงซักฟอก	43
4.5 ความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ในผ้าชนิดต่างๆ ที่มีการพิมพ์และไม่พิมพ์ ลวดลาย	44
4.6 ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ที่ปลดปล่อยจากผ้าฝ้าย ทั้ง 2 สภาวะ คือ สภาวะการเก็บรักษาแบบเปิดและสภาวะการเก็บรักษาแบบปิด	44
บทที่5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการทดลอง	46
5.2 ปัญหาและอุปสรรค	47
5.3 ข้อเสนอแนะ	47
เอกสารอ้างอิง	48
ภาคผนวก ก	52
ภาคผนวก ข	57
ภาคผนวก ค	61

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก ง	69
ภาคผนวก จ	76

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 สมบัติทางกายภาพและทางเคมีบางประการของฟอร์มัลดีไฮด์	4
ตารางที่ 2.2 สัดส่วนการใช้ฟอร์มัลดีไฮด์ในอุตสาหกรรมต่างๆ ของประเทศไทย ส่วนใหญ่ใช้ ในการผลิตยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ ถึง 70% ของการผลิตทั้งหมดในประเทศ	8
ตารางที่ 2.3 เกณฑ์ความคงทนของสี สำหรับผ้าและผลิตภัณฑ์ทำจากผ้าที่ใช้สีย้อมธรรมชาติ	11
ตารางที่ 2.4 ข้อกำหนดพิเศษของผลิตภัณฑ์สิ่งทอตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม	12
ตารางที่ 2.5 เส้นด้ายที่นิยมนำมาทอผ้าฝ้าย	13
ตารางที่ 2.6 เกณฑ์มาตรฐานผ้า จำแนกตามการใช้งาน	18
ตารางที่ 2.7 ค่ามาตรฐานของฟอร์มัลดีไฮด์ที่อนุญาตให้มีในสิ่งทอ	19
ตารางที่ 3.1 ตัวอย่างผ้า 5 ชนิด	33
ตารางที่ 4.1 สมบัติทั่วไปของตัวอย่างผ้าฝ้าย	35
ตารางที่ 4.2 พารามิเตอร์จากการคำนวณ First order reaction	42
ตารางที่ ก-1 การหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายมาตรฐาน โซเดียมไฮดรอกไซด์	54
ตารางที่ ก-2 การหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายกรดซัลฟิวริก	55
ตารางที่ ก-3 การหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายสต็อกฟอร์มัลดีไฮด์	56
ตารางที่ ข-1 ค่าการดูดกลืนแสงช่วงความยาวคลื่น 412 นาโนเมตร ที่ความเข้มข้นต่างๆ ของ สารละลายมาตรฐานฟอร์มัลดีไฮด์	58
ตารางที่ ข-2 ความเข้มข้นของน้ำตัวอย่างที่ทำ spike	60
ตารางที่ ค-1 ฟอร์มัลดีไฮด์ในตัวอย่างผ้าฝ้ายสีขาว วันที่ 1-20 ในระบบเปิด-ปิด	63
ตารางที่ ค-2 ฟอร์มัลดีไฮด์ในตัวอย่างผ้าฝ้ายสีแดง วันที่ 1-20 ในระบบเปิด-ปิด	64
ตารางที่ ค-3 ฟอร์มัลดีไฮด์ในตัวอย่างผ้าฝ้ายสีน้ำเงิน วันที่ 1-20 ในระบบเปิด-ปิด	66
ตารางที่ ค-4 ฟอร์มัลดีไฮด์ในตัวอย่างผ้าฝ้ายที่หลังการซักโดยใช้น้ำอุ่น	67
ตารางที่ ค-5 ฟอร์มัลดีไฮด์ในตัวอย่างผ้าฝ้ายที่หลังการซักโดยใช้ผงซักฟอก	67
ตารางที่ ค-6 ฟอร์มัลดีไฮด์ในตัวอย่างผ้าฝ้ายที่มีการพิมพ์และไม่พิมพ์สวดลาย	68
ตารางที่ ง-1 การเก็บรักษาภาวาระบบเปิดผ้าฝ้ายยี่ห้อ A	70
ตารางที่ ง-2 การเก็บรักษาภาวาระบบเปิดผ้าฝ้ายยี่ห้อ B	71
ตารางที่ ง-3 การเก็บรักษาภาวาระบบเปิดผ้าฝ้ายยี่ห้อ C	72
ตารางที่ ง-4 การเก็บรักษาภาวาระบบปิดผ้าฝ้ายยี่ห้อ A	72

สารบัญตาราง(ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ ง-5 การเก็บรักษาภาวาระบบปิดผ้าฝ้ายยี่ห้อ B	73
ตารางที่ ง-6 การเก็บรักษาภาวาระบบปิดผ้าฝ้ายยี่ห้อ C	74
ตารางที่ จ-1 ฟอรัมาลดีไฮด์ในผ้าฝ้ายสีขาว ยี่ห้อ A, B, C เก็บรักษาระบบ เปิดและระบบปิด	76
ตารางที่ จ-2 ค่าการวิเคราะห์ทางสถิติของฟอรัมาลดีไฮด์ในผ้าฝ้ายสีขาว ยี่ห้อ A, B, C ใน การเก็บรักษาระบบเปิดและระบบปิด	76
ตารางที่ จ-3 ฟอรัมาลดีไฮด์ในผ้าฝ้ายสีแดง ยี่ห้อ A, B, C ในการเก็บรักษาระบบเปิดและ ระบบปิด	77
ตารางที่ จ-4 ค่าการวิเคราะห์ทางสถิติของฟอรัมาลดีไฮด์ในผ้าฝ้ายสีแดง ยี่ห้อ A, B, C ในการเก็บรักษาระบบเปิดและระบบปิด	77
ตารางที่ จ-5 ฟอรัมาลดีไฮด์ในผ้าฝ้ายสีน้ำเงิน ยี่ห้อ A, B, C ในการเก็บรักษาระบบเปิด และระบบปิด	78
ตารางที่ จ-6 ค่าการวิเคราะห์ทางสถิติของฟอรัมาลดีไฮด์ในผ้าฝ้ายสีน้ำเงิน ยี่ห้อ A, B, C ใน การเก็บรักษาระบบเปิดและระบบปิด	78

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 กระบวนการผลิต	14
รูปที่ 2.2 กราฟอันดับปฏิบัติการ	23
รูปที่ 3.1 การเก็บรักษาตัวอย่างแบบเปิด และแบบปิด	31
รูปที่ 3.2 ตัวอย่างผ้าฝ้าย	32
รูปที่ 4.1 พอร์มาลดีไฮด์ในผ้าสีขาว (ก) สีแดง (ข) และสีน้ำเงิน (ค) ทั้ง 3 ยี่ห้อ ในสภาวะเก็บรักษาแบบเปิด	36
รูปที่ 4.2 พอร์มาลดีไฮด์ในผ้าสีขาว (ก) สีแดง (ข) และสีน้ำเงิน (ค) ทั้ง 3 ยี่ห้อ ในสภาวะเก็บรักษาแบบปิด	38
รูปที่ 4.3 กราฟปฏิบัติการอันดับหนึ่งของผ้าตัวอย่างสีขาว (ก) สีแดง (ข) และสีน้ำเงิน (ค) ใน สภาวะการเก็บรักษาแบบเปิด	40
รูปที่ 4.4 กราฟปฏิบัติการอันดับหนึ่งของผ้าตัวอย่างสีขาว(ก) สีแดง(ข) และสีน้ำเงิน(ค) ใน สภาวะการเก็บรักษาแบบปิด	41
รูปที่ 4.5 พอร์มาลดีไฮด์ในตัวอย่างผ้าก่อนและหลังซักล้าง	43
รูปที่ 4.6 พอร์มาลดีไฮด์ในผ้าชนิดอื่นๆ	44
รูปที่ ข-1 กราฟที่ความเข้มข้นต่างๆของสารละลายมาตรฐานพอร์มาลดีไฮด์	59

คำย่อและสัญลักษณ์

สัญลักษณ์และคำย่อ	ความหมาย
HCHO	ฟอร์มัลดีไฮด์
UF	ยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์
POM	โพลีออกซีเมทิลีน
PF	ฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์
MF	เมลามีน ฟอร์มัลดีไฮด์
g	กรัม
g/L	กรัมต่อลิตร
mg	มิลลิกรัม
mL	มิลลิลิตร
mg/g	มิลลิกรัมต่อกรัม
mg/kg	มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
mg/L	มิลลิกรัมต่อลิตร
mg/m ³	มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
m ² /g	ตารางเมตรต่อกรัม
M	โมลต่อลิตร
N	นอร์มอล
Nm	นาโนเมตร
ppb	ส่วนต่อพันล้านส่วน
ppm	ส่วนต่อล้านส่วน
°C	องศาเซลเซียส
K	เคลวิน
L/min	ลิตรต่อนาที
AWO	ผ้าสีขาว ยี่ห้อ A เก็บรักษาแบบเปิด
ARO	ผ้าสีแดง ยี่ห้อ A เก็บรักษาแบบเปิด
ABO	ผ้าสีน้ำเงิน ยี่ห้อ A เก็บรักษาแบบเปิด
BWO	ผ้าสีขาว ยี่ห้อ B เก็บรักษาแบบเปิด
BRO	ผ้าสีแดง ยี่ห้อ B เก็บรักษาแบบเปิด

คำย่อและสัญลักษณ์ (ต่อ)

สัญลักษณ์และคำย่อ

ความหมาย

BBO	ผ้าสีน้ำเงิน ยี่ห้อ B เก็บรักษาแบบเปิด
CWO	ผ้าสีขาว ยี่ห้อ C เก็บรักษาแบบเปิด
CRO	ผ้าสีแดง ยี่ห้อ C เก็บรักษาแบบเปิด
CBO	ผ้าสีน้ำเงิน ยี่ห้อ C เก็บรักษาแบบเปิด
AWC	ผ้าสีขาว ยี่ห้อ A เก็บรักษาแบบปิด
ARC	ผ้าสีแดง ยี่ห้อ A เก็บรักษาแบบปิด
ABC	ผ้าสีน้ำเงิน ยี่ห้อ A เก็บรักษาแบบปิด
BWC	ผ้าสีขาว ยี่ห้อ B เก็บรักษาแบบเปิด
BRC	ผ้าสีแดง ยี่ห้อ B เก็บรักษาแบบเปิด
BBC	ผ้าสีน้ำเงิน ยี่ห้อ B เก็บรักษาแบบเปิด
CWC	ผ้าสีขาว ยี่ห้อ C เก็บรักษาแบบเปิด
CRC	ผ้าสีแดง ยี่ห้อ C เก็บรักษาแบบเปิด
CBC	ผ้าสีน้ำเงิน ยี่ห้อ C เก็บรักษาแบบเปิด

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ปัจจุบันสิ่งแวดล้อมในธรรมชาติพัฒนาไปอย่างมาก ยังมีวิวัฒนาการมากขึ้นเท่าใดก็ยังมีผลต่อ มนุษย์มากขึ้นเท่านั้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งอิทธิพลของเสื้อผ้าและการประดับตกแต่งร่างกายซึ่งมีผลต่อ มนุษย์ในการพัฒนาหรือปรับปรุงเครื่องแต่งกายของตนเองให้ดีขึ้น การพัฒนาทางด้านเทคโนโลยี สังคม และศาสนาก็มีส่วนอย่างมากในการกำหนดเครื่องแต่งกายของมนุษย์ เสื้อผ้าได้รับอิทธิพลมาจาก สิ่งแวดล้อมทางกายภาพ ทรัพยากรธรรมชาติและความสามารถในการนำเอา ทรัพยากรธรรมชาติต่างๆ ไปใช้ ในหลายสังคมได้พัฒนาแนวทางการนำทรัพยากรที่เกี่ยวข้องกับ สิ่งทอมาใช้ในการออกแบบเสื้อผ้า เครื่องแต่งกายให้เป็นในทิศทางเดียวกัน เนื่องจากเสื้อผ้าและ เครื่องนุ่งห่มเป็นหนึ่งในปัจจัยสี่ของมนุษย์ ที่ขาดไม่ได้ ซึ่งความต้องการของมนุษย์ทำให้เสื้อผ้า และเครื่องแต่งกายมีจำนวนมากขึ้นตามรสนิยมของ ผู้สวมใส่ ด้วยเหตุนี้เองจึงทำให้เสื้อผ้าและ เครื่องนุ่งห่มในยุคปัจจุบันมีลวดลายสีสันฉูดฉาดมากขึ้น เนื่องจากปัจจัยหลายๆอย่างในการเลือกใช้ เสื้อผ้าและเครื่องแต่งกายของมนุษย์ ทำให้อุตสาหกรรมสิ่งทอ มีการเติบโตมากขึ้นในหลายๆ ประเทศรวมถึงประเทศไทยด้วย ทั้งนี้เพื่อเป็นการสนองความต้องการของ ผู้สวมใส่ ทำให้มีการนำ นวัตกรรมต่างๆมาใช้เพื่อพัฒนาคุณภาพของสิ่งทอ จากการพัฒนาอุตสาหกรรม สิ่งทอที่เป็นไป อย่างรวดเร็วนี้เอง ทำให้เกิดการนำเอาสารเคมีต่างๆ มาใช้ในกระบวนการผลิต ตกแต่ง และเพิ่ม คุณภาพของสิ่งทอ

อุตสาหกรรมการผลิตสิ่งทอมีการผลิตสิ่งทอหลายชนิด เพื่อนำไปใช้ในกระบวนการแปร รูปเป็น เสื้อผ้าและเครื่องแต่งกาย เส้นใยสิ่งทอที่ได้จากการผลิตแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ เส้นใยธรรมชาติและเส้นใยสังเคราะห์ ประเทศไทยมีอุตสาหกรรมผลิตสิ่งทออย่างกว้างขวาง โดยเฉพาะ การผลิตเส้นใยธรรมชาติ อีกทั้งประเทศไทยยังเป็นประเทศที่ทำการเกษตรในส่วนใหญ่ จึงทำให้ต้นทุน ในการผลิตเส้นใยธรรมชาติต่ำกว่าเส้นใยสังเคราะห์ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากเส้นใย ธรรมชาติที่มีการผลิต ออกสู่ตลาดอย่างแพร่หลาย คือ ผ้าฝ้าย หรือ ผ้าคอตตอน เนื่องการผลิตเส้นใย ฝ้ายมีต้นทุนต่ำ กระบวนการปรับปรุงคุณภาพจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่ใช้ในการเพิ่มมูลค่าของ ผลิตภัณฑ์ เช่น การตกแต่งผ้า เพื่อทำให้นุ่ม การกันยับ และการต้านจุลินทรีย์และเชื้อรา การตกแต่ง เพื่อให้ดูแลรักษาง่ายสำหรับผ้าฝ้าย ที่พบบ่อย คือ ใช้สารตกแต่งเพื่อกันยับ (Anti-crease agent) ส่วนใหญ่เป็น สารสังเคราะห์ที่ได้จากฟอร์มัลดีไฮด์ ซึ่งสารตกแต่งเพื่อกันยับนี้สามารถปลดปล่อย ฟอร์มัลดีไฮด์ ออกมาระหว่างอายุการใช้งานของผ้าได้ อีกทั้งฟอร์มัลดีไฮด์เป็นสารที่อันตรายต่อ

สุขภาพ ดังนั้นจึงมีการกำหนดค่ามาตรฐานของระดับฟอร์มัลดีไฮด์ในผลิตภัณฑ์สิ่งทอโดยเฉพาะผลิตภัณฑ์เสื้อผ้าเด็ก

แต่ในแง่การใช้งานฟอร์มัลดีไฮด์สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราในเส้นใยและทำให้สมบัติของเส้นใยดีขึ้น จึงพบว่าในกระบวนการผลิตและปรับปรุงคุณภาพ ผลิตภัณฑ์ผ้าฝ้ายนั้น จำเป็นต้องใช้สารเคมีอันตรายโดยใช้ฟอร์มัลดีไฮด์นั่นเอง ทำให้เกิดความตระหนัก ถึงอันตรายของฟอร์มัลดีไฮด์ที่ปลดปล่อยออกมาจากผ้าฝ้าย ดังนั้นการศึกษานี้จึงให้ความสนใจที่การวัดระดับความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ที่ปลดปล่อยออกมาจากผ้าฝ้าย โดยปัจจัยที่ศึกษาได้แก่ ยี่ห้อของผ้าฝ้าย สี สภาวะในการเก็บรักษาผ้าฝ้าย การซักล้าง เพื่อศึกษาจลนศาสตร์ของปฏิกิริยาและความคงตัวของฟอร์มัลดีไฮด์ที่อยู่ในผ้าฝ้าย ทำให้ทราบอัตราเร็วของการสลายตัวของฟอร์มัลดีไฮด์ ยังรวมไปถึงการศึกษาปัจจัยของการเก็บรักษาที่มีต่ออัตราเร็วของกระบวนการดังกล่าว

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. ศึกษาปัจจัยการเก็บรักษาที่มีผลต่อความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในผ้าฝ้าย 100% และผ้าชนิดต่างๆ
2. ศึกษาจลนศาสตร์ของปฏิกิริยา อัตราเร็วในการสลายตัว และความคงตัวของฟอร์มัลดีไฮด์ที่อยู่ในผ้าฝ้าย
3. ศึกษาระดับความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ที่ลดลงจากการซักล้างผ้าฝ้าย

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

1. ผ้าที่ศึกษาได้แก่ ผ้าฝ้าย 100% ทั้งหมด 3 ยี่ห้อๆละ 3 สี และผ้าชนิดอื่นๆอีก 5 ชนิด
2. ศึกษาผลของการเก็บรักษาผ้าฝ้ายแบบปิดมิดชิด แบบเปิด และการซักล้าง

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบระดับความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในผ้าชนิดต่างๆ
2. สามารถบ่งชี้ความเป็นอันตรายของฟอร์มัลดีไฮด์ที่ปลดปล่อยออกมาจากผ้า โดยเทียบกับค่ามาตรฐาน สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม
3. ทราบอัตราการสลายตัวของฟอร์มัลดีไฮด์ที่มีในผ้าฝ้ายและผ้าชนิดต่างๆ
4. สามารถใช้เป็นแนวทางหลีกเลี่ยง ป้องกันหรือลดระดับความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ที่ปลดปล่อยออกมาจากสิ่งทอ

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ฟอर्मาลดีไฮด์

ฟอर्मาลดีไฮด์จัดเป็นสารประกอบอัลดีไฮด์ที่มีจำนวนคาร์บอนอะตอมน้อยที่สุด เป็นสารเคมีที่สามารถผลิตขึ้นได้จากการออกซิเดชันของเมทานอลกับออกซิเจน ดังสมการที่ 2.1



ฟอर्मาลดีไฮด์เป็นสารประกอบอินทรีย์ ปกติจะอยู่ในรูปก๊าซไม่มีสีที่อุณหภูมิและความดันปกติ มีกลิ่นฉุนรุนแรง ชื่อทางเคมีตามระบบการเรียกชื่อ IUPAC คือ Methanol ชื่อเคมีทั่วไป คือ Formaldehyde สูตรโมเลกุลของสารประกอบฟอर्मาลดีไฮด์ คือ HCHO ฟอर्मาลดีไฮด์ที่ใช้ในทางการค้าอยู่ในรูปของสารละลายน้ำภายใต้ชื่อน้ำยาฟอรัมาลิน “ฟอรัมาลิน-ฟอรัมาดีไฮด์” ทั้งสองตัวนี้ในทางเคมีคือสารชนิดเดียวกัน เพียงเมื่ออยู่ในสถานะที่เป็นสารละลายเรียกสารละลายฟอรัมาลิน

สารชนิดนี้ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายทั้งในภาคอุตสาหกรรม เกษตรกรรม และการทางการแพทย์ ฟอรัมาดีไฮด์ถูกนำมาใช้ประโยชน์ทางด้านอุตสาหกรรมในฐานะสารตั้งต้นสำหรับผลิตภัณฑ์อื่นๆ เช่น การผลิตเรซินและพลาสติกจำพวกยูเรีย-ฟอรัมาดีไฮด์, เมลามีน-ฟอรัมาดีไฮด์, ฟีนอล-ฟอรัมาดีไฮด์ นอกจากนี้ถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมฟอกย้อม เพื่อปรับปรุงให้สีติดแน่น การเตรียมรงกาไลท์, เฮอราลไดท์, เดโคโรไลน์ ในอุตสาหกรรมการฟอกสีและการพิมพ์ ใช้เป็นสารเคลือบในอุตสาหกรรมกระดาษเพื่อให้กระดาษลื่นและคุณสมบัติกันน้ำ และใช้ผลิตผงเพื่อปรับปรุงลักษณะและความแข็งแรงของเส้นไหมสังเคราะห์ ตกแต่งผ้ากันยับในอุตสาหกรรมสิ่งทอ (สุชาดา, 2549) การนำไปใช้ประโยชน์ในด้านเกษตร ได้แก่ ใช้สำหรับการทำลายและป้องกันจุลินทรีย์ในต้นไม้ที่เป็นโรค ป้องกันผลผลิตทางการเกษตรจากการเสียหายระหว่างการขนส่งและการเก็บรักษาใช้เป็นส่วนผสมของสารละลายที่ใช้เคลือบผักผลไม้เพื่อชะลอการเน่าเสีย (กรมควบคุมมลพิษ, 2541) ทางด้านการแพทย์ เพื่อรักษาสภาพศพไม่ให้เน่าเปื่อย ทำความสะอาดห้องผู้ป่วย เครื่องมือ นอกจากนี้ยังถูกใช้ในการสังเคราะห์ผลิตภัณฑ์ยา

2.1.1 สมบัติของฟอร์มัลดีไฮด์

ฟอร์มัลดีไฮด์จัดเป็นสารอินทรีย์ในกลุ่มอัลดีไฮด์ที่มีสูตรโมเลกุล คือ CH_2O สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของฟอร์มัลดีไฮด์สามารถสรุปได้ในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 สมบัติทางกายภาพและทางเคมีบางประการของฟอร์มัลดีไฮด์

สมบัติของสาร	ฟอร์มัลดีไฮด์	ฟอร์มาลีน
สภาพที่ปรากฏ	ไม่มีสี	ไม่มีสี
กลิ่น	กลิ่นฉุนรุนแรง	กลิ่นฉุนรุนแรง
น้ำหนักโมเลกุล	30.03	30.03
จุดเดือด	-19.5 °C ที่ความดันบรรยากาศ	96 °C ที่ความดันบรรยากาศ
จุดหลอมเหลว / จุดเยือกแข็ง	(ไม่มี)	-92 °C
อุณหภูมิวิกฤต	137.2-141.2 °C	(ไม่มี)
ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	-	2.8-4.0 ที่อุณหภูมิ 20 °C
ความหนาแน่นไอสัมพัทธ์	1.08 ที่อุณหภูมิ 20 °C (อากาศ=1)	1.04 ที่อุณหภูมิ 20 °C (น้ำ=1)
Log K_{ow}	0.35	0.35
ความดันไอ	3,890 มม.ปรอท ที่อุณหภูมิ 25 °C	1.52 มม.ปรอท ที่อุณหภูมิ 20 °C
ความสามารถในการละลาย	ละลายได้ดีในน้ำ แอลกอฮอล์ อีเทอร์ อะซีโตน	ละลายได้ดีในน้ำ แอลกอฮอล์ อีเทอร์ อะซีโตน
จุดวาบไฟ	(ไม่มี)	56 °C (มีเมทานอลผสม 14%) ในถ้วยปิด 85 °C (มีเมทานอลผสม 0.5%) ในถ้วยปิด
อุณหภูมิที่ติดไฟได้เอง	424 °C	424 °C
ขีดจำกัดการระเบิด	7-73% โดยปริมาตร	7-73% โดยปริมาตร

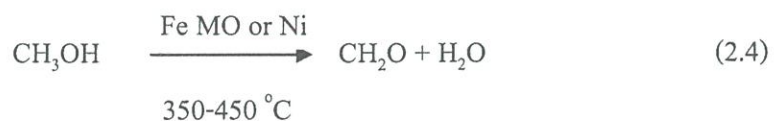
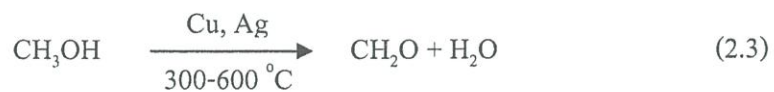
ตารางที่ 2.1 สมบัติทางกายภาพและทางเคมีบางประการของฟอร์มัลดีไฮด์ (ต่อ)

สมบัติทางเคมี	ฟอร์มัลดีไฮด์	ฟอร์มัลลิน
การเกิดปฏิกิริยา	<ol style="list-style-type: none"> 1. โพลีเมอไรเซชัน 2. ออกซิเดชัน 3. แอควิชั่น 	<ol style="list-style-type: none"> 1. โพลีเมอไรเซชัน 2. ดีคอมโพสิชัน 3. ริดักชัน 4. ออกซิเดชัน 5. แอควิชั่น 6. คอนเดนเซชัน
สารที่เข้ากันไม่ได้	Amines, AZO compounds, Caustics, Dithiocarbamates, Alkali & alkali earth metals, Nitrides, Nitro compounds, Unsaturated aliphatics and sulfides, Organic peroxides, Oxidizing agents, Reducing agents	
สารอันตรายที่เกิดจากการสลายตัว	เมื่อถูกความร้อนสารจะสลายตัวเป็นกรดฟอร์มิก เมื่อเกิดเพลิงไหม้จะสลายตัวให้ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์ และไฮโดรเจน เกิดหมอกควันที่เป็นพิษ	

ที่มา : <http://www.en.wikipedia.org/wiki/Formaldehyde>

2.1.2 การเข้าสู่สิ่งแวดล้อมของฟอร์มัลดีไฮด์

การเข้าสู่สิ่งแวดล้อมทางอากาศของฟอร์มัลดีไฮด์ มีได้ทั้งการรั่วไหลจากแหล่งกำเนิดโดยตรง และจากการกระทำของมนุษย์ เช่น โรงงานอุตสาหกรรมที่มีการผลิตฟอร์มัลดีไฮด์โดยการออกซิไดซ์เมทานอลในอากาศ ซึ่งเมทานอลที่ใช้เตรียมมาจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และ ก๊าซไฮโดรเจน ดังสมการที่ 2.2 - 2.4 (Hensel, 2005)



นอกจากนี้การเกิดฟอร์มัลดีไฮด์ในสภาวะบรรยากาศทั่วไปสามารถเกิดได้จากการออกซิไดซ์มีเทนในอากาศโดยมีแสงเป็นตัวเร่ง ดังสมการที่ 2.5 - 2.9 (Hensel, 2005)



เมื่อมีแสงแดด หรือรวมกับกลุ่มไฮดรอกซิล สามารถเกิดปฏิกิริยากับฟอร์มัลดีไฮด์ได้ดังสมการที่ 2.10 - 2.12 (Hensel, 2005)



จากสมการจะเห็นได้ว่า เกิดสารประกอบ CO ขึ้นมา ซึ่ง CO นี้เป็นสารพิษที่เป็นอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจ และฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศที่เป็นสารตั้งต้น โดย HCO^- ที่แตกตัวออกมาสามารถก่อให้เกิดสารประกอบไฮโดรคาร์บอน และสารประกอบพวกสม็อกอื่นๆได้ รวมทั้งยังสามารถเข้าจับกับไอออนของโลหะจำพวก Cl^- , Mn^- , Br^- ได้เช่นกัน

นอกจากนี้ฟอร์มัลดีไฮด์สามารถสลายตัวเป็นกรดฟอร์มิกได้โดยทำปฏิกิริยากับโอโซนเกิดการออกซิไดซ์เปลี่ยนโครงสร้างของฟอร์มัลดีไฮด์เป็นกรดฟอร์มิก และออกซิเจน ดังสมการที่ 2.13 (Hensel, 2005)



2.1.3 ความเป็นพิษของฟอร์มาลดีไฮด์

ฟอร์มาลดีไฮด์ มีฤทธิ์กัดกร่อน ลักษณะอาการขึ้นอยู่กับวิธีการสัมผัส การสัมผัสผ่านทาง การหายใจเข้าไป ทำให้เกิดอาการ ไอ เจ็บคอ และหายใจติดขัด สัมผัสทางผิวหนัง ทำให้เป็นผื่นแดง ปวดแสบปวดร้อน และผิวหนังไหม้ สัมผัสถูกตาทำให้ตาแดง เจ็บตา และทำให้การมองเห็นไม่ชัดเจน หากกินหรือกลืนเข้าไปทำให้เจ็บคอ ปวดท้อง และท้องร่วง ในกรณีการสะสมในระยะเวลานานทำให้มีฤทธิ์กัดกร่อนต่อตา ผิวหนัง และระบบทางเดินหายใจ การหายใจเข้าไปทำให้ปอดอักเสบ การกลืนกินเข้าไปทำให้ทำลายตับ ไต และหัวใจ อาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรม และเป็นสารก่อมะเร็ง (Dutch Institute for Working Environment and Dutch Chemical Industry Association, 1991) ซึ่งมนุษย์สามารถรับรู้กลิ่นของฟอร์มาลดีไฮด์ได้เมื่ออยู่ในอากาศที่ความเข้มข้น 0.8 ppm (Amoore and Hautala, 2003) โดยพิษเฉียบพลันที่เกิดจากฟอร์มาลดีไฮด์นั้นเกิดจากการถูกสารละลายฟอร์มาลีนกระเด็นเข้าตาทำให้แก้วตาถูกทำลาย ความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ในอากาศระหว่าง 0.1-5 ppm ทำให้แสบตา น้ำตาไหล และระคายเคืองต่อทางเดินหายใจส่วนต้น ที่ความเข้มข้นสูง คือ 10-20 ppm ทำให้เกิดอาการไอ แน่นหน้าอก หัวใจเต้นเร็ว การได้รับหรือสัมผัสกับฟอร์มาลดีไฮด์ที่ความเข้มข้น 50-100 ppm จะทำให้เกิดอาการ Pulmonary Edema ปอดบวมและตายได้ ส่วนพิษเรื้อรังเกิดขึ้นจากการสัมผัสกับฟอร์มาลดีไฮด์บ่อยทำให้ผู้นั้นเกิดความไวต่อสารนี้ คือ มีอาการระคายเคืองต่อตา ระบบทางเดินหายใจ หรืออาการโรคหอบหืด ถึงแม้ว่าจะสัมผัสฟอร์มาลดีไฮด์ในอากาศที่ปริมาณความเข้มข้นต่ำสุดที่คนปกติ ส่วนใหญ่สัมผัสแล้วไม่มีอาการ อาการรุนแรงที่อาจเกิดขึ้นได้คือ บวม คัน แน่นหน้าอก และจากการศึกษาของ (National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH) พบว่าฟอร์มาลดีไฮด์เป็นสารก่อมะเร็ง และเป็นสาเหตุทำให้เกิดมะเร็งที่โพรงจมูกและมะเร็งอื่นๆ ในสัตว์ทดลอง

2.1.4 ประโยชน์ของฟอร์มาลดีไฮด์ในอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ ของประเทศไทย

1. เป็นสารเหนียว หรือกาว สำหรับใช้งานในการผลิตไม้อัด แผ่นผนังอัด
2. เป็นส่วนผสมของสารเคลือบผิวเฟอร์นิเจอร์และโต๊ะ ตู้ต่าง ๆ
3. ใช้ในอุตสาหกรรมผลิตเคมีภัณฑ์พลาสติก (เป็นสารตั้งต้นในการนำไปทำเม็ดพลาสติกชนิดต่างๆ ที่เรียกว่ายูเรีย - ฟอร์มาลดีไฮด์ (Urea-formaldehyde: UF) และ ฟีนอล - ฟอร์มาลดีไฮด์ (Phenol-formaldehyde: PF) ซึ่งจะใช้เป็นกาวสำหรับงานเฟอร์นิเจอร์ ไม้ หรือใช้ทำโฟมเพื่อเป็นฉนวน เป็นต้น)
4. ใช้ในอุตสาหกรรมผ้าและสิ่งทอ โดยใช้เป็นน้ำยาอบผ้าในขั้นตอนการผลิตผ้าขึ้นสำเร็จรูปเพื่อให้ผ้าคงตัวไม่ยับหรือย่น หรือใช้ทำสีย้อมผ้า ใช้ฟอกหนัง

5. ในทางการแพทย์ ใช้ในความเข้มข้นต่าง ๆ กันตั้งแต่ร้อยละ 10 ขึ้นไปเป็นส่วนผสม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการใช้งานเป็นหลัก เช่น ใช้ฆ่าเชื้อโรคและเชื้อรา เป็นสารดับกลิ่น และเป็นน้ำยาออสฟ
6. ในทางการเกษตร ใช้ฆ่าเชื้อโรคและแมลงในดิน และเมื่อใช้ที่ความเข้มข้นประมาณร้อยละ 0.004 จะช่วยป้องกันการขึ้นราในการเก็บรักษาข้าวสาลี หรือป้องกันการเน่าเสียในพวกข้าวโอตหลังการเก็บเกี่ยว และใช้เพื่อป้องกันแมลงในพวกธัญพืชหลังการเก็บเกี่ยว
7. ใช้ในอุตสาหกรรมอื่น ๆ เช่น การผลิตยาง เรซิน ผลิตภัณฑ์กระดาษไฟเบอร์กลาส ฟิล์มถ่ายรูป วัตถุระเบิด สารประทินผิว สีทาบ้าน เป็นต้น

ตารางที่ 2.2 สัดส่วนการใช้ฟอร์มาลินในอุตสาหกรรมต่างๆ ของประเทศไทยส่วนใหญ่ใช้ในการผลิตยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ ถึง 70% ของการผลิตทั้งหมดในประเทศ

สัดส่วนการใช้ฟอร์มาลดีไฮด์ในอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ ของประเทศไทย	
ยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ (UF)	70%
โพลีออกซีเมทิลีน หรือ พลาสติกโพลีอะซีทาล (POM)	14%
ฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ (PF)	7%
เมลามีน ฟอร์มาลดีไฮด์ (MF)	4%
อื่นๆ	5%

ที่มา : กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2553

2.1.5 อันตรายของฟอร์มาลดีไฮด์

ก๊าซฟอร์มาลดีไฮด์และฟอร์มาลินเป็นอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจ ดวงตา เป็นสารไวไฟและอาจเป็นสารก่อมะเร็ง มีการจำแนกให้ฟอร์มาลินโดยองค์การระหว่างประเทศด้านการศึกษาวิจัยเรื่องโรคมะเร็ง (International Agency for Research on Cancer, IARC) ระบุว่าฟอร์มาลินอาจเป็นสารก่อมะเร็งกลุ่ม 1 จากการเก็บข้อมูลการเกิดมะเร็งในคน ในขณะที่กลุ่มประชาคมยุโรป (European Union, EU) จัดให้ฟอร์มาลินอาจเป็นสารก่อมะเร็งกลุ่ม C3 ฟอร์มาลินที่มีเมทานอลผสมอยู่มากจะมีจุดวาบไฟต่ำ จัดเป็นของเหลวไวไฟ มีสมบัติกัดกร่อนเป็นความเสี้ยวรอง แต่เมื่อมีเมทานอลผสมอยู่น้อยจะทำให้จุดวาบไฟสูงขึ้น ถูกจัดเป็นสารกัดกร่อน ไม่จัดเป็นสารไวไฟ (ตามการจำแนกประเภทสินค้าอันตรายของสหประชาชาติ) และมีความเป็นอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจและอาจเป็นสารก่อมะเร็งเช่นเดียวกับก๊าซฟอร์มาลดีไฮด์

2.1.6 ค่ามาตรฐานและคำแนะนำในบรรยากาศการทำงาน

เนื่องจากความเป็นพิษของฟอร์มัลดีไฮด์จึงมีหลายหน่วยงานกำหนดค่ามาตรฐานของฟอร์มัลดีไฮด์ที่ปลดปล่อยออกสู่บรรยากาศ ดังนี้

ก. สำนักงานบริหารความปลอดภัยและอาชีวอนามัย (Occupation Safety and Health Administration, OSHA) กำหนดค่ามาตรฐานให้มีฟอร์มัลดีไฮด์ในบรรยากาศการทำงานเฉลี่ยได้ไม่เกิน 0.75 ppm ตลอดเวลาการทำงาน 8 ชั่วโมง หรือมีปริมาณสูงสุดได้ไม่เกิน 2 ppm ในการสัมผัสเวลาสั้นๆ 15 นาที

ข. สถาบันความปลอดภัยและอาชีวอนามัยแห่งชาติ (National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH) แนะนำให้มีฟอร์มัลดีไฮด์ในบรรยากาศการทำงานได้ไม่เกิน 0.1 ppm ในเวลาใดก็ได้เมื่อมีการเก็บตัวอย่างอากาศนาน 15 นาที และไม่เกิน 0.016 ppm ตลอดเวลาการทำงาน 8 ชั่วโมง

ค. องค์กรอิสระของสหรัฐอเมริกาที่ทำงานในด้านสุขศาสตร์อุตสาหกรรม (A Committee of American Conference of Government Industrial Hygienists, ACGIH) แนะนำให้มีฟอร์มัลดีไฮด์ในบรรยากาศการทำงานสูงสุดได้ไม่เกิน 0.3 ppm ไม่ว่าจะเป็นเวลาใด

ง. สำหรับในประเทศไทย ตามประกาศกระทรวงมหาดไทย (พ.ศ. 2520) เรื่องความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับภาวะแวดล้อม (สารเคมี) กำหนดให้มีปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ในบรรยากาศการทำงานเฉลี่ยได้ไม่เกิน 3 ppm ตลอดระยะเวลาการทำงาน 8 ชั่วโมง (กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, 2546)

2.2 เส้นใย (fabric)

ผ้าและผลิตภัณฑ์ทำจากผ้ามีการใช้วัตถุเคมีที่เป็นเส้นใยธรรมชาติ เส้นใยประดิษฐ์ หรือเส้นใยผสม และมีการใช้สารเคมีจำนวนมากในอุตสาหกรรมสิ่งทอ เช่น สารเคมีฟีนฐาน สารช่วยย้อมและพิมพ์ สารตกแต่งสำเร็จ และสีย้อมและสีพิมพ์ สารเคมีบางชนิดเป็นอันตรายมีความเป็นพิษก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เช่น การปล่อยมลพิษไปสู่แหล่งน้ำทำให้น้ำเน่าเสียปนเปื้อนสารพิษ หรือมีสภาพความเป็นกรด-ด่าง ส่งผลต่อระบบนิเวศวิทยาของสิ่งมีชีวิตต่างๆ นอกจากนี้ยังก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของผู้ใช้ในระหว่างการใช้งาน เช่น สารประกอบฟอร์มัลดีไฮด์ที่ใช้เป็นสารตกแต่งกันผ้ายับ ซึ่งฟอร์มัลดีไฮด์สามารถเข้าสู่ร่างกายทำให้เกิดการระคายเคืองต่อระบบทางเดินหายใจหรือผิวหนังได้ หรือแม้แต่สารเคมีกำจัดศัตรูพืชถูกใช้ในการปลูกฝ้าย สารกำจัดวัชพืช บางครั้งดูดซึมได้ง่ายทางผิวหนัง เช่น Aldrine เป็นสารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่สันนิษฐานว่าก่อให้เกิดมะเร็ง ปริมาณโลหะหนักหรือสารเคมีอันตรายในเนื้อผ้า โดยผ้าและผลิตภัณฑ์ทำจากผ้าแบ่งตามชนิดเส้นใยเป็น 3 ประเภท คือ

1. ประเภททำจากเส้นใยธรรมชาติ เช่น ฝ้าย ป่าน ปอ ลินิน ไหม ขนสัตว์
2. ประเภททำจากเส้นใยประดิษฐ์ เช่น แอซีเตต วิสโคสเรยอน พอลิเอสเตอร์ พอลิเอไมด์
3. ประเภททำจากเส้นใยผสม เช่น ฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ ฝ้ายผสมไหม

2.2.1 ข้อกำหนดทั่วไปของผลิตภัณฑ์สิ่งทอตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

ก. ผลิตภัณฑ์ต้องได้รับการรับรอง หรือผ่านการทดสอบคุณลักษณะที่ต้องการตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ดังนี้

1. ฝ้าย ผลิตภัณฑ์ทำจากฝ้ายกเว้นเสื้อผ้าสำเร็จรูป และเคหะสิ่งทอ ต้องได้รับการรับรอง หรือ ผ่านการทดสอบคุณลักษณะที่ต้องการตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมฝ้าย: ความปลอดภัยจากสีและสารเคมีที่เป็นอันตราย มาตรฐานเลขที่ มอก.2231 หรือ มาตรฐานระหว่างประเทศ (International Organization for Standardization, ISO) หรือ มาตรฐานระดับภูมิภาค เช่น EN หรือ มาตรฐานระดับประเทศที่เทียบเท่าหรือเป็นที่ยอมรับ เช่น ASTM หรือ JIS

2. เสื้อผ้าเด็ก เสื้อผ้าเด็กอ่อน ต้องได้รับการรับรอง หรือ ผ่านการทดสอบคุณลักษณะที่ต้องการตาม มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเสื้อผ้าเด็ก มาตรฐานเลขที่ มอก.2435 หรือ ISO หรือ มาตรฐานระดับภูมิภาค เช่น EN หรือ มาตรฐานระดับประเทศที่เทียบเท่าหรือเป็นที่ยอมรับ เช่น ASTM หรือ JIS

3. เสื้อผ้าสำเร็จรูป รวมของใช้เด็ก ของใช้เด็กอ่อน ต้องได้รับการรับรอง หรือ ผ่านการทดสอบคุณลักษณะที่ต้องการตาม มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเสื้อผ้าสำเร็จรูป: ความปลอดภัยจากสีและสารเคมีที่เป็นอันตราย มาตรฐานเลขที่ มอก.2346 หรือ ISO หรือ มาตรฐานระดับภูมิภาค เช่น EN หรือ มาตรฐานระดับประเทศที่เทียบเท่าหรือเป็นที่ยอมรับ เช่น ASTM หรือ JI

ตารางที่ 2.3 เกณฑ์ความคงทนของสี สำหรับผ้าและผลิตภัณฑ์ทำจากผ้าที่ใช้สีย้อมธรรมชาติ

รายการ การ ที่	คุณลักษณะ	หน่วย	เกณฑ์ที่กำหนด				วิธี การทดสอบ
			ผ้าชนิด ก*	ผ้าชนิด ข**	ผ้าชนิด ค***	ผ้าชนิด ง****	
1	ความคงทนของสีต่อเหงื่อและ น้ำลายทั้งสภาพกรดและสภาพ ด่าง(ยกเว้นผ้าสีขาว) ไม่น้อยกว่า - การเปลี่ยนสี - การเปื้อนสี	เกรย์ สเกล ระดับ	3 3	- -	- -	- -	DIN 53160
2	ความคงทนของสีต่อเหงื่อและ น้ำลายทั้งสภาพกรดและสภาพ ด่าง(ยกเว้นผ้าสีขาว) ไม่น้อยกว่า - การเปลี่ยนสี - การเปื้อนสี	เกรย์ สเกล ระดับ	3 3	3 3	3 3	3 3	ISO 105 E04
3	ความคงทนของสีต่อการซัก (ยกเว้นผ้าไหม ผ้าขนสัตว์ ผ้าสี ขาว ผ้าเดนิล) ไม่น้อยกว่า - การเปลี่ยนสี - การเปื้อนสี	เกรย์ สเกล ระดับ	3-4 3	3-4 3	3-4 3	3-4 3	ISO 105 C01 ถึง C06
4	ความคงทนของสีต่อการขัดถู เฉพาะสภาพแห้ง(ยกเว้นผ้าไหม ผ้าขนสัตว์ ผ้าสีขาว ผ้าเดนิล)การ เปื้อนสี ไม่น้อยกว่า	เกรย์ สเกล ระดับ	3	3	3	3	ISO 105x1 2

หมายเหตุ * ผ้าชนิด ก หมายถึง ผ้าที่ใช้ทำผลิตภัณฑ์สำหรับเด็กอ่อน เช่น ผ้าเสื้อเด็กอ่อน

** ผ้าชนิด ข หมายถึง ผ้าที่ใช้ทำผลิตภัณฑ์สำหรับสวมใส่ที่ส่วนใหญ่สัมผัสร่างกาย เช่น
ผ้าเสื้อ ผ้าชุดชั้นใน

*** ผ้าชนิด ค หมายถึง ผ้าที่ใช้ทำผลิตภัณฑ์สำหรับสวมใส่ที่ไม่สัมผัสร่างกาย เช่น ผ้าใน

**** ผ้าชนิด ง หมายถึง ผ้าที่ใช้สำหรับการตกแต่งหรือทำผลิตภัณฑ์ตกแต่ง เช่น ผ้าม่าน

ที่มา : สำนักงานเลขานุการ โครงการฉลากเขียว สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย สำนักงานมาตรฐาน

ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2554

ข. กระบวนการผลิต การขนส่ง และการกำจัดของเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิต เป็นไปตามกฎหมายและข้อบังคับของราชการ ตัวอย่างเช่น พระราชบัญญัติโรงงานกระทรวง อุตสาหกรรม

2.2.3 ข้อกำหนดพิเศษของผลิตภัณฑ์สิ่งทอตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

ตารางที่ 2.4 ข้อกำหนดพิเศษของผลิตภัณฑ์สิ่งทอตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

สารที่กำหนด	ปริมาณที่กำหนดเสื้อผ้าเด็กอ่อน	ปริมาณที่กำหนดเสื้อผ้าสำเร็จรูป
1.ปริมาณโลหะหนัก		
สารหนู mg/kg	0.2	1.0
โคบอลต์ mg/kg	1.0	4.0
ปรอท mg/kg	0.02	0.02
นิกเกิล mg/kg	1.0	4.0
2. Chlorinated Phenols (mg/kg)		
Pentachlorophenol(PCP)	0.05	0.5
2,3,5,6-Tetrachlorophenol	0.05	0.5
2,3,4,6-Tetrachlorophenol	0.05	0.5
2,3,4,5-Tetrachlorophenol	0.05	0.5
3. กลุ่มพาทาเลต		
Pentachlorophenol (PCP)	< 0.1 โดยน้ำหนักของผ้าพิมพ์	-
Butylbenzyl phthalate : BBP	< 0.1 โดยน้ำหนักของผ้าพิมพ์	< 0.1 โดยน้ำหนักของผ้าพิมพ์
Dibutyl phthalate : DBP	< 0.1 โดยน้ำหนักของผ้าพิมพ์	< 0.1 โดยน้ำหนักของผ้าพิมพ์
Di-isobutyl phthalate : DIBP	< 0.1 โดยน้ำหนักของผ้าพิมพ์	< 0.1 โดยน้ำหนักของผ้าพิมพ์
Di-iso-nonylphthalate : DINP	-	< 0.1 โดยน้ำหนักของผ้าพิมพ์
Di-n-octylphthalate : DNOP	-	< 0.1 โดยน้ำหนักของผ้าพิมพ์
Diisodecyl phthalate : DIDP	-	< 0.1 โดยน้ำหนักของผ้าพิมพ์
4. ผ้าและผลิตภัณฑ์ทำจากผ้าทุกชนิดที่ผ่านการฟอกขาวต้องไม่ใช้สารฟอกขาวที่มีองค์ประกอบของ คลอรีน		
5. ผ้าและผลิตภัณฑ์ทำจากผ้าที่ผ่านการย้อมต้องไม่ใช้ halogenated carrier ในการย้อมพอลิเอสเตอร์		

ที่มา : สำนักงานเลขานุการ โครงการฉลาดเขียว สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย สำนักงานมาตรฐาน

ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2554

2.3 ฝ้าย (cotton)

ฝ้าย (Cotton) คือเส้นใยเก่าแก่ชนิดหนึ่งซึ่งใช้ในการทอผ้ามาแต่สมัยโบราณ สิ่งที่บ่งบอกให้รู้ว่ามีมนุษย์มีการปลูกฝ้ายและปั่นฝ้ายเป็นเส้นด้ายมานานแล้ว คือหลักฐานทางโบราณคดีซึ่งขุดพบในซากปรักหักพังอายุประมาณ 3,000 ปีก่อนคริสตกาล ที่แหล่งโบราณคดีโมฮันโจ ดาโร (Mohenjo daro) ซึ่งอยู่ในบริเวณแหล่งอารยธรรมลุ่มน้ำสินธุ ในเขตประเทศปากีสถานปัจจุบัน โดยฝ้าย (Cotton) เป็นใยเซลลูโลสได้จากดอกของฝ้าย ผ้าที่ผลิตจากฝ้ายพันธุ์ดีเส้นใยาว ผิวของผ้าจะเรียบเนียน และทนทาน คุณภาพของผ้าฝ้ายขึ้นอยู่กับพันธุ์ ความยาวและความเรียบของเส้นใย ใยฝ้ายเองไม่แข็งแรงนัก แต่เมื่อนำมาทอเป็นผ้า จะได้ผ้าที่แข็งแรง ยิ่งทอเนื้อหนา-แน่นจะยิ่งแข็งแรงทนทาน คุณภาพขึ้นได้ดี เหมาะสำหรับการทำผ้าเช็ดตัว ผ้าเช็ดหน้า ผ้าฝ้ายเนื้อบางถึงเนื้อหนาปานกลาง ใช้เป็นชุดสวมในฤดูร้อนจะรู้สึกเย็นสบาย

ผ้าฝ้าย (Cotton) ได้มาจากต้นฝ้ายในส่วนของห่อหุ้มเมล็ด หรือที่เรียกว่า ฝ้ายฝ้าย จะมีลักษณะเป็นเส้นเล็ก วิธีใช้งานจะนำฝ้ายมาปั่นเป็นเส้นด้าย แล้วนำมาทอเป็นผืนผ้า ฝ้ายมีคุณสมบัติเนื้อนุ่ม โปร่งสบาย ระบายความร้อนได้ดี เนื่องจากฝ้ายมีช่องระหว่างเส้นใย จึงเหมาะกับสภาพอากาศในฤดูร้อน และมีคุณสมบัติเมื่อเปียกจะตากแห้งได้เร็ว เป็นเส้นใยธรรมชาติ 100% ผลิตจากฝ้าย สวมใส่สบายอากาศได้ดีซับบ้างก็ได้อีกด้วย เนื้อผ้าจะมีลักษณะด้าน แต่ก็ยังมีข้อเสีย คือ จะยับง่าย ผ้าจะหดตัวเมื่อผ่านการซักครั้งแรก เมื่อซักบ่อยๆ จะช่วย สีซีดเก่าเร็ว แอมลงไม่กินแต่จะขึ้นรา

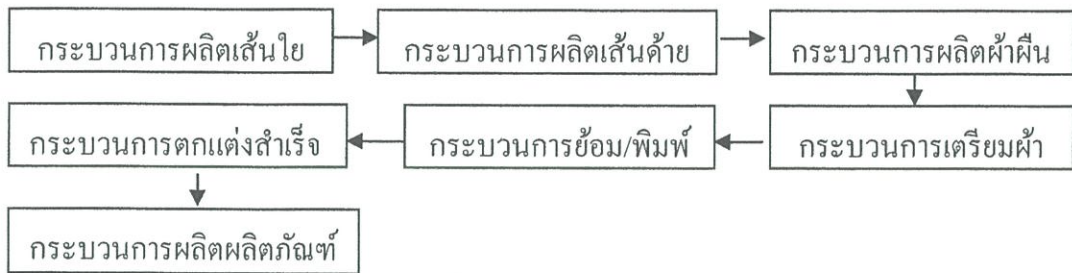
2.3.1 เส้นด้ายที่นิยมนำมาทอผ้าฝ้าย

ตารางที่ 2.5 เส้นด้ายที่นิยมนำมาทอผ้าฝ้าย

คุณภาพเส้นด้าย	ลักษณะเส้นด้าย
เส้นด้าย OE	การปั่น ลักษณะแบบ Open End เป็นการปั่นที่ที่จะใช้ลดกระบวนการปั่นในบางขั้นตอนออก ทำให้เส้นด้ายที่ผลิตมาผลิตที่มาก
เส้นด้าย SEMI-COMBED	เป็นการปั่น ring อีกแบบหนึ่งแต่จะมีการดึงของเสียออกจากฝ้ายในระดับหนึ่ง คุณภาพที่ได้ก็จะอยู่ระดับดี ร้านผ้าส่วนใหญ่จะนิยมนำมาใช้เส้นด้ายชนิดนี้
เส้นด้าย COMBED	เป็นการปั่นแบบ ring อีกแบบหนึ่งแต่จะมีการใช้หวี มาดึงเอาของเสียออกจากตัวเนื้อฝ้าย และเนื้อเส้นด้ายมากกว่าปกติ ทำให้เส้นด้ายที่ออกมาคุณภาพสูง และมีความเนียนที่สูงกว่าเส้นด้ายอื่นๆ

ที่มา : <http://www.beddingthai.com>

การผลิตผลิตภัณฑ์สิ่งทอประเภทหนึ่งๆ มีขั้นตอนการผลิตหลายขั้นตอน โดยกระบวนการหลักๆ ที่สำคัญ มีดังนี้



รูปที่ 2.1 กระบวนการผลิต

กระบวนการต้นน้ำและกลางน้ำของการผลิตสิ่งทอเป็นกระบวนการที่มีการใช้สารเคมีจำนวนมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งขั้นตอนการเตรียม ย้อม พิมพ์ และตกแต่งสำเร็จสิ่งทอ ประเภทของสารเคมีและลักษณะการใช้งานแบ่งตามขั้นตอนการผลิตได้ดังนี้

ขั้นตอนการผลิตเส้นใย

เส้นใยสิ่งทอแบ่งออกเป็นประเภทใหญ่ได้ 2 ประเภท คือ เส้นใยธรรมชาติและเส้นใยประดิษฐ์ เส้นใยธรรมชาติที่สำคัญในอุตสาหกรรมสิ่งทอ ได้แก่ ฝ้าย ขนสัตว์ และไหม เส้นใยเหล่านี้ได้จากการเพาะปลูกและจากสัตว์ สารเคมีที่ใช้จึงเป็นสารเคมีที่เกี่ยวข้องกับการเพาะปลูกเลี้ยงสัตว์ มีการใช้สารฆ่าแมลงและปุ๋ยเคมีในการเพาะปลูกฝ้ายปริมาณค่อนข้างมากและส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ปัจจุบันจึงหันมาผลิตฝ้ายอินทรีย์ (Organic cotton) ที่ไม่ใช้สารเคมีในการเพาะปลูกเลยมากขึ้น เพื่อความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ส่วนขนสัตว์ก็มีการใช้สารฆ่าแมลงที่รบกวนเช่นกัน สำหรับกระบวนการผลิตเส้นใยประดิษฐ์ซึ่งแบ่งเป็นประเภทย่อยได้ 2 ประเภท คือ เส้นใยปรับรูปใหม่ (Regenerated fibers) และเส้นใยสังเคราะห์ การใช้สารเคมีจะขึ้นอยู่กับประเภทของเส้นใยที่ผลิต เส้นใยปรับรูปใหม่ส่วนใหญ่เป็นเส้นใยจากเซลลูโลสที่ถูกนำมาละลายในตัวทำละลายที่เหมาะสมแล้วผ่านกระบวนการปั่นออกมาเป็นเส้นใย ตัวทำละลายที่ใช้ส่วนใหญ่ค่อนข้างอันตราย อย่างไรก็ตามในการผลิตเชิงอุตสาหกรรมสามารถใช้กระบวนการที่เป็นระบบปิดและใช้เทคโนโลยี การนำตัวทำละลายกลับมาใช้ใหม่ (Solvent recovery) เพื่อหลีกเลี่ยงผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมได้ กระบวนการผลิตเส้นใยสังเคราะห์เป็นการขึ้นรูปพอลิเมอร์ออกมาเป็นเส้นใยโดย เทคนิคการปั่นเส้นใยแบบหลอมเป็นหลัก มีการใช้สารเคมีทั้งที่เป็นสารตั้งต้นและสารช่วยในกระบวนการ ตั้งแต่ขั้นการผลิตพอลิเมอร์ที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตซึ่งสารบางตัวมีความเป็นพิษและไม่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ยังมีตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalyst) ประเภท antimony oxide ที่ใช้ในการผลิตพอลิเอสเทอร์ จัดเป็นสารที่ควรหลีกเลี่ยงเนื่องจากมีผลก่อมะเร็ง

ขั้นตอนการผลิตเส้นด้าย

สารเคมีที่ใช้ในขั้นตอนนี้ คือ สารหล่อลื่น (Lubricants) ที่ช่วยลดแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นกับเส้นใยระหว่างการปั่นด้าย สารหล่อลื่นที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นน้ำมัน mineral oil สารหล่อลื่นกลุ่ม Polyaromatic Hydrocarbons (PAHs) มีผลเป็นสารก่อมะเร็งและเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม จึงควรหลีกเลี่ยงและปัจจุบันถูกห้ามใช้สำหรับผลิตภัณฑ์สิ่งทอที่จะนำเข้า สหภาพยุโรป นอกจากนี้ น้ำมันหล่อลื่นแล้วยังมีสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการนี้ก็คือสารลดแรงตึงผิว (Surfactants) ที่ใช้ในการเตรียมอิมัลชันกับน้ำมัน สารลดแรงตึงผิวประเภท Alcohol Ethoxylates (AEOs) และ Alkyl Phenol Ethoxylates (APEOs) เป็นสารกลุ่มที่ห้ามใช้เป็นส่วนผสมในปริมาณที่เกินกว่า 0.1% ตามข้อกำหนดของสหภาพยุโรป Directive 2003/53/EG สาร APEOs มีผลต่อระบบฮอร์โมนและเป็นสารที่มีสมบัติตกค้างยาวนาน (Persistent) เนื่องจากสลายตัวช้า สามารถสะสมได้ในสิ่งมีชีวิต (Bio-accumulative) โดยส่วนใหญ่มักสะสมในเนื้อเยื่อไขมันและเป็นพิษ นอกจากนี้ยังเป็นพิษต่อสัตว์น้ำหากเจือปนในน้ำทิ้งจากกระบวนการที่ระบายออกสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ

ขั้นตอนการผลิตผ้าฝ้าย

กระบวนการผลิตผ้าฝ้าย ได้แก่ กระบวนการทอและกระบวนการถัก สารเคมีที่ใช้เป็นสารที่ทำหน้าที่หล่อลื่น ลดแรงเสียดทานระหว่างกระบวนการทอ และถัก สำหรับกระบวนการทอ จำเป็นต้องมีการเคลือบเส้นด้ายขึ้นด้วยสาร Sizing (Sizing agent) สาร sizing ที่สำคัญนี้มีทั้งสารจากธรรมชาติและสารสังเคราะห์ ได้แก่ แป้ง (Starch) poly(vinyl alcohol) (PVA) และ carboxymethyl cellulose เป็นต้น การเลือกใช้สารเหล่านี้ควรคำนึงถึงความยาก ความง่ายในการกำจัดออกจากผ้าด้วย การใช้แป้งเป็นสาร sizing เมื่อต้องการกำจัดออกมักจะต้องใช้สารเคมีช่วย ในขณะที่การใช้ PVA ซึ่งมีคุณสมบัติละลายน้ำได้ สามารถกำจัดออกได้ง่ายกว่า และสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้

ขั้นตอนการย้อมและพิมพ์

สารเคมีหลักที่ใช้ในการย้อม คือ สีย้อม (Dyes) และสารช่วยย้อม (Auxiliaries) เส้นใยสิ่งทอแต่ละชนิดมีสมบัติการย้อมติดสีแตกต่างกัน และในการย้อมสีแต่ละประเภทจำเป็นต้องใช้สารช่วยที่แตกต่างกันด้วย สีย้อมในอุตสาหกรรมสิ่งทอมีด้วยกันหลายประเภท หลักๆ ได้แก่ สีไดเร็กต์ สีรีแอคทีฟ สีแวต สีซัลเฟอร์ สีเอโซอิก สีดิสเพิร์ส สีเบสิก และสีแอซิด สีย้อมที่มีโครงสร้างพื้นฐานเป็นเอโซเป็นกลุ่มที่ใช้มากที่สุดในอุตสาหกรรม แต่พบว่าเป็นกลุ่มสีที่มีแนวโน้มที่จะก่อการระคายเคืองต่อเนื้อเยื่อมนุษย์ สีย้อมประเภทเอโซบางชนิดที่แตกตัวให้อะโรมาติกเอมีนต้องห้าม สหภาพยุโรปกำหนดห้ามใช้สีย้อมที่ให้สารต้องห้าม (ที่แสดงใน Directive 76/769/EWG) ในปริมาณที่มากกว่า 30 ppm สำหรับผลิตภัณฑ์สิ่งทอที่สัมผัสกับร่างกายโดยตรง สีย้อมประเภทที่ประกอบด้วยสารฮาโลเจนในโครงสร้าง ก่อให้เกิดการปลดปล่อยสาร AOX ส่วนสีที่มีโลหะหนักเป็น

องค์ประกอบในโครงสร้าง โลหะหนักเหล่านี้อาจเจือปนออกมากับน้ำทิ้งได้จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับระดับ การผึกของสึบนเส้นใย

นอกจากสีย้อมแล้ว ในกระบวนการย้อมยังประกอบด้วยสารช่วยย้อม ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของสีย้อมที่ใช้แล้วแต่กลไกการย้อมที่แตกต่างกัน สีย้อมหลายประเภทจำเป็นต้องใช้เกลือช่วยในการย้อมเพื่อให้สีย้อมจับเข้าไปใน เส้นใยได้ดีขึ้น เช่น สีย้อมรีดักทีฟ สีย้อมแอคทีฟสำหรับย้อมเส้นใยเซลลูโลส เป็นต้น เกลือที่ใช้ทั่วไปในการย้อมคือเกลือโซเดียมคลอไรด์ และโซเดียมซัลเฟต แม้เกลือจะมีระดับความเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตต่ำแต่หากใช้ในปริมาณมาก ความเข้มข้นของเกลืออาจสูงจนก่อให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อมได้ นอกจากการเติมเกลือแล้ว การย้อมสีย้อมแอคทีฟยังจำเป็นต้องใช้ด่างเป็นสารช่วยในการผึกสีย้อมด้วย ด่างที่ใช้ ได้แก่ โซเดียมคาร์บอเนต และโซเดียมไฮดรอกไซด์ สำหรับสีย้อมเซลลูโลสกลุ่มที่ไม่ละลายน้ำ ได้แก่ สีย้อมรีดักทีฟ และสีย้อมแอคทีฟ เมื่อจะทำการย้อมบนเส้นใยจำเป็นต้องเปลี่ยนโมเลกุลสีย้อมให้อยู่ในรูปที่ละลายน้ำ ได้โดยวิธีดิวซ์โมเลกุลสีย้อมด้วยสารรีดิวซ์เพื่อให้สามารถแทรกซึมเข้าไป ย้อมติดเส้นใยได้ การย้อมเซลลูโลสด้วยสีย้อมแอคทีฟใช้โซเดียมซัลไฟด์เป็นสารรีดิวซ์ หลังการย้อมซัลไฟด์จะเจือปนในน้ำทิ้งซึ่งเป็นพิษต่อสัตว์น้ำและทำให้ค่า COD ของน้ำสูงขึ้น สารรีดิวซ์อีกตัวหนึ่งที่ใช้ในกระบวนการย้อม คือ โซเดียมไฮโดรซัลไฟด์ แต่ไม่รุนแรงเท่าซัลไฟด์

การให้ผลิตภัณฑ์สิ่งทอโดยเทคนิคการพิมพ์นั้นสามารถทำได้ 2 วิธี คือ การพิมพ์สีย้อมและการพิมพ์ฟิสิกเมนต์ การพิมพ์สีย้อมมีเทคนิคกระบวนการที่ขึ้นกับชนิดของสีย้อมนั้นๆ ซึ่งสารช่วยที่เติมลงไปหลายๆ ก็จะคล้ายคลึงกับสารช่วยในการย้อม แต่จะมีสารเพิ่มเติมที่สำคัญคือสารข้นหรือ Thickeners ซึ่งเป็นสารข้นหนืดที่ใช้ในการเตรียมแป้งพิมพ์ ส่วนการพิมพ์ฟิสิกเมนต์บนผ้า สีจะถูกยึดติดกับผ้าด้วยสาร Binder การพิมพ์ฟิสิกเมนต์ด้วยเทคนิค Plastisol เป็นการพิมพ์ลายที่มักทำบนเสื้อยืด การพิมพ์ลายแบบนี้ใช้ผงฟิสิกเมนต์ผสมกับสาร PVC และ plasticizer แล้วพิมพ์ติดไปบนผิวผ้าโดย PVC ทำหน้าที่ยึดสีให้เกาะติดกับผ้า สาร Plasticizer ที่ใช้ทั่วไปเป็นสารกลุ่ม Phthalate ซึ่งพบว่ามียอันตรายต่อระบบสืบพันธุ์ของมนุษย์ อีกทั้งยังส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้วย สารกลุ่มนี้จึงเป็นสารต้องห้ามตามข้อกำหนดของสหภาพยุโรป (Directive 2005/84/EC 1) สำหรับผลิตภัณฑ์สิ่งทอและของเล่นเด็ก

ขั้นตอนการตกแต่งสำเร็จ

การตกแต่งสำเร็จเป็นกระบวนการปรับสมบัติของวัสดุสิ่งทอโดยใช้สารเคมีหรือกระบวนการเชิงกลเพื่อให้วัสดุมีสมบัติที่พึงประสงค์ตามลักษณะการใช้งาน เช่น การตกแต่งเพื่อให้นุ่ม การกันยับ การกันน้ำ การหน่วงไฟ การต้านรังสียูวี และการต้านจุลินทรีย์ เป็นต้น การตกแต่งสำเร็จเชิงเคมีเป็นกระบวนการปรับสมบัติของผ้า (ส่วนใหญ่เป็นผ้าที่ย้อมแล้ว) โดยอาศัยสารเคมีและความร้อนเข้ามาช่วย สารตกแต่งสำเร็จที่ใช้มีหน้าที่ต่างๆ กันไป เช่น เข้าไปช่วยเพิ่ม

สมบัติตามธรรมชาติบางอย่างของผ้าให้สูงขึ้น สร้างสมบัติใหม่ให้กับผ้า เพิ่มอายุการใช้งานของผ้า หรือทำให้ผ้าคงขนาด เป็นต้น ประเภทของสารเคมีที่ใช้ในการตกแต่งสำเร็จจึงมีด้วยกันหลาย ประเภทตามลักษณะสมบัติที่ต้องการหลังการตกแต่ง ตัวอย่างการตกแต่งสำเร็จและสารเคมีที่ใช้มี ดังนี้

การตกแต่งสำเร็จผ้าเพื่อให้ดูแลรักษาง่ายสำหรับเส้นใยฝ้ายที่พบบ่อยคือการตกแต่งเพื่อกันยับ สารตกแต่งเพื่อกันยับ (Anti-crease agent) ส่วนใหญ่เป็นสารสังเคราะห์ที่ได้จากยูเรีย เมลามีน และฟอร์มัลดีไฮด์ สารกันยับจะเข้าไปทำหน้าที่เชื่อมขวางระหว่างสายโซ่เซลลูโลสทำให้ผ้าต้านทานต่อการยับได้ดีขึ้น สารตกแต่งเพื่อกันยับบางกลุ่มจะปลดปล่อยฟอร์มัลดีไฮด์ออกมา ระหว่างอายุการใช้งานของผ้า ฟอร์มัลดีไฮด์นี้เป็นสารที่อันตรายต่อสุขภาพ ดังนั้นจึงมีการจำกัด ปริมาณของฟอร์มัลดีไฮด์ในผลิตภัณฑ์สิ่งทอ โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์เสื้อผ้าเด็ก ซึ่งควรปราศจาก ฟอร์มัลดีไฮด์ ดังนั้นจึงควรเลือกใช้สารเชื่อมขวางประเภทปราศจากฟอร์มัลดีไฮด์หรือประเภท ปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ต่ำ (ปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ในสูตรน้อยกว่า 0.1 %) แต่สารเชื่อมขวางประเภท ปราศจากฟอร์มัลดีไฮด์หรือปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ต่ำก็มักมีราคาแพงกว่าและต้องใช้ปริมาณสาร ในการตกแต่งสำเร็จมากกว่า

การตกแต่งสำเร็จเพื่อปรับนุ่มวัสดุสิ่งทอ สารปรับนุ่มเป็นสารลดแรงตึงผิวที่ใช้เคลือบผิว เส้นใยและทำให้เส้นใยมีสมบัติด้านผิวสัมผัสซึ่งได้แก่ความนุ่มและทิ้งตัวดีขึ้น สารปรับนุ่มมีด้วยกันหลายประเภท ได้แก่ ประเภทประจุบวก (Cationic softener) ประเภทประจุลบ (Anionic softener) ประเภทมีทั้งประจุบวกและลบ (Amphoteric softener) และประเภทไม่มีประจุ (Nonionic softener) แต่กลุ่มที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นสารประเภทประจุบวกซึ่งให้ผลการปรับนุ่มที่ดีที่สุดและมีความคงทนต่อ การซักดี

การตกแต่งเพื่อหน่วงไฟมีจุดประสงค์เพื่อลดความสามารถในการติดไฟและความรุนแรง ในการเผาไหม้ของผลิตภัณฑ์สิ่งทอ ตามข้อกำหนดของสหภาพยุโรปไม่อนุญาตให้ใช้สารหน่วงไฟ (Flame retardant) ประเภท Tris (2,3-dibromopropyl)-Phosphate (TRIS, CAS No. 126-72-7), Tris (aziridiny)-Phosphin oxide (TEPA, CAS No. 5455-55-1) และ Polybrominated biphenyls (PBB, CAS No. 59536-65-1) เนื่องจากเป็นสารอันตราย (Walters *et al*, 2005)

2.3.2 ผลากเขียวสำหรับผลิตภัณฑ์ทำจากผ้า

ผลิตภัณฑ์ทำจากผ้าที่ผ่านกระบวนการผลิตที่มีการใช้สารเคมีไม่เหมาะสม จะก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เช่น การปล่อยมลพิษไปสู่แหล่งน้ำ ดิน และอากาศ ทำให้เกิดน้ำเสียและมีผลกระทบต่อระบบนิเวศวิทยา นอกจากนี้ยังก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของผู้ใช้ในระหว่างการใช้งาน เช่น เกิดการตกค้างในเนื้อผ้าทำให้เกิดการระคายเคืองต่อระบบทางเดินหายใจหรือผิวหนัง สารบางชนิด เช่น สีย้อม azo กลุ่ม III A1 และ A2 เป็นสารก่อมะเร็ง การจำกัดปริมาณสารฟอร์มาลดีไฮด์อนุภาคโลหะหนัก สีย้อม azo กลุ่ม III A1 และ A2 และสารตกค้างอื่นๆ ในผลิตภัณฑ์ทำจากผ้าที่ได้รับผลากเขียว จะช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค

ตารางที่ 2.6 เกณฑ์มาตรฐานผ้า จำแนกตามการใช้งาน

หัวข้อ	สำหรับเด็กอ่อน	สำหรับผู้ใหญ่			ผ้าที่ใช้ตกแต่งและผ้าปูที่นอน	ผ้าใช้บนโต๊ะอาหาร	ผ้าที่ใช้ในห้องนอน	วิธีการทดลอง
		เครื่องนุ่งห่ม		เครื่องแต่งกาย				
		ชุดชั้นใน	ชุดชั้นนอก					
เส้นใยอื่นๆ	4.0-7.5	4.0-7.5	4.0-7.5	4.0-7.5	4.0-9.0	4.0-9.0	4.0-7.5	AATCC 81 หรือ
ขนสัตว์	4.0-7.5	4.0-7.5	4.0-9.0	4.0-9.0	4.0-9.0	4.0-9.0	4.0-7.5	ISO 3071
ฟอร์มาลดีไฮด์	20	75	300	300	300	300	300	JISL10 Method B

ที่มา : สำนักงานเลขานุการโครงการผลากเขียว สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2554

2.4 ค่ามาตรฐานของฟอร์มาลดีไฮด์ที่มีในสิ่งทอ

อันตรายของฟอร์มาลดีไฮด์ที่มีในสิ่งทอสามารถเข้าสู่ร่างกายได้ 3 ทาง คือ ทางการหายใจ ทางการกิน และการสัมผัสทางผิวหนัง ปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์ที่อนุญาตให้มีในสิ่งทอแสดงในตารางที่ 2.6 เมื่อเข้าสู่ร่างกายจะก่อให้เกิดการระคายเคืองเยื่อต่างๆภายในร่างกายทำให้เกิดการระคายเคืองตา ผิวหนัง และทางเดินหายใจส่วนต้น เช่น จมูก คอ เมื่อสูดหายใจเข้าไปอย่างเนียบปล้นผลแบบเรื้อรังเกิดกับระบบประสาท ทำให้เกิดอาการปวดศีรษะเมื่อยล้า นอนไม่หลับ ทำให้เกิดอาการภูมิแพ้ อาการหอบหืด ปฏิกิริยาแพ้ตอบสนองไวขึ้นและที่สำคัญอาจทำให้เกิดโรคมะเร็ง นอกจากนี้ฟอร์มาลดีไฮด์ยังเกี่ยวข้องกับความคิดปกติของกระดูกและการเจริญพันธุ์อีกด้วย

ตารางที่ 2.7 ค่ามาตรฐานของฟอร์มาลดีไฮด์ที่อนุญาตให้มีในสิ่งทอ

ผลิตภัณฑ์	ปริมาณที่ถูกระบุ (ppm)
ผ้าขนสัตว์, ผ้าไหมและผ้าสำหรับผลิต outer wears	1,000
ผ้าขนสัตว์, ผ้าไหมและผ้าฝ้ายสำหรับผลิต intermediate wears	300
ผลิตภัณฑ์สำหรับเด็กอายุไม่เกิน 24 เดือน ที่ผลิตจากผ้าขนสัตว์ ผ้าไหม และฝ้าย	0
ชุดชั้นใน และชุดนอนที่ผลิตจากผ้าขนสัตว์ ผ้าไหม และ ฝ้าย	75
เสื้อ coat	1,000
ชุดสูท สำหรับบุรุษและสตรี	1,000
เสื้อ jacket	1,000
เสื้อ sweater, เสื้อเชิ้ตและเสื้อสำหรับสตรี	300
เสื้อชุดสำหรับสตรี	1,000
กางเกงขาสั้น	1,000

ที่มา : สำนักงานเลขานุการ โครงการฉลากเขียว สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย สำนักงานมาตรฐาน
ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2554

2.5 แนวทางป้องกันหรือหลีกเลี่ยงการสัมผัสฟอร์มาลดีไฮด์ในชีวิตประจำวัน

1. พยายามหลีกเลี่ยงวัสดุก่อสร้างและสิ่งตกแต่งภายในที่มีสารฟอร์มาลดีไฮด์เป็นส่วนประกอบ เช่น หลีกเลี่ยงการใช้งานเฟอร์นิเจอร์ต่าง ๆ ที่ทำจากไม้อัดหรือวัสดุไม้อัด เช่น ปาร์ติเคิลบอร์ด หรือที่เคลือบผิวด้วยสารเคมีที่มีฟอร์มาลดีไฮด์เป็นส่วนประกอบ โดยอาจเลือกใช้เฟอร์นิเจอร์ที่ทำด้วยไม้จริงและเคลือบผิวไม้ด้วยการทาสีหรือใช้ยูรีเทนสูตรน้ำ หรือใช้วัสดุธรรมชาติ เช่น แกนนิต สแตนเลสสตีล จะปลอดภัยกว่า ถ้าจำเป็นต้องใช้เฟอร์นิเจอร์ที่ทำจากไม้อัด ก็อาจเลือกใช้ประเภทเกรดสำหรับใช้ภายนอก (Exterior-grade) เพราะจะปลดปล่อยฟอร์มาลดีไฮด์ออกมาน้อยกว่าเนื่องจากใช้กาวฟีนอล-ฟอร์มาลดีไฮด์ (Phenol-formaldehyde: PF) และเมื่อนำเฟอร์นิเจอร์หรือสิ่งตกแต่งเข้ามาในอาคาร ก็ควรมีการระบายอากาศให้เพียงพอและถ้าสามารถควบคุมอุณหภูมิ และความชื้น ได้ก็จะเป็นการดียิ่งขึ้น ทั้งนี้ปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์ที่ถูกปลดปล่อยออกมาจะลดลงตามอายุการใช้งานของเฟอร์นิเจอร์ ซึ่งการใช้สารฟอร์มาลดีไฮด์ในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์และของเล่นไม้ จะมีการแบ่งมาตรฐานออกเป็น 3 ระดับคือ E2, E1 และ E0 เช่น E1 (European Standard Class1) หมายถึง มาตรฐานของไม้ปาร์ติเคิลบอร์ด และไม้เอ็มดีเอฟ ที่มีสารฟอร์มาลดีไฮด์ในระดับต่ำมาก คือ 0.005 % ตามมาตรฐาน EN120: 1994 622-1 และ JIS A5905 ซึ่งต่ำกว่าไม้ทั่ว ๆ ไปถึง 6 เท่า และเป็นมาตรฐานที่สหภาพยุโรปและญี่ปุ่นกำหนดให้ใช้ ในปัจจุบัน

พบว่าหลาย ๆ บริษัทในอุตสาหกรรมการผลิตเฟอร์นิเจอร์ก็มีความพยายามที่จะคัดค้านและพัฒนาสูตรกาวยาไรสารฟอร์มาลดีไฮด์ หรืออีซีโร (EO) สำหรับใช้กับไม้อัด เพื่อเป็นจุดแข็งในการแข่งขันในตลาดโลก นอกจากนี้แล้ว เราควรหลีกเลี่ยงการใช้โฟมฉนวนกันความร้อนที่มีสารฟอร์มาลดีไฮด์เป็นส่วนประกอบ รวมถึงพรมปูพื้นสังเคราะห์และวอลล์เปเปอร์ และผลิตภัณฑ์กระดาษเคลือบต่าง ๆ ที่มีส่วนผสมของสารฟอร์มาลดีไฮด์

2. ควรเลือกซื้อสารปรอทินผิวต่างๆ ที่ได้มาตรฐาน ไม่ใช่ของปลอม ตรวจสอบรายละเอียดของส่วนผสมที่ฉลาก ถ้าสงสัยหรือไม่แน่ใจก็ไม่ควรใช้ หรือใช้แล้วมีอาการแพ้ฟอร์มาลดีไฮด์ก็ควรรีบเลิกใช้แต่แรกๆ

3. การป้องกันเวลาเข้ามาในร้านขายผ้าม้วน และร้านขายเสื้อผ้าขายส่ง แล้วอาจจะรู้สึกแสบจมูก แสบตา เป็นผลจากสารฟอร์มาลดีไฮด์ที่ระเหยออกมาจากผ้าที่อาบด้วยสีย้อมผ้า และสารเคมีป้องกันแมลงที่มีสารฟอร์มาลดีไฮด์ ทำให้ทุกคนที่เข้ามามีโอกาสแพ้สารเคมีทั้งนั้น โดยผู้ที่มีโอกาสแพ้มาก คือ ผู้ที่เป็นโรคหอบหืดและเป็นโรคภูมิแพ้วัสดุต่าง ๆ เราจึงควรปิดจมูกด้วยผ้าปิดจมูกก่อนเข้าไปในร้าน และถ้าซื้อกลับมาควรทำการซักล้างผ้าก่อนสวมใส่ ไม่ว่าจะซื้อแบบสำเร็จรูปหรือนำมาตัดกับช่างประจำ เพราะหากไม่ทำการซักล้างให้สะอาดเสียก่อน สารเคมีจากผ้าม้วนที่นำมาตัดเป็นเสื้อผ้าใหม่ก็จะซึมผ่านผิวหนัง ทำให้สะสมเป็นโทษต่อร่างกายได้ โดยเฉพาะหากซื้อเสื้อผ้าให้เด็กทารกที่มีผิวบอบบาง หรือผู้ที่แพ้สารเคมีง่าย ควรจะเลือกซื้อเสื้อผ้าที่ทอจากเส้นใยธรรมชาติจะดีกว่า เช่น ผ้าฝ้าย ผ้าลินิน ผ้าไหม เพราะจะมีผลรบกวนต่อผิวหนังน้อยกว่าผ้าใยสังเคราะห์ และการใช้ฟอร์มาลดีไฮด์เป็นสารกันไม่ให้ผ้ายับยู่ในขั้นตอนการผลิตผ้าสำเร็จรูปซึ่งจะทำให้ฟอร์มาลดีไฮด์ที่ไม่ได้ทำปฏิกิริยาสะสมอยู่ที่ผ้าและระเหยออกมาได้ จึงทำให้หลายๆ ประเทศให้ความสำคัญและมีการกำหนดมาตรฐานสำหรับปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์ในผลิตภัณฑ์เกี่ยวกับผ้า โดยอาจแตกต่างกันในแต่ละประเทศ เช่น

- ญี่ปุ่นกำหนดว่าในเสื้อผ้าเด็กทารกหรือเด็กอายุน้อยกว่า 3 ปีของอายุต้องตรวจวัดไม่พบ และสำหรับผู้ที่อายุมากกว่า 3 ปีขึ้นไป มีได้ไม่เกิน 75 ppm, ผ้าที่สัมผัสผิวโดยตรงสำหรับผู้ใหญ่ มีได้ไม่เกิน 300mg/kg

- สหภาพยุโรปสำหรับเด็กทารก มีได้ไม่เกิน 20 ppm, ที่สัมผัสผิวโดยตรง มีได้ไม่เกิน 75 ppm, อื่นๆน้อยมีได้ไม่เกิน 300 ppm

- จีนสำหรับเครื่องนุ่งห่มที่สัมผัสผิวโดยตรง มีได้ไม่เกิน 300 mg/kg

- ฟินแลนด์สำหรับเด็กทารกจนถึง 2 ขวบ มีได้ไม่เกิน 30 mg/kg, ผ้าที่สัมผัสผิวโดยตรง มีได้ไม่เกิน 100 mg/kg

4. ในการปนเปื้อนจากอาหาร อาจเกิดจากพ่อค้าแม่ขายบางรายได้นำน้ำยาฟอร์มาลินมาใช้ในทางที่ผิด คือ ผสมในอาหาร โดยเข้าใจว่าจะช่วยทำให้อาหารคงความสด ไม่เน่าเสียและเก็บไว้ได้

นาน ทางกระทรวงสาธารณสุขกำหนดให้สารละลายฟอรัมาลดีไฮด์หรือฟอรัมาลีนเป็นวัตถุห้ามใช้กับอาหาร ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 151 พ.ศ. 2536 แห่งพระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ. 2522 หากฝ่าฝืนต้อง ระวางโทษจำคุกไม่เกิน 2 ปี หรือปรับไม่เกิน 20,000 บาท หรือทั้งจำทั้งปรับ

- ไม่ควรเลือกซื้อผักที่มีฟอรัมาลีนเคลือบอยู่ สังเกตโดยผักที่มีฟอรัมาลีนเคลือบอยู่จะมีกลิ่นฉุน ใบจะลื่น เก็บไว้ในตู้เย็นได้นานก็ไม่เหี่ยว

- ไม่ควรซื้อปลาหรือกุ้งเนื้อแข็ง แต่มีบางส่วนยุ่ย บางครั้งหากเนื้อสัตว์ถูกแสงแดดหรือลมเป็นเวลานานแล้วยังสดอยู่

- ส่วนผลไม้ ให้ดมที่ผลว่ามีกลิ่นแสบจมูกหรือไม่ ถ้ามีก็อย่าไปซื้อ

วิธีป้องกัน ควรล้างผัก ผลไม้ด้วยน้ำไหลอย่างน้อย 5-10 นาที หลังจากนั้นให้แช่น้ำทิ้งไว้อีกประมาณ 1 ชั่วโมง ฟอรัมาลดีไฮด์จะถูกชะล้างออกได้เป็นอย่างดี ส่วนเนื้อสัตว์ที่จะนำมาปรุงอาหารควรล้างน้ำด้วยเช่นเดียวกัน นอกจากนี้กรรมวิธีการผ่านความร้อน ในการทำอาหารจะช่วยให้สารตัวนี้ถูกกำจัดออกไปได้เช่นเดียวกัน ทั้งนี้เพื่อความมั่นใจและรับประทานได้อย่างปลอดภัย

5. สำหรับภาชนะใส่อาหารประเภทเมลามีน เช่น ถ้วยกาแฟ ทัพพี ช้อน จานและชาม ไม่ควรนำมาใช้กับเตาไมโครเวฟหรือใส่อาหารที่มีอุณหภูมิสูงเกิน 100 องศาเซลเซียส เช่น น้ำเดือดของทอดร้อน ๆ จากกระทะ เพื่อที่จะได้ลดโอกาสการแพร่กระจายของสารฟอรัมาลดีไฮด์ออกมาปนเปื้อนกับอาหาร และถ้าหากจะใช้ภาชนะเมลามีนในเตาไมโครเวฟที่อุณหภูมิระหว่าง 60-99 องศาเซลเซียสก็จะต้องระมัดระวังไม่ควรใช้เวลานานที่อุณหภูมิสูง โดยทั่วไปก็ไม่ควรเกิน 2 นาทีที่ระดับกำลังไฟฟ้า 900 วัตต์ จึงจำเป็นต้องมีวิธีการใช้ที่ถูกต้อง โดยต้องเลือกซื้อภาชนะเมลามีนที่ได้มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 121 เล่ม 3) เมื่อซื้อภาชนะใหม่มาใช้ก็ควรล้างด้วยน้ำเดือดก่อนนำไปใส่อาหารเพื่อชะล้างสิ่งสกปรกและสารฟอรัมาลดีไฮด์บางส่วนออกไป รวมทั้งจะต้องไม่นำภาชนะเมลามีนไปใส่อาหารร้อน ๆ เช่น โจ๊ก ข้าวต้ม ก๋วยเตี๋ยว แต่ถ้าใส่อาหารที่ไม่ร้อนมากนัก เช่น อุณหภูมิประมาณ 80-90 องศาเซลเซียส จะไม่ทำให้สารฟอรัมาลดีไฮด์แพร่กระจายออกมา จึงมีความปลอดภัยยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตาม ถ้าหากผู้บริโภคใช้เตาไมโครเวฟประกอบอาหารก็ควรจะใช้ภาชนะเซรามิก (Ceramic) หรือภาชนะแก้วทนไฟแทนภาชนะเมลามีนเพื่อจะได้ปลอดภัยจากอันตรายของสารฟอรัมาลดีไฮด์ ดังนั้นพึงระลึกอยู่เสมอว่า การนำภาชนะเมลามีนไปใช้อย่างไม่ถูกต้อง จะทำให้ผู้บริโภคได้รับอันตรายจากสารฟอรัมาลดีไฮด์ที่แพร่กระจายออกมาจากภาชนะเมลามีนเข้าปนเปื้อนในอาหาร สารนี้เป็นปัจจัยเสี่ยงที่ทำให้เกิดโรคมะเร็ง จึงอาจทำให้ผู้บริโภคที่ได้รับสารฟอรัมาลดีไฮด์มีความเสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งได้

2.6 จลศาสตร์

กฎอัตราสามารถหาการสลายตัวของฟอร์มัลดีไฮด์ในผ้าชนิดต่างๆ เมื่อมีการเก็บรักษาต่างกัน สามารถศึกษาในรูปจลนศาสตร์ หากกฎอัตราจากการติดตามปริมาณสารที่เปลี่ยนไปกับเวลา ซึ่งเราสามารถนำข้อมูลที่ได้มาเขียนกราฟความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นกับเวลาที่ติดตาม โดยเราสามารถติดตามปฏิกิริยาและหาอันดับของปฏิกิริยาได้ดังนี้

1) ปฏิกิริยาอันดับศูนย์ (Zero-order reaction)

สำหรับปฏิกิริยาอันดับศูนย์ของปฏิกิริยา A ผลิตภัณฑ์สามารถเขียนกฎอัตราได้ดังสมการ

2.14-2.19

$$\text{ปฏิกิริยา} \quad r = k \quad (2.14)$$

$$\text{อัตราการเกิดปฏิกิริยา} \quad r = -\frac{d[A]}{dt} = -kdt \quad (2.15)$$

$$\text{จัดสมการใหม่เป็น} \quad d[A] = -kdt \quad (2.16)$$

ทำการอินทิเกรตจาก $t = 0$ ถึง $t = t$

$$\int_{[A]_0}^{[A]_1} d[A] = -k \int_0^t dt \quad (2.17)$$

จะได้ (เมื่อ $[A]_0$ เป็นความเข้มข้นของ A ที่เวลา $t = 0$)

$$[A]_1 - [A]_0 = -kt \quad (2.18)$$

$$[A]_1 = kt - [A]_0 \quad (2.19)$$

ค่าครึ่งชีวิต (Half-life) ของปฏิกิริยาหมายถึงเวลาที่ใช้ในการทำให้ความเข้มข้นของสารตั้งต้นลดลงครึ่งหนึ่งของความเข้มข้นเริ่มต้น โดยเราจะใช้สัญลักษณ์แทนครึ่งชีวิตคือ $t_{1/2}$ ดังนั้นสามารถหาครึ่งชีวิต (half-life, $t_{1/2}$) ได้ดังสมการ 2.20-2.22

$$t = t_{1/2} \text{ จะได้ } [A]_1 = [A]_{0/2} \quad (2.20)$$

$$\frac{[A]_0}{2} = [A]_0 - kt_{1/2} \quad (2.21)$$

$$t_{1/2} = \frac{[A]_0}{2} \quad (2.22)$$

2) ปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง (First-order reaction)

คือ ปฏิกิริยาที่อัตราการเกิดปฏิกิริยาขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารตั้งต้นยกกำลังหนึ่ง ดังสมการ 2.23-2.28



$$\text{อัตราการเกิดปฏิกิริยา} \quad r = -\frac{d[A]}{dt} = -k[A] \quad (2.24)$$

$$\text{จัดสมการใหม่เป็น} \quad \frac{d[A]}{[A]} = -kdt \quad (2.25)$$

ทำการอินทิเกรตจาก $t = 0$ ถึง $t = t$

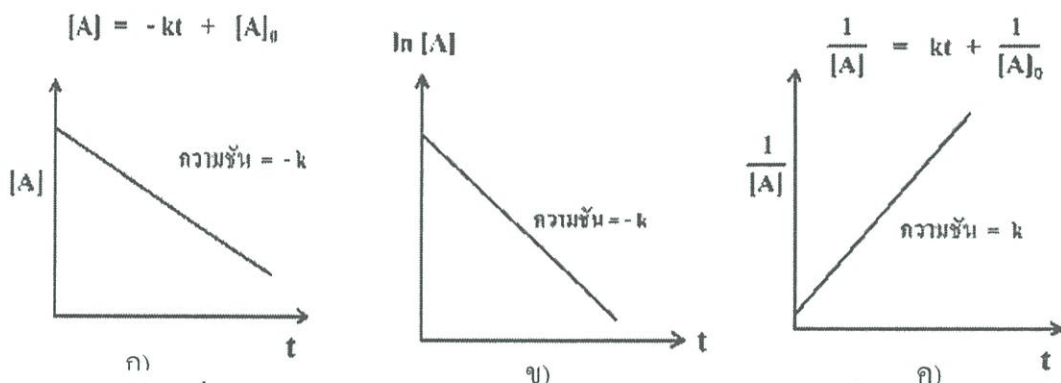
$$\int_{[A]_0}^{[A]} \frac{d[A]}{[A]} = -k \int_0^t dt \quad (2.26)$$

จะได้ (เมื่อ $[A]_0$ เป็นความเข้มข้นของ A ที่เวลา $t = 0$)

$$\ln[A] - \ln[A]_0 = -kt \quad (2.27)$$

$$\text{หรือ } 2.303 \log \frac{[A]}{[A]_0} = -kt \quad (2.28)$$

ถ้าเราเขียนกราฟของ $\ln [A]$ กับเวลา t จะได้กราฟเป็นเส้นตรงที่มีความชัน $-k$ ($k =$ ค่าคงที่อัตรา) เมื่อเวลาผ่านไป ค่า $[A]$ ก็จะลดลงไปเช่นกัน



รูปที่ 2.2 กราฟปฏิกิริยาอันดับศูนย์ (ก) กราฟปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง (ข)

กราฟปฏิกิริยาอันดับสอง (ค)

จากกราฟ ข) เมื่อปริมาณ $[A]$ ลดลงครึ่งหนึ่ง (เริ่มต้น $[A]_0$ เหลือ $[A]_{0/2}$) ณ เวลา t นั้น เราจะเรียกว่า ครึ่งชีวิต (half-life, $t_{1/2}$) ของปฏิกิริยา ซึ่งเป็นค่าคงตัวของปฏิกิริยา และขึ้นอยู่กับค่า k เท่านั้น ดังสมการ 2.29-2.34

$$2.303 \log \frac{[A]_0}{[A]_{0/2}} = -kt_{1/2} \quad (2.29)$$

$$2.303 \log \frac{1}{2} = -kt_{1/2} \quad (2.30)$$

$$2.303 \log 1 - 2.303 \log 2 = -kt_{1/2} \quad (2.31)$$

$$2.303 \log 2 = kt_{1/2} \quad (2.32)$$

$$t_{1/2} = \frac{2.303 \log 2}{k} \quad (2.33)$$

$$t_{1/2} = \frac{0.693}{k} \quad (2.34)$$

3) ปฏิกิริยาอันดับสอง (Second-order reaction)

คือ ปฏิกิริยาที่อัตราการเกิดปฏิกิริยาขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารตั้งต้นยกกำลังสอง หรือขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารตั้งต้นสองชนิด แต่ละชนิดยกกำลังหนึ่ง ดังสมการ 2.35-2.39

ก. กรณีที่มีสารตั้งต้นชนิดเดียว



อัตราการเกิดปฏิกิริยา $r = -\frac{d[A]}{dt} = -k[A]^2$ (2.36)

จัดสมการใหม่เป็น $-\frac{d[A]}{[A]^2} = kdt$ (2.37)

ทำการอินทิเกรตจาก $t = 0$ ถึง $t = t$

$$-\int_{[A]_0}^{[A]} \frac{d[A]}{[A]^2} = k \int_0^t dt \quad (2.38)$$

จะได้ (เมื่อ $[A]_0$ เป็นความเข้มข้นของ A ที่เวลา $t = 0$)

$$\frac{1}{[A]} = \frac{1}{[A]_0} + kt \quad (2.39)$$

สำหรับปฏิกิริยาอันดับสอง เราสามารถหาค่าครึ่งชีวิต (half-life, $t_{1/2}$) ได้โดยการแทนค่า $[A] = [A]_0/2$ ลงในสมการ 2.40-2.41

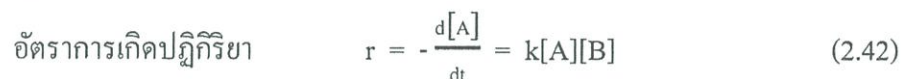
$$\frac{1}{[A]_0/2} = \frac{1}{[A]_0} + kt_{1/2} \quad (2.40)$$

$$t_{1/2} = \frac{1}{k[A]_0} \quad (2.41)$$

จะสังเกตได้ว่า ค่าครึ่งชีวิตของปฏิกิริยาอันดับสองมีค่าขึ้นอยู่กับความเข้มข้นเริ่มต้นของสารตั้งต้น ซึ่งแตกต่างจากค่าครึ่งชีวิตของปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง เราจึงสามารถบอกความแตกต่างของปฏิกิริยาอันดับหนึ่งและอันดับสองโดยใช้ครึ่งชีวิตได้

ข. กรณีที่มีสารตั้งต้น 2 ชนิด

แสดงดังสมการที่ 2.42



2.7 ผลกระทบฟอर्मาลดีไฮด์จากสิ่งทอ

1. ผลิตภัณฑ์ผ้าที่ผ่านกระบวนการย้อมสี ผลจากการย้อมทำให้ผ้ามีสภาพความเป็นกรดต่าง โดยเฉพาะผ้าที่มีการย้อมสีธรรมชาติ และใช้น้ำบาดาลที่มีค่า pH สูง ผ้าก็จะมีค่า pH สูงหรือความเป็นด่างสูงตามไปด้วย โดยทั่วไปผิวของคนจะมีสภาพเป็นกรดอ่อนๆ เพื่อช่วยควบคุมสมดุลการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และคอยป้องกันไม่ให้จุลินทรีย์ที่เป็นอันตรายต่อผิวเจริญเติบโต แต่ถ้าสภาพสมดุลเปลี่ยนไป เช่น เกิดความด่างจะทำให้ผิวหนังเกิดการระคายเคืองและติดเชื้อได้ง่าย ซึ่งเสื้อผ้าหรือผลิตภัณฑ์สิ่งทอที่สัมผัสกับร่างกายหากมีความเป็นกรด-ด่าง ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่กำหนดไว้จะทำให้ผิวหนังที่สัมผัสกับผ้ามีความปลอดภัย

2. ฟอर्मาลดีไฮด์ในอุตสาหกรรมการผลิตสิ่งทอจะใช้ฟอर्मาลดีไฮด์เป็นสารกันไม่ให้ผ้ายับ กลิ่นฟอर्मาลดีไฮด์ที่เกิดขึ้นจะมีแหล่งที่มาจาก 2 แหล่งด้วยกัน คือ จากฟอर्मาลดีไฮด์ที่ติดมากับสารกันยับตั้งแต่ขั้นตอนการสังเคราะห์ และ จากการสลายตัวของสารกันยับในระหว่างการใช้

ตกแต่งสำเร็จหรือการเก็บ หากมีการจัดเก็บในที่ที่มีฟอร์มัลดีไฮด์อยู่ในบรรยากาศ หรือเก็บไว้รวมกับผ้าที่มีฟอร์มัลดีไฮด์หรือถูกนำไปเย็บติดกับผ้าที่มีสมบัติดังกล่าว เนื่องจากผ้ามีสมบัติดูดซึมฟอร์มัลดีไฮด์ ผ้าที่มีการดูดซึมได้มากที่สุดคือ ผ้าเรยอง รองลงไปได้แก่ ไนลอน ฝ้าย และโพลีเอสเตอร์ตามลำดับ ซึ่งอันตรายของฟอร์มัลดีไฮด์นั้นก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อผิวหนัง เยื่อบุตา ทางเดินหายใจ และเกิดมะเร็งได้

3. สีย้อมเอโซ (Azo dyes) ที่แตกตัวให้แอโรเมติกเอมีน azo group ($-N=N-$) เป็นหมู่ฟังก์ชันที่ทำให้เกิดสี และ สีย้อมประเภทเอโซบางชนิดจะแตกตัวในระหว่างการใช้งานและปลดปล่อยสารเคมีที่เรียกว่าแอโรเมติกเอมีน (aromatic amines) อันเป็นสารที่มีสมบัติก่อมะเร็ง

4. อนุภาคโลหะหนัก ตะกั่ว แคดเมียม โครเมียมทั้งหมด โครเมียม (VI) และทองแดง จะติดมาพร้อมสารฟอกย้อมและสีย้อมสำหรับสิ่งทอบางประเภท โลหะหนักเหล่านี้สามารถสะสมในร่างกายได้เป็นระยะเวลานานและมี ความเป็นพิษสูง มีผลกระทบต่อสุขภาพซึ่งไม่สามารถรักษาให้กลับคืนมาดังเดิมได้ เช่น ความเสียหายต่อระบบประสาท ระบบเลือด ความเสียหายต่อดับและไต และสารที่มีสมบัติก่อมะเร็ง

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อุสา (2534) ได้ศึกษาการตกแต่งผ้าฝ้ายให้มีสมบัติกันยับสามารถทำได้โดยการใช้โคพอลิเมอร์ของกรดอะคริลิก (Acrylic acid, AA) และกรดมาลิก (Malic acid, MA) ทำหน้าที่เป็นสารตกแต่งกันยับแบบปราศจากฟอร์มัลดีไฮด์ร่วมกับโซเดียมไฮโปฟอสไฟต์ซึ่งเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โดยวิธีจุ่มน้ำยา-อบแห้ง-อบผนึก ในการศึกษาขั้นต้นจะเลือกระบบในการตกแต่งกันยับที่เหมาะสมระหว่างระบบ AA/MA และระบบ AA/MA รวมทั้งอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการอบผนึก หลังจากนั้นจะศึกษาผลของภาวะการณอบผนึกมอนอเมอร์และตัวเร่งปฏิกิริยาต่อองศาการคืนตัวของรอยยับ ความแข็งแรง และความขาวของผ้าที่ผ่านการตกแต่งกันยับแล้ว และใช้เทคนิคอินฟราเรดสเปกโทรสโกปี (Fourier transform infrared spectroscopy, FT-IR) ในการยืนยันการเกิดหมู่เอสเทอร์ ในผืนผ้าที่ผ่านการตกแต่งกันยับแล้ว นอกจากนี้ยังใช้เทคนิคคาร์บอน 13 นิวเคลียร์ แมกเนติกเรโซแนนซ์สเปกโทรสโกปี (Nuclear magnetic resonance spectroscopy, NMR) และเทคนิคเจลเพอร์มิเอชันโครมาโทกราฟี (Gel Permeation Chromatography, GPC) ในการหาโครงสร้างและน้ำหนักโมเลกุลของโคพอลิเมอร์ ตามลำดับ จากการทดลองพบว่า การตกแต่งผ้าฝ้ายโดยใช้เรซินในระบบ AA/MA ที่อัตราส่วน โมล 1:0.5 และ 1:1 โดยใช้กรดอะคริลิก 12% และตัวเร่งปฏิกิริยา 12% ภายใต้ภาวะอบผนึกที่อุณหภูมิ 160 °C เป็นเวลา 3 นาที สามารถทำให้ผ้า 100% มีองศาการคืนตัวของรอย

ยับและความขาวของผ้าที่ผ่านการตกแต่งด้วยเรซินใกล้เคียงกับผลที่ได้จากผ้าที่ผ่านการตกแต่งด้วย DMDHEU ขณะที่ความแข็งแรงของผ้าต่ำกว่าเล็กน้อย

สิริวรรณ (2548) ได้ทำการตรวจวัดความเข้มข้นของสารประกอบคาร์บอนิลที่ได้รับความสนใจในบรรยากาศสองชนิด คือ ฟอร์มาลดีไฮด์และอะเซทัลดีไฮด์ บริเวณย่านธุรกิจของกรุงเทพมหานคร โดยทำการตรวจวัดตั้งแต่เดือนตุลาคม 2547 ถึง มีนาคม 2548 ซึ่งบริเวณพื้นที่ตรวจวัดมีปริมาณการจราจรหนาแน่นประมาณ 10,000 คันต่อวัน ผลการตรวจวัดพบว่าความเข้มข้นเฉลี่ยของ ฟอร์มาลดีไฮด์จะสูงกว่าอะเซทัลดีไฮด์ โดยมีความเข้มข้นเฉลี่ย 24 ชั่วโมง เท่ากับ 23 และ 20 ppbv ตามลำดับ ผลการศึกษาที่ได้แสดงให้เห็นถึงอิทธิพลของอุณหภูมิต่อความเข้มข้นเฉลี่ยสูงสุดของสารทั้งสองชนิดนี้ โดยในเดือนมีนาคมซึ่งมีอุณหภูมิสูงกว่าเดือนมกราคมประมาณ 6°C จะให้ปริมาณของสารทั้งสองชนิดสูงกว่าประมาณ 10 ppbv นอกจากนี้ผลการศึกษายังพบว่าในวันทำการจะมีความเข้มข้นของสารทั้งสองชนิดมากกว่าในวันหยุด ซึ่งบ่งชี้ให้เห็นว่าแหล่งกำเนิดหลักของสารทั้งสองชนิดมาจากการปล่อยไอเสียจากรถยนต์ สำหรับความชื้นสัมพัทธ์พบว่าไม่มีผลต่อความเข้มข้นของสารทั้งสองชนิดในบรรยากาศ

คมกริช และคณะ (2551) ได้ทำการตรวจวัดปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์ในอากาศภายในอาคารด้วยวิธีเก็บตัวอย่างแบบแอคทีฟตามวิธีของ NIOSH 3500 นาน 24 ชั่วโมง ซึ่งใช้สารละลายโซเดียมไบซัลไฟต์เป็นสารดูดซึมแล้วทำให้เกิดสีกับกรดโครโมโทรปิก และนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องยูวี-วิซิเบิล สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 580 nm และวิธีเก็บตัวอย่างแบบพาสซีฟตามวิธีของ Gillett, 2000 นาน 24 ชั่วโมง ซึ่งใช้วัสดุดูดซับที่มี 2, 4-Dinitrophenylhydrazine (DNPH) เคลือบอยู่ และนำไปสกัดด้วยอะซิโตนในไตรล์ แล้วใช้เครื่อง High Performance Liquid Chromatography (HPLC) ที่มีหน่วยตรวจวัดเป็นแบบอัลตราไวโอเลตวิเคราะห์ที่ความยาวคลื่น 360 nm โดยทำการเก็บตัวอย่างที่ห้องเก็บสารเคมี ห้องปฏิบัติการเคมี ห้องปฏิบัติการชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และห้องทดสอบ จากการตรวจวัดพบว่า ปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์จุดต่างๆ ไม่เกินค่ามาตรฐาน TLV-TWA ของ OSHA

สโรชา (2553) ได้ศึกษาฟอร์มาลดีไฮด์ที่เหลือหลังจากการดูดซับด้วยถ่านรูปถาฐิ ถูกตรวจวัดในรูปของโมโนแคดไอออนิกไคเบนโซแซนทีเลียม ด้วยวิธีสเปกโตรโฟโตเมตรีที่ความยาวคลื่น 575 นาโนเมตร และได้ทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับฟอร์มาลดีไฮด์ ได้แก่ พีเอช

(3-9) ปริมาณบัพเฟอร์ (60-180มิลลิลิตร/ลิตร) ความเร็วรอบการปั่นกวน (50-200 รอบ/นาที) ระยะเวลาปั่นกวน (10-120นาที) ความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์เริ่มต้น (10-50 มิลลิกรัม/ลิตร) และ ปริมาณของตัวดูดซับ (10-60 กรัม/ลิตร) นอกจากนี้ยังพบว่า กระบวนการดูดซับดังกล่าวสอดคล้อง กับไอโซเทอร์มของแลงเมียร์ สามารถประยุกต์ใช้สภาวะที่เหมาะสมของการดูดซับในการดูดซับ ฟอร์มาลดีไฮด์ในน้ำเสียจากบริษัท ทีโอซี ไกลคอล จำกัด

นิพนธ์ (2556) นำมาตรวจวิเคราะห์เพื่อหาการแพร่กระจายออกมาของฟอร์มาลดีไฮด์ จาก กลุ่มตัวอย่างเมลามีนปลอม ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส 30 นาที ตามมาตรฐานการทดสอบ ผลิตภัณฑ์เมลามีนแท้ พบฟอร์มาลดีไฮด์แพร่กระจายออกมาในน้ำที่ใช้ทดสอบ เกินค่ามาตรฐาน 37 ตัวอย่าง เมื่อทดสอบตามอุณหภูมิใช้งานที่ 80 องศาเซลเซียส หรือ 100 องศาเซลเซียส ซึ่งแจ้งไว้ใน ฉลากของผลิตภัณฑ์ พบฟอร์มาลดีไฮด์แพร่กระจายออกมาในน้ำที่ใช้ทดสอบ เกินค่ามาตรฐาน 38 ตัวอย่าง และเมื่อทำการทดสอบ โดยใช้ตัวแทนอาหารที่เป็นสารละลายกรดอะซิติก (acetic acid) หรือกรดน้ำส้ม ความเข้มข้นร้อยละ 4 โดยปริมาตร อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เพื่อเลียนแบบการ ใส่อาหารประเภทต้มยำหรือแกงส้มร้อนๆ พบฟอร์มาลดีไฮด์ ออกมาเกินค่ามาตรฐาน 64 ตัวอย่าง และพบปริมาณที่สูงเกินกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร 38 ตัวอย่าง ซึ่งประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 295) พ.ศ.2548 เรื่อง กำหนดคุณภาพหรือมาตรฐานของภาชนะบรรจุที่ทำจากพลาสติกและ สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 524-2539 เรื่องภาชนะและเครื่องใช้เมลามีน ที่ กำหนดว่า ต้องไม่พบฟอร์มาลดีไฮด์ (ค่าต่ำสุดที่ตรวจวัดได้ 4 มิลลิกรัมต่อลิตร)

Sudhakar Nayak (2004) ตรวจวัดฟอร์มาลดีไฮด์ในเนื้อผ้าโดย Chromotropic acid method การทดลองนี้มีจุดประสงค์เพื่อทำการตรวจวัดฟอร์มาลดีไฮด์ในเนื้อผ้าด้วยวิธี Chromotropic acid และเพื่อศึกษาผลของการซักล้างต่อปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์ โดยจากการที่มี คำแนะนำให้ซักผ้าก่อนสวมใส่เพื่อลดระดับฟอร์มาลดีไฮด์ จากการศึกษาพบว่าเนื้อผ้าส่วนใหญ่ ไม่ได้มีปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์ลดลงเมื่อผ่านการซักสองครั้งแสดงให้เห็นว่าการสวมใส่เสื้อผ้าที่ผ่าน การซักล้างแล้วอาจไม่ได้มีความปลอดภัย โดยสรุปแล้ว Chromotropic acid test เป็นวิธีที่มีความ สะดวกในการตรวจวัดฟอร์มาลดีไฮด์ในเนื้อผ้าและเป็นวิธีที่สามารถนำมาใช้ในการจัดการผู้ป่วยที่ คาดว่าจะเป็นโรคผิวหนังจากการแพ้เนื้อผ้าได้อีกด้วย

Piccinini et al. (2007) สำรวจความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ที่ปลดปล่อยออกมาจากเส้นใยเสื้อผ้า โดยคณะกรรมการสหภาพยุโรป (European Union, EU) โดยเลือกจากผลิตภัณฑ์ที่คาดว่าจะมีฟอร์มาลดีไฮด์จากผลิตภัณฑ์เส้นใยและสิ่งทอ โดยสุ่มจากกลุ่มสมาชิก EU (European Union) 21 ประเทศ จากแหล่งต่างๆที่มีองค์ประกอบ และผลจากประเทศอื่นๆ ตัวอย่างที่พิมพ์ว่าง่ายต่อการดูแล (Easy care หรือ Oeko-Tex) โดยนำมาวิเคราะห์ด้วยวิธี EN ISO 14184-1 ใช้น้ำเป็นสารสกัด มีทั้งหมด 221 ตัวอย่าง และวิธี EN ISO 14184-2 การดูดซึ่มไอรระเหย (Vapour absorption) จำนวน 127 ตัวอย่าง ทำซ้ำ 3 ครั้ง และที่ระดับความเชื่อมั่น 95% พบว่าวิธีการใช้น้ำสกัดมีฟอร์มาลดีไฮด์ในตัวอย่างถึง 11% ที่ปลดปล่อยมากกว่า 30 mg/kg ที่ระบุไว้ตามข้อกำหนด Ecolabel (Commission Decision 2002/371/EC) มี 3% ปล่อยฟอร์มาลดีไฮด์มากกว่า 75 mg/kg

Bulletin (2008) ตรวจวัดฟอร์มาลดีไฮด์จากปัญหาสุขภาพอาจเกี่ยวกับฟอร์มาลดีไฮด์ที่ตกค้างในเสื้อผ้าที่ซักแล้ว หลังจากการปรับสภาพของเสื้อผ้าและความสมบูรณ์ของการพิมพ์ โดยพิจารณาต่อไปนี้เป็น : ทุก รูปแบบของสิ่งมีชีวิต มนุษย์ แบคทีเรีย พืช ปลา สุนัขและแมว ในอากาศที่เรายหายใจมี 1-68 ส่วน ppb ของฟอร์มาลดีไฮด์ โดยมนุษย์หายใจเข้า หายใจออก และกินสารพิษเกิดจากฟอร์มาลดีไฮด์เข้าไป ในผักและผลไม้ทั่วไปผลิตประมาณ 1.5 ออนซ์ ฟอร์มาลดีไฮด์ในแต่ละวัน เป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการเผาผลาญอาหาร ฟอร์มาลดีไฮด์ที่มีอยู่ในเลือดของมนุษย์ที่มีความเข้มข้นคงที่ ต่ำประมาณ 1 ถึง 2 ส่วน ppm ฟอร์มาลดีไฮด์จะไม่สะสมในสิ่งแวดล้อมหรือในพืช สัตว์ หรือ คน ฟอร์มาลดีไฮด์มีอยู่รอบๆตัวเรา เป็นธรรมชาติลดลงในที่ที่มีแสงแดดเพราะมี CO₂ และ H₂O ฟอร์มาลดีไฮด์ ใช้เอนไซม์ ที่เรียกว่า Dehydrogenase ฟอร์มาลดีไฮด์ดูดซึ่มได้ไม่ผ่านทางผิวหนังแต่ผลกระทบของฟอร์มาลดีไฮด์ในสิ่งทอเป็นมีแนวโน้มที่จะเกิดการระคายเคืองผิวได้อย่างง่ายดาย สำหรับข้อมูลเกี่ยวกับการจัดการของการแก้ปัญหา การปรับสภาพ โดยผู้ประกอบการ อุปกรณ์ โปรดปรึกษาเอกสาร AnaJet MSDS

Pisal (2009) ตรวจวัดปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์ในของเล่น โดยการใช้ UV/VIS Spectrometry จากการที่กฎหมายด้านความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมมีความเข้มงวดมากขึ้น การตรวจวัดสารเคมี เช่น ฟอร์มาลดีไฮด์ในระดับที่มีความเข้มข้นต่ำๆ ในของเล่นหรือเสื้อผ้าเด็กจึงมีมากขึ้น ฟอร์มาลดีไฮด์เรซินได้ถูกใช้ในสิ่งทอเพื่อยึดจับสีไว้กับผ้า หน่วยงานติดไฟและทำให้ผ้าตึงในผ้าฝ้ายผสมจะใช้ฟอร์มาลดีไฮด์ในการป้องกันผ้ายับและป้องกันไม่ให้น้ำยัดเกาะกับผ้า เรซินที่ปราศจากฟอร์มาลดีไฮด์ส่วนใหญ่จะมีราคาแพง การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิและความชื้นจะทำให้ฟอร์มาลดีไฮด์ถูกปลดปล่อยออกจากเสื้อผ้าได้มากขึ้น การรับสัมผัสอย่างสม่ำเสมอเป็นเวลานานหรือการรับสัมผัสฟอร์มาลดีไฮด์ความเข้มข้นสูงในเวลาสั้นๆ สามารถทำให้เป็นมะเร็งได้ ใน

การศึกษาการรับสัมผัสฟอร์มาลดีไฮด์ที่มีความเข้มข้นสูงในอากาศสามารถก่อให้เกิดมะเร็งในจมูกได้ของค่ามาตรฐาน EN 71 ซึ่งกำหนดโดยยุโรปใน ส่วนที่ 9 มีการระบุค่ามาตรฐานของปริมาณสารประกอบอินทรีย์ในของเล่นและเนื้อผ้าของของเล่นสำหรับเด็กอายุต่ำกว่า 3 ขวบ สำหรับปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์ห้ามเกิน 30 mg/kg หรือ 2.5 mg/L จากผลการทดลองทำให้ทราบว่าเนื้อผ้าของของเล่นชนิดที่มีฟอร์มาลดีไฮด์สูงที่สุดคือ ผ้าเรยอน โดยมีความเข้มข้น 0.25 mg/L รองลงมาเป็นผ้าโพลีเอสเตอร์และเส้นใยสังเคราะห์

Bendicho et al. (2011) ศึกษาวิธีการขนาดเล็กแบบใหม่บนพื้นฐานของการรวมกันของเหลวโดยวิธี microextraction และ fluorospectrometry microvolume สำหรับการกำหนดของฟอร์มาลดีไฮด์และไฮโดรไลซ์ในตัวอย่างสิ่งทอ วิธีนี้ขึ้นอยู่กับ การสกัดและอนุพันธ์ในการลดลงของฟอร์มาลดีไฮด์และไฮโดรไลซ์โดยใช้ปฏิกิริยา Hantzsch ผลของตัวแปรที่มีผลต่อการทดลองประสิทธิภาพของวิธีการที่นำเสนอ เช่น พารามิเตอร์การเรืองแสงธรรมชาติขององค์ประกอบ ขั้นตอนการสกัด รวมถึงความเข้มข้น acetyl acetone ค่า pH ความเข้มข้นของแอมโมเนียมอะซิเตท และตัวทำละลายอินทรีย์ อุณหภูมิในตัวอย่าง ความเข้มข้นของ โซเดียมคลอไรด์ เวลา และ microextraction จะถูกตรวจสอบอย่างรอบคอบ ภายใต้เงื่อนไขที่ดีที่สุด เครื่องมือการตรวจหาชนิดและปริมาณของ 26 และ 87 g/L ตามลำดับ ในขั้นตอนการตรวจสอบที่มีปริมาณ 1.0 และ 3.5 mg/kg ตามลำดับ ทำซ้ำแสดงเป็นค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็น 4.6% (n = 9) วิธีการที่ถูกนำมาใช้ประสบความสำเร็จในฟอร์มาลดีไฮด์และไฮโดรไลซ์มาในตัวอย่างสิ่งทอหลายข้อมูลที่พบอยู่ในข้อตกลงที่ดีกับผู้ที่ได้รับกับวิธี EN ISO 14184-1:1998

Richard Tessadri (2014) ศึกษากรด (1,2,3,4 Butanetetracarboxylic, 1,2,3,4 BTCA) ได้รับการตอบสนองด้วย (3Aminopropyl triethoxysilane, 3APTES) อัตราส่วนของ 1,2,3,4 BTCA และ 3 APTES คือ 1/1 (B/A-1/1), 1/2 (B/A-1/2), 1/3 (B/A-1/3) และ 1/4 (B/A-1/4) การเตรียมสารละลายตั้งต้นถูกนำไปประยุกต์ใช้กับผ้าฝ้ายที่ความร้อน 180 ° C โดยคุณสมบัติทางกายภาพเชิงกลของตัวอย่างผ้าฝ้ายได้มีการทดสอบโดยใช้วิธีการนำกลับมาใช้ใหม่โดยการนำผ้ามาพับตามรอยและความต้านทานแรงดึง สำหรับผ้าได้รับการปฏิบัติ B/A-1/1 การปรับปรุงที่สำคัญของความต้านทานรอยพับเป็นที่สังเกต FT-IR สเปกตรัมเผยให้เห็นการก่อตัวของกลุ่ม Amide และการเชื่อมโยงเอสเตอร์แสดงให้เห็นการเชื่อมโยงจากวัสดุเซลลูโลส ส่วนภาพ SEM แสดงให้เห็นว่าพื้นผิวเรียบ เป็นหลักฐานโดยข้อมูล TGA เสถียรภาพทางความร้อนของตัวอย่างผ้าฝ้ายที่ไม่ได้ดีเพิ่มขึ้น ไม่ชอบน้ำจะได้รับการตั้งข้อสังเกต สำหรับ B/A-1/3 และ (B/A-1/4) ตัวอย่างผ้าฝ้ายที่ถูกตรวจพบ คุณสมบัติทน ไม่มีรอยพับ

บทที่ 3

การดำเนินงานวิจัย

3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องยูวี-วิสิเบิล สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Ultraviolet-Visible Spectrophotometer) ยี่ห้อ Thermo Scientific รุ่น GENESYS 10S UV-VIS
2. เครื่องเขย่าแบบควบคุมอุณหภูมิ ยี่ห้อ JSR รุ่น JSSI-100C
3. เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ SHIMADZU รุ่น AUX 220 ความละเอียด ± 0.1 mg
4. เครื่องควบคุมอุณหภูมิ ยี่ห้อ Fisher Scientific
5. เครื่องวัด pH และค่าการนำไฟฟ้า ยี่ห้อ Consort C860
6. เทอร์โมมิเตอร์
7. ชุดเครื่องแก้วสำหรับไทเทรต และวิเคราะห์ตัวอย่าง

3.2 วัสดุและสารเคมี

1. ผ้าฟ้ายสีขาว แดง และน้ำเงิน ทั้งหมด 3 ยี่ห้อ ได้แก่ A B และ C และผ้าชนิดอื่นๆอีก 5 ชนิด
2. สารละลายฟอร์มัลดีไฮด์ (HCHO) เข้มข้น 40% m/v เกรดวิเคราะห์ บริษัท CARLO ERBA REAGENT
3. สารละลายกรดอะซิติก (CH_3COOH) เกรดวิเคราะห์ บริษัท CARLO ERBA REAGENT
4. สารละลายอะซิetylacetone ($\text{CH}_3\text{COCH}_2\text{COCH}_3$) เกรดวิเคราะห์ บริษัท CARLO ERBA REAGENT
5. สารละลายกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Fisher Scientific
6. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เกรดวิเคราะห์ บริษัท CARLO ERBA REAGENT
7. โซเดียมซัลไฟต์ (Na_2SO_3) เกรดวิเคราะห์ บริษัท CARLO ERBA REAGENT
8. แอมโมเนียมอะซิเตต ($\text{CH}_3\text{COONH}_4$) เกรดวิเคราะห์ บริษัท CARLO ERBA REAGENT
9. โพแทสเซียมไฮโดรเจนพาทาลेट (KHP) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Fisher Scientific
10. Thymolphthalein Indicator เกรดวิเคราะห์ บริษัท Loba Chemie

3.3 การดำเนินงานวิจัย

3.3.1 ตัวอย่างผ้าฝ้าย

ตัวอย่างผ้าจากการเลือกผ้าฝ้าย 100% มาทั้งหมด 3 ยี่ห้อ ได้แก่ยี่ห้อ A B และ C โดยแต่ละยี่ห้อจะมีผ้าฝ้ายสีขาว สีแดง และสีน้ำเงิน ซึ่งยังไม่มีการแกะออกจากถุงพลาสติกจากโรงงานผลิต หรือเป็นผ้าที่อยู่หัวของม้วนผ้าจากนั้นนำตัวอย่างผ้าฝ้ายมาแยกการเก็บรักษา ออกเป็น 2 สภาวะ ได้แก่ การเก็บรักษาแบบเปิดและแบบปิดที่เก็บไว้ในถุงซิปล็อคอย่างดี



รูปที่ 3.1 การเก็บรักษาตัวอย่างแบบเปิด (ซ้าย) และแบบปิด (ขวา)

3.3.2 การเตรียมสารละลายสารละลายอะเซทิลแอซีโตน หรือ NASH Reagent

สารละลาย NASH ใช้เพื่อทำให้เกิดสี โดยจะทำปฏิกิริยากับฟอร์มัลดีไฮด์ที่อยู่ในตัวอย่าง สามารถเตรียมได้โดยชั่ง Ammonium acetate จำนวน 150 g ละลายด้วยน้ำกลั่นปริมาตร 800 mL ใส่ลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 1 L จากนั้นเปิดสารละลายกรดอะซิติก 3 mL ตามด้วยสารละลาย Acetylacetone 2 mL แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น และเก็บไว้ในขวดสีชา

3.3.3 วิธีการวิเคราะห์ความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ที่ปลดปล่อยจากผ้าฝ้าย

1. การเตรียมสภาวะการเก็บรักษาตัวอย่างจะแบ่งออกเป็น 2 สภาวะ ได้แก่ สภาวะที่หนึ่ง การเก็บรักษาแบบเปิดเป็นการเก็บรักษาผ้าฝ้ายในสถานที่เปิด เช่น ภาชนะที่ไม่มีฝาปิด และสภาวะที่สองการเก็บรักษาแบบปิด โดยการเก็บรักษาผ้าฝ้ายในถุงพอลิเอทิลีนแล้วห่อด้วยอะลูมิเนียมฟอยล์ จำนวนของตัวอย่างผ้าฝ้ายจะใช้จำนวนที่เท่ากัน คือ แบ่งผ้าฝ้ายออกเป็น 3 ยี่ห้อๆ ละ 3 สี ประกอบด้วยสีขาว น้ำเงิน และแดง นำตัวอย่างผ้ามาทดสอบหาฟอร์มัลดีไฮด์ด้วยการทดลองข้อ 2-8 นาน 20 วัน

2. นำตัวอย่างผ้ามาตัดเป็นชิ้นทดสอบ แต่ละชิ้นตัดให้เป็นชิ้นเล็กๆ นำไปชั่งประมาณ 1 g และ อ่านค่าละเอียดได้ถึง 10 mg ถ้าคาดว่ามีระดับฟอร์มัลดีไฮด์น้อยให้เพิ่มน้ำหนักเป็น 2.5 g

3. นำตัวอย่างของแต่ละชิ้นทดสอบที่ตัดเป็นชิ้นเล็กๆ ใส่ลงไปในขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 mL ปิดด้วยจุกปิดหรือพาราฟิล์ม เติมน้ำกลั่น 100 mL วางลงในเครื่อง Water bath ที่ อุณหภูมิ $40 \pm$

2 °C นาน 60 ± 5 นาที เขย่าทุกๆ 5 นาที จนแน่ใจว่าชิ้นทดสอบเปียกอย่างทั่วถึง ถ้าใช้เครื่องเขย่าอัตโนมัติ แล้วเทกรองสารละลายลงในขวดอีกใบหนึ่ง

4. ใช้ปิเปตดูสารละลายตัวอย่างที่กรองได้ 5 mL ใส่ลงในหลอดทดลอง เติมสารละลาย NASH 5 mL ลงในแต่ละหลอดและเขย่า ทำสารละลายแบลนด์โดยใช้สารละลาย NASH 5 mL ในน้ำกลั่น 5 mL

5. วางหลอดทดลองทั้งหมดลงในเครื่องอังน้ำที่ควบคุมอุณหภูมิ 58 ± 1 °C เป็นเวลา 6 นาที แล้วยกออกมาวางไว้ให้เย็นในอุณหภูมิห้อง

6. นำสารละลายทั้งหมดที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องยูวี-วิสทิเบิลสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 412 nm

7. ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง

8. คำนวณความเข้มข้นฟอร์มัลดีไฮด์ที่วัดได้จากการทดลอง



รูปที่ 3.2 ตัวอย่างผ้าฝ้าย

3.3.4 ศึกษาจลนศาสตร์ของปฏิกิริยา อัตราเร็วในการสลายตัว และความคงตัวของฟอร์มัลดีไฮด์ที่อยู่ในผ้าฝ้าย

เมื่อได้ความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ที่ได้จากการคำนวณแล้ว นำค่าความเข้มข้นมาศึกษาอันดับของปฏิกิริยา ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกถึงความเข้มข้นของสารตั้งต้นในปฏิกิริยานั้นมีอิทธิพลต่ออัตราเร็วของปฏิกิริยาอย่างไร ดังนี้

1. พล็อตกราฟระหว่างความเข้มข้นของ HCHO เทียบกับเวลา
2. พล็อตกราฟระหว่างความเข้มข้นของ $\ln[\text{HCHO}]$ เทียบกับเวลา
3. พล็อตกราฟระหว่างความเข้มข้นของ $\frac{1}{[\text{HCHO}]}$ เทียบกับเวลา
4. จากกราฟที่ได้ข้อ 1, 2 และ 3 พิจารณาจากค่า R^2

3.3.5 ศึกษาผลของการซักล้างต่อปริมาณความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ในผ้าฝ้าย

1. ตัวอย่างที่ถูกเลือกได้แก่ AWO, BWO, CWO, AWC, BWC และ CWC ขนาดผ้าแต่ละชิ้นประมาณ 15 cm x 15 cm ทำการซักล้างในวันที่ 1 ของการทดลอง

2. ทำการซักล้างด้วยผงซักฟอก และน้ำอุ่น ปริมาณของผงซักฟอกที่ใช้ดูจากฉลากแนะนำผลิตภัณฑ์ คือ 1 ช้อน/ น้ำ ½ กระละมัง โดย 1 ช้อน เท่ากับ 35 g แล้วนำผ้าฝ้ายที่ซักแล้วไปตากให้แห้ง

3. นำไปวิเคราะห์ความเข้มข้นฟอร์มาลดีไฮด์ที่เกิดขึ้น ดังวิธีในหัวข้อ 3.3.2 (ข้อ 2 ถึงข้อ 8)

3.3.6 ศึกษาผลของระดับความเข้มข้นฟอร์มาลดีไฮด์ในผ้าที่มีการพิมพ์และไม่พิมพ์

ลวดลาย

ตารางที่ 3.1 ตัวอย่างผ้า 5 ชนิด

ชนิดผ้า ตัวอย่าง	ไม่พิมพ์ลาย	พิมพ์ลาย
ผ้าจอร์เจีย		
ผ้าสบัน		
ผ้าซาติน		
ผ้าพอลิเอสเตอร์		
ผ้าชีฟอง		

1. ทำการเก็บตัวอย่างผ้าชนิดอื่นๆ นอกเหนือจากผ้าฝ้ายมา 5 ชนิด ดังนี้ ผ้าจอร์เจีย ผ้าสบัน ผ้าซาติน ผ้าพอลิเอสเตอร์ และผ้าชีฟอง โดยที่แต่ละชนิดจะแบ่งออกเป็นผ้าที่มีการพิมพ์ ลวดลาย และ ไม่มีการพิมพ์ลวดลาย

2. นำไปวิเคราะห์ความเข้มข้นฟอร์มาลดีไฮด์ที่เกิดขึ้น ดังวิธีในหัวข้อ 3.3.2 (ข้อ 2 ถึงข้อ 8)

3.3.7 การวิเคราะห์ทางสถิติ

ทำการตรวจวัดความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ในผ้าฝ้าย ซึ่งแบ่งตามการเก็บรักษา คือ การเก็บรักษาระบบเปิด และการเก็บรักษาระบบปิด ว่ามีความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์แตกต่างกันหรือไม่ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เลือกใช้โปรแกรม SPSS Version 20 ในการประมวลผลเพื่อหาค่าสถิติทดสอบสมมติฐาน ทำการตั้งสมมติฐาน 2 ประการ เช่น สมมติฐานที่ 1 (H_0 = ความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ในผ้าฝ้ายสีขาว 2 ระบบ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ) และสมมติฐานที่ 2 (H_1 = ความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ในผ้าฝ้ายขาว 2 ระบบ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ) โดยใช้วิธีวิเคราะห์ Factorial Design ถ้าค่านัยสำคัญในตาราง ANOVA มีค่าต่ำกว่า 0.05 ปฏิเสธ H_0 ยอมรับ H_1 แต่ถ้ามีค่ามากกว่า 0.05 ยอมรับ H_0 ปฏิเสธ H_1

บทที่ 4

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

4.1 สมบัติของตัวอย่างผ้า

จากการทดลองเพื่อหาระดับความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ที่ปลดปล่อยจากผ้าฝ้าย 100% ที่ได้ จากตัวอย่างจำนวน 9 กลุ่ม ซึ่งจำแนกตามยี่ห้อและสีดังนี้ ยี่ห้อ A, B และ C ยี่ห้อละ 3 สี คือ สีขาว สีแดง และสีน้ำเงิน นำตัวอย่างมาเก็บรักษาโดยแบ่งออกเป็น 2 สถานะ คือ สถานะการเก็บรักษาแบบเปิดและสถานะการเก็บรักษาแบบปิด อีกทั้งยังได้ศึกษาตัวอย่างผ้าอีก 5 ชนิด ได้แก่ ผ้าจอร์เจียร์ ผ้าสแปน ผ้าซาติน ผ้าโพลีเอสเตอร์และผ้าชีฟอง เพื่อนำมาเปรียบเทียบระดับความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ระหว่างผ้าที่พิมพ์ลายและไม่พิมพ์ลาย

ตัวอย่างผ้าทั้ง 5 ชนิด ได้แก่ ผ้าจอร์เจียร์ ผ้าสแปน ผ้าซาติน ผ้าโพลีเอสเตอร์และผ้าชีฟอง เมื่อนำมาศึกษาพบว่า มีค่าความเป็นกรด-ด่าง(pH) และค่าการนำไฟฟ้า (EC) ดังตารางที่ 4.1 (ดูรายละเอียดในตารางที่ ค.6 ภาคผนวก ค.)

ตารางที่ 4.1 สมบัติทั่วไปของตัวอย่างผ้าจากการวัด 3 ค่า

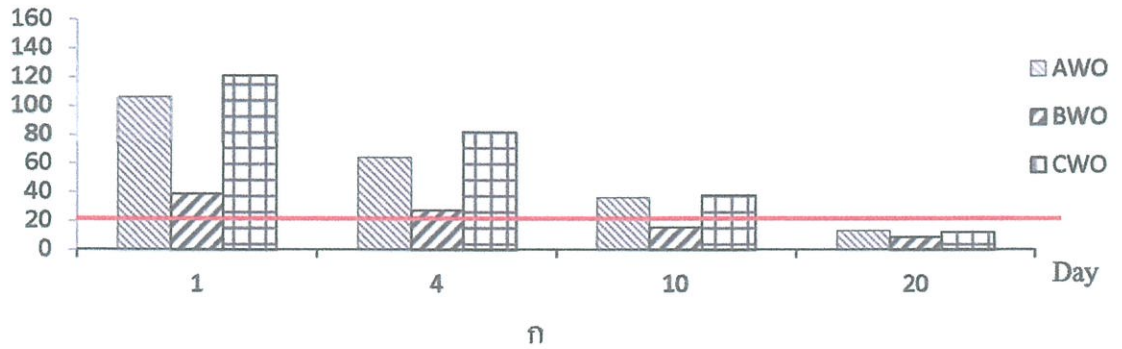
ตัวอย่างผ้า	ค่าความเป็นกรด-ด่าง(pH)	ค่าการนำไฟฟ้า(EC)
ผ้าฝ้าย	5.0 – 7.5	0.40 – 0.50 mS/cm
ผ้าจอร์เจียร์	5.0 – 7.5	0.40 – 0.50 mS/cm
ผ้าสแปน	5.0 – 7.5	0.40 – 0.50 mS/cm
ผ้าซาติน	5.0 – 7.5	0.40 – 0.50 mS/cm
ผ้าโพลีเอสเตอร์	5.0 – 7.5	0.40 – 0.50 mS/cm
ผ้าชีฟอง	5.0 – 7.5	0.40 – 0.50 mS/cm

4.2 ระดับความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ที่ปลดปล่อยจากผ้าฝ้าย

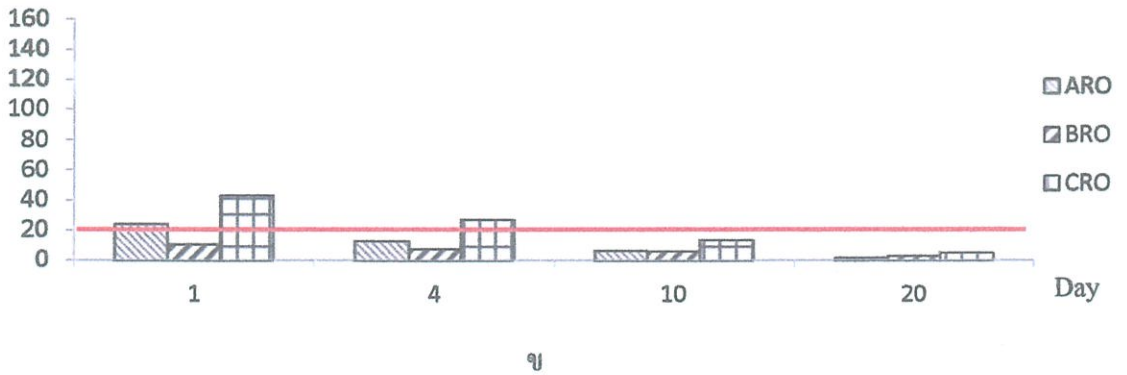
ตัวอย่างผ้าฝ้าย 100% จำนวน 3 ยี่ห้อๆ ละ 3 สี คือ สีขาว สีแดง และสีน้ำเงิน โดยปริมาณของฟอร์มัลดีไฮด์จากวันที่ 1 ถึงวันที่ 20 ในสภาวะการเก็บรักษาแบบเปิดและแบบปิด แสดงได้ดังรูปที่ 4.1 และ รูปที่ 4.2

4.2.1 สภาวะการเก็บรักษาตัวอย่างแบบเปิด

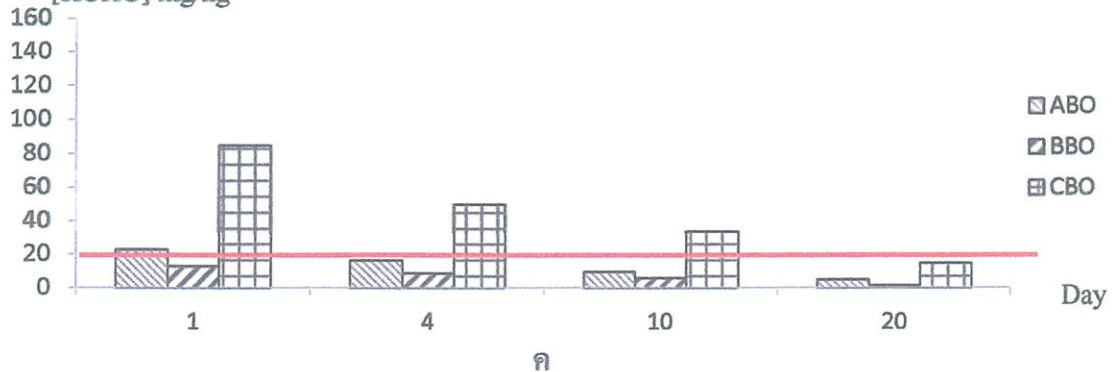
[HCHO] mg/kg



[HCHO] mg/kg



[HCHO] mg/kg



รูปที่ 4.1 ความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในผ้าสีขาว (ก) สีแดง (ข) และสีน้ำเงิน (ค) ทั้ง 3 ยี่ห้อ ในสภาวะเก็บรักษาแบบเปิด

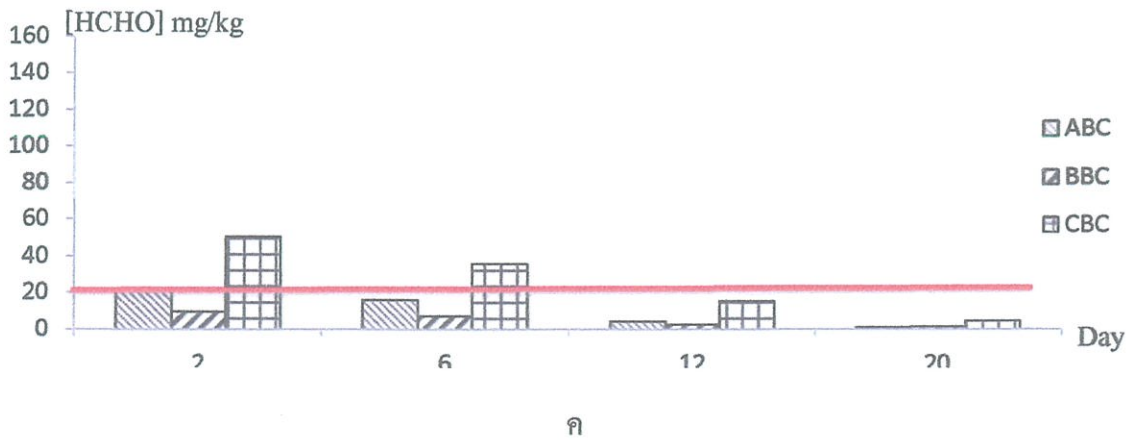
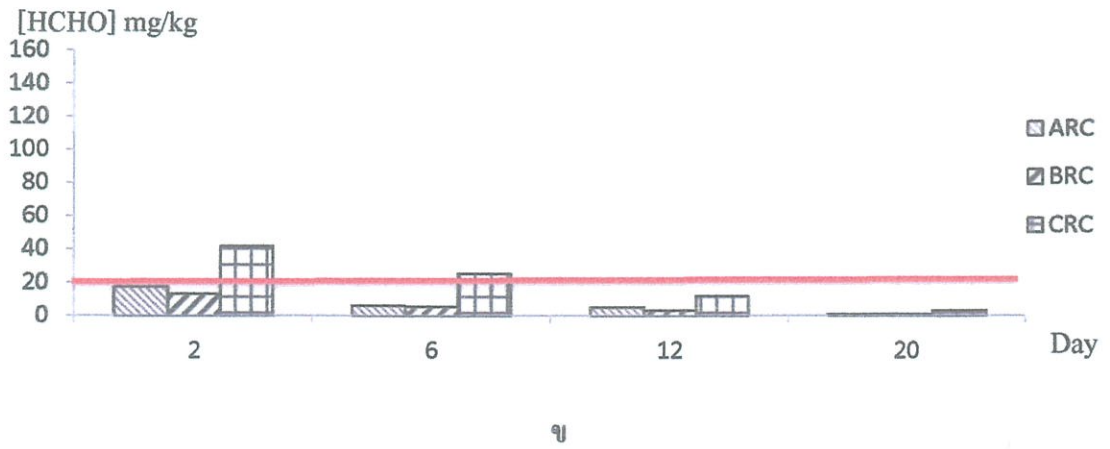
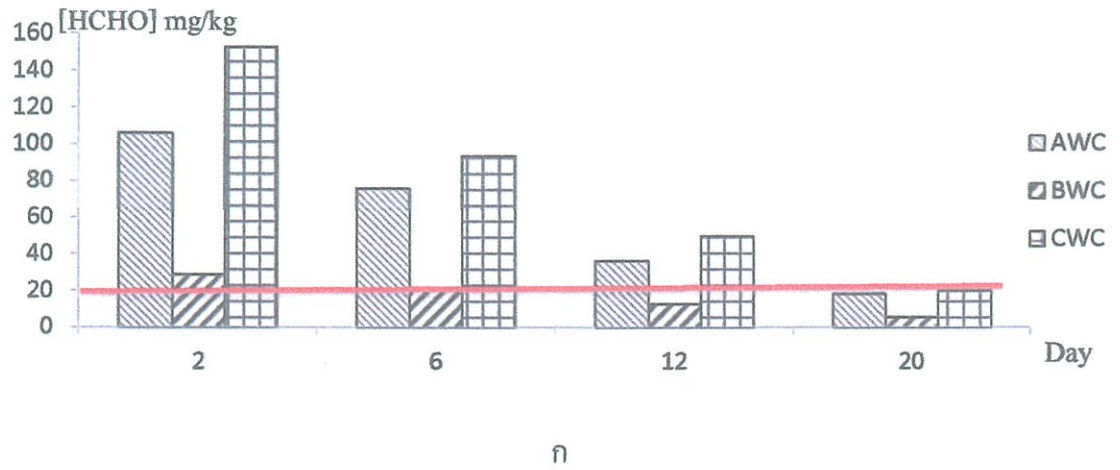
หมายเหตุ เส้นสีแดง คือ ค่ามาตรฐานระดับความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ในสิ่งทอ 20 mg/kg ของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม

จากการทดลองสรุปได้ว่ารูปที่ 4.1(ดูรายละเอียดในภาคผนวก ค.) รูป ก. ผ้าฝ้ายสีขาว ยี่ห้อ A,B,C ในสภาวะการเก็บรักษาแบบเปิด วันที่ 1 ผ้าสีขาวทั้ง 3 ยี่ห้อ ค่าที่ได้จากการทดลองเกินค่ามาตรฐานฟอร์มาลดีไฮด์ในสิ่งทอ 20 mg/kg ทำการทดลองผ่านไปจนวันที่ 10 ระดับความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ในผ้าฝ้ายสีขาวเริ่มลดลง ค่าที่ได้จากการทดลองพบว่า ยี่ห้อ B มีค่าลดลงต่ำกว่าค่ามาตรฐาน ทำการทดลองจนกระทั่งถึงวันที่ 20 พบว่าผ้าสีขาวทั้ง 3 ยี่ห้อ มีค่าต่ำกว่ามาตรฐานฟอร์มาลดีไฮด์ในสิ่งทอ โดยหน่วยงานที่ออกค่ามาตรฐาน คือ สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม

รูป ข. ผ้าฝ้ายสีแดง ยี่ห้อ A,B,C ในสภาวะการเก็บรักษาแบบเปิด วันที่ 1 ผ้าสีแดงยี่ห้อ A,C มีค่าเกินค่ามาตรฐานฟอร์มาลดีไฮด์ในสิ่งทอ ต่างจากยี่ห้อ B ซึ่งมีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐาน เมื่อเวลาผ่านไป วันที่ 4 พบว่า ผ้าสีแดงยี่ห้อ A,B มีปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์ต่ำกว่าค่ามาตรฐาน จนกระทั่งวันที่ 10 ความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ผ้าสีแดง 3 ยี่ห้อลดลง ค่าที่ได้จากการทดลองพบว่ายี่ห้อ A,B,C มีค่าต่ำกว่ามาตรฐานฟอร์มาลดีไฮด์ในสิ่งทอ

รูป ค. ผ้าฝ้ายสีน้ำเงิน ยี่ห้อ A,B,C ในสภาวะการเก็บรักษาแบบเปิด วันที่ 1 ผ้าสีน้ำเงินยี่ห้อ A,C มีค่าเกินค่ามาตรฐานฟอร์มาลดีไฮด์ในสิ่งทอ ต่างจากยี่ห้อ B ซึ่งมีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐาน เมื่อเวลาผ่านไป วันที่ 4 พบว่า ผ้าสีน้ำเงินยี่ห้อ A,B มีปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์ต่ำกว่าค่ามาตรฐาน จนกระทั่งวันที่ 10 ความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ผ้าสีน้ำเงิน 3 ยี่ห้อลดลง ค่าที่ได้จากการทดลองพบว่ายี่ห้อ A,B มีค่าต่ำกว่ามาตรฐานฟอร์มาลดีไฮด์ในสิ่งทอ แต่ยี่ห้อ C ยังเกินค่ามาตรฐานอยู่ จนกระทั่งถึงวันที่ 20 พบว่าผ้าสีน้ำเงินทั้ง 3 ยี่ห้อ มีค่าต่ำกว่ามาตรฐานฟอร์มาลดีไฮด์ในสิ่งทอ

4.2.2 สถานะการเก็บรักษาตัวอย่างแบบปิด



รูปที่ 4.2 ความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในผ้าสีขาว (ก) สีแดง (ข) และสีน้ำเงิน (ค) ทั้ง 3 ยี่ห้อ ในสถานะเก็บรักษาแบบปิด

จากการทดลองสรุปได้ว่า รูปที่ 4.2(ดูรายละเอียดในภาคผนวก ค.) รูป ก. ผ้าฝ้ายสีขาว ยี่ห้อ A,B,C ในสภาวะการเก็บรักษาแบบปิด วันที่ 2 ผ้าสีขาวทั้ง 3 ยี่ห้อ ค่าที่ได้จากการทดลองเกินค่ามาตรฐานฟอร์มาลดีไฮด์ในสิ่งทอ 20 mg/kg ทำการทดลองผ่านไปจนวันที่ 12 ระดับความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ในผ้าฝ้ายสีขาวเริ่มลดลง ค่าที่ได้จากการทดลองพบว่า ยี่ห้อ B มีค่าลดลงต่ำกว่าค่ามาตรฐาน ทำการทดลองจนกระทั่งถึงวันที่ 20 พบว่าผ้าสีขาวทั้ง 3 ยี่ห้อ มีค่าต่ำกว่ามาตรฐานฟอร์มาลดีไฮด์ในสิ่งทอ

รูป ข. ผ้าฝ้ายสีแดง ยี่ห้อ A,B,C ในสภาวะการเก็บรักษาแบบปิด วันที่ 2 ผ้าสีแดงยี่ห้อ C มีค่าเกินค่ามาตรฐานฟอร์มาลดีไฮด์ในสิ่งทอ ต่างจากยี่ห้อ A,B ซึ่งมีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐาน เมื่อเวลาผ่านไป วันที่ 12 พบว่าความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ในผ้า 3 ยี่ห้อลดลง ค่าที่ได้จากการทดลองพบว่าผ้าสีแดงยี่ห้อ A,B,C มีค่าต่ำกว่ามาตรฐานฟอร์มาลดีไฮด์ในสิ่งทอ

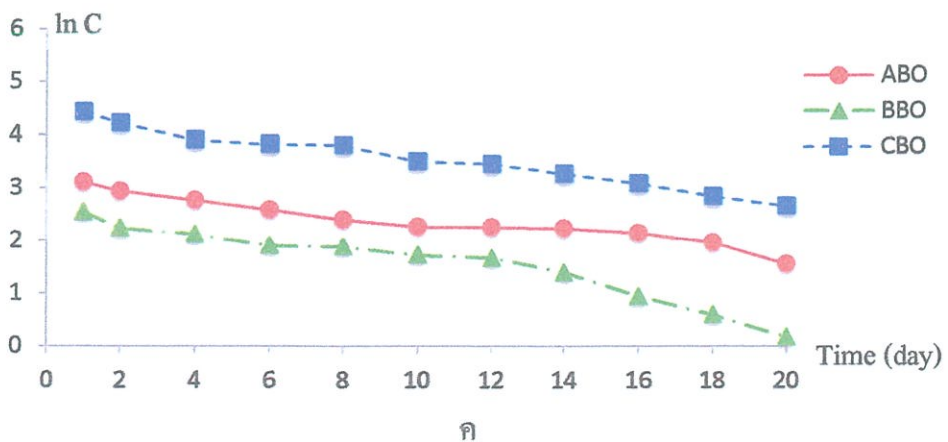
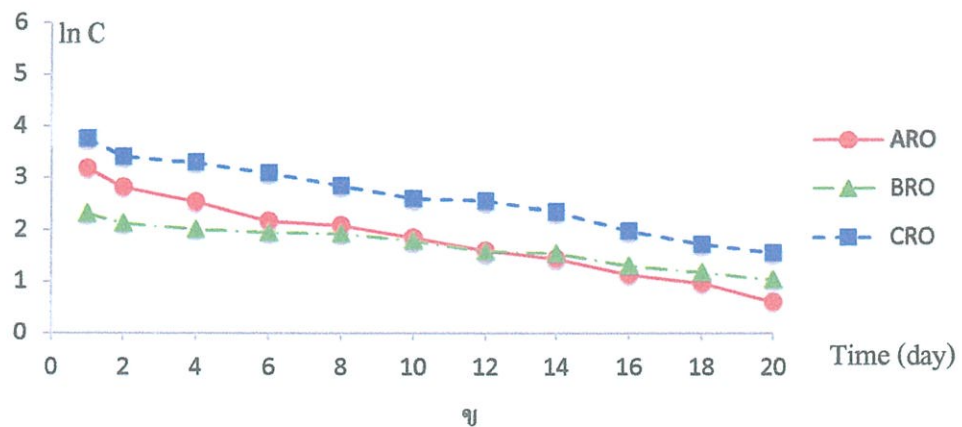
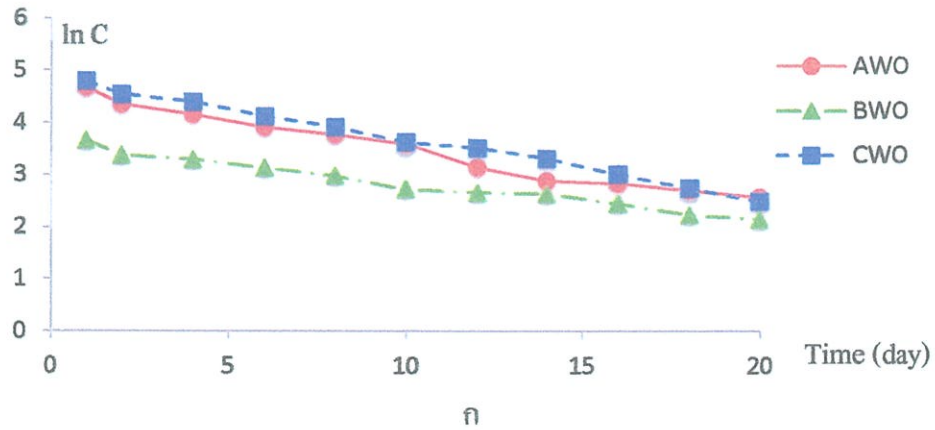
รูป ค. ผ้าฝ้ายสีน้ำเงิน ยี่ห้อ A,B,C ในสภาวะการเก็บรักษาแบบปิด วันที่ 2 ผ้าสีน้ำเงินยี่ห้อ A,C มีค่าเกินค่ามาตรฐานฟอร์มาลดีไฮด์ในสิ่งทอ ต่างจากยี่ห้อ B ซึ่งมีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐาน เมื่อเวลาผ่านไป วันที่ 6 พบว่า ผ้าสีน้ำเงินยี่ห้อ A,B มีปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์ต่ำกว่าค่ามาตรฐาน จนกระทั่งวันที่ 12 ความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ในผ้าสีน้ำเงินทั้ง 3 ยี่ห้อลดลง ค่าที่ได้จากการทดลองพบว่ายี่ห้อ A,B,C มีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐานฟอร์มาลดีไฮด์ในสิ่งทอ

จากการวิเคราะห์ทางสถิติสรุปได้ว่า ความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ในผ้าฝ้ายสีขาวและสีแดง ยี่ห้อ A B และC ในสภาวะการเก็บรักษาแบบเปิดและการเก็บรักษาแบบปิดไม่แตกต่างกัน ดังตารางค่าการวิเคราะห์ทางสถิติ ภาคผนวก จ ตาราง ง-2 และ ง-4 ส่วนผ้าฝ้ายสีน้ำเงิน ยี่ห้อ A B และ C ในสภาวะการเก็บรักษาแบบเปิดและการเก็บรักษาแบบปิด แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังตารางค่าการวิเคราะห์ทางสถิติ ภาคผนวก จ ตาราง ง-6

4.3 จลนศาสตร์ของปฏิกิริยา และความคงตัวของฟอร์มาลดีไฮด์ที่อยู่ในผ้าฝ้าย

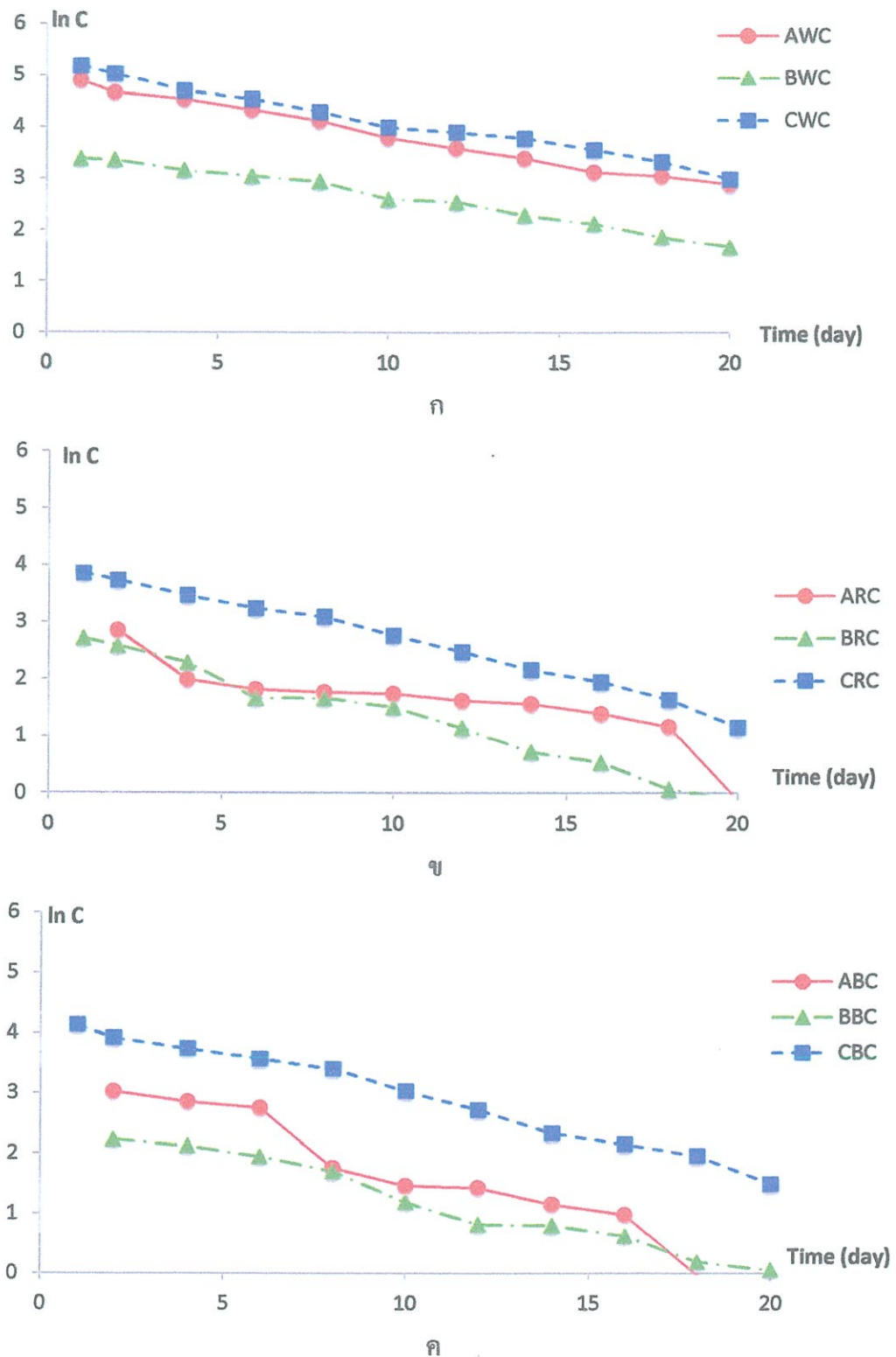
เมื่อนำความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์จากวันที่ 1 ถึงวันที่ 20 ในสภาวะการเก็บรักษาแบบเปิดและแบบปิด มาศึกษาจลนศาสตร์ของปฏิกิริยาซึ่งกราฟของปฏิกิริยาแสดงดังรูปที่ 4.3 และรูปที่

4.4



รูปที่ 4.3 กราฟปฏิกิริยาอันดับหนึ่งของผ้าตัวอย่างสีขาว (ก) สีแดง (ข) และสีน้ำเงิน (ค)

ในสภาวะการเก็บรักษาแบบเปิด



รูปที่ 4.4 กราฟปฏิบัติการอันดับหนึ่งของผ้าตัวอย่างสีขาว (ก) สีแดง (ข) และสีน้ำเงิน (ค)
ในสภาวะการเก็บรักษาแบบปิด

ตารางที่ 4.2 พารามิเตอร์จากการคำนวณ Pseudo First Order Reaction

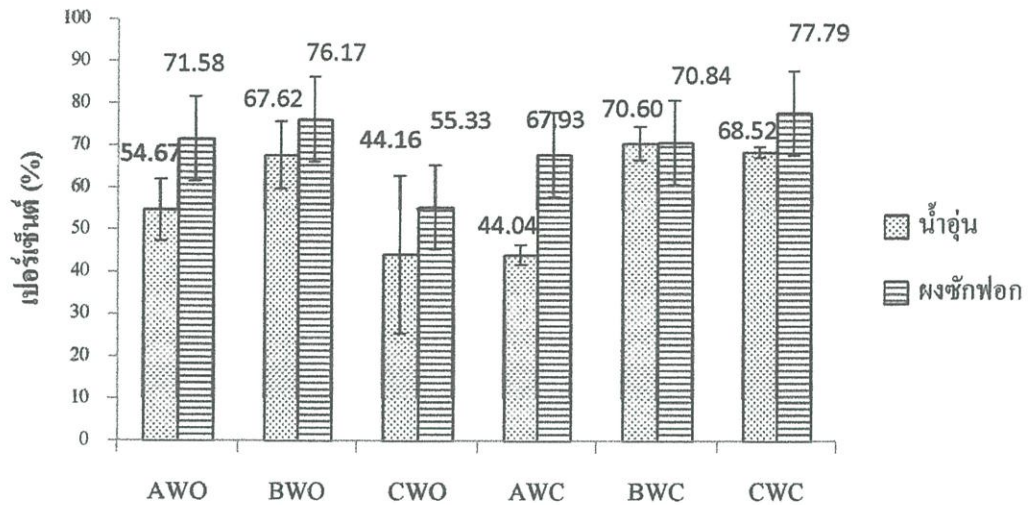
ตัวอย่าง	สมการแบบจำลอง Pseudo First Order Reaction	Pseudo First-order rate constant, K, (day ⁻¹)	R ²	t _{1/2} (day)
AWO	-0.1101x + 4.6151	0.1101	0.97618	6.3
ARO	-0.1221x + 3.0824	0.1221	0.98477	5.7
ABO	-0.0669x + 3.0598	0.0669	0.93568	10.4
BWO	-0.0738x + 3.5941	0.0738	0.97784	9.4
BRO	-0.0620x + 2.3322	0.0620	0.97556	11.2
BBO	-0.1079x + 2.6553	0.1079	0.92997	6.4
CWO	-0.1156x + 4.8499	0.1156	0.99498	6.0
CRO	-0.1088x + 3.7469	0.1088	0.98637	6.4
CBO	-0.0846x + 4.4048	0.0846	0.97913	8.2
เฉลี่ย		7.77 ± 2.08		
AWC	-0.1073x + 4.9337	0.1073	0.99106	6.5
ARC	-0.1079x + 2.7645	0.1079	0.75998	6.4
ABC	-0.1833x + 3.5250	0.1833	0.95259	3.8
BWC	-0.0914x + 3.5550	0.0914	0.98848	7.6
BRC	-0.1482x + 2.8360	0.1482	0.98579	4.7
BBC	-0.1296x + 2.5934	0.1296	0.97705	5.3
CWC	-0.1070x + 5.1988	0.1070	0.98837	6.5
CRC	-0.1358x + 4.0534	0.1358	0.99113	5.1
CBC	-0.1349x + 4.3111	0.1349	0.98901	5.1
เฉลี่ย		5.67 ± 1.16		

จากผลการทดลองทางจลนศาสตร์เคมีเพื่อหาระยะคงตัวของฟอร์มัลดีไฮด์ที่อยู่ในตัวอย่างผ้าฝ้ายหรือค่าครึ่งชีวิตของฟอร์มัลดีไฮด์ สามารถสรุปได้ว่าการสลายตัวของฟอร์มัลดีไฮด์ในตัวอย่างภายในระยะเวลาวันที่ 1 ถึงวันที่ 20 นั้นเมื่อพล็อตกราฟระหว่าง $\ln [C]$ กับระยะเวลา เป็นไปตามแบบจำลอง Pseudo-first order เมื่อเก็บรักษาตัวอย่างผ้าฝ้ายในภาชนะที่เปิดโล่ง และเก็บอยู่ในตู้ซีปส์ล๊อคปิดมิดชิดค่าครึ่งชีวิตของฟอร์มัลดีไฮด์จะมีค่าเฉลี่ยประมาณ 7.77 ± 2.08 วันและ

5.67±1.16 วันตามลำดับ ระยะเวลาดังกล่าวเป็นวันที่ความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์จะลดลงครึ่งหนึ่งของความเข้มข้นเริ่มต้น

4.4 ระดับความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์หลังการซักล้างผ้าฝ้ายด้วยน้ำอุ่น

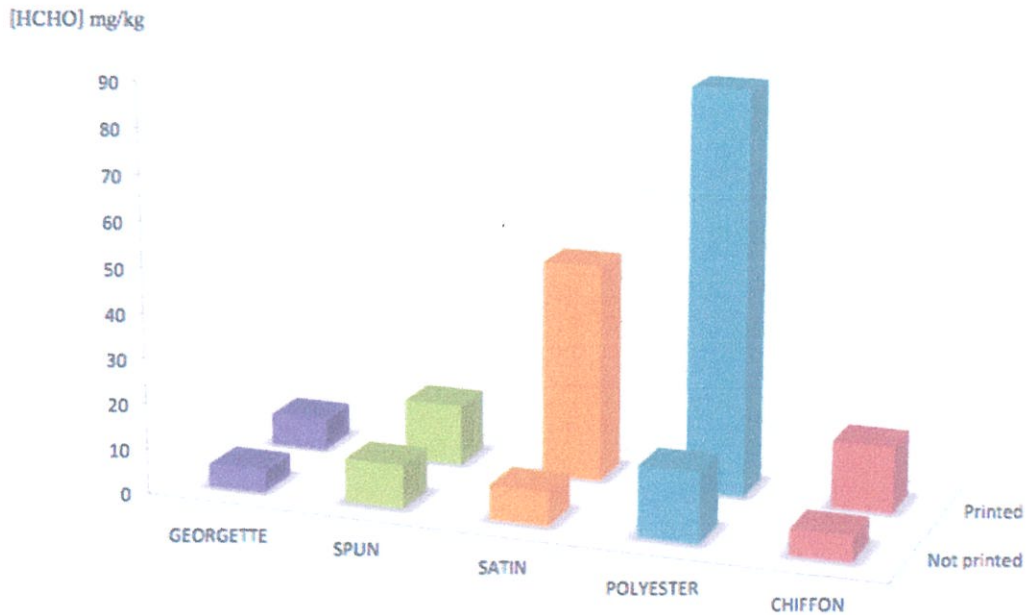
และผงซักฟอก



รูปที่ 4.5 เปอร์เซ็นต์การสลายตัวของฟอร์มาลดีไฮด์หลังการซักล้างของผ้าฝ้าย

หลังการซักล้างผ้าฝ้ายด้วยน้ำอุ่นหรือผงซักฟอกจะเห็นได้จากรูปที่ 4.5 แสดงระดับความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ในผ้าฝ้าย ผ้าฝ้ายสีขาวทั้ง 3 ยี่ห้อ ในระบบเปิดและระบบปิด หลังซักด้วยน้ำอุ่นและหลังซักด้วยผงซักฟอก ซึ่งพบว่าสำหรับการซักล้างผ้าฝ้ายด้วยน้ำอุ่นนั้นจะเห็นว่าปริมาณของฟอร์มาลดีไฮด์ลดลงเนื่องมาจากว่าเมื่อน้ำอุณหภูมิสูงขึ้นจะทำให้การละลายของฟอร์มาลดีไฮด์ในน้ำได้เพิ่มขึ้นและยังทำให้ฟอร์มาลดีไฮด์ระเหยออกจากผ้าฝ้ายได้ง่ายเพราะว่าฟอร์มาลดีไฮด์มีจุดเดือดที่ต่ำ ส่วนการซักล้างด้วยผงซักฟอกนั้นจะเห็นว่าปริมาณของฟอร์มาลดีไฮด์ต่ำที่สุดเนื่องมาจากว่าผงซักฟอกสามารถละลายฟอร์มาลดีไฮด์ที่อยู่ในผ้าฝ้ายได้ดี ซึ่งสามารถอธิบายคุณสมบัติของผงซักฟอกได้ดังนี้ ผงซักฟอกเป็นสารลดแรงตึงผิว (Surfactant) เมื่อละลายน้ำจะก่อตัวเป็นไมเซลล์ (Micell) โดยภายในไมเซลล์จะมีบริเวณที่ชอบน้ำ (Hydrophilic) และบริเวณที่ไม่ชอบน้ำ (Hydrophobic) เนื่องจากฟอร์มาลดีไฮด์เป็นสารที่ละลายน้ำได้ดีจึงมักอยู่ในส่วนที่ชอบน้ำ (Hydrophilic) ของไมเซลล์ ดังนั้นเมื่อผ่านการซักล้างด้วยผงซักฟอกจึงทำให้สารตกค้างที่อาจมีฟอร์มาลดีไฮด์หลุดออกมากับผงซักฟอก จึงเห็นได้ว่าเปอร์เซ็นต์การสลายตัวของฟอร์มาลดีไฮด์หลังซักด้วยผงซักฟอกจะมีเปอร์เซ็นต์การสลายตัวที่สูงกว่าหลังการซักล้างด้วยน้ำอุ่น ส่งผลให้ระดับความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์หลังการซักล้างของผ้าฝ้ายด้วยผงซักฟอกมีปริมาณต่ำกว่าในน้ำอุ่น (Sudhakar Nayak, 2004.)

4.5 ความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ในผ้าชนิดต่างๆ ที่มีการพิมพ์และไม่พิมพ์ลวดลาย



รูปที่ 4.6 ความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ในผ้าชนิดอื่นๆ

จากรูปที่ 4.6 แสดงปริมาณของฟอร์มาลดีไฮด์ในผ้า 5 ชนิด ทั้งแบบพิมพ์ลวดลายและไม่พิมพ์ลวดลาย จะเห็นได้จากกราฟว่าผ้าชนิดไม่พิมพ์ลวดลายมีปริมาณของฟอร์มาลดีไฮด์ต่ำกว่าแบบพิมพ์ลวดลายเนื่องมาจากว่าผ้าที่พิมพ์ลวดลายมีการนำสีย้อมและสารเคมีต่างๆมาใช้พิมพ์ลวดลายทำให้ปริมาณของฟอร์มาลดีไฮด์ในผ้าแบบพิมพ์ลวดลายจะมีระดับความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์มากกว่า และเมื่อเราเปรียบเทียบผ้าที่มีการพิมพ์ลวดลายชนิดต่างๆ พบว่าผ้าโพลีเอสเตอร์ (polyester) มีปริมาณของฟอร์มาลดีไฮด์สูงที่สุด

4.6 ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ที่ปลดปล่อยจากผ้าฝ้าย ทั้ง 2 สถานะ คือ สถานะการเก็บรักษาแบบเปิดและสถานะการเก็บรักษาแบบปิด

ทำการทดลองหาระดับเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ที่ปลดปล่อยจากผ้าฝ้าย 100% ที่ได้จากการเก็บตัวอย่างจำนวน 9 กลุ่มตัวอย่าง จำแนกตามยี่ห้อและสีดังนี้ ยี่ห้อ A, B และ C ยี่ห้อละ 3 สี คือ สีขาว สีแดง และสีน้ำเงิน จากสมมติฐานเบื้องต้นคาดว่าในการทดลองเป็นเวลา 20 วัน เมื่อเวลาผ่านไป ผ้าฝ้ายที่เก็บรักษาในระบบปิดจะมีปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์มากกว่าผ้าฝ้ายที่เก็บรักษาในระบบเปิด ซึ่งจากการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยการวิเคราะห์แบบ Factorial Experiments พบว่าผ้าฝ้ายสีขาวสีแดง

ยี่ห้อ A B และ C ในการเก็บรักษาระบบเปิดและระบบปิด ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น (ดูรายละเอียดในภาคผนวก จ.) แต่ผ้าฝ้ายสีน้ำเงิน ยี่ห้อ A B และ C ในการเก็บรักษาระบบเปิดและระบบปิด แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 หมายความว่า การเก็บรักษานั้นไม่มีผลต่อการลดปริมาณความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในผ้าฝ้าย ใน การทดลองวันที่ 20 พบว่าผ้าฝ้ายทั้ง 2 ระบบ ยี่ห้อ A B และ C ทั้ง 3 สี มีระดับฟอร์มัลดีไฮด์ในผ้าฝ้ายต่ำกว่าค่ามาตรฐานฟอร์มัลดีไฮด์ คือ 20 mg/kg ทั้งหมด

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 ระดับความเข้มข้นฟอร์มาลดีไฮด์ในตัวอย่างผ้าฝ้าย

การวิเคราะห์ความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ในผ้าฝ้าย 9 กลุ่มตัวอย่างจำแนกตามยี่ห้อทั้งหมด 3 ยี่ห้อๆละ 3 สี และสถานะการเก็บรักษาแบบเปิดและแบบปิดมิดชิด มีตัวอย่างที่ทำการทดสอบหาความเข้มข้นฟอร์มาลดีไฮด์ทั้งหมด 18 ตัวอย่าง ใช้ระยะเวลาทดสอบทั้งสิ้น 20 วัน ผลการทดลองพบว่า วันที่ 1 ตัวอย่างผ้าฝ้ายที่มีความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์เกินกว่าค่ามาตรฐานมีจำนวนทั้งหมด 13 ตัวอย่าง แบ่งเป็นสถานะการเก็บรักษาแบบเปิดจำนวน 7 ตัวอย่างและสถานะการเก็บรักษาแบบปิดมิดชิดจำนวน 6 ตัวอย่าง จากนั้นเมื่อทำการทดลองจนถึงวันที่ 20 พบว่าไม่พบตัวอย่างผ้าฝ้ายที่มีปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์เกินค่ามาตรฐานกำหนด ค่ามาตรฐานที่นำมาเทียบนั้นกำหนดไว้ว่าความเข้มข้นฟอร์มาลดีไฮด์ที่อยู่ในสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่มต้องไม่ค่าไม่เกิน 20 mg/kg ตามประกาศสำนักมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม

5.1.2 จลนศาสตร์ของปฏิกิริยา และค่าครึ่งชีวิตของฟอร์มาลดีไฮด์ที่อยู่ในผ้าฝ้าย

เมื่อทราบความเข้มข้นฟอร์มาลดีไฮด์ในตัวอย่างผ้าฝ้ายทั้ง 20 วัน จึงนำความเข้มข้นที่ได้มาพล็อตกราฟระหว่าง $\ln [C]$ กับ ระยะเวลา เป็นไปตามแบบจำลอง Pseudo-first order เมื่อสร้างสมการจากกราฟจะสามารถคำนวณหาค่าครึ่งชีวิตของฟอร์มาลดีไฮด์ได้ว่าที่ระยะเวลาเท่าใด ความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์จะลดลงครึ่งหนึ่งจากความเข้มข้นเริ่มต้น พบว่าเมื่อเก็บรักษา ผ้าฝ้ายแบบเปิด ค่าครึ่งชีวิตของฟอร์มาลดีไฮด์จะมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8 วันและการเก็บรักษาผ้าฝ้ายแบบ ปิดมิดชิด ค่าครึ่งชีวิตของฟอร์มาลดีไฮด์จะมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6 วัน

5.1.3 ระดับความเข้มข้นฟอร์มาลดีไฮด์ในผ้าฝ้ายหลังการซักล้างด้วยน้ำอุ่นและผงซักฟอก

การวิเคราะห์ความเข้มข้นฟอร์มาลดีไฮด์ในผ้าฝ้ายหลังการซักล้างด้วยน้ำอุ่นและผงซักฟอก จากตัวอย่างจำนวน 6 ตัวอย่าง ได้แก่ AWO, BWO, CWO, AWC, BWC และ CWC พบว่า ร้อยละการสลายตัวของฟอร์มาลดีไฮด์หลังการซักล้างด้วยน้ำอุ่นจะอยู่ที่ 44.04 ถึง 70.62 ส่วนการซักล้างด้วยผงซักฟอก ร้อยละการสลายตัวของฟอร์มาลดีไฮด์มีค่าเท่ากับ 55.33 ถึง 77.78

5.1.4 ระดับความเข้มข้นฟอร์มาลดีไฮด์เปรียบเทียบระหว่างผ้าที่พิมพ์ลายและไม่พิมพ์ลาย

จากการวิเคราะห์ปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์ในผ้าตัวอย่าง 5 ชนิด ได้แก่ ผ้าจอร์เจีย ผ้าสเปน ผ้าซาติน ผ้าพอลีเอสเตอร์ และผ้าชีฟอง เพื่อเปรียบเทียบปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์ระหว่างผ้าที่พิมพ์ลายและไม่ พิมพ์ลาย เห็นได้ว่าผ้าที่มีการพิมพ์ลายจะมีปริมาณของฟอร์มาลดีไฮด์สูงกว่าผ้าที่ไม่มีการ

พิมพ์ลาย ปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์พบในผ้าที่พิมพ์ลายเกิดจากวัสดุและสารเคมีที่ใช้สำหรับพิมพ์ ลวดลาย เช่น สีย้อม เรซินที่ใช้ในกระบวนการย้อม เป็นต้น

5.2 ปัญหาและอุปสรรค

1. การใช้เครื่องอังไอน้ำแบบควบคุมอุณหภูมิ เครื่องไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ตามที่ ต้องการ
2. หลังจากการผสมสารละลายตัวอย่างกับสารละลาย NASH แล้ว ต้องทำการวัดค่าการ ดูดกลืน แสงให้เร็วที่สุด เนื่องจากสารละลายตัวอย่างจะมีสีเข้มขึ้นกว่าปกติ แต่เนื่องด้วยตารางการ ใช้งาน เครื่องยูวี-วิสิเบิลไม่เป็นไปตามตามตารางการใช้งานเครื่องมือ จึงทำให้การทดลองมี ความล่าช้า และต้องเตรียมสารละลายใหม่อีกครั้ง

5.3 ข้อเสนอแนะ

จากการทดลองทั้งหมดสามารถนำไปประยุกต์ใช้สำหรับการหาฟอร์มาลดีไฮด์ในเครื่อง นึ่งห่ม และของเล่นของเด็กทารก เนื่องจากอันตรายของฟอร์มาลดีไฮด์จะส่งผลกระทบต่อสุขภาพของ เด็กทารก และเด็กเล็กได้ดีกว่าในผู้ใหญ่

เอกสารอ้างอิง

- กรมควบคุมมลพิษ, 2541. มลพิษจากของเสียอันตราย. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://www.thaienvimonitor.net/Database/solid.htm> : วันที่สืบค้น 25 พฤศจิกายน 2556.
- กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2553. **คู่มือการจัดการสารเคมีอันตรายสูง พอร์มาลดีไฮด์ (Formaldehyde)**. กรุงเทพฯ. : บริษัท เอ็ม ซี ซิลลาบัส จำกัด.
- กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, 2546. **อันตรายจากสิ่งแวดล้อมการทำงานในโรงพยาบาล การป้องกัน และควบคุม**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://advisor.anamai.moph.go.th/HPH/NEWS/ergo13.html> : วันที่สืบค้น 5 ธันวาคม 2556.
- คมกริช ชันก้อน และคณะ. 2551. “การตรวจวัดพอร์มาลดีไฮด์ในอากาศภายในอาคาร.” ปริญญา นิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาเคมีทรัพยากรสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- นิพนธ์ โพธิ์พัฒนชัย. 2556. **ความปลอดภัยจากพอร์มาลดีไฮด์ภายในอาคาร** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก <http://www.manager.co.th/QOL/ViewNews.aspx?NewsID=956000052702&CommentReferID=23073030&CommentReferNo=15&TabID=2&>: วันที่สืบค้น 17 พฤศจิกายน 2556.
- มินตรา ปานสอน. 2540. **อันตรายจากพอร์มาลดีไฮด์**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.learners.in.th/blogs/posts/328861>: วันที่สืบค้น 12 ธันวาคม 2556.
- ศูนย์ข้อมูลพิษวิทยา, 2543. **ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับสิ่งที่เป็นพิษ**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : [http:// www.webdb.dmsc.moph.go.th/ifc_toxic/a_tx_1_001c.asp?in_id=79](http://www.webdb.dmsc.moph.go.th/ifc_toxic/a_tx_1_001c.asp?in_id=79) : วันที่สืบค้น 12 ธันวาคม 2556.
- ศูนย์วิเคราะห์ทดสอบสิ่งทอ, 2542. “**Eco-Textile Tests**” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก <http://www.thaitextile.org/lab/content.php?id=ARC0121004200609>: วันที่สืบค้น 2 กุมภาพันธ์ 2557.
- ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ และ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2550. **คัมภีร์พิชิตมลพิษสิ่งแวดล้อม EU Flower สำหรับผลิตภัณฑ์สิ่งทอ**. กรุงเทพฯ. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก <http://www.chemtrack.org/News-Detail.asp TID=4&ID=24>: วันที่สืบค้น 6 มีนาคม 2557.
- สุชาดา ชินะจิตร. 2549. “ **พอร์มาลีน – พอร์มาลดีไฮด์ สารร้ายตัวก่อมะเร็ง** ” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : [http:// www.chemrack.org.html](http://www.chemrack.org.html). วันที่สืบค้น 10 พฤศจิกายน 2556.

- สิริวรรณ.2543. **Effects of Temperature and Relative Humidity on the Concentration of Formaldehyde and Acetaldehyde Compounds in Urban Area.** ปรินูญานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต คณะวิศวกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
- ศโรชา.2552. **การดูดซับฟอร์มัลดีไฮด์ในน้ำเสียด้วยถ่านรูปถุขีและตะกอนดิน.** ปรินูญานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมและสถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ. 2552. **แนวทางการผลิตสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่มที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมสู่ตลาดสหภาพยุโรป** กรุงเทพฯ .[ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก <http://www.chemtrack.org/News-Detail.aspTID=4&ID=24>: วันที่สืบค้น 6 มีนาคม 2557.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกระทรวงอุตสาหกรรม.2554. **“ความปลอดภัยของสีและสารเคมีที่ใช้กับเสื้อผ้า”** [ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก<http://www.tisi.go.th/bulletinT/pdf/2556/454Apr13.pdf>: วันที่สืบค้น 29 ตุลาคม 2556.
- สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 9 จังหวัดพิษณุโลก. 2540. **“โรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม.”** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://www.dpc9.ddc.moph.go.th> : วันที่สืบค้น 20 ธันวาคม2556.
- สำนักงานเลขานุการ โครงการฉลากเขียว สถาบันสิ่งแวดล้อมไทยสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.2540. **“ข้อกำหนดฉลากเขียวสำหรับผลิตภัณฑ์สำหรับผ้าและผลิตภัณฑ์ทำจากผ้า”** [ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก <http://www.tei.or.th/greenlabel/pdf/TGL-16-R2-11.pdf>: วันที่สืบค้น 5 ธันวาคม 2556.
- สำนักวิจัยเศรษฐกิจอุตสาหกรรม สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม **“อนาคตอุตสาหกรรมสิ่งทอไทย .2552.”**[ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก :<http://www.oie.go.th/sites/default/files/attachments/article/TextileIndustry-intheFuture.pdf>: วันที่สืบค้น 2 มีนาคม 2557.
- อุษา ฐานะสุนทรฤกษ์. 2543. **“การตกแต่งกันยับผ้าฝ้ายโดยปราศจากฟอร์มัลดีไฮด์ด้วยโคพอลิเมอร์ของกรดอะคริลิกและกรดมาลิก.”** ปรินูญานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์และเทคโนโลยีสิ่งทอ ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- BIC CHEMICAL CO., LTD. 2013. **“สารลดแรงตึงผิวในผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดและฆ่าเชื้อโรค”** [ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก http://www.bicchemical.com/index.php?option=com_content&view=article&id=78&lang=en: วันที่สืบค้น 10 มีนาคม 2557

- Bendicho, C. *et al.* 2011. “**Liquid-phase microextraction with in-drop derivatization combined with microvolume fluorospectrometry for free and hydrolyzed formaldehyde determination in textile samples**” *Chimica Acta* 687 pp 50–55.
- Children’s Products .2013. “**Determination of Formaldehyde Content in Toys using UV/Vis Spectrometry**” [ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก:http://www.Perkinelmer.com/pdfs/downloads/APP_FormaldehydeInToysUVVis.pdf: วันที่สืบค้น 6 ธันวาคม 2556.
- Dutch Institute for Working Environmental and Dutch Chemical Industry Association, 1991, **Chemical Safety Sheets**, Samson Chemical Publishers. : วันที่สืบค้น 6 ธันวาคม 2556.
- Dynamica Scientific Ltd, 2010. “**Determination of formaldehyde in textiles (water extraction method)**” [ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก <http://www.dynamica-eu.com/literatures/TN2-Determination%20of%20Formaldehyde%20in%20Textile.pdf>: วันที่สืบค้น 6 ธันวาคม 2556.
- GAO (Government Accountability Office), 2008. “**FORMALDEHYDE IN TEXTILES**” [ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก <http://www.gao.gov/new.items/d10875.pdf>: วันที่สืบค้น 12 ธันวาคม 2556
- Karol Hensel, *et al.* 2005. “**Abatement of Formaldehyde by Streamer Corona Discharge Combined With Catalyst.**” *Environment International*. pp 85 -88.
- P.Piccinini และคณะ, 2008. “**European survey on the release of formaldehyde from textiles**” [ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/11111111111/5233/1/6150%20-%20HCHO_survey_final_report.pdf: วันที่สืบค้น 6 ธันวาคม 2556.
- Schindler, W. D. and Hauser, P. J. 2004. *Chemical finishing of Textiles*. Cambridge:Woodhead Publishing. [ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก <http://www.chemtrack.org/News-Detail.asp?TID=4&ID=24>: วันที่สืบค้น 6 มีนาคม 2557.
- Sudhakar Nayak, 2004. “**Detection of formaldehyde in textiles by chromotropic acid method**” [ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก <http://web.a.ebscohost.com/ehost/detail?sid=1fc7c1b2-0231-4a77-b401-7a1928a22b95%40sessionmgr4002&vid=1&hid=4207&bdata=JnNpdGU9ZWhvc3QtbGI2ZQ%3d%3d>: วันที่สืบค้น 7 มีนาคม 2557.
- Textile Testing International Online Newsletter Testalks , 2012. “**Testalks**” [ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก <https://ttilabs.files.wordpress.com/2012/05/tti-testalks-march-april-2012.pdf>: วันที่สืบค้น 14 กุมภาพันธ์ 2557.

Walters, A, Santillo, D. and Johnson, P. 2005. **“An overview of textiles processing and related environmental concerns ”**

Xiaojiang Tang, *et al.* 2009. **“Formaldehyde in China: Production, consumption, exposure levels, and health effects.” Environment International.**

ภาคผนวก ก

การหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

ภาคผนวก ก

การหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

ก.1 การหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

1. การเตรียมสารละลายมาตรฐานปฐมภูมิโพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลต (Potassium hydrogen phthalate, $\text{KHC}_2\text{H}_4\text{O}_4$) ($M_w = 204.23 \text{ g/mol}$) เข้มข้น 0.1 M

- นำโพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลตชนิดรีเอเจนต์เกรด ไปอบที่อุณหภูมิ 120°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมงทิ้งให้เย็นในเคซิเคเตอร์ แล้วชั่งมาประมาณ 2 g ด้วยเครื่องชั่ง 4 ตำแหน่งละลายด้วยน้ำกลั่น ในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 mL

2. การเตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide, NaOH) ($M_w = 40 \text{ g/mol}$) เข้มข้น 0.1 M

- เตรียมสารละลายสต็อกโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 10% โดยทำการชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10 g ละลายด้วยน้ำกลั่นที่ต้มให้เดือดแล้วทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง ใส่ลงในบีกเกอร์ขนาด 100 mL จากนั้นบรรจุสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 10% ลงในขวดพลาสติกพอลิเอทิลีน

- เตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.1 M โดยทำการต้มน้ำกลั่น 1,000 mL ในบีกเกอร์ ขนาด 1 L ต้มให้เดือดประมาณ 5 นาที แล้วตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องใช้กระดาษฟิคาปิดไว้ นำสารละลายสต็อกโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 10 % ปิเปตมา 40 mL เดิมลงในบีกเกอร์แล้วใช้แท่งแก้วคนค่อยๆ ไม่ให้เกิดฟอง ถ่ายสารละลายลงในขวดพอลิเอทิลีนที่มีจุกเกลียวปิด

3. การเตรียมสารละลายฟีนอล์ฟทาลีน (Phenolphthalein)

- ละลายฟีนอล์ฟทาลีน 0.10 g ในเอทิลแอลกอฮอล์ 96% ปริมาตร 1,000 mL

4. หาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์

- ปิเปตสารละลายโพแทสเซียมพทาเลต 10 mL ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 mL หยดฟีนอล์ฟทาลีน 2 – 3 หยด จากนั้นไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์จนปรากฏ สีชมพูอ่อนเกิดขึ้นอย่าง น้อย 20 วินาที บันทึกปริมาตรสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้

ผลการทดลอง

การหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 M ด้วยสารละลายมาตรฐานปฐมภูมิโพแทสเซียมพทาเลต

ชั่งสารมาตรฐานปฐมภูมิ (KHP)	2.0482 g
ละลายในน้ำกลั่น	100 mL
ปริมาตรที่ใช้ครั้งละ	10 mL

ตาราง ก - 1 การหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายมาตรฐาน โซเดียมไฮดรอกไซด์

ครั้งที่	ปริมาตรเริ่มต้น	ปริมาตรสิ้นสุด	ปริมาตรที่ใช้
1	0.00	9.50	9.50
2	9.50	19.00	9.50
3	19.00	28.60	9.60
เฉลี่ย			9.53

การคำนวณ

$$\begin{aligned}
 1. \text{ การคำนวณหา [KHP]} \quad \text{จาก [KHP]} &= \frac{g}{EW} \times \frac{1000}{V} \\
 &= 0.1003 \text{ M} \\
 \text{ดังนั้น [KHP]} &= 0.1052 \text{ M}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2. \text{ การคำนวณหา [NaOH]} \quad N_1 V_1 &= N_2 V_2 \\
 &= (10 \times 0.1003)/9.53 \text{ M} \\
 \text{ดังนั้น [NaOH]} &= 0.1052 \text{ M}
 \end{aligned}$$

ก.2 การหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายกรดซัลฟิวริก

1. การเตรียมสารละลายกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 1 N

- ปิเปิดสารละลายกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 98% มา 28 mL ใส่ในขวดปรับปริมาตรขนาด 1,000 mL แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น

2. การเตรียมสารละลายกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 0.02 N

- ปิเปิดสารละลายกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 1 N มา 20 mL ใส่ในขวดปรับปริมาตรขนาด 1000 mL แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น

3. หาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายกรดซัลฟิวริก

- ปิเปิดสารละลายกรดซัลฟิวริกมา 50 mL ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 mL หยดฟีนอล์ฟทาลีน 2 – 3 หยด จากนั้นไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์จนปรากฏสีชมพูอ่อนเกิดขึ้น นานอย่างน้อย 20 วินาที บันทึกปริมาตรสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้

ผลการทดลอง

การหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายกรดซัลฟิวริก 0.02 N ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

$$\begin{aligned}
 [\text{NaOH}] &= 0.1052 \text{ N} \\
 \text{ปริมาตรสารละลายกรดซัลฟิวริกที่ใช้} &= 50 \text{ mL}
 \end{aligned}$$

ตาราง ก-2 การหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายกรดซัลฟิวริก

ครั้งที่	ปริมาตรเริ่มต้น	ปริมาตรสิ้นสุด	ปริมาตรที่ใช้
1	28.70	38.20	9.50
2	38.20	47.80	9.60
3	0.00	9.50	9.50
เฉลี่ย			9.53

การคำนวณ

$$\begin{aligned}
 1. \text{ การคำนวณหา } [H_2SO_4] \quad N_1V_1 &= N_2V_2 \\
 &= (9.53 \times 0.1052) / 50 \quad N \\
 \text{ดังนั้น } [H_2SO_4] &= 0.0201 \text{ N}
 \end{aligned}$$

ก.3 การหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายสติกฟอร์มาลดีไฮด์

1. การเตรียมสารละลายสติกฟอร์มาลดีไฮด์ 1500 mg/L

- ปิเปตสารละลายฟอร์มาลดีไฮด์ 40% m/v มา 3.8 mL ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นในขวดปรับปริมาตรขนาด 1000 mL เก็บไว้อย่างน้อย 24 ชั่วโมงก่อนนำมาหาความเข้มข้นที่แน่นอน

2. การเตรียมสารละลายโซเดียมซัลไฟต์ เข้มข้น 1 M

- ชั่งโซเดียมซัลไฟต์ 126 g ละลายด้วยน้ำกลั่นจากนั้นปรับปริมาตรในขวดปรับปริมาตรขนาด 1000 mL

3. การเตรียมสารละลายโซมอลทาลีน

- ชั่งโซมอลทาลีน 0.10 g ละลายด้วยเอทิลแอลกอฮอล์ 96% ปริมาตร 100 mL

4. การหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายสติกฟอร์มาลดีไฮด์

- ปิเปตสารละลายโซเดียมซัลไฟต์มา 50 mL ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 mL หยดโซมอลทาลีน 2-3 หยด จะปรากฏสีน้ำเงิน จากนั้นหยดสารละลายโพแทสเซียม ไฮโดรเจนพทาเลตลง ไปจนกว่าสีน้ำเงินหายไป แล้วเติมสารละลายสติกฟอร์มาลดีไฮด์ 10 mL จะปรากฏสีน้ำเงินอีกครั้ง นำไปไทเทรตด้วยสารละลายกรดซัลฟิวริกจนสีน้ำเงินหายไป บันทึกปริมาตรสารละลายกรดซัลฟิวริกที่ใช้

ผลการทดลอง

ตาราง ก-3 การหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายสตีคฟอร์มาลดีไฮด์

ครั้งที่	ปริมาตรเริ่มต้น	ปริมาตรสิ้นสุด	ปริมาตรที่ใช้
1	0.00	25.20	25.20
2	0.00	25.10	25.10
3	0.00	25.20	25.20
เฉลี่ย			25.17

การคำนวณ

$$\text{มวลโมเลกุลของฟอร์มาลดีไฮด์} = 30,030 \text{ mg/mol}$$

$$\text{การคำนวณหา [HCHO]} \quad C = \frac{(30,030)(A)(N)}{10}$$

โดยที่ C = ความเข้มข้นของ HCHO(mg/L)

A = ปริมาตรสารละลายกรดซัลฟิวริกที่ใช้(mL)

N = ความเข้มข้นสารละลายกรดซัลฟิวริก(N)

$$= 1516.6192 \quad \text{mg/L}$$

$$\text{ดังนั้น [HCHO]} = 1517 \quad \text{mg/L}$$

ภาคผนวก ข

การสร้างกราฟมาตรฐานฟอร์มมาดีไฮด์

ภาคผนวก ข

การสร้างกราฟมาตรฐานฟอร์มาลดีไฮด์

ข. 1 การสร้างกราฟมาตรฐานฟอร์มาลดีไฮด์

1. การเตรียมสารละลายฟอร์มาลดีไฮด์ 150 mg/L

- ปิเปตสารละลายสต็อกฟอร์มาลดีไฮด์เข้มข้น 1500 mg/L (หาความเข้มข้นที่แน่นอนแล้ว) มา 25 mL ใส่ในขวดปรับ ปริมาตรขนาด 250 mL แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น

2. การเตรียมสารละลาย NASH Reagent

- ชั่งแอมโมเนียมอะซิเตต 150 g ละลายด้วยน้ำกลั่น 800 mL จากนั้นเติมสารละลายกรดอะซิติก 3 mL และสารละลายอะซิโกลอะซิโตน 2 mL ใส่ในขวดปรับปริมาตรขนาด 1000 mL ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น การเก็บรักษาสารละลาย NASH ควรเก็บในขวดสีชาโดยมีอายุการใช้งาน ที่ 6-8 สัปดาห์

3. การสร้างกราฟมาตรฐานฟอร์มาลดีไฮด์

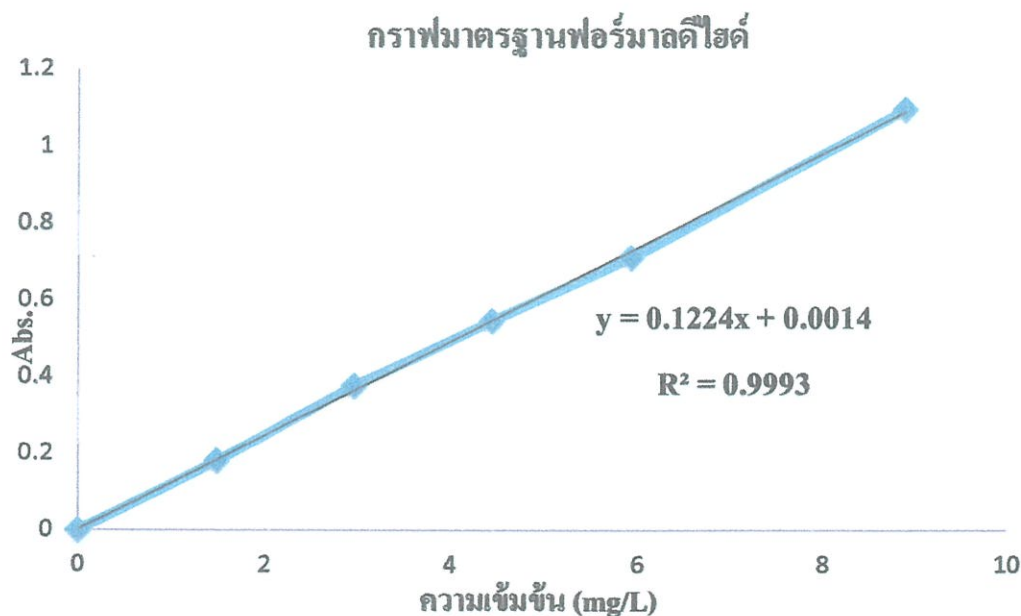
- ปิเปตสารละลายฟอร์มาลดีไฮด์ 150 mg/L มา 5 , 10 , 15 , 20 , 30 mL ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 500 mL แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจะได้สารละลายมาตรฐาน ฟอร์มาลดีไฮด์ที่มีความเข้มข้น 1.5 , 3.0 , 4.5 , 6.0 และ 9.0 mg/L

- ปิเปตสารละลายมาตรฐานฟอร์มาลดีไฮด์ที่เตรียมได้ข้างต้นมาอย่างละ 5 mL ใส่ในหลอดทดลอง จากนั้นเติมสารละลาย NASH จำนวน 5 mL เขย่าแล้วนำไปแช่ในตู้รังความร้อนที่อุณหภูมิ 58 ± 1 °C เป็นเวลา 6 นาที ตั้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้องแล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 412 nm

ผลการทดลอง

ตารางที่ ข-1 ค่าการดูดกลืนแสงช่วงความยาวคลื่น 412 นาโนเมตร ที่ความเข้มข้นต่างๆ ของสารละลายมาตรฐานฟอร์มาลดีไฮด์

ความเข้มข้นสารละลายมาตรฐานฟอร์มาลดีไฮด์ (mg/L)	ค่าการดูดกลืนแสง
1.50	0.1810
3.00	0.3777
4.50	0.5460
6.00	0.7110
9.00	1.0980



รูปที่ ข-1 กราฟที่ความเข้มข้นต่างๆของสารละลายมาตรฐานฟอร์มัลดีไฮด์

ข. 2 การประกันคุณภาพในการวิเคราะห์

การทำ Spike

1. นำตัวอย่างฝ้ามืดเป็นชั้นทดสอบ แต่ละชั้นตัดให้เป็นชิ้นเล็กๆ นำไปชั่งประมาณ 1 g และ อ่านค่าละเอียดได้ถึง 10 mg ถ้าคาดว่ามีความเข้มข้นฟอร์มัลดีไฮด์น้อยให้เพิ่มน้ำหนักเป็น 2.5 g
2. นำตัวอย่างของแต่ละชั้นทดสอบที่ตัดเป็นชิ้นเล็กๆ ใส่ลงไปในขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 mL ปิดด้วยจุกปิดหรือพาราฟิล์ม สำหรับชุดควบคุมเติมน้ำกลั่น 100 mL และขวดการทดลองที่ทำ spike เติมสารละลายฟอร์มัลดีไฮด์เข้มข้น 0.5, 5.0 และ 7.5 mg/L จำนวน 100 mL วางลงในเครื่อง Water bath ที่ อุณหภูมิ 40 ± 2 °C นาน 60 ± 5 นาที เขย่าทุกๆ 5 นาที จนแน่ใจว่าชั้นทดสอบเปียกอย่างทั่วถึง ถ้าใช้เครื่องเขย่าอัตโนมัติ แล้วเทกรองสารละลายลงในขวดอีกใบหนึ่ง
3. ใช้ปิเปตดูสารละลายตัวอย่างที่กรองได้ 5 mL ใส่ลงในหลอดทดลอง เติมสารละลาย NASH 5 mL ลงในแต่ละหลอดและเขย่า ทำสารละลายแบลนด์โดยใช้สารละลาย NASH 5 mL ในน้ำกลั่น 5 mL
4. วางหลอดทดลองทั้งหมดลงในเครื่องอุ่นน้ำที่ควบคุมอุณหภูมิ 58 ± 1 °C เป็นเวลา 6 นาที แล้วยกออกมาวางไว้ให้เย็นในอุณหภูมิห้อง
5. นำสารละลายทั้งหมดที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องยูวี-วิสลิเบลสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 412 nm

การคำนวณ

$$F = (C \times 100)/W$$

F = ระดับฟอร์มัลดีไฮด์ที่อยู่ในสิ่งทอ หน่วย mg/kg

C = ค่าความเข้มข้นที่อ่านได้จากกราฟ

W = น้ำหนักของผ้าตัวอย่าง หน่วย g

เมื่อได้ค่า F แล้ว สามารถหา % recovery ได้จากสูตร

สูตร
$$\% \text{ Recovery} = \frac{(P_1 - P_2)}{P_A} \times 100$$

โดยที่ P_1 = ความเข้มข้นของตัวอย่างผ้าที่เติมสารละลายมาตรฐาน

P_2 = ความเข้มข้นของตัวอย่างผ้าที่ไม่ได้เติมสารละลายมาตรฐาน (จุดควบคุม)

P_A = ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานที่เติมลงไปในตัวอย่างไม่

ตาราง ข - 2 ความเข้มข้นของน้ำตัวอย่างที่ทำ spike

สารละลาย	น้ำหนักผ้า (g)	P	F (mg/kg)	% Recovery
sample	2.3596	1.44	61.03	-
Sample + spike 0.5 mg/L	2.3564	1.45	61.53	101.45
Sample + spike 5.0 mg/L	2.3672	1.57	66.32	105.92
Sample + spike 7.5 mg/L	2.3637	1.63	68.96	105.77

ภาคผนวก ค

ผลการวิเคราะห์และตัวอย่างการคำนวณหาความเข้มข้น
ของฟอร์มัลดีไฮด์

ภาคผนวก ค

ผลการวิเคราะห์และตัวอย่างการคำนวณหาความเข้มข้น ของฟอร์มัลดีไฮด์

ค.1 การคำนวณหาความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในตัวอย่างผ้าฝ้าย ระยะเวลาทดสอบ
20 วัน

การคำนวณ

$$F = \frac{C \times 100}{W}$$

F คือ ความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ (mg/kg)

C คือ ความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ที่อ่านได้จากกราฟ

W คือ น้ำหนักผ้า (g)

ตัวอย่างผ้าฝ้าย

AWO ซ้ำที่ 1 วันที่ 1

น้ำหนักผ้า (W) เท่ากับ 1.9100 g , ฟอร์มัลดีไฮด์ที่อ่านได้จาก

กราฟ(C) เท่ากับ 2.03 mg/kg แทนค่าลงในสูตร

$$F = \frac{C \times 100}{W}$$

$$F = \frac{2.03 \times 100}{1.9100}$$

$$F = 106.28 \text{ mg/kg}$$

ตาราง ค.1 ความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ในตัวอย่างผ้าฝ้ายสีขาว วันที่ 1-20 ในระบบเปิด-ปิด

วันที่	ฟอร์มาลดีไฮด์ระบบเปิด(mg/kg)				ฟอร์มาลดีไฮด์ระบบปิด(mg/kg)			
	ตัวอย่าง	น้ำหนัก(g)	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ตัวอย่าง	น้ำหนัก(g)	ค่าเฉลี่ย	S.D.
1	AWO	1.9100	106.28	0.00	AWC	2.1810	133.73	0.26
	BWO	1.9860	38.82	3.59	BWC	2.3020	29.39	5.90
	CWO	1.9790	120.94	0.29	CWC	2.0120	178.26	5.08
2	AWO	2.2107	77.49	6.84	AWC	2.2496	106.01	3.75
	BWO	2.0760	29.42	3.15	BWC	2.3764	28.75	0.60
	CWO	2.3561	94.31	2.35	CWC	2.1173	152.80	0.59
4	AWO	2.3206	63.79	0.59	AWC	2.3677	93.03	1.07
	BWO	2.0698	27.04	3.16	BWC	2.4365	23.52	1.83
	CWO	2.2756	81.66	1.71	CWC	2.3577	109.40	0.78
6	AWO	2.4012	49.69	0.36	AWC	2.3840	75.77	1.11
	BWO	2.2979	23.07	0.24	BWC	2.4088	21.01	2.27
	CWO	2.2504	62.06	0.08	CWC	2.3982	93.49	2.12
8	AWO	2.4106	43.01	0.74	AWC	2.1816	61.14	1.40
	BWO	2.2337	19.76	2.05	BWC	2.0101	18.95	0.18
	CWO	2.3538	50.42	0.44	CWC	2.1850	73.00	1.71
10	AWO	2.3578	36.19	0.34	AWC	2.0857	44.05	1.27
	BWO	2.3092	15.31	0.31	BWC	2.4029	13.46	0.24
	CWO	2.2460	37.64	1.96	CWC	2.2343	54.41	1.36
12	AWO	2.0574	23.09	1.89	AWC	2.2084	36.19	0.33
	BWO	2.4108	14.38	0.46	BWC	2.3221	12.77	0.16
	CWO	2.3130	33.87	0.08	CWC	2.2878	49.54	0.45
14	AWO	2.1411	17.91	0.63	AWC	2.3387	29.65	0.22
	BWO	2.3053	14.02	0.14	BWC	2.2348	9.84	0.06
	CWO	2.3992	27.65	0.27	CWC	2.4361	43.93	0.82

ตาราง ก.1 ความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ในตัวอย่างผ้าฝ้ายสีขาว วันที่ 1-20 ในระบบเปิด-ปิด(ต่อ)

วันที่	ฟอร์มาลดีไฮด์ระบบเปิด(mg/kg)				ฟอร์มาลดีไฮด์ระบบปิด(mg/kg)			
	ตัวอย่าง	น้ำหนัก(g)	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ตัวอย่าง	น้ำหนัก(g)	ค่าเฉลี่ย	S.D.
16	AWO	2.2128	16.95	0.32	AWC	2.2523	22.79	0.29
	BWO	2.2052	11.64	0.25	BWC	2.1926	8.36	0.24
	CWO	2.2189	20.43	0.37	CWC	2.3749	35.37	0.17
18	AWO	2.2461	14.84	0.52	AWC	2.2829	21.03	0.79
	BWO	2.2320	9.41	0.01	BWC	2.2350	6.41	1.12
	CWO	2.0238	15.63	0.90	CWC	2.2332	27.91	0.52
20	AWO	2.2533	13.02	0.41	AWC	2.2145	18.06	0.08
	BWO	2.2096	8.60	0.46	BWC	2.2104	5.28	0.23
	CWO	2.0951	2.83	0.25	CWC	2.2568	19.94	0.30

ตาราง ก.2 ความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ในตัวอย่างผ้าฝ้ายสีแดง วันที่ 1-20 ในระบบเปิด-ปิด

วันที่	ฟอร์มาลดีไฮด์ระบบเปิด(mg/kg)				ฟอร์มาลดีไฮด์ระบบปิด(mg/kg)			
	ตัวอย่าง	น้ำหนัก(g)	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ตัวอย่าง	น้ำหนัก(g)	ค่าเฉลี่ย	S.D.
1	ARO	1.9860	23.80	2.33	ARC	2.0780	Nd	0
	BRO	1.8900	10.05	0.53	BRC	1.8910	14.98	4.27
	CRO	1.7700	42.94	0.98	CRC	1.9020	47.14	0.61
2	ARO	2.2847	16.64	0.16	ARC	2.3053	17.36	0.08
	BRO	2.0509	8.34	1.41	BRC	2.2701	13.21	1.13
	CRO	2.2699	30.11	0.64	CRC	2.1373	41.68	0.32
4	ARO	1.9976	12.54	1.29	ARC	1.7698	7.34	1.83
	BRO	2.4128	7.46	1.80	BRC	1.6916	9.86	1.79
	CRO	2.3022	26.96	3.14	CRC	1.9768	31.93	2.26
6	ARO	2.3088	8.75	1.30	ARC	2.4731	6.17	0.82
	BRO	2.7036	7.04	0.02	BRC	2.2177	5.28	1.82
	CRO	2.4241	21.87	0.63	CRC	2.3379	25.50	1.51

ตาราง ก.2 ความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ในตัวอย่างผ้าฝ้ายสีแดง วันที่ 1-20 ในระบบเปิด-ปิด(ต่อ)

วันที่	ฟอร์มาลดีไฮด์ระบบเปิด(mg/kg)				ฟอร์มาลดีไฮด์ระบบปิด(mg/kg)			
	ตัวอย่าง	น้ำหนัก(g)	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ตัวอย่าง	น้ำหนัก(g)	ค่าเฉลี่ย	S.D.
8	ARO	2.4050	8.04	1.39	ARC	2.4787	5.88	1.21
	BRO	2.4600	6.91	0.63	BRC	2.4006	5.27	1.01
	CRO	2.3803	17.15	0.58	CRC	2.4189	21.92	0.75
10	ARO	2.2519	6.34	0.75	ARC	2.2794	5.70	0.71
	BRO	2.1740	5.98	0.06	BRC	2.3576	4.52	1.35
	CRO	2.3103	13.39	1.68	CRC	2.3751	15.85	1.54
12	ARO	2.0944	4.93	0.21	ARC	2.3085	5.05	0.51
	BRO	2.2528	4.87	0.69	BRC	2.0219	3.13	0.55
	CRO	2.4417	12.83	0.61	CRC	2.2731	11.87	1.38
14	ARO	2.0120	4.24	0.74	ARC	2.3024	4.78	0.42
	BRO	2.4252	4.67	0.27	BRC	2.1208	2.04	0.25
	CRO	2.2636	10.45	0.41	CRC	2.3037	8.68	0.41
16	ARO	2.1235	3.10	1.03	ARC	2.2491	4.00	0.07
	BRO	2.1631	3.70	0.45	BRC	2.1275	1.70	0.38
	CRO	2.2060	7.25	0.02	CRC	2.2754	7.03	0.11
18	ARO	2.2814	2.63	0.05	ARC	2.1994	3.18	0.01
	BRO	2.2430	3.27	0.67	BRC	2.1963	1.06	0.26
	CRO	2.1472	5.59	0.04	CRC	2.2022	5.15	0.25
20	ARO	2.1970	1.82	0.01	ARC	1.9051	0.88	0.31
	BRO	2.2365	2.83	0.25	BRC	2.2379	0.89	0.00
	CRO	2.2453	4.75	0.47	CRC	2.2043	3.18	0.01

ตาราง ค.3 ความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ในตัวอย่างผ้าฝ้ายสีน้ำเงิน วันที่ 1-20 ในระบบเปิด-ปิด

วันที่	ฟอร์มาลดีไฮด์ระบบเปิด(mg/kg)				ฟอร์มาลดีไฮด์ระบบปิด(mg/kg)			
	ตัวอย่าง	น้ำหนัก(g)	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ตัวอย่าง	น้ำหนัก(g)	ค่าเฉลี่ย	S.D.
1	ABO	1.9390	22.52	5.75	ABC	1.9560	n.d.	0.00
	BBO	1.8060	12.74	4.59	BBC	2.0980	n.d.	n.d.
	CBO	1.9240	84.37	0.79	CBC	1.8900	62.61	6.57
2	ABO	2.0114	18.96	2.64	ABC	2.3114	20.44	1.32
	BBO	2.1906	9.40	0.96	BBC	2.2993	9.30	0.65
	CBO	2.2981	68.24	2.70	CBC	2.1388	50.26	0.33
4	ABO	1.9976	16.01	0.41	ABC	2.3288	17.24	2.13
	BBO	2.4622	8.39	0.61	BBC	2.4370	8.33	1.74
	CBO	2.3699	49.81	1.16	CBC	2.1888	50.26	0.33
6	ABO	2.3304	13.29	0.60	ABC	2.4496	15.65	1.71
	BBO	2.4600	6.67	0.56	BBC	2.4232	6.99	0.41
	CBO	2.2168	46.29	0.46	CBC	2.4428	35.61	0.75
8	ABO	2.4252	10.99	0.66	ABC	2.0193	5.80	1.86
	BBO	2.4941	6.61	4.06	BBC	2.3047	5.50	0.25
	CBO	2.2161	45.05	1.31	CBC	2.2868	29.98	2.36
10	ABO	2.3910	9.61	1.08	ABC	2.3576	4.30	0.06
	BBO	2.4506	5.63	1.03	BBC	2.1331	3.28	0.08
	CBO	2.3438	33.40	1.10	CBC	2.3262	20.63	0.25
12	ABO	2.4141	9.53	0.10	ABC	2.2296	4.18	0.46
	BBO	2.4374	5.33	0.63	BBC	2.2022	2.27	0.02
	CBO	2.3991	31.68	0.37	CBC	2.1977	15.17	0.98
14	ABO	2.4287	9.34	0.34	ABC	2.1180	2.66	0.30
	BBO	2.2222	4.05	00.02	BBC	2.3842	1.87	0.49
	CBO	2.3752	26.52	0.25	CBC	2.2015	8.59	0.01

ตาราง ค.3 ความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ในตัวอย่างผ้าฝ้ายสีน้ำเงิน วันที่ 1-20 ในระบบเปิด-ปิด (ต่อ)

วันที่	ฟอร์มาลดีไฮด์ระบบเปิด(mg/kg)				ฟอร์มาลดีไฮด์ระบบปิด(mg/kg)			
	ตัวอย่าง	น้ำหนัก(g)	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ตัวอย่าง	น้ำหนัก(g)	ค่าเฉลี่ย	S.D.
16	ABO	2.2958	7.11	0.46	ABC	2.1158	2.66	0.30
	BBO	2.0590	1.81	0.28	BBC	2.3151	1.87	0.49
	CBO	2.2623	17.28	0.55	CBC	2.3280	8.59	0.01
18	ABO	2.2496	7.11	0.46	ABC	2.0563	0.97	0.02
	BBO	2.0238	1.81	0.28	BBC	2.2072	1.21	0.26
	CBO	2.1021	17.28	0.55	CBC	2.2083	7.09	0.24
20	ABO	2.1826	4.73	0.26	ABC	2.1707	0.76	0.22
	BBO	2.2202	1.20	0.49	BBC	2.2099	1.06	0.26
	CBO	2.2272	14.37	0.15	CBC	2.2501	4.45	0.10

ค.2 ความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ในตัวอย่างผ้าฝ้าย หลังการซักล้าง ด้วยน้ำอุ่นและผงซักฟอก

1. ซักทำความสะอาดโดยใช้น้ำอุ่น

ตาราง ค.4 ความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ในตัวอย่างผ้าฝ้ายหลังการซักโดยใช้น้ำอุ่น

การเก็บรักษา	ตัวอย่าง	น้ำหนัก(g)	ค่าเฉลี่ย	S.D.
เปิด	AW	1.5989	54.67	7.33
	BW	1.5591	67.62	8.00
	CW	1.5962	44.16	18.72
ปิด	AW	1.7075	44.04	2.32
	BW	1.9338	70.60	3.98
	CW	1.7012	68.52	1.25

2. ชักทำความสะอาดโดยใช้ผงซักฟอก

ตาราง ก.5 ความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ในตัวอย่างผ้าฝ้ายที่หลังการซักโดยใช้ผงซักฟอก

การเก็บรักษา	ตัวอย่าง	น้ำหนัก(g)	ค่าเฉลี่ย	S.D.
เปิด	AW-2	1.7029	71.58	3.66
	BW-2	2.0574	76.17	4.00
	CW-2	1.7703	55.33	9.36
ปิด	AW-2	2.1155	67.93	1.16
	BW-2	1.7793	70.84	1.99
	CW-2	1.7012	77.79	0.63

ก.3 ความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ในผ้าชนิดต่างๆ ที่มีการพิมพ์และไม่พิมพ์

ลวดลาย

ตาราง ก.6 ความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ในตัวอย่างผ้าฝ้ายที่มีการพิมพ์และไม่พิมพ์ลวดลาย

	ตัวอย่าง	น้ำหนัก(g)	pH	EC	C	ค่าเฉลี่ย	S.D.
พิมพ์ลาย	ผ้าจอร์เจียร์	1.9299	6.52	0.43	0.13	6.91	0.27
	ผ้าสปัน	1.8246	6.31	0.42	0.24	13.52	0.28
	ผ้าซาติน	1.8543	6.31	0.41	0.89	48.00	0.12
	ผ้าพอลิเอสเตอร์	1.8239	6.58	0.43	1.61	88.45	0.85
	ผ้าชีฟอง	1.8984	6.68	0.43	0.27	14.57	0.28
ไม่พิมพ์ลาย	ผ้าจอร์เจียร์	1.9042	6.53	0.47	0.09	4.73	0.01
	ผ้าสปัน	1.9017	6.5	0.43	0.18	9.64	0.31
	ผ้าซาติน	1.8892	6.58	0.44	0.14	7.59	0.59
	ผ้าพอลิเอสเตอร์	1.8558	6.42	0.45	0.29	15.45	0.34
	ผ้าชีฟอง	1.9004	6.69	0.44	0.10	5.61	0.29

ภาคผนวก ง

จลนศาสตร์ของปฏิกิริยาและค่าครึ่งชีวิตของฟอร์มัลดีไฮด์

ภาคผนวก ง

จลนศาสตร์ของปฏิกิริยาและค่าครึ่งชีวิตของฟอร์มัลดีไฮด์

ง.1 ปฏิกิริยาอันดับหนึ่งของฟอร์มัลดีไฮด์

การคำนวณ

$$\text{สูตรการคำนวณ} \quad t^{1/2} = \frac{\ln 2}{k}$$

ซึ่งค่า k เท่ากับความชันของกราฟระหว่าง $\ln[C]$ กับ time

ตัวอย่างผ้าฝ้าย

AWO ; สมการ คือ $y = -0.1101x + 4.6151$

$$\text{ค่า } K = 0.1101$$

$$\text{แทนค่า} \quad t^{1/2} = \frac{\ln 2}{0.1101}$$

$$t^{1/2} = 6.3 \text{ วัน หรือประมาณ 7 วัน}$$

1. การเก็บรักษาสภาวะระบบเปิด

ตาราง ง-1 การเก็บรักษาสภาวะระบบเปิดผ้าฝ้ายห่อ A

DAY	A					
	W		R		B	
	[C]	ln C	[C]	ln C	[C]	ln C
1	106.28	4.67	23.83	3.17	22.52	3.11
2	77.49	4.35	16.64	2.81	18.96	2.94
4	63.79	4.16	12.54	2.53	16.01	2.77
6	49.69	3.91	8.75	2.17	13.29	2.59
8	43.01	3.76	8.04	2.08	10.99	2.40
10	36.19	3.59	6.34	1.85	9.61	2.26
12	23.09	3.14	4.93	1.60	9.53	2.25
14	17.91	2.89	4.24	1.44	9.34	2.23
16	16.95	2.83	3.10	1.13	8.57	2.15

ตาราง ง-1 การเก็บรักษาสภาวะระบบเปิดผ้าฝ้ายที่ห้อง A(ต่อ)

DAY	A					
	W		R		B	
	[C]	ln C	[C]	ln C	[C]	ln C
18	14.84	2.70	2.63	0.97	7.11	1.96
20	13.02	2.57	1.82	0.60	4.73	1.55

ตาราง ง-2 การเก็บรักษาสภาวะระบบเปิดผ้าฝ้ายที่ห้อง B

DAY	B					
	W		R		B	
	[C]	ln C	[C]	ln C	[C]	ln C
	38.82	3.66	10.05	2.31	12.74	2.54
2	29.42	3.38	8.34	2.12	9.40	2.24
4	27.04	3.30	7.46	2.01	8.39	2.13
6	23.07	3.14	7.04	1.95	6.76	1.91
8	19.76	2.98	6.91	1.93	6.61	1.89
10	15.31	2.73	5.98	1.79	5.63	1.73
12	14.38	2.67	4.87	1.58	5.33	1.67
14	14.02	2.64	4.67	1.54	4.05	1.40
16	11.64	2.45	3.70	1.31	2.58	0.95
18	9.41	2.24	3.27	1.18	1.81	0.59
20	8.60	2.15	2.83	1.04	1.20	0.18

ตาราง ง-3 การเก็บรักษาสภาวะระบบเปิดผ้าฝ้ายที่ห่อ C

DAY	C					
	W		R		B	
	[C]	ln C	[C]	ln C	[C]	ln C
1	120.94	4.80	42.94	3.76	84.37	4.44
2	94.31	4.55	30.11	3.40	68.24	4.22
4	81.66	4.40	26.96	3.29	49.81	3.91
6	62.06	4.13	21.87	3.09	46.29	3.83
8	50.42	3.92	17.15	2.84	45.05	3.81
10	37.64	3.63	13.39	2.59	33.40	3.51
12	33.87	3.52	12.83	2.55	31.68	3.46
14	27.65	3.32	10.45	2.35	26.52	3.28
16	20.43	3.02	7.25	1.98	22.10	3.10
18	15.63	2.75	5.59	1.72	17.28	2.85
20	12.09	2.49	4.75	1.56	14.37	2.67

2. การเก็บรักษาสภาวะระบบปิด

ตาราง ง-4 การเก็บรักษาสภาวะระบบปิดผ้าฝ้ายที่ห่อ A

DAY	A					
	W		R		B	
	[C]	ln C	[C]	ln C	[C]	ln C
1	133.73	4.90	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
2	106.01	4.66	17.36	2.85	20.44	3.02
4	93.03	4.53	7.34	1.99	17.24	2.85
6	75.77	4.33	6.17	1.82	15.65	2.75
8	61.14	4.11	5.88	1.77	5.80	1.76
10	44.05	3.79	5.70	1.74	4.30	1.46
12	36.19	3.59	5.05	1.62	4.18	1.43

ตาราง ง-4 การเก็บรักษาสภาวะระบบปิดผ้าฝ้ายห่อ A (ต่อ)

DAY	A					
	W		R		B	
	[C]	ln C	[C]	ln C	[C]	ln C
14	29.65	3.39	4.78	1.56	3.15	1.15
16	22.79	3.13	4.00	1.39	2.66	0.98
18	21.03	3.05	3.18	1.16	0.97	-0.03
20	18.06	2.89	0.88	-0.13	0.76	-0.28

ตาราง ง-5 การเก็บรักษาสภาวะระบบปิดผ้าฝ้ายห่อ B

DAY	B					
	W		R		B	
	[C]	ln C	[C]	ln C	[C]	ln C
1	29.39	3.38	14.98	2.71	n.d.	n.d.
2	28.75	3.36	13.21	2.58	9.30	2.23
4	23.52	3.16	9.86	2.29	8.33	2.12
6	21.01	3.04	5.28	1.66	6.99	1.94
8	18.95	2.94	5.27	1.66	5.50	1.70
10	13.46	2.60	4.52	1.51	3.28	1.19
12	12.77	2.55	3.13	1.14	2.27	0.82
14	9.84	2.29	2.04	0.71	2.24	0.80
16	8.36	2.12	1.70	0.53	1.87	0.63
18	6.41	1.86	1.06	0.06	1.21	0.19
20	5.28	1.66	0.89	-0.11	1.06	0.05

ตาราง ง-6 การเก็บรักษาสภาวะระบบปิดผ้าฝ้ายที่ห่อ C

DAY	C					
	W		R		B	
	[C]	ln C	[C]	ln C	[C]	ln C
1	178.26	5.18	47.14	3.85	62.61	4.14
2	152.80	5.03	41.68	3.73	50.26	3.92
4	109.85	4.70	31.93	3.46	42.09	3.74
6	93.49	4.54	25.50	3.24	35.61	3.57
8	73.00	4.29	21.92	3.09	29.98	3.40
10	54.41	4.00	15.85	2.76	20.63	3.03
12	49.54	3.90	11.87	2.47	15.17	2.72
14	43.93	3.78	8.68	2.16	10.30	2.33
16	35.37	3.57	7.03	1.95	8.59	2.15
18	27.91	3.33	5.15	1.64	7.09	1.96
20	19.94	2.99	3.18	1.16	4.45	1.49

ภาคผนวก จ

การวิเคราะห์ทางสถิติ

ภาคผนวก จ

การวิเคราะห์ทางสถิติ

จ.1 การวิเคราะห์ทางสถิติของความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ในผ้าฝ้าย ซึ่งแบ่งตามการ
เก็บรักษา คือ การเก็บรักษาระบบเปิด และการเก็บรักษาระบบปิด

ตาราง จ-1 ความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ในผ้าฝ้ายสีขาว ยี่ห้อ A, B, C ในการเก็บรักษา
ระบบเปิดและระบบปิด

ระบบ	ยี่ห้อ	วัน										
		1	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
Open	A	106.28	77.49	63.79	49.69	43.01	36.19	23.09	17.91	16.95	14.84	13.02
	B	38.82	29.42	27.04	23.07	19.76	15.31	14.38	14.02	11.64	9.41	8.60
	C	120.94	94.31	81.66	62.06	50.42	37.64	33.87	27.65	20.43	15.63	12.09
Close	A	133.73	106.01	93.03	75.77	61.14	44.05	36.19	29.65	22.79	21.03	18.06
	B	29.39	28.75	23.52	21.01	18.95	13.46	12.77	9.84	8.36	6.41	5.28
	C	178.26	152.80	109.85	93.49	73.00	54.41	49.54	43.93	35.37	27.91	19.94

สมมติฐานทางสถิติ

H_0 = ความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ในผ้าฝ้ายสีขาว 2 ระบบ ไม่แตกต่างกัน

H_1 = ความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ในผ้าฝ้ายสีขาว 2 ระบบ แตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตาราง จ-2 ค่าการวิเคราะห์ทางสถิติฟอร์มาลดีไฮด์ในผ้าฝ้ายสีขาว ยี่ห้อ A, B, C ในการเก็บรักษา
ระบบเปิดและระบบปิด

ANOVA

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F	Sig.
System	1	2765.926	2765.926	2.527	0.117
Cloth	2	24355.948	12177.974	11.125	0.000
Error	60	65680.671	1094.678		
Total	65	95157.438			

กำหนดระดับนัยสำคัญกำหนดให้ $p = 0.05$

จากการวิเคราะห์ทางสถิติโดยโปรแกรม SPSS ทดสอบสมมติฐานด้วยการวิเคราะห์ Factorial Experiments ดังตาราง ง-2 พบว่าค่า Sig. มีค่าเท่ากับ 0.117 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 จึงยอมรับ H_0 ปฏิเสธ H_1 คือ ความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ในผ้าฝ้ายสีขาว ยี่ห้อ A, B, C ในการเก็บรักษาระบบเปิดและระบบปิด ไม่แตกต่างกัน

ตาราง ง-3 ความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ในผ้าฝ้ายสีแดง ยี่ห้อ A, B, C ในการเก็บรักษาระบบเปิดและระบบปิด

ระบบ	ยี่ห้อ	วัน										
		1	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
Open	A	23.83	16.64	12.54	8.75	8.04	6.34	4.93	4.24	3.10	2.63	1.82
	B	10.05	8.34	7.46	7.04	6.91	5.98	4.87	4.67	3.70	3.27	2.89
	C	42.94	30.11	26.96	21.87	17.15	13.39	12.83	10.45	7.25	5.59	4.75
Close	A	n.d.	17.36	7.34	6.17	5.88	5.70	5.05	4.78	4.00	3.18	0.88
	B	14.98	13.21	9.86	5.28	5.27	4.52	3.13	2.04	1.70	1.06	0.89
	C	47.14	41.68	31.93	25.50	21.92	15.85	11.87	8.68	7.03	5.15	3.18

สมมติฐานทางสถิติ

H_0 = ความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ในผ้าฝ้ายสีแดง 2 ระบบ ไม่แตกต่างกัน

H_1 = ความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ในผ้าฝ้ายสีแดง 2 ระบบ แตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตาราง ง-4 ค่าการวิเคราะห์ทางสถิติฟอร์มาลดีไฮด์ในผ้าฝ้ายสีแดง ยี่ห้อ A, B, C ในการเก็บรักษาระบบเปิดและระบบปิด

ANOVA

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F	Sig.
System	1	0.136	0.136	0.002	0.967
Cloth	2	2221.789	1110.894	14.231	0.000
Error	59	4605.745	78.063		
Total	64	6883.005			

กำหนดระดับนัยสำคัญกำหนดให้ $p = 0.05$

จากการวิเคราะห์ทางสถิติโดยโปรแกรม SPSS ทดสอบสมมติฐานด้วยการวิเคราะห์ Factorial Experiments ดังตาราง ง- 4 พบว่าค่า Sig. มีค่าเท่ากับ 0.967 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 จึงยอมรับ H_0 ปฏิเสธ H_1 คือ ความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ในผ้าฝ้ายสีแดง ยี่ห้อ A, B, C ในการเก็บรักษาระบบเปิดและระบบปิด ไม่แตกต่างกัน

ตาราง ง-5 ความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ในผ้าฝ้ายสีน้ำเงิน ยี่ห้อ A, B, C ในการเก็บรักษาระบบเปิดและระบบปิด

ระบบ	ยี่ห้อ	วัน										
		1	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
Open	A	22.52	18.96	16.01	13.29	10.99	9.61	9.53	9.34	8.57	7.11	4.73
	B	12.74	9.40	8.39	6.76	6.61	5.63	5.33	4.05	2.58	1.81	1.20
	C	84.37	68.24	49.81	46.29	45.05	33.40	31.68	26.52	22.10	17.28	14.37
Close	A	n.d.	20.44	17.24	15.65	5.80	4.30	4.18	3.15	2.66	0.97	0.76
	B	n.d.	9.30	8.33	6.99	5.50	3.28	2.27	2.24	1.87	1.21	1.06
	C	62.61	50.26	42.09	35.61	29.98	20.63	15.17	10.30	8.59	7.09	4.45

สมมติฐานทางสถิติ

H_0 = ความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ในผ้าฝ้ายสีน้ำเงิน 2 ระบบ ไม่แตกต่างกัน

H_1 = ความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ในผ้าฝ้ายสีน้ำเงิน 2 ระบบ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ
0.05

ตาราง ง-6 ค่าการวิเคราะห์ทางสถิติฟอร์มาลดีไฮด์ในผ้าฝ้ายสีน้ำเงิน ยี่ห้อ A, B, C ในการเก็บรักษาระบบเปิดและระบบปิด

ANOVA

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F	Sig.
System	1	700.482	700.482	4.275	0.043
Cloth	2	9703.928	4851.964	29.614	0.000
Error	58	9502.743	163.840	1.351	
Total	63	20336.837			

กำหนดระดับนัยสำคัญกำหนดให้ $p = 0.05$

จากการวิเคราะห์ทางสถิติโดยโปรแกรม SPSS ทดสอบสมมติฐานด้วยการวิเคราะห์ Factorial Experiments ดังตาราง ง- 6 พบว่าค่า Sig. มีค่าเท่ากับ 0.043 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 จึงปฏิเสธ H_0 ยอมรับ H_1 คือ ความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ในผ้าฝ้ายสีน้ำเงิน ยี่ห้อ A, B, C ในการเก็บรักษาระบบเปิดและระบบปิด แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ 0.05