

การศึกษาการเคลือบผิวผ้าด้วยพอลิเมอร์จากธรรมชาติเพื่อป้องกันการซึมผ่าน
ของคาร์บอน



นางสาวคุณัญญา ศรีสมปอง

รายงานฉบับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Study of Improving Anti-Penetration performance from Carbaryl using
Biopolymer Coated on Fabric



A Report Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of
Bachelor of Engineering in Chemical Engineering Faculty of Engineering, King
Mongkut, s Institute of Technology Ladkrabang Academic Year 2019

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์เรื่อง การศึกษาการเคลือบผิวผ้าด้วยพอลิเมอร์จากธรรมชาติเพื่อป้องกันการซึมผ่านของคาร์บาริล

โดย นางสาว คุณัญญา ศรีสมpong

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.ณัฐพล ฤกษ์เกษมสันต์

ปริญญาานิพนธ์ ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปริญญาานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาและอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี

คณะกรรมการตรวจสอบปริญญาานิพนธ์

ประธานกรรมการ

(ผศ.ดร.ณัฐพล ฤกษ์เกษมสันต์)

DUAN KAMOL NA RANONG

กรรมการ

(รศ.ดร.ดวงกมล ณ ระนอง)

วลัยรัตน์ จันทระอัมพร

กรรมการ

(ผศ.ดร.วลัยรัตน์ จันทระอัมพร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์เรื่อง	การศึกษาการเคลือบผิวผ้าด้วยพอลิเมอร์จากธรรมชาติเพื่อป้องกันการซึมผ่านของคาร์บาริล
โดย	นางสาว คุณัญญา ศรีสมปอง
รหัสประจำตัว	59010175
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมเคมี
ปีการศึกษา	2562
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.ณัฐพล ฤกษ์เกษมสันต์

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาความสามารถในการดูดซับและประสิทธิภาพในการป้องกันคาร์บาริล ซึ่งเป็นสารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย โดยการนำพอลิเมอร์จากธรรมชาติ 3 ชนิด คือ แป้งข้าวโพด แป้งมันสำปะหลัง และแป้งมันฝรั่งไปเคลือบลงบนผิวผ้าที่มีสัดส่วนฝ้ายต่อพอลิเอสเตอร์เท่ากับ 35:65 จากการศึกษาพบว่าแป้งข้าวโพดมีความสามารถในการดูดซับและประสิทธิภาพในการป้องกันคาร์บาริลได้มากถึงร้อยละ 64.54 เมื่อเทียบกับผ้าที่ไม่ผ่านการเคลือบผิวมีประสิทธิภาพในการป้องกันได้เพียงร้อยละ 30.36 หลังจากการศึกษาประสิทธิภาพของแป้งในการเคลือบผิวผ้าได้มีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับความสามารถในการดูดซับและประสิทธิภาพในการป้องกันคาร์บาริลบนผ้าที่มีการเพิ่มสารเติมแต่ง ได้แก่ ไททานเนียมไดออกไซด์และแมกนีเซียมออกไซด์ ลงในสารละลายแป้งข้าวโพดแล้วนำไปเคลือบลงบนผิวผ้า ผลจากการตรวจวัดด้วยเครื่องสเปกโตรมิเตอร์ชนิดอัลตราไวโอเล็ต-วิสิเบิลแบบลำแสงคู่พบว่า ผลการทดลองมีความคลาดเคลื่อนค่อนข้างมาก ทำให้การวิเคราะห์ด้วยเครื่องสเปกโตรมิเตอร์ชนิดอัลตราไวโอเล็ต-วิสิเบิลแบบลำแสงคู่ อาจไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณคาร์บาริลที่ได้จากการทดสอบความสามารถในการดูดซับเมื่อมีการเพิ่มสารเติมแต่งลงในแป้ง

คำสำคัญ: แป้งข้าวโพด, คาร์บาริล, การป้องกัน, ไททานเนียมไดออกไซด์, แมกนีเซียมออกไซด์

Report Title	Study of Improving Anti-Penetration performance from Carbaryl using Biopolymer Coated on Fabric
By	Miss Kunanya Srisompong
Student ID.	509010175
Degree	Bachelor of Engineering
Program	Chemical Engineering
Academic Year	2019
Advisor	Asst. Prof. Dr. Nuttapol Lerkkasemsan

ABSTRACT

This report has studied a capacity of biopolymer adsorption and performance of biopolymer protection. Three biopolymers including corn, cassava and potato starch have been studied for coating on fabrics made of 35% cotton and 65% polyester. Corn starch was found to be effective in enhancing carbaryl protection up to 64.54% while the uncoated fabric had only 30.36% carbaryl protection. Further studies were adsorption capacity and protection performance of corn starch mixed with photocatalyst including titanium dioxide and magnesium oxide coated on fabric. The results show that the absorbance obtained from double-beam ultraviolet spectrophotometer is deviated. Therefore, this Instrument is not appropriate to analyze carbaryl solution obtained from the adsorption capacity test when adding additives to the starch.

Keywords: corn starch, Carbaryl, Protection, Titanium dioxide, Magnesium oxide

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความอนุเคราะห์จาก ผศ.ดร. ณัฐพล ฤกษ์เกษมสันต์ อาจารย์ที่ปรึกษา ที่มอบความรู้ คำแนะนำเกี่ยวกับแนวทางในการทำโครงการวิจัย การอำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำงานวิจัย ตลอดระยะเวลาในการทำปริญญาานิพนธ์

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.ดวงกมล ณ ระนอง และ ผศ.ดร.วัลย์รัตน์ จันทระอัมพร กรรมการสอบปริญญาานิพนธ์ ที่ให้ความรู้ และข้อเสนอแนะ ทำให้ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการและเจ้าหน้าที่ห้องธุรการภาคเคมี ที่คอยอำนวยความสะดวกในการดำเนินงานวิจัย

ขอขอบคุณ นายกรวิษฐ์ มณียศ นายภานุรักษ์ บัญเรือง นางสาวกุลณัฐชา ชนะ สมาชิกในหอโปรเจค และเพื่อนนักศึกษาภาควิชาวิศวกรรมเคมี ที่คอยให้คำแนะนำ คำปรึกษา คอยช่วยเหลือในทุกๆด้าน และคอยช่วยเป็นกำลังใจในการทำงานวิจัยครั้งนี้เสมอมา

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณ ครอบครัวของผู้จัดทำ และผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องที่ให้การสนับสนุน และคอยเป็นกำลังใจที่ดีมาโดยตลอด จนทำให้ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ หากปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้มีข้อผิดพลาดประการใดผู้จัดทำขอน้อมรับและกราบขอภัยมา ณ ที่นี้

คุณัญญา ศรีสมปอง

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญรูป	VII
สารบัญตาราง	Error! Bookmark not defined.
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตโครงการ	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ประเภทของสารเคมีกำจัดแมลง (Classification of insecticides).....	3
2.1.1 สารเคมีกำจัดแมลงออร์กาโนฟอสเฟต (Organophosphate insecticides)	3
2.1.2 สารเคมีกำจัดแมลงกลุ่มคาร์บาเมต (Carbamate insecticides).....	3
2.1.3 สารเคมีกำจัดแมลงออร์กาโนคลอรีนหรือคลอรีเนตเต็ดไฮโดรคาร์บอน (Chlorinated hydrocarbon insecticides)	5
2.1.4 สารเคมีกำจัดแมลงอื่นๆ.....	5
2.2 กลไกสำหรับการป้องกันสารเคมี (Mechanism for chemical protection).....	6
2.2.1 การต้านการซึมผ่านและดูดซับของของเหลว (Repellency and sorption of liquid)	6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.3 การปรับปรุงประสิทธิภาพของผ้าให้มีความสามารถในการป้องกันสารกำจัดศัตรูพืช (Development of novel pesticide-protective)	8
2.3.1 การเพิ่มการต้านการซึมผ่านของสารเคมี (Enhanced repellency).....	8
2.3.2 การเพิ่มการดูดซับสารเคมี (Enhance sorption).....	8
2.3.3 การดูดซับ (Adsorption).....	9
2.3.4 สารดูดซับ (Adsorbent).....	10
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	13
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน.....	16
3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	16
3.1.1 อุปกรณ์	16
3.1.2 สารเคมี.....	17
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปราย	20
4.1 การสร้างกราฟมาตรฐานของคาร์บาริล	20
4.2 การศึกษาความสามารถในการดูดซับและประสิทธิภาพในการป้องกันคาร์บาริลของแป้ง ต่างชนิดที่ใช้ในการเคลือบผิวผ้า	21
4.3 การศึกษาความสามารถในการดูดซับและประสิทธิภาพในการป้องกันคาร์บาริลของแป้ง ข้าวโพดและสารเติมแต่งต่างชนิดที่ใช้ในการเคลือบผิวผ้า	23
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	26
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	26
5.2 ข้อเสนอแนะ	26
ภาคผนวก.....	30
ภาคผนวก ก ข้อมูลดิบ	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก ข ลักษณะของผ้าที่ทดสอบ	35
ภาคผนวก ค สารเคมีที่ใช้ในการทดสอบ	36
การคำนวณหาปริมาณคาร์บาริล.....	39



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1	สูตรโครงสร้างของคาร์บาริล	4
รูปที่ 2.2	ระดับความอันตรายของคาร์บาริล	4
รูปที่ 2.3	ความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการป้องกันและความสบายในการใช้งาน	6
รูปที่ 2.4	แรงที่กระทำระหว่างเส้นใยและของเหลว	7
รูปที่ 2.5	โครงสร้างของอะไมโลสและอะไมโลเพคติน.....	10
รูปที่ 2.6	โครงสร้างของเม็ดแป้ง.....	11
รูปที่ 2.8	ช่วงความยาวคลื่นที่แมกนีเซียมออกไซด์สามารถถูกกระตุ้นและไททาเนียมไดออกไซด์ สามารถถูกกระตุ้น	12
รูปที่ 2.9	กลไกของการย่อยสลายด้วยแสงที่เกิดบนพื้นผิวของโลหะออกไซด์	13
รูปที่ 3.1	ขั้นตอนการเตรียมชิ้นผ้าที่ปนเปื้อน สำหรับการศึกษาประสิทธิภาพของแป้ง.....	18
รูปที่ 3.2	ขั้นตอนการตากผ้าทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง.....	18
รูปที่ 3.3	เครื่องสเปกโตรมิเตอร์ชนิดอัลตราไวโอเล็ต-วิสิเบิล แบบลำแสงคู่.....	19
รูปที่ 4.1	กราฟค่าการดูดกลืนแสงของคาร์บาริลที่ความยาวคลื่นในช่วง 190 - 330 นาโนเมตร.....	21
รูปที่ 4.2	กราฟความเข้มข้นมาตรฐานช่วงความเข้มข้น 0 - 2.5 มิลลิกรัมต่อลิตร	23
รูปที่ 4.3	ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายคาร์บาริลที่มีในแต่ละชั้นการทดสอบ บนผ้าที่เคลือบผิว ด้วยแป้งข้าวโพดร้อยละ 4 โดยผสมกับไททาเนียมไดออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 1 โดย น้ำหนักต่อปริมาตร ตามลำดับ.....	23
รูปที่ 4.4	ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายคาร์บาริลที่มีในแต่ละชั้นการทดสอบ บนผ้าที่เคลือบผิว ด้วยแป้งข้าวโพดร้อยละ 4 โดยผสมกับไททาเนียมไดออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 2 โดย น้ำหนักต่อปริมาตร ตามลำดับ.....	23
รูปที่ 4.5	ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายคาร์บาริลที่มีในแต่ละชั้นการทดสอบ บนผ้าที่เคลือบผิว ด้วยแป้งข้าวโพดร้อยละ 4 โดยผสมกับไททาเนียมไดออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 4 โดย น้ำหนักต่อปริมาตร ตามลำดับ.....	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.6	ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายคาร์บาริลที่มีในแต่ละชั้นการทดสอบ บนผ้าที่เคลือบผิวด้วยแป้งข้าวโพดร้อยละ 4 โดยผสมกับแมกนีเซียมออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 1 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ตามลำดับ	24
รูปที่ 4.7	ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายคาร์บาริลที่มีในแต่ละชั้นการทดสอบ บนผ้าที่เคลือบผิวด้วยแป้งข้าวโพดร้อยละ 4 โดยผสมกับแมกนีเซียมออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 2 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ตามลำดับ	24
รูปที่ 4.8	ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายคาร์บาริลที่มีในแต่ละชั้นการทดสอบ บนผ้าที่เคลือบผิวด้วยแป้งข้าวโพดร้อยละ 4 โดยผสมกับแมกนีเซียมออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 4 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ตามลำดับ	24
รูปที่ 4.9	ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายคาร์บาริลที่มีในแต่ละชั้นการทดสอบบนผ้าที่ไม่เคลือบ..	24
รูปที่ 4.10	ค่าการดูดกลืนแสงของผ้าที่นำมาใช้ในการเคลือบผิว	25
รูปที่ ข.1	ผ้าที่เคลือบผิวด้วยแป้งข้าวโพด.....	35
รูปที่ ข.2	ผ้าที่เคลือบผิวด้วยแป้งข้าวโพดและแมกนีเซียมออกไซด์	35
รูปที่ ข.3	ผ้าที่เคลือบผิวด้วยแป้งข้าวโพดและ	35
รูปที่ ค.1	แป้งข้าวโพด.....	36
รูปที่ ค.2	แป้งมันสำปะหลัง	36
รูปที่ ค.3	แป้งมันฝรั่ง.....	36
รูปที่ ค.4	แมกนีเซียมออกไซด์	37
รูปที่ ค.5	ไททานเนียมไดออกไซด์	37
รูปที่ ค.6	เมทานอลและโครงสร้างสางทางเคมี	38
รูปที่ ง.1	กราฟความเข้มข้นมาตรฐานของสารละลายคาร์บาริล.....	39

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1	ตารางแสดงองค์ประกอบของอะไมโลสและอะไมโลแพคติน.....	10
ตารางที่ 4.1	ความสามารถในการดูดซับและประสิทธิภาพในการป้องกันของผ้าที่ถูกเคลือบด้วยแป้งต่างชนิด โดยใช้ปริมาณคาร์บาริลตั้งต้น 0.17 มิลลิกรัมต่อพื้นที่ 36 ตารางเซนติเมตร.....	21
ตารางที่ ก.1	น้ำหนักของผ้าที่เคลือบด้วยแป้งข้าวโพดความเข้มข้นร้อยละ 4 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร.....	31
ตารางที่ ก.2	น้ำหนักของผ้าที่เคลือบด้วยแป้งมันสำปะหลังความเข้มข้นร้อยละ 4 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร.....	31
ตารางที่ ก.3	น้ำหนักของผ้าที่เคลือบด้วยแป้งมันฝรั่งความเข้มข้นร้อยละ 4 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร.....	31
ตารางที่ ก.4	น้ำหนักของผ้าที่เคลือบด้วยแป้งข้าวโพดความเข้มข้นร้อยละ 4 โดยน้ำหนักต่อปริมาตรผสมกับไททาเนียมไดออกไซด์ความเข้มข้นต่างๆ	32
ตารางที่ ก.5	น้ำหนักของผ้าที่เคลือบด้วยแป้งข้าวโพดความเข้มข้นร้อยละ 4 โดยน้ำหนักต่อปริมาตรผสมกับแมกนีเซียมออกไซด์ความเข้มข้นต่างๆ	32
ตารางที่ ก.6	ความชื้นของผ้าที่เคลือบผิวด้วยแป้งข้าวโพด.....	33
ตารางที่ ก.7	ความชื้นของผ้าที่เคลือบผิวด้วยแป้งมันสำปะหลัง.....	33
ตารางที่ ก.8	ความชื้นของผ้าที่เคลือบผิวด้วยแป้งมันฝรั่ง	33
ตารางที่ ก.9	ตารางแสดงค่าการดูดกลืนแสงของคาร์บาริลในการทดสอบประสิทธิภาพการดูดซับและป้องกันของแป้ง	34
ตารางที่ ค.1	ตารางแสดงคุณสมบัติของตัวเร่งปฏิกิริยา.....	37

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ ง.1 ตารางแสดงปริมาณคาร์บาริลที่ได้จากการทดลองเมื่อทดสอบกับผ้าที่เคลือบผิวด้วยแป้งข้าวโพด	40
ตารางที่ ง.2 ตารางแสดงปริมาณคาร์บาริลที่ได้จากการทดลองเมื่อทดสอบกับผ้าที่เคลือบผิวด้วยแป้งมันสำปะหลัง	40
ตารางที่ ง.3 ตารางแสดงปริมาณคาร์บาริลที่ได้จากการทดลองเมื่อทดสอบกับผ้าที่เคลือบผิวด้วยแป้งมันฝรั่ง	40
ตารางที่ ง.4 ตารางแสดงปริมาณคาร์บาริลที่ได้จากการทดลองเมื่อทดสอบด้วยผ้าที่ไม่ผ่านการเคลือบผิว.....	41



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ประเทศไทยถือได้ว่าเป็นประเทศแห่งเกษตรกรรม ซึ่งคนไทยประกอบอาชีพนี้กันมายาวนาน ปัจจุบันความต้องการของผู้บริโภคในตลาดมีเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากประชากรโลกเพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงมีการนำสารเคมีกำจัดศัตรูพืชเข้ามาช่วยในการเพิ่มผลผลิตเพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการที่เพิ่มขึ้นในปัจจุบัน การใช้สารเคมีก่อให้เกิดอันตรายตามมาหลายประการซึ่งพิษที่เกิดขึ้นจากการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชมีทั้งแบบเฉียบพลัน เช่น คลื่นไส้ อาเจียน และเวียนศีรษะ เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีพิษแบบเรื้อรัง เช่น โรคมะเร็ง และโรคระบบประสาท เป็นต้น ผู้ที่มีโอกาสเสี่ยงสูงจากการได้รับสารเคมีโดยตรง คือ เกษตรกร โดยการสัมผัสทางผิวหนังและการสูดดม ดังนั้นจึงต้องมีอุปกรณ์ที่ช่วยในการป้องกันสารเคมี เพื่อลดโอกาสเกิดอันตรายที่ตามมา ชุดป้องกันสารเคมีที่ใช้กันทั่วไปมีประสิทธิภาพสูงในการป้องกันสารเคมี แต่มีราคาค่อนข้างแพง อีกทั้งความสามารถในระยะยาวต่ำกว่าเสื้อผ้าที่สวมใส่กันทั่วไป ดังนั้นจึงมีการพัฒนาชุดป้องกันสารเคมีเพื่อให้เกิดความสบายขณะสวมใส่และมีราคาจากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าสารเคลือบผิวเสื้อผ้าด้วยพอลิเมอร์จากธรรมชาติ เช่น แป้ง ซึ่งจะช่วยเพิ่มความสามารถในการดูดซับสารเคมีกำจัดศัตรูพืชไว้บนผิวหนัง มีราคาถูก หาซื้อได้ง่าย และยังคงความสบายในการสวมใส่

สารเคมีกำจัดศัตรูพืชมีหลายชนิด เช่น สารเคมีกำจัดแมลง สารเคมีกำจัดวัชพืช สารเคมีกำจัดหนูและสัตว์ฟันแทะ เป็นต้น ในบรรดาสารเคมีกำจัดแมลงพบว่าสารกำจัดแมลงออร์กาโนฟอสเฟตและสารกำจัดแมลงคาร์บาเมตที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในหมู่เกษตรกร เป็นสารที่เกิดพิษและมีอัตราการเสียชีวิตจากความเป็นพิษสูงกว่าสารกลุ่มอื่น สารทั้ง 2 ประเภทที่กล่าวมาสามารถออกฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์ อะซิติลโคลีนเอสเทอเรส (Acetylcholinesterase, AChE) ที่มีหน้าที่ทำลายสารอะซิติลโคลีน (Acetylcholine, ACh) ซึ่งเป็นสารสื่อประสาทที่สำคัญ ทำให้เกิดการค้างของสารสื่อประสาทในตัวรับต่างๆ ส่งผลให้เกิดอาการกล้ามเนื้อพริ้วในระยะเริ่มต้นและเกิดอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงตามมาในที่สุด นอกจากนี้อาจเกิดอาการชัก ชี้น และหมดสติได้ [1]

แป้งมีความสามารถในการยึดเกาะบนเสื้อผ้าได้ดี ราคาไม่แพงและสามารถหาได้ทั่วไป ดังนั้นจึงมีการนำพอลิเมอร์จากธรรมชาติ คือ แป้งมาเคลือบลงบนผิวหนังเพื่อป้องกันสารเคมีที่จะซึมผ่านเข้าสู่ผิวหนัง จากงานวิจัยของ S.K. Obendorf และคณะ พบว่าแป้งมีประสิทธิภาพมากที่สุดในการป้องกัน

เมธิลพาราไธออน (Methyl parathion) เมื่อนำไปเคลือบบนผิวผ้าที่มีสัดส่วนฝ้ายต่อโพลีเอสเตอร์ ในอัตราส่วน 35:65 นอกจากนี้ยังเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดเมธิลพาราไธออนหลังผ่านการซัก ซึ่ง ปริมาณของแป้งที่ใช้ในการเคลือบผิว คือ ร้อยละ 8 โดยน้ำหนักสารเคลือบผิวต่อน้ำหนักผ้า [2]

งานวิจัยนี้ทำขึ้นเพื่อศึกษาความสามารถในการดูดซับและประสิทธิภาพในการป้องกันสารเคมี กำจัดศัตรูพืชของแป้ง 3 ชนิด ได้แก่ แป้งข้าวโพด แป้งมันสำปะหลังและแป้งมันฝรั่ง เพื่อหาแป้ง ที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดและนำผสมเข้ากับสารเติมแต่ง 2 ชนิด ได้แก่ ไททาเนียมและแมกนีเซียม ออกไซด์ เพื่อศึกษาการดูดซับสารเคมีกำจัดศัตรูพืชบนชิ้นผ้า โดยสารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่นำมาทดสอบ คือ คาร์บาริล ซึ่งเป็นสารเคมีกำจัดแมลงในกลุ่มคาร์บาเมต การทดลองทำการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM F2130-11 ซึ่งเป็นมาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบการซึมผ่านของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชสำหรับผ้า ที่มีความสามารถในการป้องกันสารเคมี

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาความสามารถในการดูดซับและประสิทธิภาพในการป้องกันคาร์บาริลของ แป้งและสารเติมแต่งต่างชนิดที่ใช้ในการเคลือบผิวผ้า

1.3 ขอบเขตโครงการ

1.3.1 พอลิเมอร์จากธรรมชาติที่ใช้เคลือบผ้ามี 3 ชนิด ได้แก่ แป้งข้าวโพด แป้งมันสำปะหลัง และแป้งมันฝรั่ง

1.3.2 สารเคมีกำจัดแมลงที่ใช้ทดสอบ คือ คาร์บาริล

1.3.3 ทดสอบประสิทธิภาพของผ้าที่ผ่านการเคลือบผิวตามมาตรฐาน ASTM F2130-11 ซึ่ง ใช้ในการทดสอบการซึมผ่านของสารกำจัดศัตรูพืชสำหรับผ้าที่มีความสามารถในการป้องกันสารเคมี กำจัดแมลง

1.3.4 สารเติมแต่งที่ใช้ คือ แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) และ ไททาเนียมไดออกไซด์ (TiO₂)

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของเสื้อผ้าที่ใช้กันทั่วไปให้มีความสามารถในการป้องกันสารเคมี กำจัดแมลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ประเภทของสารเคมีกำจัดแมลง (Classification of insecticides)

สารเคมีกำจัดศัตรูพืช (Pesticides) ในทางเกษตรสามารถแบ่งออกได้เป็นหลายกลุ่ม ตามชนิดของสิ่งมีชีวิตที่ใช้ในการควบคุมหรือกำจัด ได้แก่ สารเคมีกำจัดแมลง (Insecticides) สารเคมีกำจัดวัชพืช (Herbicides) สารเคมีกำจัดเชื้อรา (Fungicides) และสารเคมีกำจัดหนูและสัตว์ฟันแทะ (Rodenticides) [3] สำหรับสารเคมีสังเคราะห์ที่ใช้ในการกำจัดแมลง โครงสร้างทางเคมีประกอบด้วยคาร์บอน (Carbon) และไฮโดรเจน (Hydrogen) เป็นหลัก [4] โดยสามารถแบ่งออกตามสูตรโครงสร้างและกลไกการออกฤทธิ์ได้เป็น 4 ประเภท ได้แก่

2.1.1 สารเคมีกำจัดแมลงออร์กาโนฟอสเฟต (Organophosphate insecticides)

สารเคมีกำจัดแมลงออร์กาโนฟอสเฟตเป็นสารประกอบเอสเทอร์ของกรดฟอสฟอริก (Phosphoric acid ester) มีความเป็นพิษเฉียบพลันสูง จึงเป็นสาเหตุให้เกิดอันตรายต่อมนุษย์บ่อยครั้ง แต่มีความสามารถในการกำจัดแมลงสูง แม้ว่าใช้เพียงปริมาณเล็กน้อยแต่สามารถออกฤทธิ์ในการกำจัดได้ดีและเกิดการสลายตัวได้รวดเร็ว โดยระยะเวลาที่ใช้ในการสลายตัวจะประมาณ 2-3 ชั่วโมง หรืออาจจะใช้เวลานานกว่านั้น ในขณะที่สารเคมีกำจัดแมลงออร์กาโนคลอรีนใช้เวลาในการสลายตัวนานกว่าสารเคมีกำจัดแมลงออร์กาโนฟอสเฟต การสลายตัวของสารกลุ่มนี้เกิดจากปฏิกิริยารีดักชัน (Reduction) ออกซิเดชัน (Oxidation) และไฮโดรไลซิส (Hydrolysis) สารเคมีกำจัดแมลงออร์กาโนฟอสเฟตทุกชนิดมีความเป็นพิษต่อระบบประสาทของแมลงและสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม ออกฤทธิ์ต่อระบบประสาทโดยการยับยั้งเอนไซม์อะเซทิลโคลีนเอสเตอเรส (AChE) ทำให้มีการสะสมของอะเซทิลโคลีน (ACh) ซึ่งเป็นสารสื่อประสาท เมื่ออะเซทิลโคลีนไม่แตกตัวและสะสมอยู่ทำให้มีการส่งสัญญาณทางประสาทตลอดเวลาส่งผลให้กล้ามเนื้อเกิดการกระตุกและเป็นอัมพาตได้ ตัวอย่างสารเคมีกำจัดแมลงในกลุ่มนี้ เช่น มาลาไธออน (Malathion) พาราไธออน (Parathion) คลอร์ไพริฟอส (Chlorpyrifos) และอีพีเอ็น (EPN) เป็นต้น [5]

2.1.2 สารเคมีกำจัดแมลงกลุ่มคาร์บาเมต (Carbamate insecticides)

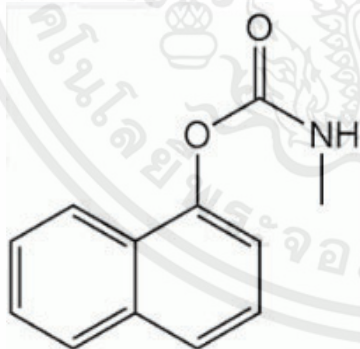
สารเคมีกำจัดแมลงคาร์บาเมตเป็นเอสเทอร์ (Ester) ของกรดคาร์บาเมต (Carbamic acid) ซึ่งเป็นสารเคมีกำจัดแมลงแบบออกฤทธิ์กว้างขวาง (Broad spectrum insecticides) และส่วนมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นสารประเภทดูดซึมทำให้สามารถกำจัดแมลงที่ทำลายยอดและรากของพืช แม้ปริมาณสารดูดซึมเข้าสู่ตัวแมลงเพียงน้อย แต่ระยะเวลาการตกค้างในสิ่งแวดล้อมจะใกล้เคียงกับสารเคมีกำจัดแมลงออร์กาโนฟอสเฟต แต่โดยทั่วไปสารเคมีกำจัดแมลงกลุ่มคาร์บาเมตจะใช้เวลาในการสลายตัวน้อยกว่าสารเคมีกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต นอกจากนี้สารเคมีกำจัดแมลงคาร์บาเมตยังสามารถยับยั้งเอนไซม์อะเซทิลโคลีนเอสเตอเรส (AChE) ได้เช่นเดียวกับสารเคมีกำจัดแมลงออร์กาโนฟอสเฟต แต่อย่างไรก็ตามสารคาร์บาเมตทำให้เกิดอันตรายได้น้อยกว่าเพราะสามารถปรับสภาพเอนไซม์กลับคืนสู่ภาวะปกติได้เร็วกว่าการถูกยับยั้งโดยสารออร์กาโนฟอสเฟต สารเคมีกำจัดแมลง คาร์บาเมตที่ใช้กันอย่างกว้างขวางทางการเกษตรคือ คาร์บาริล (Carbaryl) และคาร์โบฟูแรน (Carbofuran) [5]

(1) คาร์บาริล (Carbaryl)

สารคาร์บาริลหรือที่รู้จักกันดีคือ เซฟวิน (Savin) มีชื่อทางเคมีคือ 1-naphthyl-N-methylcarbamate น้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 201.22 กรัม/โมล จุดหลอมเหลวอยู่ในช่วง 142-146 องศาเซลเซียส มีความเป็นพิษปานกลาง และสามารถดูดซึมผ่านทางผิวหนังได้ มีสูตรโครงสร้างดังรูปที่ 2.1 สารคาร์บาริลที่มีจำหน่ายทั่วไปจะมีสารออกฤทธิ์ที่ผสมอยู่ร้อยละ 85 โดยมวล มีลักษณะเป็นผลึกของแข็งสีขาว ละลายน้ำได้น้อยแต่จะละลายในสารทำละลายอินทรีย์ทุกชนิด และมีความเป็นพิษต่อสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมค่อนข้างต่ำ โดยมีค่า LD_{50} เท่ากับ 510 มิลลิกรัม/กิโลกรัม เมื่อได้รับทางปาก [5] [6] [7]



รูปที่ 2.1 สูตรโครงสร้างของคาร์บาริล [7]



รูปที่ 2.2 ระดับความอันตรายของคาร์บาริล

NFPA [7]

2.1.3 สารเคมีกำจัดแมลงออร์กาโนคลอรีนหรือคลอรีนเตตระไฮโดรคาร์บอน (Chlorinated hydrocarbon insecticides)

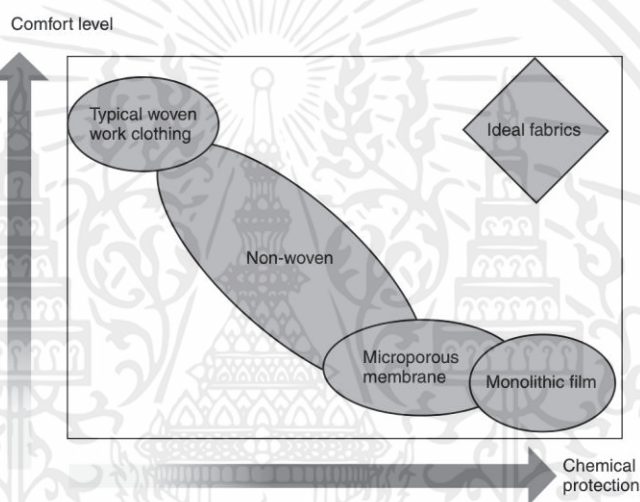
สารเคมีกำจัดแมลงออร์กาโนคลอรีนสามารถกำจัดแมลงได้ทุกชนิด ไม่มีความจำเพาะเจาะจงกับแมลงที่เป็นศัตรูพืช มีความเป็นพิษต่อระบบประสาทของมนุษย์โดยจะออกฤทธิ์รบกวนการสื่อสารของประสาท ทำให้มีอาการตื้นตัวในช่วงแรก หลังจากนั้นจะเริ่มเป็นอัมพาตและตายในที่สุด การสลายตัวของสารประเภทนี้ในร่างกายจะเกิดขึ้นอย่างช้าๆ ร่างกายจึงขับออกได้ช้า ยิ่งไปกว่านั้นยังมีความเป็นพิษเฉียบพลันต่อสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมค่อนข้างมาก โดยลักษณะทางเคมีของสารประเภทนี้คือ (1) ค่อนข้างคงตัว (2) มีความเสถียรและตกค้างในสิ่งแวดล้อมได้นาน (3) ไม่สามารถละลายในน้ำได้แต่ละลายได้ดีในสารทำละลายอินทรีย์ และ (4) สะสมได้ในเนื้อเยื่อไขมันของสิ่งมีชีวิต เมื่อฉีดพ่นสารเคมีประเภทนี้จะมีการตกค้างอยู่ในอากาศ น้ำ และดิน ซึ่งผลจากการตกค้างก่อให้เกิดผลกระทบเช่น ทำให้ดินเสื่อมสภาพ ทำให้น้ำไม่เหมาะสมต่อการอุปโภคและบริโภค และถ้าหากสะสมอยู่ในแมลงจะทำให้เกิดการต้านทานต่อสารออร์กาโนคลอรีน เป็นต้น ตัวอย่างสารเคมีกำจัดแมลงออร์กาโนคลอรีนที่สำคัญ เช่น ดีดีที (DDT) คลอร์เดน (Chlodane) ดีลดริน (Dieldrin) และแอลดริน (Aldrin) เป็นต้น [5]

2.1.4 สารเคมีกำจัดแมลงอื่นๆ

ได้แก่ สารเคมีกำจัดแมลงซึ่งสังเคราะห์เลียนแบบสารเคมีที่ได้จากพืชธรรมชาติ เช่น สารเคมีกำจัดแมลงไพรีทรอยด์ (Pyrethroids insecticides) มักใช้เพื่อกำจัดแมลงในบ้านเรือน มีประสิทธิภาพสูงในการทำให้แมลงตายทันที (Knock down) โดยทั่วไปสารไพรีทรอยด์มีความเป็นพิษต่อสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมต่ำ ไพรีทรอยด์เป็นสารเคมีกำจัดแมลงที่มีความเป็นพิษต่อระบบประสาท แต่การออกฤทธิ์จะต่างจากออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมต คือ ทำให้ช่องโซเดียมไอออน (Na^+ channel) ในเยื่อเลือกผ่านปิดซาลง ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนของประจุไอออนในการเข้าออกจากเซลล์หรือทำให้เกิดการเหนี่ยวนำของกระแสประสาท โดยจะมีผลต่อเยื่อหุ้มประสาท (Nerve membrane) ตัวอย่างสารเคมีกำจัดแมลงไพรีทรอยด์ เช่น ไซเปอร์เมทริน (Cypermethrin) และเพอร์เมทริน (Permethrin) เป็นต้น [5]

2.2 กลไกสำหรับการป้องกันสารเคมี (Mechanism for chemical protection)

โครงสร้างของสิ่งทอมีลักษณะเป็นโครงข่ายสามมิติที่ซับซ้อน ซึ่งคุณสมบัติของสิ่งทอขึ้นอยู่กับชนิดของเส้นใย ระดับของพื้นที่ว่าง (Degree of open spaces) และความหนาแน่นของเส้นด้ายและการทอ ซึ่งความสามารถในการซึมผ่านของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชถูกกำหนดโดยคุณสมบัติของผ้า (โครงสร้างและเส้นใย) รวมถึงคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของสารเคมีกำจัดศัตรูพืช การปนเปื้อนอาจเกิดขึ้นจากการแพร่กระจาย การซึมผ่านและการดูดซับของสารเคมี ตัวอย่างวัสดุที่นำมาใช้สำหรับอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล เช่น โมนอลิธิคฟิล์มพอลิเมอร์ใช้สำหรับผลิตเป็นถุงมือ ผ้าที่ไม่ได้ผ่านการทอที่สามารถใช้แล้วทิ้ง ผ้าทอและผ้าลามิเนตหรือผ้าที่ผ่านการเคลือบ เป็นต้น



รูปที่ 2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการป้องกันและความสบายในการใช้งาน [8]

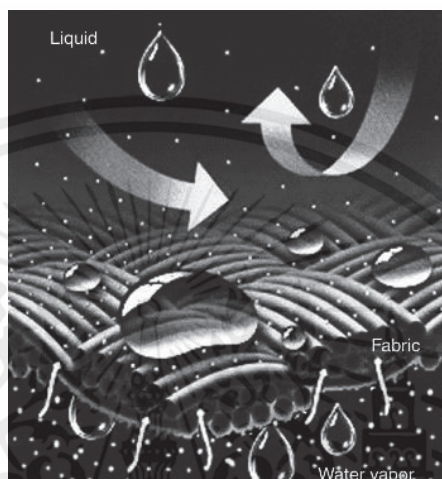
อุปกรณ์ที่มีความสามารถในการป้องกันสารเคมี อย่างเช่น ชุดป้องกันหรือถุงมือที่ถูกต้อง ออกแบบมาสำหรับการสัมผัสสารเคมีในปริมาณที่มาก โดยอุปกรณ์เหล่านี้มักทำมาจากโพลีเอทิลีนหรือผ่านการเคลือบผิว วัสดุโดยทั่วไปที่ใช้ในอุปกรณ์ป้องกัน ได้แก่ ยางบิวทิล ยางสังเคราะห์และคลอรีเนตโพลีเอทิลีน (CPE) ซึ่งมีคุณสมบัติในการนำกลับมาใช้ซ้ำ นอกจากนี้ชนิดและความเข้มข้นของตัวทำละลายที่นำมาใช้กับสารกำจัดศัตรูพืชยังเป็นปัจจัยที่สำคัญในการแพร่ผ่านของสารเคมีกำจัดศัตรูพืช [8]

2.2.1 การต้านการซึมผ่านและดูดซับของของเหลว (Repellency and sorption of liquid)

แรงที่เกิดขึ้นระหว่างพื้นผิวของเส้นใยและสารเคมีเป็นผลมาจากองค์ประกอบทางเคมี ลักษณะพื้นผิว ความขรุขระของเส้นใย ลักษณะรูพรุนของสิ่งทอ และสมบัติของสารเคมี เช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความหนืดและแรงตึงผิวของสารเคมี เป็นต้น การซึมผ่านของสารเคมีผ่านวัสดุป้องกันจำเป็นที่จะต้องเข้าใจถึงกลไกของแรงที่กระทำระหว่างสารเคมีและพื้นผิวเส้นใย กระบวนการของการทำให้พื้นผิวเปียก (Wetting) และการดึงความชื้นไว้บนพื้นผิว (Wicking) เป็นพื้นฐานสำคัญในการทำความเข้าใจกลไกหลัก 2 ประการที่มีผลต่อการทำงานของชุดป้องกัน คือ กลไกการดูดซับและต้านทานการซึมผ่านสารเคมี



รูปที่ 2.4 แรงที่กระทำระหว่างเส้นใยและของเหลว [8]

เมื่อวัสดุนั้นเปียกจะทำให้เกิดการซึมผ่านของสารเคมีผ่านชั้นผ้าได้ดี โดยปกติแล้วการทำให้เปียกคือการทำที่เส้นใยสัมผัสกับของเหลว การเปียกที่เกิดขึ้นเองโดยธรรมชาติคือการทำที่ของเหลวสามารถไหลผ่านบนผิวของเส้นใยจนเข้าสู่สถานะสมดุลทางเทอร์โมไดนามิกส์โดยที่ไม่มีแรงจากภายนอกมากระทำ สำหรับการแทนที่ของการสัมผัสกันระหว่างเส้นใยกับอากาศด้วยของเหลวถูกอธิบายโดยมุมสัมผัส (Contact angle; θ) ระหว่างของเหลวกับเส้นใยและพลังงานของพื้นผิว จากสมการยัง-ดูปรี (Young-Dupré equation) ได้อธิบายจุดสมดุล ณ พื้นผิวระหว่างของแข็งและของเหลว

$$\gamma_{SV} - \gamma_{SL} = \gamma_{LV} \cos \theta \quad (1)$$

- เมื่อ γ_{SV} คือ แรงตึงผิวระหว่างสถานะของแข็งและแก๊ส (นิวตัน/เมตร)
- γ_{SL} คือ แรงตึงผิวระหว่างสถานะของแข็งและของเหลว (นิวตัน/เมตร)
- γ_{LV} คือ แรงตึงผิวระหว่างสถานะของเหลวและแก๊ส (นิวตัน/เมตร)
- θ คือ มุมสัมผัสที่สมดุล (องศา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสามารถในการเปียกจะเพิ่มขึ้นเมื่อมุมสัมผัสลดลง ส่วนแรงตึงผิวที่ $\cos \theta$ มีค่ามากที่สุดคือ ค่าแรงตึงผิววิกฤตของของแข็ง (Y_c) ซึ่งเป็นคุณสมบัติของของแข็ง ดังนั้นการแพร่กระจายและการเปียกเกิดขึ้นเมื่อแรงตึงผิวของของเหลวน้อยกว่าหรือเท่ากับแรงตึงผิวของของแข็งวิกฤต หากการเปียกเกิดขึ้น จะมีแรงภายในช่องว่างระหว่างเส้นใย (Capillary force) ทำให้เกิดการไหลของของเหลวผ่านรูพรุนหรือช่องว่างเหล่านั้น [8]

2.3 การปรับปรุงประสิทธิภาพของผ้าให้มีความสามารถในการป้องกันสารกำจัดศัตรูพืช (Development of novel pesticide-protective)

2.3.1 การเพิ่มการต้านทานการซึมผ่านของสารเคมี (Enhanced repellency)

ผ้าที่มีความสามารถในการต้านทานการซึมผ่านจะมีค่าแรงตึงผิววิกฤตน้อยกว่าแรงตึงผิวของของเหลว การสร้างความขรุขระให้พื้นผิวโดยที่อนุภาคของสารที่เพิ่มไปบนพื้นผิวต้องมีขนาดเล็กกว่าขนาดอนุภาคของของเหลว (Bead on the surface) ซึ่งจะช่วยให้ของเหลวเกิดการกลิ้งออกมากกว่าการซึมผ่าน การใส่ฟลูออโรคาร์บอนเพื่อเป็นสารเติมแต่งลงบนพื้นผิวสามารถช่วยลดการเปียกของของเหลวบนพื้นผิว การใส่สารเติมแต่งเหล่านี้ช่วยลดการซึมผ่านของสารเคมีของชุดป้องกัน และอุตสาหกรรมสิ่งทอมีการนำนาโนเทคโนโลยีมาใช้เพื่อปรับปรุงสารเติมแต่งให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น [8]

2.3.2 การเพิ่มการดูดซับสารเคมี (Enhance sorption)

สิ่งทอโดยทั่วไปมีความสามารถที่จะกักของเหลวและสารเคมีต่างๆผ่านการดูดซับ โดยจะทำการดักจับสิ่งปนเปื้อนเอาไว้ในเส้นใยเพื่อป้องกันและจำกัดปริมาณสารเคมีที่อาจจะสัมผัสกับผิวหนัง เสื้อผ้าที่สามารถนำกลับมาใช้ซ้ำได้โดยผ่านการซักมักทำมาจากฝ้าย (Cotton) ผสมกับเส้นใยชนิดอื่น เช่น โพลีเอสเตอร์ (Polyester) ซึ่งนิยมใช้กันอย่างมากในหมู่เกษตรกร ที่จะต้องทำงานภายใต้สภาพอากาศที่ร้อน เสื้อผ้าจะทำหน้าที่ดูดซับสารเคมีเพื่อลดโอกาสในการที่สารเคมีจะสัมผัสกับผิวหนังโดยตรง เกษตรกรมักเลือกที่จะสวมใส่เสื้อผ้าทั่วไปแทนที่จะสวมใส่ชุดที่มีความสามารถในการป้องกันสารเคมีเนื่องจากความสะดวกสบายในการสวมใส่ ราคาและสามารถหาซื้อได้ง่าย แม้ว่าจะมีการรายงานจากหน่วยงานรัฐบาลของประเทศสหรัฐอเมริกาว่าเสื้อผ้าที่สวมใส่ เช่น เสื้อแขนยาว และกางเกงขายาวมีความสามารถป้องกันการสัมผัสกับสารเคมีได้มากถึงร้อยละ 90 แต่การรับสัมผัสสารเคมีแม้จะในปริมาณที่ค่อนข้างน้อยแต่กลับส่งผลกระทบต่อสุขภาพอย่างมากในระยะยาว ดังนั้นจึงมีความพยายามอย่างต่อเนื่องในการพัฒนาเสื้อผ้าที่มีความสามารถในการต้านทานแบบเฉพาะเพื่อการป้องกันสารเคมีในระดับที่สูงขึ้น การปรับปรุงเสื้อผ้าทั่วไปด้วยการใส่สารเติมแต่ง เช่น แป้งหรือคาร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บอกรีเมทิล-เซลลูโลส (CMC) จะเพิ่มคุณสมบัติในการดูดซับและเพิ่มประสิทธิภาพการกำจัดสารปนเปื้อนด้วยการซัก นอกจากนี้การเพิ่มความหนาหรือน้ำหนักของผ้ายังสามารถช่วยการกักเก็บของเหลวไว้ภายในโครงสร้างของผ้าและสามารถช่วยลดการซึมผ่าน จากที่กล่าวมาแสดงให้เห็นว่าการเพิ่มจำนวนชั้นผ้าจะสามารถเพิ่มการป้องกันได้ นักวิจัยหลายท่านพบว่าการปรับปรุงเส้นผ้าด้วยการเติมแป้งและการผ่านกระบวนการคาร์บอกซีเมทิลเลชั่นช่วยเพิ่มการดูดซับสารเคมีกำจัดศัตรูพืชไว้บนเนื้อผ้าและการเพิ่มเอนไซม์บางชนิด เช่น อะไมเลสยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดสารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่ปนเปื้อนจากการซัก [8]

2.3.3 การดูดซับ (Adsorption)

หลักการของการดูดซับคือการถ่ายเทมวลสาร (Mass transfer) ซึ่งเกิดจากการที่สารซึ่งอยู่ในของเหลวเกิดการเคลื่อนที่มาเกาะติดบนผิวของของแข็งหรือตัวดูดซับ ทำให้สามารถแยกสารออกจากของเหลวได้ โดยจะเกิดการเคลือบเป็นชั้นฟิล์มบางๆ ขึ้นบนพื้นผิวของตัวดูดซับ ส่วนการสร้างพันธะระหว่างตัวดูดซับและตัวที่ถูกดูดซับอาจเป็นพันธะทางเคมี (Chemical bonding) หรือพันธะทางกายภาพ (Physical bonding) ซึ่งการสร้างพันธะทางเคมีจะมีความแข็งแรงมากกว่าการสร้างพันธะทางกายภาพ

2.3.3.1 การดูดซับทางกายภาพ (Physical adsorption)

การดูดซับทางกายภาพ คือ การดูดซับด้วยแรงแวนเดอร์วาลส์ (Van der Waals) หรือพันธะไฮโดรเจน ซึ่งมีพลังงานในการดูดซับต่ำและสามารถเกิดซ้อนกันได้หลายชั้น (Multilayer) โดยจำนวนชั้นของโมเลกุลที่ถูกดูดซับจะเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของสารถูกดูดซับมากขึ้น การดูดซับที่เกิดขึ้นจะเกิดการย้อนกลับได้เมื่อการดูดซับเข้าสู่ภาวะสมดุล (Equilibrium state) เนื่องจากตัวดูดซับถึงจุดอิ่มตัว และส่งผลให้ความเข้มข้นของสารที่ถูกดูดซับไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง

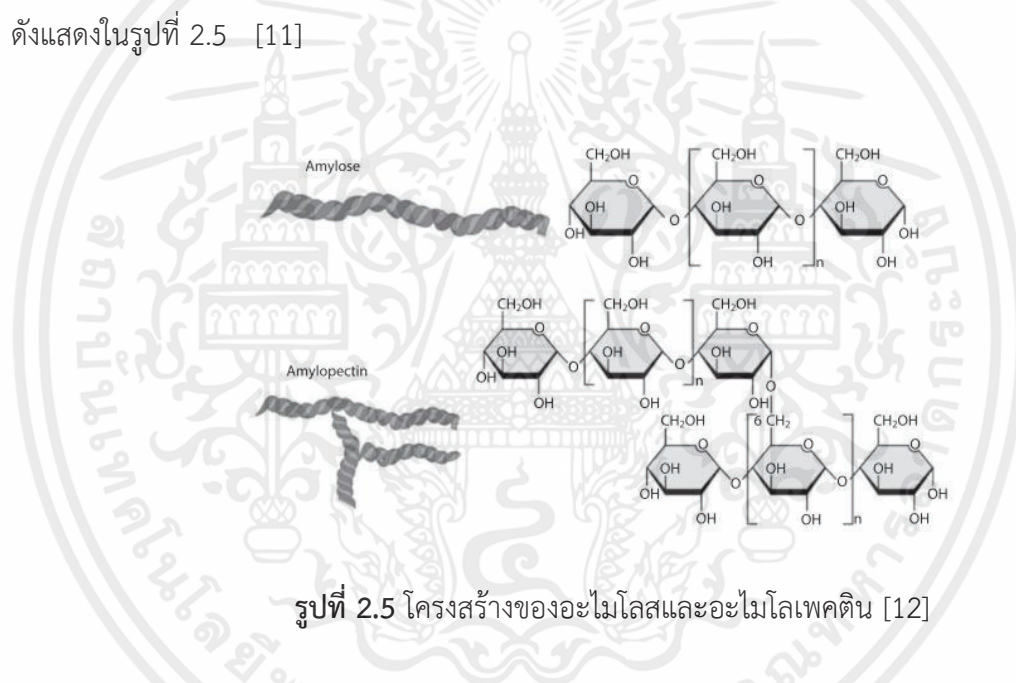
2.3.3.2 การดูดซับทางเคมี (Chemical adsorption)

การดูดซับทางเคมี คือ การเกิดปฏิกิริยาเคมีกันระหว่างตัวดูดซับและตัวถูกดูดซับ โดยการทำลายแรงยึดเหนี่ยวกันระหว่างอะตอมเดิมและมีการจัดเรียงอะตอมขึ้นใหม่เกิดเป็นพันธะโควาเลนต์ (Covalent bond) ที่แข็งแรงและไม่สามารถเกิดการผันกลับได้ (Irreversible) เนื่องจากมีค่าพลังงานการดูดซับสูงและมีพลังงานกระตุ้นเข้ามาเกี่ยวข้อง (Activation energy) ส่งผลให้การกำจัดสารที่ถูกดูดซับออกจากตัวดูดซับเกิดขึ้นได้ยากและมีการดูดซับเป็นแบบชั้นเดียว (Monolayer) [9][10]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.4 สารดูดซับ (Adsorbent)

แป้ง (Starch) ถูกนำมาใช้เป็นสารเติมแต่งในผ้าฝ้ายและผ้าลินิน เพื่อเพิ่มความทนทานและปรับปรุงเนื้อผ้า นอกจากนี้ยังทำให้เกิดความสะดวกในการตัดเย็บ แป้งเป็นพอลิเมอร์ของกลูโคสที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ มีสูตรทั่วไปคือ $(C_6H_{10}O_5)_n$ ประกอบด้วยพอลิเมอร์ 2 ชนิด คือ อะไมโลส (Amylose) และอะไมโลเพคติน (Amylopectin) อะไมโลสเป็นพอลิเมอร์เชิงเส้นของกลูโคสซึ่งเชื่อมต่อกันด้วยพันธะแอลฟาที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 1 และ 4 (α -1,4-linked D-glucose) มีกิ่งก้านเล็กน้อย ส่วนอะไมโลเพคตินเป็นพอลิเมอร์โซ่กิ่งซึ่งประกอบด้วย (1) โซ่หลักที่มีกลูโคสเชื่อมต่อกันด้วยพันธะแอลฟาที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 1 และ 4 (α -1,4-linked D-glucose) และ (2) โซ่กิ่งที่เชื่อมต่อกับโซ่หลักด้วยพันธะแอลฟาที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 1 และ 6 (α -1,6-linked D-glucose) ดังแสดงในรูปที่ 2.5 [11]



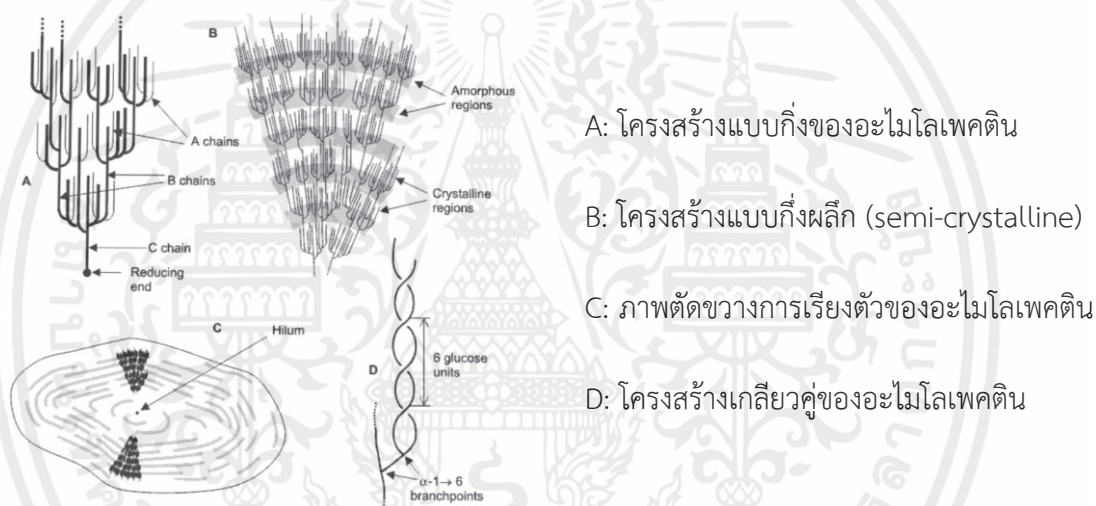
รูปที่ 2.5 โครงสร้างของอะไมโลสและอะไมโลเพคติน [12]

ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงองค์ประกอบของอะไมโลสและอะไมโลเพคติน [13]

ชนิดของแป้ง	อะไมโลส (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	อะไมโลเพคติน (ร้อยละโดยน้ำหนัก)
แป้งมันฝรั่ง	21	79
แป้งข้าวโพด	28	72
แป้งมันสำปะหลัง	17	83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พืชจะเก็บแป้งไว้ในเมล็ดแป้ง ซึ่งพืชแต่ละชนิดจะมีลักษณะเฉพาะทั้งโครงสร้างทางเคมีและกายภาพ รวมทั้งขนาดและรูปร่างของเม็ดแป้งจะแตกต่างกัน เม็ดแป้งมีขนาดตั้งแต่ 1-100 μm ซึ่งมีโครงสร้างแบบกึ่งผลึก (semi-crystalline) ประกอบด้วยส่วนอสัณฐาน (Amorphous regions) และส่วนที่เป็นผลึก (Crystalline regions) โครงสร้างทั้งสองนี้จะมีการเรียงตัวซ้อนกันเป็นชั้นในแนวรัศมี โดยมีจุดเริ่มต้นอยู่ที่จุดศูนย์กลางของเม็ดแป้งเรียกว่า ไฮลัม (hilum) ความเป็นผลึกเกิดจากการเรียงตัวของอะไมโลเพคตินเป็นกลุ่ม (clusters) แต่ละกลุ่มประกอบด้วยส่วนโครงสร้างของจุดที่มีการแตกกิ่งจะเรียงตัวอย่างไม่เป็นระเบียบ เรียกว่า “ส่วนอสัณฐาน” ซึ่งสายของอะไมโลเพคตินที่จัดเรียงตัวอย่างมีระเบียบแบบเกลียวคู่ (double helix) ด้วยพันธะไฮโดรเจน เรียกว่า “ส่วนที่เป็นผลึก” [11] ดังแสดงในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 โครงสร้างของเม็ดแป้ง [11]

แป้งไม่ละลายในน้ำเย็นแต่จะดูดซึมน้ำไว้ในโครงสร้างประมาณร้อยละ 25-30 โดยมวลและเกิดการพองตัวเล็กน้อยจนไม่สามารถเห็นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นได้ ซึ่งปรากฏการณ์นี้สามารถเกิดการผันกลับได้โดยการนำไปอบแห้งจะทำให้ได้แป้งที่มีลักษณะและคุณสมบัติดั้งเดิม เนื่องจากการจัดเรียงตัวกันระหว่างโมเลกุลของอะไมโลสและอะไมโลเพคตินภายในเม็ดแป้ง บริเวณส่วนที่เป็นผลึกมีการเรียงตัวกันของโมเลกุลอยู่อย่างหนาแน่นและแข็งแรงจึงไม่สามารถละลายในน้ำเย็น บริเวณส่วนอสัณฐานมีการจัดเรียงตัวกันอย่างหลวมๆ ไม่เป็นระเบียบและมีหมู่ไฮดรอกซิลอิสระมากจึงมีน้ำซึมเข้าไปได้บ้างแม้ในน้ำเย็น เมื่อให้ความร้อนกับน้ำแป้ง ทำให้ส่วนอสัณฐานสามารถจับกับน้ำได้มากขึ้นและส่วนที่เป็นผลึกเริ่มคลายตัวหลวมขึ้นและจับกับน้ำทำให้เม็ดแป้งพองตัวเพิ่มขึ้น เมื่อให้ความร้อนจนถึงอุณหภูมิที่แป้งสามารถละลายได้ ทำให้แรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลในส่วนที่เป็นผลึก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

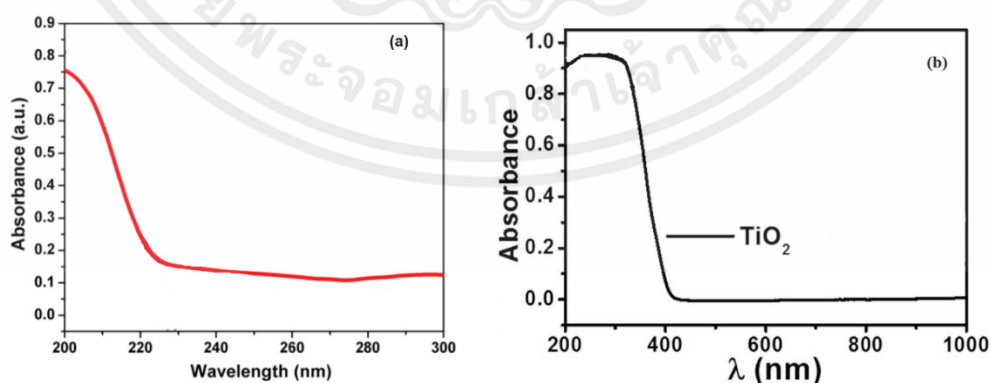
ลดลง ซึ่งเม็ดแป้งพองมากขึ้นและไม่สามารถเกิดการผันกลับได้ โมเลกุลแป้งจะอยู่ในสภาพสารละลาย (gelatinization) โดยอุณหภูมิที่ใช้ขึ้นอยู่กับชนิดของแป้ง [11] [14]

2.3.5 สารเติมแต่งที่มีความสามารถเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาด้วยแสง (Photocatalyst)

การใช้โลหะออกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเชิงแสงเป็นประโยชน์ต่อด้านมลพิษทางสิ่งแวดล้อมหลายอย่าง เช่น การย่อยสลายสีย้อม ผงซักฟอก และสารอินทรีย์ระเหยง่าย เป็นต้น โลหะออกไซด์มีความสามารถในการสลายสารอินทรีย์ที่มีความเป็นพิษทั้งในน้ำและอากาศ [15] [16]

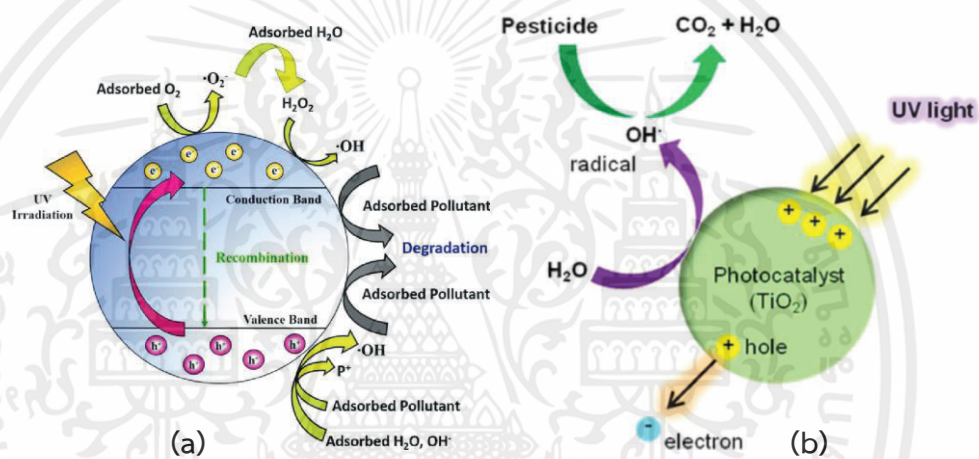
2.3.5.1 ไททาเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) เป็นสารประกอบออกไซด์ของไททาเนียมมีลักษณะทางกายภาพเป็นผงสีขาว มีคุณสมบัติเป็นสารกึ่งตัวนำ (Semiconductor) และเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาด้วยแสง ชนิดที่ใช้กันโดยทั่วไป คือ สารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น (N-type semiconductor) ซึ่งนิยมใช้กันในอุตสาหกรรมสำหรับการกำจัดสารที่มีความเป็นพิษ เนื่องจากมีความสามารถในการออกซิไดซ์ที่ดี มีความเสถียรสูง ราคาถูก และสามารถถูกกระตุ้นได้ในแสงช่วงอัลตราไวโอเล็ต (Ultraviolet) ดังแสดงตามรูปที่ 2.8 (b) [16][17]

2.3.5.2 แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) มีลักษณะทางกายภาพเป็นของแข็งสีขาวเช่นเดียวกับไททาเนียมไดออกไซด์ สามารถเกิดปฏิกิริยาได้บนพื้นผิวได้สูง และมีความสามารถในการย่อยสลายสารพิษได้ดีในช่วงแสงอัลตราไวโอเล็ตและในช่วงแสงช่วงที่มองเห็นได้บางส่วน (Visible light) ดังรูปที่ 2.8 (a) [20] นอกจากนี้แมกนีเซียมออกไซด์ยังถูกนำมาใช้ในการปรับปรุงประสิทธิภาพของตัวเร่งปฏิกิริยาด้วยแสง (Photocatalyst) เช่นเดียวกับไททาเนียมไดออกไซด์ และโลหะออกไซด์ชนิดอื่นๆ [16][18]



รูปที่ 2.7 ช่วงความยาวคลื่นที่แมกนีเซียมออกไซด์สามารถถูกกระตุ้น (a) [19] และไททาเนียมไดออกไซด์สามารถถูกกระตุ้น (b) [20]

สำหรับการเกิดปฏิกิริยาด้วยแสง แสงที่มีพลังงานงานมากกว่าหรือเท่ากับแถบช่องว่างพลังงาน (Band gap) จะไปกระตุ้นอิเล็กตรอนในแถบวาเลนซ์ของตัวเร่งปฏิกิริยา (Valence band, VB) ให้เคลื่อนที่ไปอยู่ในแถบการนำไฟฟ้า (Conduction band, CB) ทำให้เกิดช่องว่าง (Hole, h^+) และเมื่อสัมผัสกับน้ำหรือความชื้น จะเกิดเป็นไฮดรอกซิลเรดิคัล (Hydroxyl radical, $\cdot OH$) ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวออกซิไดซ์ที่จะไปจับกับสารอินทรีย์ที่เป็นพิษ และออกซิไดซ์ให้เป็นสารที่มีความเป็นพิษน้อยกว่า (a, b) ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ส่วนอิเล็กตรอนจะไปจับกับออกซิเจนในอากาศเกิดเป็นซูเปอร์ออกไซด์เรดิคัลแอนไอออน (Superoxide radical anions, $\cdot O_2^-$) ซึ่งเป็นตัวเรดิคัลเริ่มต้นในการสลายสารพิษ ดังรูปที่ 2.9 (a) [22] [23]



รูปที่ 2.8 กลไกของการย่อยสลายด้วยแสงที่เกิดบนพื้นผิว (Surface) ของโลหะออกไซด์ [25]

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

S.K. Obendorf และคณะ [2] ได้ศึกษาความสามารถของแป้งในการดูดซับสารเคมีกำจัดศัตรูพืช การป้องกันการซึมผ่านและการเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดสารปนเปื้อนโดยวิธีการซักเนื่องจากการตกค้างและการแพร่กระจายของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่มักพบบนเสื้อผ้าที่สวมใส่และมีการนำกลับมาใช้ใหม่หลังการซัก โดยผ้าที่มีสัดส่วนฝ้ายต่อโพลีเอสเตอร์ในอัตราส่วน 35:65 ถูกนำมาผ่านการเคลือบผิวด้วยพอลิเมอร์ 4 วิธี คือ 1) การเคลือบผิวผ้าแบบไม่ถาวรด้วยแป้ง 2) การเคลือบผิวผ้าแบบไม่ถาวรคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส 3) การเคลือบผิวแบบถาวรด้วยเรซิน และ 4) การเคลือบผิวแบบถาวรคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส จากการศึกษาการตกค้างและการแพร่กระจายของเมธิลพาราไรออนที่พบบนผ้านดังกล่าว พบว่าการใช้แป้งที่มีปริมาณร้อยละ 8 โดยน้ำหนัก มีประสิทธิภาพในการลดพื้นที่ในการปนเปื้อนของเมธิลพาราไรออนบนผ้าและช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดสารนั้นจาก

ผ้าหลังจากการซัก เนื่องจากแป้งสามารถดูดซับสารเคมีกำจัดศัตรูพืชไว้บนผ้า นอกจากนี้ยังคงมี ประสิทธิภาพในการช่วยลดการซึมผ่านของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชเมื่อผิวหนังเกิดการเสียดสีกับผ้า ดังนั้นจึงสามารถป้องกันสารเคมีเหล่านี้ซึมผ่านไปยังผิวหนังได้เมื่อมีเกิดการเสียดสีกับผ้า ในขณะที่การ เคลือบผิวด้วยพอลิเมอร์อีก 3 วิธี มีปริมาณและพื้นที่ในการบดเปื้อนของสารเคมีใกล้เคียงกับผ้าที่ไม่ได้ ผ่านการเคลือบผิว

Sireepus Koypokaisawan [7] ได้ทำการศึกษาการสลายคาร์บาริลในน้ำที่ความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ภายในระยะเวลา 180 นาที โดยใช้ผงไททาเนียมไดออกไซด์ในการเร่งปฏิกิริยาด้วย แสง ภายใต้แสงจากหลอดไฟแบล็คไลท์และแสงจากดวงอาทิตย์ พบว่าแสงจากดวงอาทิตย์มี ความสามารถในการสลายคาร์บาริลได้ดีกว่าแสงจากหลอดไฟแบล็คไลท์ โดยไททาเนียมไดออกไซด์ที่ 1 และ 2 กรัมต่อลิตรสามารถสลายคาร์บาริลในน้ำได้ร้อยละ 95 -96 เนื่องจากแสงจากดวงอาทิตย์ ประกอบไปด้วยรังสีอัลตราไวโอเล็ตเอ อัลตราไวโอเล็ตบี และ อัลตราไวโอเล็ตซี ในขณะที่หลอดไฟ แบล็คไลท์มีเพียงรังสีอัลตราไวโอเล็ตเอ [การสลายคาร์บาริลในน้ำด้วยปฏิกิริยาไททาเนียมได ออกไซด์โฟโตคะตะไลซิส

L.L. Ko และ S.K. Obendorf [24] ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับปริมาณของเมธิลพาราไรออนบน ผ้าฝ้ายและผ้าที่มีสัดส่วนฝ้ายต่อโพลีเอสเตอร์ในอัตราส่วน 50:50 ที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยแป้ง ปริมาณร้อยละ 8-10 โดยน้ำหนัก ซึ่งพบว่ามีประสิทธิภาพในการดูดซับและสามารถลดการซึมผ่าน ของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชเข้าสู่ผิวหนัง อีกทั้งยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดหลังผ่านการซัก โดย ที่ผ้าฝ้ายมีการบดเปื้อนของเมธิลพาราไรออนในปริมาณที่น้อยกว่าผ้าฝ้ายผสมโพลีเอสเตอร์ นอกจากนี้การใช้เอนไซม์อะไมเลสร่วมกับสารซักฟอกยังเพิ่มประสิทธิภาพในการลดการบดเปื้อนของ สารเคมีบนผ้าที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยแป้ง

E. Csiszár และคณะ [25] ได้ทำการทดสอบการซึมผ่านของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่ปนเปื้อนอยู่ บนเสื้อผ้าเข้าสู่ผิวหนังโดยวิธีการ Franz diffusion cell เพื่อหาความสามารถของเสื้อผ้าในการ ป้องกันสารเคมีกำจัดศัตรูพืช งานวิจัยนี้ได้ศึกษาเกี่ยวกับเสื้อผ้าที่นิยมใช้กันทั่วไปโดยนำไปผ่านการ ปรับเปลี่ยนคุณสมบัติทางเคมีเพื่อเพิ่มความสามารถในการดูดซับของผ้าฝ้าย (Cotton) ด้วยวิธีการ เคลือบผิวโดยใช้แป้งและผ่านกระบวนการคาร์บอกซิเมทิลเลชัน (Carboxymethylation) จากการ พิจารณาปริมาณเมธิลพาราไรออนที่เหลือนบนผ้า การซึมผ่านของสารผ่านชั้นผ้า และการกำจัด การบดเปื้อนของสารด้วยการซัก พบว่าความสามารถในการดูดซับเมธิลพาราไรออนของผ้าแปรผันตรงกับ น้ำหนักของผ้า และผ้าที่ผ่านการทำคาร์บอกซิเมทิลเลชันจะมีความสามารถในการดูดซับสารเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ปริมาณของเมธิลพาราไรออนที่พบบริเวณผิวหนังลดลงเมื่อเทียบกับผ้าที่ไม่ผ่านการเคลือบผิว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกเหนือจากนี้ผ้าที่นำไปผ่านการเคลือบผิวด้วยแป้งจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดสารปนเปื้อนเมื่อผ่านการซัก

การใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่มีอยู่ทั่วโลกและเหตุการณ์ที่ก่อให้เกิดความความเสี่ยงของการปนเปื้อนสารเคมีส่งผลให้มีความจำเป็นอย่างยิ่งในการพัฒนาอุปกรณ์ป้องกัน โดยอุปกรณ์ป้องกันที่ใช้ในปัจจุบันมีความสามารถสำหรับการป้องกันสารเคมี A. Samolov และคณะ [26] ได้ทำการศึกษาโดยมุ่งเน้นไปที่การออกแบบสิ่งทอ ซึ่งมีความสามารถในการลดความเป็นพิษได้ด้วยตัวเอง (Self-decontamination) โดยการรวมกับอนุภาคนาโนไททาเนียมไดออกไซด์เนื่องจากง่ายต่อการสังเคราะห์ ราคาถูกและมีความเป็นพิษต่ำ จากการทดสอบพบว่า ไททาเนียมไดออกไซด์ที่ถูกเคลือบอยู่บนผิวสิ่งทอมีความสามารถในการสลายความเป็นพิษของสารเคมี เมื่อถูกกระตุ้นด้วยแสงอัลตราไวโอเล็ต (Ultraviolet)

การสลายด้วยแสงและการเกิดการสลายสารอินทรีย์ (Mineralization) ของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชกลายเป็นสิ่งสำคัญที่นักวิทยาศาสตร์ให้ความสนใจ เนื่องจากมีการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชกันเป็นจำนวนมากในการทำเกษตรกรรม อีกทั้งสารเคมีเหล่านี้ยังก่อให้เกิดผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม เทคโนโลยีนาโนจึงเข้ามามีบทบาทสำคัญในการแก้ปัญหา A. M. Shaker และคณะ [27] ได้ทำการศึกษาอนุภาคนาโนไททาเนียมไดออกไซด์ที่สามารถลดความเป็นพิษของเมทโรนิลเมื่อได้รับแสงแดด เนื่องจากเกิดการย่อยสลายด้วยแสง ซึ่งทำการทดลองโดยการป้อนใบฝ้ายที่ได้รับแสงแดดให้กับตัวอ่อนของหนอนกระทู้ฝ้าย (Cotton Leafworm) ใบฝ้ายที่ใช้ทดลองแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มแรกใบฝ้ายจะถูกพ่นด้วยเมทโรนิลและอนุภาคนาโนไททาเนียมไดออกไซด์ กลุ่มที่สองถูกพ่นด้วยเมทโรนิล และกลุ่มสุดท้ายถูกพ่นด้วยน้ำกลั่น โดยระยะเวลาในการทดลองคือ 0 3 5 7 9 และ 12 วัน หลังจากพ่นสารดังกล่าว พบว่าหนอนกลุ่มที่กินใบฝ้ายที่ถูกพ่นด้วยเมทโรนิลมีอัตราการตายมากกว่ากลุ่มที่กินใบฝ้ายที่พ่นเมทโรนิลและอนุภาคนาโนไททาเนียมไดออกไซด์เมื่อเทียบกับหนอนกลุ่มที่กินใบฝ้ายที่พ่นด้วยน้ำกลั่นซึ่งมีอัตราการตายเป็นศูนย์

E. Spero [28] ได้พัฒนาการทดลองเพื่อให้เหมาะสมสำหรับการศึกษาความสามารถในการป้องกันสารเคมีของผ้า โดยได้มีการปรับปรุงวิธีการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM 2130 จากการศึกษาทั่วโลกการดูดซับที่สามารถลดความเป็นพิษได้ด้วยตัวเอง (Self-decontamination) ของผ้าที่มีสัดส่วนฝ้ายต่อโพลีเอสเตอร์ในอัตราส่วน 35:65 เพื่อให้สามารถป้องกันผิวหนังจากการสัมผัสกับสารกำจัดศัตรูพืช ซึ่งพบว่าการใช้อนุภาคนาโนของ N-halamine และแมกนีเซียมออกไซด์มีความสามารถในการสลายอัลดีคาร์บที่ถูกดูดซับไว้ แต่แมกนีเซียมออกไซด์ให้ผลในการสลายที่ดีกว่าซึ่งประสิทธิภาพในการสลายอัลดีคาร์บจะเพิ่มมากขึ้น เมื่อมีการเคลือบผิวผ้าด้วยแป้ง เนื่องจากแป้งมีคุณสมบัติในการเพิ่มการดูดซับสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

3.1.1 อุปกรณ์

1. ผ้าที่มีสัดส่วนฝ้าย (Cotton) ต่อโพลีเอสเตอร์ (Polyester) ในอัตราส่วน 35:65 ขนาด 6x6 ตารางเซนติเมตร
2. กระดาษดูดซับ (Whatman benchkote plus)
3. จานเพาะเชื้อแบบพลาสติก (Petri dish) ขนาด 90X15 มิลลิเมตร
4. ขวดแก้วสีชาเก็บตัวอย่างขนาด 60 มิลลิตร
5. ปีกเกอร์ขนาด 20 50 และ 1000 มิลลิตร
6. ปิเปต 2 5 10 มิลลิตร
7. ไมโครปิเปต 100 ไมโครลิตร
8. กระจกบอทวงปริมาตร 25 50 และ 100 มิลลิตร
9. เครื่องกวนผสม (Stirrer) และแท่งแม่เหล็ก (Magnetic)
10. เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิทัล 4 ตำแหน่ง
11. ช้อนตักสาร
12. คีมคีบ
13. หลอดฉีดยาขนาด 10 มิลลิตร (Syringe) และหัวกรอง (Syringe filter เส้นผ่านศูนย์กลางรูพรุนขนาด 0.45 ไมโครเมตร)
14. คิวเวทควอตซ์ (Quartz cuvette) ขนาด 10x10 มิลลิเมตร
15. เครื่องสเปกโตรมิเตอร์ชนิดอัลตราไวโอเล็ต-วิสิเบิล แบบลำแสงคู่ รุ่น Thermo Evolution 201 (Double-beam UV/visible spectrophotometer Thermo Evolution 201)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 สารเคมี

1. ตัวทำละลาย

- เมทานอล (Methanol)

2. สารละลายเพิ่มความเข้มข้นร้อยละ 4 น้ำหนักต่อปริมาตร

- แป้งข้าวโพด
- แป้งมันสำปะหลัง
- แป้งมันฝรั่ง

3. ตัวเร่งปฏิกิริยาในการเกิดออกซิเดชัน

- แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)
- ไททาเนียมไดออกไซด์ (TiO₂)

4. สารเคมีกำจัดศัตรูพืช

- คาร์บาริลแบบผงผสมที่ความเข้มข้นร้อยละ 85 โดยมวล

3.2 ขั้นตอนการทดลอง

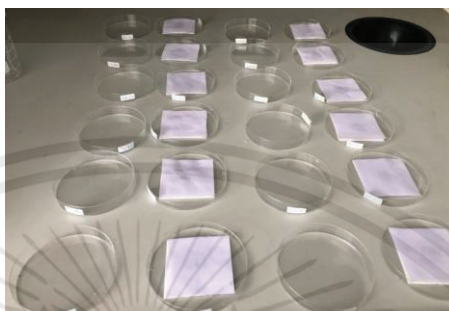
3.2.1 การศึกษาความสามารถในการดูดซับและประสิทธิภาพในการป้องกันคาร์บาริลของแป้งต่างชนิดที่ใช้ในการเคลือบผิวผ้า

1. การเตรียมสารละลายแป้งข้าวโพดที่มีความเข้มข้นร้อยละ 4 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร โดยการชั่งแป้ง 20 กรัม นำไปละลายน้ำที่อุณหภูมิห้องปริมาตร 50 มิลลิลิตร จากนั้นนำน้ำแป้งไปละลายในน้ำเดือดที่มีปริมาตร 450 มิลลิลิตร ปั่นกวนน้ำแป้งที่ความเร็วรอบ 350 รอบต่อนาที จนได้น้ำแป้งสุกที่มีลักษณะหนืดและใส

2. นำผ้าที่มีสัดส่วนฝ้ายต่อโพลีเอสเตอร์ในอัตราส่วน 35:65 ขนาด 6X6 ตารางเซนติเมตร ไปแช่น้ำหนักจากนั้นนำลงไปปั่นในสารละลายแป้งสุกเป็นเวลา 1 นาที ใช้ความเร็ว 350 รอบต่อนาที จากนั้นนำไปรีดแป้งส่วนเกินออกโดยใช้เกรียงรีดแป้งส่วนเกินออกบนแผ่นอะคริลิก

3. ตากไว้ในบริเวณที่มีอุณหภูมิประมาณ 30 ± 5 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 60 ± 5 เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และนำไปชั่งน้ำหนักอีกครั้ง

4. นำชิ้นผ้าจากข้อ 3 มาวางไว้บนกระดาษดูดซับ (Whatman benchkote) บีเปตสารละลายคาร์บาริลลงบนผ้า และตั้งทิ้งไว้ 10 นาที ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการเตรียมชิ้นผ้าที่ปนเปื้อน สำหรับการศึกษาระสิทธิภาพของแปรง

5. นำกระดาษดูดซับ มาวางด้านบนชิ้นผ้าที่ปนเปื้อน เพื่อดูดซึมของเหลวที่เหลือ ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 2 นาที แยกทั้ง 3 ชั้นออกจากกันและตากไว้ในตู้ดูดไอสารเคมีเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ดังรูปที่ 3.2 และนำแต่ละชั้น ไปใส่ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask) ขนาด 200 มิลลิลิตร



รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการตากผ้าทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง

6. เติมตัวทำละลายเมทานอลปริมาตร 100 มิลลิลิตร ลงในขวดรูปชมพู่ปิดให้สนิทด้วยแผ่นพาราฟิล์ม นำไปเขย่าที่ความเร็ว 200 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

7. หาความเข้มข้นของสารละลายตัวอย่าง โดยนำสารละลายตัวอย่างข้อ 6 ไปวิเคราะห์ความเข้มข้นด้วยเครื่องสเปกโตรมิเตอร์ชนิดอัลตราไวโอเล็ต-วิสิเบิล แบบลำแสงคู่ ดังรูปที่ 3.3 ในการตรวจวิเคราะห์หาความเข้มข้นของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชชนิดคาร์บาริล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 เครื่องสเปกโตรมิเตอร์ชนิดอัลตราไวโอเล็ต-วิสิเบิล แบบลำแสงคู่ รุ่น
Thermo Evolution 201

8. ทำการทดลอง ข้อ 1 - 8 ข้าง โดยเปลี่ยนสารละลายแป้งข้าวโพดเป็นแป้งมันสำปะหลังและแป้งมันฝรั่ง

9. เปรียบเทียบประสิทธิภาพการป้องกันของผ้าเมื่อเคลือบผิวด้วยแป้งต่างชนิดกันและนำแป้งที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดไปใช้ในการศึกษาปัจจัยถัดไปโดยการเติมสารเติมแต่งได้แก่ แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) และไททาเนียมไดออกไซด์ (TiO₂)

3.2.2 การศึกษาความสามารถในการดูดซับและประสิทธิภาพในการป้องกันคาร์บาริลของแป้งข้าวโพดและสารเติมแต่งต่างชนิดที่ใช้ในการเคลือบผิวผ้า

1. การเตรียมสารละลายแป้งข้าวโพดผสมไททาเนียมไดออกไซด์ที่มีแป้งข้าวโพดมีความเข้มข้นร้อยละ 4 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร และไททาเนียมไดออกไซด์มีความเข้มข้นร้อยละ 1 2 และ 4 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ตามลำดับ ซึ่งทำได้โดยการชั่งแป้ง 20 กรัม นำไปละลายน้ำที่อุณหภูมิห้อง ปริมาตร 50 มิลลิลิตร จากนั้นนำน้ำแป้งไปละลายในน้ำเดือดที่มีปริมาตร 450 มิลลิลิตร เติมไททาเนียมไดออกไซด์ 5 10 และ 20 กรัม ตามลำดับ ปั่นจนจนแป้งข้าวโพดผสมเข้ากับไททาเนียมไดออกไซด์

2. เปลี่ยนสารเติมแต่งจากไททาเนียมไดออกไซด์เป็นแมกนีเซียมออกไซด์โดยเตรียมความเข้มข้นของสารเติมแต่งที่ความเข้มข้นร้อยละ 1 2 และ 4 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ตามลำดับ โดยทำการทดลองเช่นเดียวกับหัวข้อที่ 3.2.2 ในข้อที่ 1 จากนั้นทำการเคลือบผิวผ้าและเปรียบเทียบความสามารถในการดูดซับและประสิทธิภาพการป้องกันเมื่อเปลี่ยนความเข้มข้นและชนิดของสารเติมแต่งโดยทำการทดลองเช่นเดียวกับการทดลองในหัวข้อที่ 3.2.1 ข้อที่ 2 - 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

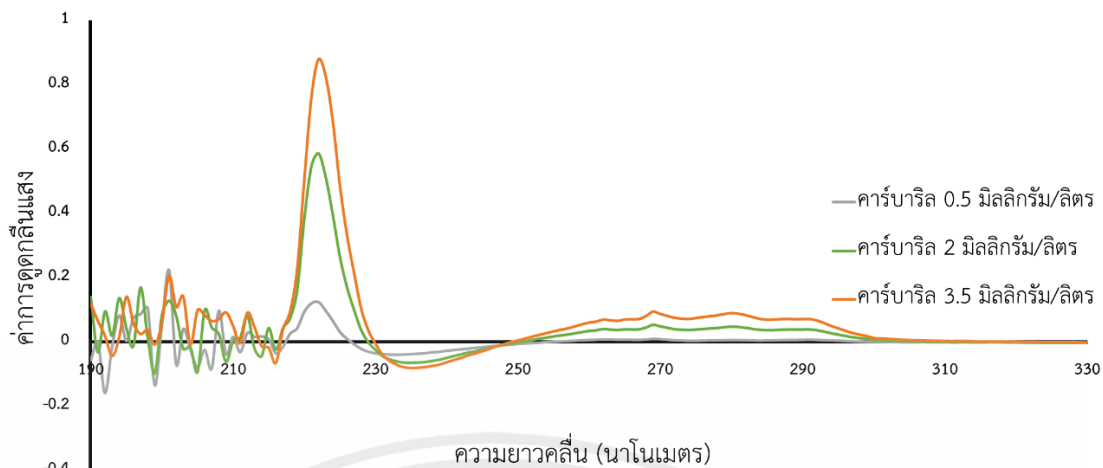
บทที่ 4

ผลการทดลองและอภิปราย

ปริญญาโทฉบับนี้เป็นการศึกษาผ้าที่เคลือบผิวด้วยแป้งสามชนิดที่แตกต่างกัน ได้แก่ แป้งข้าวโพด แป้งมันสำปะหลัง และแป้งมันฝรั่ง จากนั้นนำผ้าที่เคลือบผิวด้วยแป้งสามชนิดที่มีร้อยละโดยน้ำหนักของแป้งอยู่ในช่วงร้อยละ 7-10 มาทำการทดสอบความสามารถในการดูดซับและประสิทธิภาพในการป้องกันคาร์บาริลตามวิธีมาตรฐาน ASTM F2130-11 หลังจากนั้นทำการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการดูดซับคาร์บาริลบนผ้าที่ถูกเคลือบผิวด้วยแป้งข้าวโพดและมีการการเพิ่มสารเติมแต่ง โดยสารเติมแต่งทั้ง 2 ชนิด ได้แก่ ไททาเนียมไดออกไซด์และแมกนีเซียมออกไซด์ ในการหาปริมาณของคาร์บาริลที่ตกค้างอยู่บนชั้นผ้าและชั้นผิวหนังสามารถหาได้จากการใช้เครื่องสเปกโตรมิเตอร์ชนิดอัลตราไวโอเล็ต-วิสิเบิล แบบลำแสงคู่ ในการตรวจหาความเข้มข้นของคาร์บาริลที่อยู่ในแต่ละชั้น จากนั้นนำค่าความเข้มข้นของคาร์บาริลมาคำนวณเพื่อหาปริมาณของคาร์บาริล โดยอ้างอิงจากกราฟมาตรฐาน ดังรูปที่ 4.2

4.1 การสร้างกราฟมาตรฐานของคาร์บาริล

ความเข้มข้นของสารละลายคาร์บาริลสามารถวิเคราะห์ได้จากการสร้างกราฟมาตรฐานของสารละลายคาร์บาริลที่ความเข้มข้นต่างๆ โดยใช้เครื่องสเปกโตรมิเตอร์ชนิดอัลตราไวโอเล็ต-วิสิเบิล แบบลำแสงคู่ ในการตรวจหาค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายคาร์บาริล พบว่าความยาวคลื่นที่ทำให้ค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดที่ 222 นาโนเมตร และเมื่อปรับเปลี่ยนความเข้มข้นของสารละลาย ผลปรากฏว่าค่าการดูดกลืนแสง ณ ความยาวคลื่นดังกล่าว แปรผันตรงกับความเข้มข้นของสารละลายในหน่วย มิลลิกรัมต่อลิตร ตามรูปที่ 4.1 จากนั้นทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงของความเข้มข้นต่างๆ ที่ความยาวคลื่น 222 นาโนเมตร แล้วนำผลที่ได้มาสร้างกราฟมาตรฐาน เพื่อหาความเข้มข้นที่ต้องการ



รูปที่ 4.1 กราฟค่าการดูดกลืนแสงของคาร์บาริลที่ความยาวคลื่นในช่วง 190 - 330 นาโนเมตร

4.2 การศึกษาความสามารถในการดูดซับและประสิทธิภาพในการป้องกันคาร์บาริลของแป้งต่างชนิดที่ใช้ในการเคลือบผิวผ้า

ตารางที่ 4.1 ความสามารถในการดูดซับและประสิทธิภาพในการป้องกันของผ้าที่ถูกเคลือบด้วยแป้งต่างชนิด โดยใช้ปริมาณคาร์บาริลตั้งต้น 0.17 มิลลิกรัมต่อพื้นที่ 36 ตารางเซนติเมตร

ผ้าที่ใช้ทดสอบ	น้ำหนักแป้งต่อ น้ำหนักผ้า (ร้อยละ)	ความสามารถใน การดูดซับ* คาร์บาริล	ประสิทธิภาพในการ ป้องกันคาร์บาริล** (ร้อยละ)	ความชื้นของผ้า (ร้อยละโดย น้ำหนัก)
เคลือบผิวด้วย แป้งข้าวโพด	7.51	0.27	64.54	1.09
เคลือบผิวด้วย แป้งมัน สำปะหลัง	7.78	0.16	38.62	1.55
เคลือบผิวด้วย แป้งมันฝรั่ง	7.73	0.23	55.83	1.32
ไม่ผ่านการ เคลือบ		0.14	30.36	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ

$$* \text{ ความสามารถในการดูดซับคาร์บาริล} = \frac{\text{น้ำหนักคาร์บาริลในชั้นผ้า}}{\text{น้ำหนักผ้าหลังเคลือบผิว}} \quad (2)$$

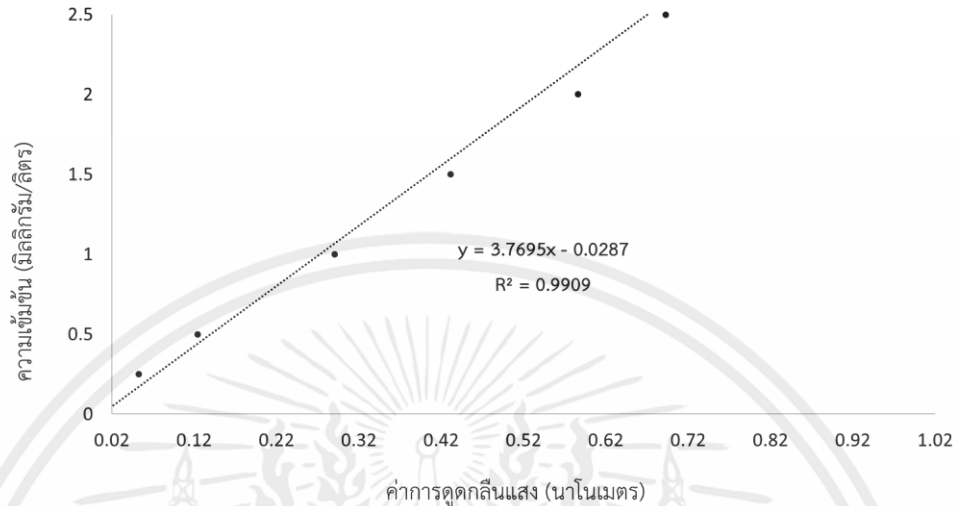
** ประสิทธิภาพในการป้องกันคาร์บาริล

$$= \frac{\text{น้ำหนักคาร์บาริลเริ่มต้น} - \text{น้ำหนักคาร์บาริลบนชั้นผิวหนึ่ง}}{\text{น้ำหนักคาร์บาริลเริ่มต้น}} \times 100 \quad (3)$$

การศึกษาความสามารถในการป้องกันและการดูดซับคาร์บาริลของผ้าที่เคลือบผิวด้วยสารละลายแป้งแต่ละชนิดที่มีความเข้มข้นร้อยละ 4 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร โดยใช้ผ้ามีอัตราส่วนของฝ้ายต่อโพลีเอสเตอร์ คือ 35 : 65 การคำนวณปริมาณของคาร์บาริลสามารถคำนวณได้จากกราฟความเข้มข้นมาตรฐานในช่วงความเข้มข้น 0 – 2.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีค่าการดูดกลืนแสงอยู่ในช่วง 0 – 0.69 ดังแสดงในรูปที่ 4.2 จากการทดลองพบว่า แป้งข้าวโพดที่นำมาเคลือบผิวผ้ามีการดูดซับและป้องกันสารเคมีกำจัดศัตรูพืชชนิดคาร์บาริลไว้บนผิวผ้าได้มากที่สุด โดยมีความสามารถในการป้องกันได้มากถึงร้อยละ 64.54 เมื่อเทียบกับผ้าที่ไม่ผ่านการเคลือบผิว ซึ่งมีความสามารถในการป้องกันได้เพียงแค่อ้อยู่ที่ร้อยละ 30.36 การหาความสามารถในการดูดซับคาร์บาริลสามารถคำนวณได้จากสูตรในสมการที่ 2 ส่วนการหาความสามารถในการดูดซับคำนวณหาได้จากสูตรในสมการที่ 3 โดยทำการทดสอบตามวิธีมาตรฐาน ASTM F2130-11 ซึ่งเป็นมาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบการซึมผ่านของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชสำหรับผ้าที่มีความสามารถในการป้องกันสารเคมี จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่าการเคลือบผิวผ้าด้วยแป้งข้าวโพดมีประสิทธิภาพในการป้องกันและดูดซับสารเคมีกำจัดศัตรูพืชชนิดคาร์บาริลได้ดีกว่าการเคลือบผิวผ้าด้วยแป้งมันสำปะหลังและแป้งมันฝรั่ง เนื่องจากผ้าที่เคลือบผิวด้วยแป้งข้าวโพดมีการดูดซับความชื้นไว้บนผ้าน้อยที่สุด จากการทดลองได้ทำการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการหาความชื้นของผ้าที่เคลือบผิวด้วยแป้งแต่ละชนิด โดยหาปริมาณความชื้นของผ้าที่เคลือบผิวด้วยแป้งแต่ละชนิดจากการนำผ้าไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลานาน 24 ชั่วโมง แล้วเปรียบเทียบน้ำหนักของผ้าก่อนและหลังอบ เพื่อหาความชื้นของผ้าที่เคลือบผิวด้วยแป้งต่างชนิด ผลปรากฏว่า ผ้าที่เคลือบผิวด้วยแป้งข้าวโพดมีการดูดซับความชื้นเอาไว้บนผ้าน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับผ้าที่เคลือบผิวด้วยแป้งมันสำปะหลังและแป้งมันฝรั่ง จากการศึกษาพบว่า การดึงความชื้นไว้บนพื้นผิวจะทำให้เกิดแรงภายในช่องว่างระหว่างเส้นใย (Capillary force) และจะเกิดการไหลของของเหลวด้านบนชั้นผ้า

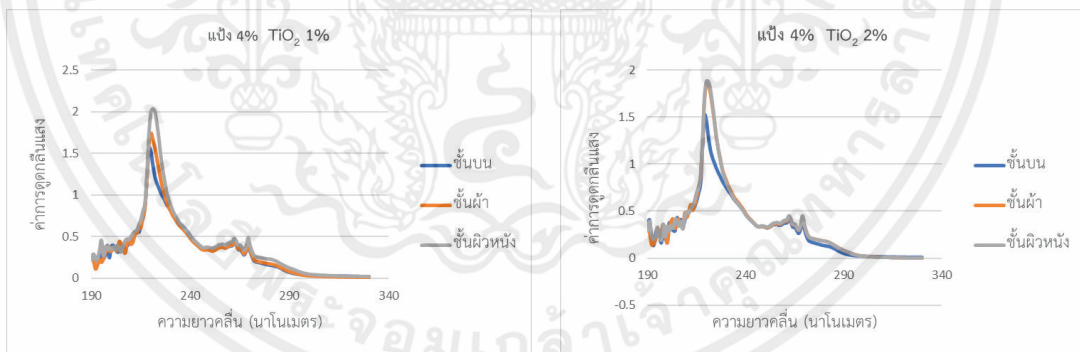
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผ่านรูพรุนของผ้าจึงทำให้ประสิทธิภาพในการป้องกันของผ้าลดลง เมื่อเทียบกับผ้าที่สามารถดูดซับความชื้นเอาไว้ได้น้อยกว่า



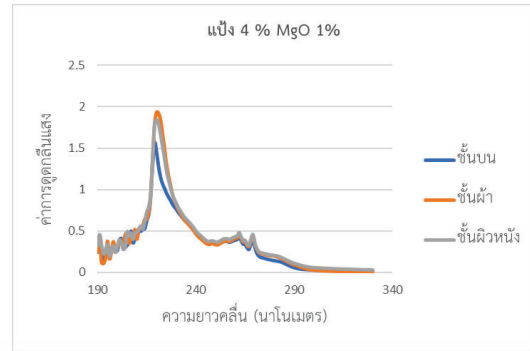
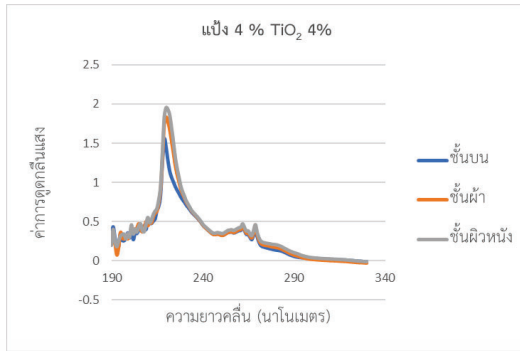
รูปที่ 4.2 กราฟความเข้มข้นมาตรฐานช่วงความเข้มข้น 0 – 2.5 มิลลิกรัมต่อลิตร

4.3 การศึกษาความสามารถในการดูดซับและประสิทธิภาพในการป้องกันคาร์บาริลของแป้งข้าวโพดและสารเติมแต่งต่างชนิดที่ใช้ในการเคลือบผิวผ้า



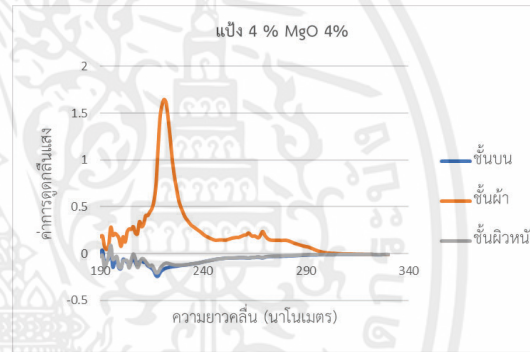
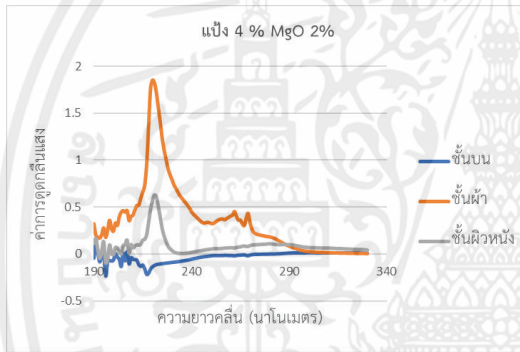
รูปที่ 4.3 ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายคาร์บาริลที่มีในแต่ละชั้นการทดสอบ บนผ้าที่เคลือบผิวด้วยแป้งข้าวโพดร้อยละ 4 โดยผสมกับไททานเนียมไดออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 1 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ตามลำดับ

รูปที่ 4.4 ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายคาร์บาริลที่มีในแต่ละชั้นการทดสอบ บนผ้าที่เคลือบผิวด้วยแป้งข้าวโพดร้อยละ 4 โดยผสมกับไททานเนียมไดออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 2 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ตามลำดับ



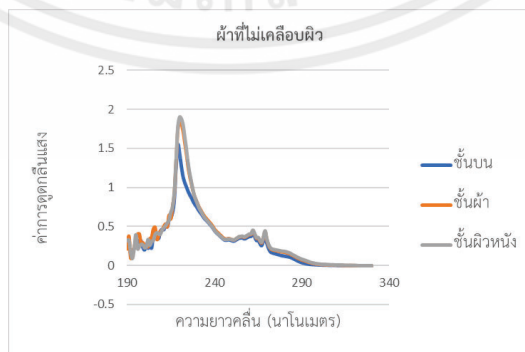
รูปที่ 4.5 ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายคาร์บาริลที่มีในแต่ละชั้นการทดสอบ บนผ้าที่เคลือบผิวด้วยแป้งข้าวโพดร้อยละ 4 โดยผสมกับไททาเนียมไดออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 4 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ตามลำดับ

รูปที่ 4.6 ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายคาร์บาริลที่มีในแต่ละชั้นการทดสอบ บนผ้าที่เคลือบผิวด้วยแป้งข้าวโพดร้อยละ 4 โดยผสมกับแมกนีเซียมออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 1 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ตามลำดับ



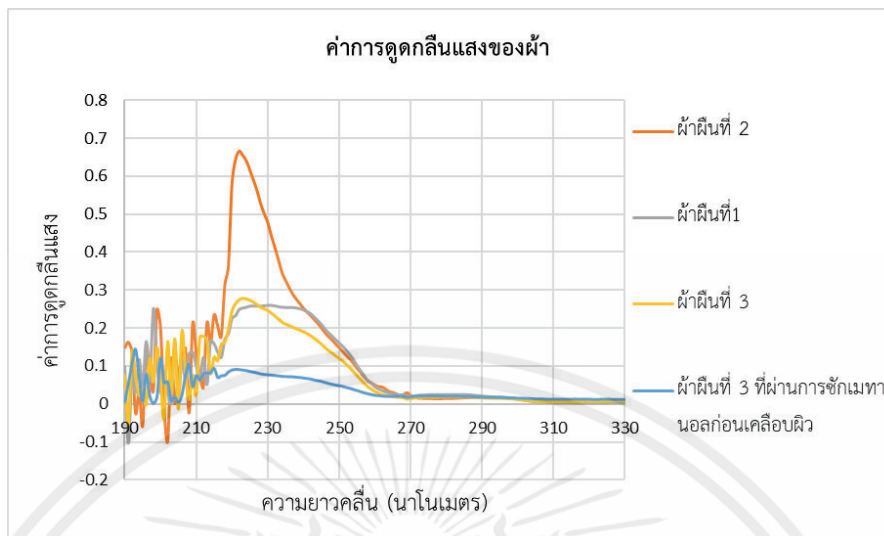
รูปที่ 4.7 ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายคาร์บาริลที่มีในแต่ละชั้นการทดสอบ บนผ้าที่เคลือบผิวด้วยแป้งข้าวโพดร้อยละ 4 โดยผสมกับแมกนีเซียมออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 2 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ตามลำดับ

รูปที่ 4.8 ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายคาร์บาริลที่มีในแต่ละชั้นการทดสอบ บนผ้าที่เคลือบผิวด้วยแป้งข้าวโพดร้อยละ 4 โดยผสมกับแมกนีเซียมออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 4 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ตามลำดับ



รูปที่ 4.9 ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายคาร์บาริลที่มีในแต่ละชั้นการทดสอบบนผ้าที่ไม่เคลือบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 ค่าการดูดกลืนแสงของผ้าที่นำมาใช้ในการเคลือบผิว

จากการศึกษาพบว่า การเคลือบผิวผ้าด้วยแป้งข้าวโพดความเข้มข้นร้อยละ 4 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ผสมกับสารเติมแต่งทั้งสองชนิด ได้แก่ ไททาเนียมไดออกไซด์ และ แมกนีเซียมออกไซด์ พบว่าผลการทดลองในรูปที่ 4.3 - 4.9 แสดงให้เห็นว่าค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายตัวอย่างคาร์บาริลที่ได้มีค่าเกินกว่าค่าการดูดกลืนแสงที่แสดงอยู่ในกราฟความเข้มข้นมาตรฐาน ซึ่งการวิเคราะห์ด้วยเครื่องสเปกโตรมิเตอร์ชนิดอัลตราไวโอเล็ต-วิสิเบิลแบบลำแสงคู่อาจจะไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการวิเคราะห์ผลการทดลองในส่วนนี้ เนื่องจากการเติมสารเติมแต่งลงไปอาจจะทำให้การวิเคราะห์ด้วยการใช้เครื่องสเปกโตรมิเตอร์ชนิดอัลตราไวโอเล็ต-วิสิเบิลแบบลำแสงคู่เกิดความผิดพลาด รูปที่ 4.10 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของผ้าก่อนเคลือบผิว โดยจากรูปแสดงให้เห็นว่าผ้าคนละผืนแต่มาจากคนละรอบการผลิตให้ค่าการดูดกลืนแสงที่ต่างกัน จากผลดังกล่าวส่งผลให้การทดลองเกิดความคลาดเคลื่อน จากการศึกษาในส่วนที่สองนี้พบว่าเป็นไปได้ว่าความผิดพลาดจากเครื่องมือวิเคราะห์ ซึ่งผู้วิจัยเสนอแนะวิธีแก้ไขดังต่อไปนี้ คือ การศึกษาในขั้นตอนนี้ควรจะไปใช้เครื่องมือวิเคราะห์ที่มีความเหมาะสมมากกว่า อย่างเช่น เครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (High Performance Liquid Chromatography; HPLC) ที่มีความสามารถในการวิเคราะห์ที่แม่นยำกว่าการวิเคราะห์ด้วยการใช้วิธีเครื่องสเปกโตรมิเตอร์ชนิดอัลตราไวโอเล็ต-วิสิเบิลแบบลำแสงคู่ เนื่องจากมีความสามารถในการแยกแยะองค์ประกอบที่ต้องการวิเคราะห์ออกจากองค์ประกอบอื่นที่อาจเจือปนอยู่ในสารละลายที่นำไปวิเคราะห์ทำให้สามารถทราบปริมาณคาร์บาริลที่ซึมผ่านผ้าได้อย่างแม่นยำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาเกี่ยวกับพอลิเมอร์จากธรรมชาติที่ทำหน้าที่เป็นตัวดูดซับสารเคมีกำจัดศัตรูพืช ในการศึกษานี้จะใช้มาตรฐาน ASTM F2130-11 โดยการศึกษาได้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน โดยการศึกษาในส่วนแรกได้ทำการศึกษาพอลิเมอร์จากธรรมชาติ ซึ่งในงานวิจัยนี้จะใช้แบ่ง 3 ชนิด คือ แป้งข้าวโพด แป้งมันสำปะหลัง และแป้งมันฝรั่ง เพื่อหาความสามารถในการดูดซับและประสิทธิภาพการป้องกันสารเคมีกำจัดศัตรูพืชชนิดคาร์บาริล จากผลการทดลองพบว่าผ้าที่เคลือบผิวด้วยแป้งข้าวโพดมีความสามารถในการดูดซับคาร์บาริลดีที่สุด ซึ่งสามารถป้องกันคาร์บาริลได้มากถึงร้อยละ 64.54 เมื่อเทียบกับผ้าที่ไม่ผ่านการเคลือบผิวซึ่งมีความสามารถในการป้องกันคาร์บาริลได้เพียงแค่อ้อยู่ที่ 30.36 ในส่วนที่สองเป็นการเพิ่มสารเติมแต่งเพื่อเพิ่มความสามารถในการป้องกันการซึมผ่านของคาร์บาริล อย่างไรก็ตามจากการทดลองพบว่าค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้จากเครื่องวิเคราะห์ไม่สามารถนำไปคำนวณปริมาณคาร์บาริลที่อยู่ในแต่ละชั้นการทดสอบได้เนื่องจากค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มีค่าเกินกว่าค่าการดูดกลืนแสงที่ปรากฏอยู่ในกราฟความเข้มข้นมาตรฐาน จึงสรุปว่าการวิเคราะห์ด้วยเครื่องสเปกโตรมิเตอร์ชนิดอัลตราไวโอเล็ต-วิสิเบิลแบบลำแสงคู่อาจจะไม่เหมาะสมในการนำมาวิเคราะห์ตัวอย่างของสารละลายที่ได้จากการทดสอบความสามารถในการดูดซับเมื่อมีการเพิ่มสารเติมแต่งลงในแป้ง

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรนำไปวิเคราะห์ค่าการซึมผ่านของอากาศ (Air permeability) บนชิ้นผ้าที่ถูกเคลือบผิวด้วยแป้ง เพื่อให้ทราบถึงการระบายอากาศของผ้า ตามมาตรฐาน ASTM D737
2. ควรเปลี่ยนวิธีการวิเคราะห์จากการใช้เครื่องสเปกโตรมิเตอร์ชนิดอัลตราไวโอเล็ต-วิสิเบิลแบบแบบลำแสงคู่ไปเป็นการวิเคราะห์ด้วยเครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง
3. ควรมีการวิเคราะห์ลักษณะการถักทอของผ้า จำนวนเส้นด้ายต่อหน่วยความยาวผ้า ตามมาตรฐาน TS 250 EN 1049-2

เอกสารอ้างอิง

- [1] ศาสตราจารย์นายแพทย์วินัย วนากุล, รองศาสตราจารย์แพทย์หญิงสุดา วรรณประสาท, , “สารกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสและคาร์บาเมต,” โรงพยาบาลรามารักษ์, 2552.
- [2] S. K. Obendorf, R. S. Kasunick, V. Ravichandran, J. Borsa, and C. W. Coffman, “Starch as a renewable finish to improve the pesticide-protective properties of conventional workclothes,” *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, vol. 21, no. 1, pp. 10–16, 1991.
- [3] กองโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม กระทรวงสาธารณสุข, “ผลกระทบต่อสุขภาพจากสารเคมีกำจัดศัตรูพืช.” สืบค้นเมื่อวันที่ 28 พฤศจิกายน 2562, สืบค้นจาก <http://envocc.ddc.moph.go.th/contents/view/106>.
- [4] รศ.ดร.พาลภา สึงหเสนี, “พิษของยาฆ่าแมลงต่อผู้ใช้และสิ่งแวดล้อม,” สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, หน้า 29, 2540
- [5] ลักขณา อมรสิน, *เคมีของสารกำจัดแมลง*. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, หน้า 26-53, 2544.
- [6] จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, “SIGMA-ALDRICH เอกสารข้อมูลความปลอดภัย,” 2004.
- [7] S. Koypokaisawan, “Photocatalytic degradation of Carbaryl residue in Water using Titanium dioxide-coated glass filter,” Chulalongkorn University, 2559.
- [8] S. K. Obendorf, *Improving the functionality of clothing through novel pesticide protection*. Woodhead Publishing Limited, 2011.
- [9] พิสุทธิ์ เพียรรมนกุล, “พื้นฐานกระบวนการถ่ายเทมวลสารและการแยกทางกายภาพในงานวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม,” สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2557, หน้า 617–619.
- [10] R. A. Sims, S. L. Harmer, and J. S. Quinton, “The role of physisorption and chemisorption in the oscillatory adsorption of organosilanes on aluminium oxide,” *Polymers (Basel)*, vol. 11, no. 3, 2019.
- [11] T. Ratithammatorn, “Effects of Heating and Cooling on Structural Change and Digestion of Starch,” *Publ. online*, vol. 21, no. 2, pp. 246–259, 2016.

- [12] D. Kalita and A. N. Netravali, "Thermoset Resin Based Fiber Reinforced Biocomposites," *Text. Finish. Recent Dev. Futur. Trends*, pp. 425–484, 2017.
- [13] B. J. J. M. Swinkels, "Composition and Properties of Commercial Native Starches," *Starch-Starke*, vol. 37, no. 1, pp. 1–5, 1985.
- [14] A. Gunaratne and H. Corke, "Starch, Analysis of Quality," in *Reference Module in Food Science, 2nd ed.*, vol. 3, Elsevier Ltd., 2016, pp. 1–10.
- [15] P. A. K. Reddy, P. V. L. Reddy, E. Kwon, K. H. Kim, T. Akter, and S. Kalagara, "Recent advances in photocatalytic treatment of pollutants in aqueous media," *Environ. Int.*, vol. 91, pp. 94–103, 2016.
- [16] K. Nakata and A. Fujishima, "TiO₂ photocatalysis: Design and applications," *J. Photochem. Photobiol. C Photochem. Rev.*, vol. 13, no. 3, pp. 169–189, 2012.
- [17] L. M. Anaya-Esparza *et al.*, "Synthesis and characterization of TiO₂-ZnO-MgO mixed oxide and their antibacterial activity," *Materials (Basel)*, vol. 12, no. 5, 2019.
- [18] M. C. C. Wobbe, A. Kerridge, and M. A. Zwijnenburg, "Optical excitation of MgO nanoparticles; a computational perspective," *Phys. Chem. Chem. Phys.*, vol. 16, no. 40, pp. 22052–22061, 2014.
- [19] K. Mageshwari, S. S. Mali, R. Sathyamoorthy, and P. S. Patil, "Template-free synthesis of MgO nanoparticles for effective photocatalytic applications," *Powder Technol.*, vol. 249, pp. 456–462, 2013.
- [20] S. A. Ansari and M. H. Cho, "Highly Visible Light Responsive, Narrow Band gap TiO₂ Nanoparticles Modified by Elemental Red Phosphorus for Photocatalysis and Photoelectrochemical Applications," *Sci. Rep.*, vol. 6, no. May, pp. 1–10, 2016.
- [21] B. Selvaratnam and R. T. Koodali, "TiO₂-MgO mixed oxide nanomaterials for solar energy conversion," *Catal. Today*, vol. 300, pp. 39–49, 2018.

- [22] S. Ranjan, N. Dasgupta, and E. Lichtfouse, “Nanoscience in Food and Agriculture 3,” vol. 23, no. December 2016, pp. 225–242, 2016.
- [23] Y. Wang *et al.*, “The Application of Nano-TiO₂ Photo Semiconductors in Agriculture,” *Nanoscale Res. Lett.*, vol. 11, no. 1, pp. 1–7, 2016.
- [24] L. L. Ko and S. K. Obendorf, “Effect of starch on reducing the retention of methyl parathion by cotton and polyester fabrics in agricultural protective clothing,” *J. Environ. Sci. Heal. - Part B Pestic. Food Contam. Agric. Wastes*, vol. 32, no. 2, pp. 283–294, 1997.
- [25] E. Csiszár, J. Borsa, I. Rácz, and S. K. Obendorf, “Reduction in human exposure to pesticide using traditional work clothing fabrics with chemical finishing: Carboxymethylation and starch,” *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, vol. 35, no. 1, pp. 129–134, 1998.
- [26] A. Samolov and D. Rajic, “Application of TiO₂ Nanoparticles for Obtaining SelfDecontaminating Smart Textiles,” vol. 61, no. 3, pp. 63–72, 2011.
- [27] H. Marschall and S. Jiang, “Tourmaline Isotopes : No Element Left Behind Provided for non-commercial research and education use . Not for reproduction , distribution or commercial use .,” vol. 12, no. December 2014, pp. 1–17, 2011.
- [28] E. F. Spero, (Faculty of the Graduate School of Cornell University, and In), “Performance of self-decontaminating textiles for chemical protective clothing,” 2010.



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ข้อมูลดิบ

1. การศึกษาความสามารถในการดูดซับและประสิทธิภาพในการป้องกันคาร์บาไรลของแป้งต่างชนิดที่ใช้ในการเคลือบผิวผ้า

ตารางที่ ก.1 น้ำหนักของผ้าที่เคลือบด้วยแป้งข้าวโพดความเข้มข้นร้อยละ 4 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร

ตัวอย่าง	น้ำหนักผ้าก่อนเคลือบผิว (กรัม)	น้ำหนักผ้าหลังเคลือบผิว (กรัม)	น้ำหนักตัวดูดซับ (กรัม)	ร้อยละโดยน้ำหนักของตัวดูดซับต่อผ้า
ผ้าชั้นที่ 1	0.3563	0.3822	0.0256	7.2866
ผ้าชั้นที่ 2	0.3700	0.3973	0.0273	7.3800
ผ้าชั้นที่ 3	0.3580	0.3846	0.0266	7.4300

ตารางที่ ก.2 น้ำหนักของผ้าที่เคลือบด้วยแป้งมันสำปะหลังความเข้มข้นร้อยละ 4 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร

ตัวอย่าง	น้ำหนักผ้าก่อนเคลือบผิว (กรัม)	น้ำหนักผ้าหลังเคลือบผิว (กรัม)	น้ำหนักตัวดูดซับ (กรัม)	ร้อยละโดยน้ำหนักของตัวดูดซับต่อผ้า
ผ้าชั้นที่ 1	0.3643	0.3920	0.0276	7.5924
ผ้าชั้นที่ 2	0.3548	0.3824	0.0276	7.7847
ผ้าชั้นที่ 3	0.3606	0.3893	0.0287	7.9590

ตารางที่ ก.3 น้ำหนักของผ้าที่เคลือบด้วยแป้งมันฝรั่งความเข้มข้นร้อยละ 4 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร

ตัวอย่าง	น้ำหนักผ้าก่อนเคลือบผิว (กรัม)	น้ำหนักผ้าหลังเคลือบผิว (กรัม)	น้ำหนักตัวดูดซับ (กรัม)	ร้อยละโดยน้ำหนักของตัวดูดซับต่อผ้า
ผ้าชั้นที่ 1	0.3573	0.3855	0.0285	7.9067
ผ้าชั้นที่ 2	0.3615	0.3876	0.0261	7.220
ผ้าชั้นที่ 3	0.3678	0.3975	0.0297	8.075

2. การศึกษาความสามารถในการดูดซับและประสิทธิภาพในการป้องกันคาร์บาริลของแป้งข้าวโพดและสารเติมแต่งต่างชนิดที่ใช้ในการเคลือบผิวผ้า

ตารางที่ ก.4 น้ำหนักของผ้าที่เคลือบด้วยแป้งข้าวโพดความเข้มข้นร้อยละ 4 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ผสมกับไททาเนียมไดออกไซด์ความเข้มข้นต่างๆ

ตัวอย่าง	น้ำหนักผ้าก่อนเคลือบผิว (กรัม)	น้ำหนักผ้าหลังเคลือบผิว (กรัม)	น้ำหนักตัวดูดซับ (กรัม)	ร้อยละโดยน้ำหนักของตัวดูดซับต่อผ้า (กรัม)
แป้ง 4% TiO ₂ 1%	0.3481	0.3774	0.0293	7.6282
แป้ง 4% TiO ₂ 2%	0.3388	0.3721	0.0333	8.6696
แป้ง 4% TiO ₂ 4%	0.3461	0.3913	0.0452	11.7678

ตารางที่ ก.5 น้ำหนักของผ้าที่เคลือบด้วยแป้งข้าวโพดความเข้มข้นร้อยละ 4 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ผสมกับแมกนีเซียมออกไซด์ความเข้มข้นต่างๆ

ตัวอย่าง	น้ำหนักผ้าก่อนเคลือบผิว (กรัม)	น้ำหนักผ้าหลังเคลือบผิว (กรัม)	น้ำหนักตัวดูดซับ (กรัม)	ร้อยละโดยน้ำหนักของตัวดูดซับต่อผ้า (กรัม)
แป้ง 4% MgO 1%	0.3392	0.37	0.0308	8.0187
แป้ง 4% MgO 2%	0.3374	0.3791	0.0417	10.8565
แป้ง 4% MgO 4%	0.3415	0.389	0.0475	12.3666

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การศึกษาความชื้นของผ้าที่เคลือบผิวด้วยแป้งแต่ละชนิด

ตารางที่ ก.6 ความชื้นของผ้าที่เคลือบผิวด้วยแป้งข้าวโพด

ตัวอย่าง	น้ำหนักผ้า (กรัม)	น้ำหนักผ้าหลัง อบแห้ง (กรัม)	ความชื้น (ร้อยละ)
ผ้าชิ้นที่ 1	0.3952	0.3906	1.17777
ผ้าชิ้นที่ 2	0.3854	0.3815	1.0223
ผ้าชิ้นที่ 3	0.3848	0.3807	1.0770

ตารางที่ ก.7 ความชื้นของผ้าที่เคลือบผิวด้วยแป้งมันสำปะหลัง

ตัวอย่าง	น้ำหนักผ้า (กรัม)	น้ำหนักผ้าหลัง อบแห้ง (กรัม)	ความชื้น (ร้อยละ)
ผ้าชิ้นที่ 1	0.3965	0.3906	1.5105
ผ้าชิ้นที่ 2	0.3964	0.3902	1.5889
ผ้าชิ้นที่ 3	0.3973	0.3912	1.5593

ตารางที่ ก.8 ความชื้นของผ้าที่เคลือบผิวด้วยแป้งมันฝรั่ง

ตัวอย่าง	น้ำหนักผ้า (กรัม)	น้ำหนักผ้าหลัง อบแห้ง (กรัม)	ความชื้น (ร้อยละ)
ผ้าชิ้นที่ 1	0.3871	0.3819	1.3616
ผ้าชิ้นที่ 2	0.3925	0.3875	1.2903
ผ้าชิ้นที่ 3	0.3912	0.3862	1.2947

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายตัวอย่าง

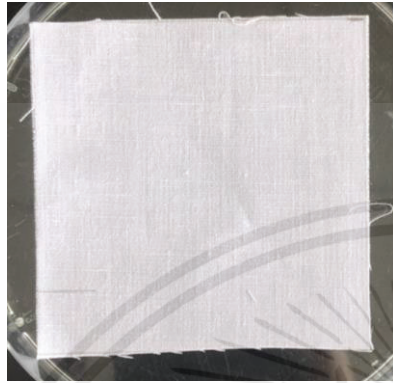
ตารางที่ ก.9 ตารางแสดงค่าการดูดกลืนแสงของคาร์บาริลในการทดสอบประสิทธิภาพการดูดซับและป้องกันของแป้ง

ผ้าที่ทดสอบ		ค่าการดูดกลืนแสง		
		ชั้นบน	ชั้นผ้า	ชั้นผิวหนัง
ผ้าที่เคลือบผิวด้วยแป้งข้าวโพด	ชั้นที่ 1	0.1374	0.7580	0.5139
	ชั้นที่ 2	0.2720	0.7650	0.3550
	ชั้นที่ 3	0.1387	0.7739	0.5176
ผ้าที่เคลือบผิวด้วยแป้งมันสำปะหลัง	ชั้นที่ 1	0.1387	0.5334	0.7189
	ชั้นที่ 2	0.1375	0.5466	0.7347
	ชั้นที่ 3	0.1374	0.5870	0.5930
ผ้าที่เคลือบผิวด้วยแป้งมันฝรั่ง	ชั้นที่ 1	0.1376	0.7243	0.5612
	ชั้นที่ 2	0.2560	0.6637	0.5191
	ชั้นที่ 3	0.1376	0.7140	0.5660
ผ้าที่ไม่ผ่านการเคลือบผิว	ชั้นที่ 1	0.1374	0.4623	0.8183
	ชั้นที่ 2	0.1374	0.5087	0.7631
	ชั้นที่ 3	0.1718	0.4703	0.7379
กระดาษดูดซับที่ไม่ผ่านการหยดสารละลาย (blank)		0.1243		
ชั้นผ้าที่ไม่ผ่านการหยดสารละลาย (blank)		0.2107		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

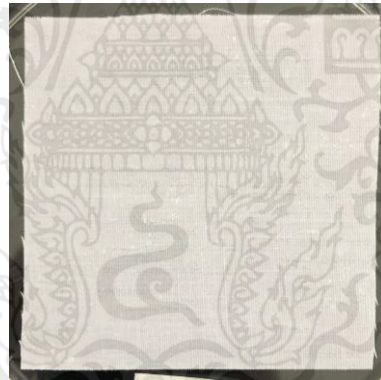
ลักษณะของผ้าที่ทดสอบ



รูปที่ ข.1 ผ้าที่เคลือบผิวด้วยแป้งข้าวโพด



รูปที่ ข.2 ผ้าที่เคลือบผิวด้วยแป้งข้าวโพดและ
แมกนีเซียมออกไซด์



รูปที่ ข.3 ผ้าที่เคลือบผิวด้วยแป้งข้าวโพดและ
ไททานเนียมไดออกไซด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค
สารเคมีที่ใช้ในการทดสอบ

1. ลักษณะทางกายภาพของสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง



รูปที่ ค.1 แป้งข้าวโพด

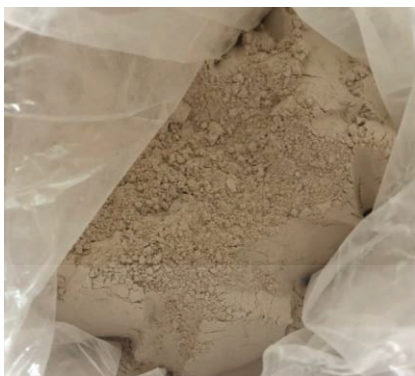


รูปที่ ค.2 แป้งมันสำปะหลัง

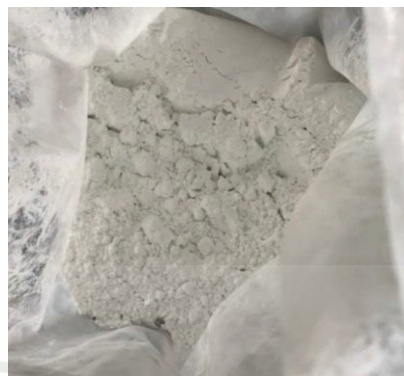


รูปที่ ค.3 แป้งมันฝรั่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค.4 แมกนีเซียมออกไซด์



รูปที่ ค.5 ไททาเนียมไดออกไซด์

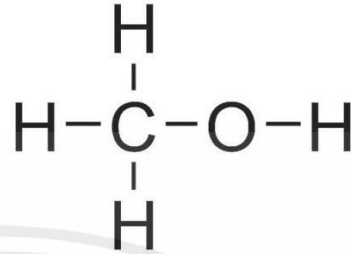
2. ข้อมูลของอนุภาคตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้ในการทดลอง

ตารางที่ ค.1 ตารางแสดงคุณสมบัติของตัวเร่งปฏิกิริยา

คุณสมบัติ	ไททาเนียมไดออกไซด์ (อนาเทส)	แมกนีเซียมออกไซด์
สูตรเคมี	TiO ₂	MgO
เลขทะเบียน CAS	13463-67-7	1309-48-4
น้ำหนักโมเลกุล (กรัม/โมล)	79.87	40.29
ความหนาแน่น (กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร)	3.78	3.6
จุดเดือด (องศาเซลเซียส)	2972	3600
จุดหลอมเหลว (องศาเซลเซียส)	1843	2800
แถบช่องว่างพลังงาน (Band gap : eV)	3.2	7.8
ขนาดอนุภาค (ไมครอน)	45	75
สี	ขาว	น้ำตาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

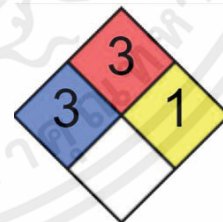
3. ข้อมูลของตัวทำละลาย



รูปที่ ค.6 เมทานอลและโครงสร้างทางเคมี

คุณสมบัติ	เมทานอล
ชื่อสาร	เมทานอล
เลขทะเบียน CAS	67-56-1
น้ำหนักโมเลกุล (กรัม/โมล)	32.05
ความหนาแน่น (กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร)	0.79
ความเข้มข้น	99.5%

NFPA 704

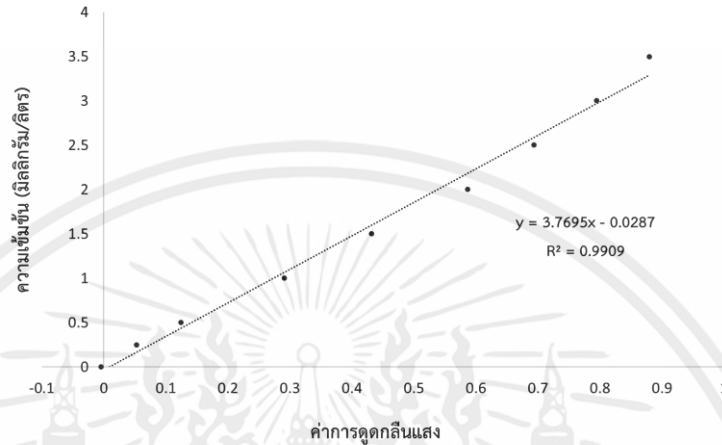


จุดเดือด (องศาเซลเซียส)	64.7
จุดหลอมเหลว (องศาเซลเซียส)	-97

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

การคำนวณหาปริมาณคาร์บาริล



รูปที่ ง.1 กราฟความเข้มข้นมาตรฐานของสารละลายคาร์บาริล

1.การคำนวณหาปริมาณคาร์บาริลในการทดสอบประสิทธิภาพการป้องกันและดูดซับของแป้ง

การคำนวณหาความเข้มข้นของสารละลายคาร์บาริลสามารถทำได้โดยนำค่าการดูดกลืนแสงของสารตัวอย่าง ที่แสดงดังตารางที่ ก.10 โดย blank สำหรับชั้นบน และชั้นผิวหนัง คือ กระดาษดูดซับที่ไม่ผ่านการหยดสาร ส่วนค่า blank สำหรับชั้นผ้า คือ ค่าการดูดกลืนแสงของชั้นผ้าที่ไม่ผ่านการหยดสาร จากนั้นนำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาคำนวณในสมการความเข้มข้นมาตรฐาน คือ $y = 3.7695x - 0.0287$ โดยค่า x คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายคาร์บาริล และค่า y คือ ค่าความเข้มข้นเพื่อหาปริมาณของคาร์บาริลที่ปนเปื้อนอยู่ในแต่ละชั้น เพื่อนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาความสามารถของแป้งในการดูดซับและป้องกัน

ตารางที่ ง.1 ตารางแสดงปริมาณคาร์บาริลที่ได้จากการทดลองเมื่อทดสอบกับผ้าที่เคลือบผิวด้วยแป้งข้าวโพด

ตัวอย่าง	น้ำหนักคาร์บาริล (มิลลิกรัม)				น้ำหนักผ้าหลังเคลือบผิว (กรัม)	ร้อยละของน้ำหนักแป้งบนผ้า	ความสามารถในการป้องกัน	ความสามารถในการดูดซับ
	ชั้น (layer)			รวม				
	ชั้นบน	ชั้นผ้า	ชั้นผิวหนัง					
1	0.0010	0.1017	0.0720	0.1747	0.3822	7.2700	58.8042	0.2661
2	0.0264	0.1030	0.0420	0.1715	0.3973	7.3800	75.4840	0.2594
3	0.0013	0.1047	0.0727	0.1787	0.3846	7.4300	59.3232	0.2723
เฉลี่ย	0.0096	0.1032	0.0622	0.1750	0.3880	7.3600	64.5371	0.2659

ตารางที่ ง.2 ตารางแสดงปริมาณคาร์บาริลที่ได้จากการทดลองเมื่อทดสอบกับผ้าที่เคลือบผิวด้วยแป้งมันสำปะหลัง

ตัวอย่าง	น้ำหนักคาร์บาริล (มิลลิกรัม)				น้ำหนักผ้าหลังเคลือบผิว (กรัม)	ร้อยละของน้ำหนักแป้งบนผ้า	ความสามารถในการป้องกัน	ความสามารถในการดูดซับ
	ชั้น (layer)			รวม				
	ชั้นบน	ชั้นผ้า	ชั้นผิวหนัง					
1	0.0013	0.0594	0.1106	0.1713	0.3920	7.5924	35.4173	0.1515
2	0.0010	0.0619	0.1136	0.1765	0.3824	7.7847	35.6415	0.1618
3	0.0010	0.0695	0.0869	0.1574	0.3893	7.9600	44.7992	0.1785
เฉลี่ย	0.0011	0.0636	0.1037	0.1684	0.3879	7.7790	38.6193	0.1640

ตารางที่ ง.3 ตารางแสดงปริมาณคาร์บาริลที่ได้จากการทดลองเมื่อทดสอบกับผ้าที่เคลือบผิวด้วยแป้งมันฝรั่ง

ตัวอย่าง	น้ำหนักคาร์บาริล (มิลลิกรัม)				น้ำหนักผ้าหลังเคลือบผิว (กรัม)	ร้อยละของน้ำหนักแป้งบนผ้า	ความสามารถในการป้องกัน	ความสามารถในการดูดซับ
	ชั้น (layer)			รวม				
	ชั้นบน	ชั้นผ้า	ชั้นผิวหนัง					
1	0.0011	0.0954	0.0809	0.1773	0.3855	7.9067	54.3776	0.2473
2	0.0234	0.0840	0.0730	0.1803	0.3876	7.2200	59.5287	0.2166
3	0.0011	0.0934	0.0818	0.1763	0.3975	8.0800	53.5959	0.2350
เฉลี่ย	0.0085	0.0909	0.0786	0.1780	0.3902	7.7356	55.8341	0.2330

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.4 ตารางแสดงปริมาณคาร์บาริลที่ได้จากการทดลองเมื่อทดสอบด้วยผ้าที่ไม่ผ่านการเคลือบ
ผิว

ตัวอย่าง	น้ำหนักคาร์บาริล (มิลลิกรัม)				น้ำหนักผ้าที่ไม่ผ่าน การเคลือบผิว (กรัม)	ความสามารถ ในการป้องกัน	ความสามารถ ในการดูดซับ
	ชั้น (layer)			รวม			
	ชั้นบน	ชั้นผ้า	ชั้น ผิวหนึ่ง				
1	0.0010	0.0460	0.1294	0.1764	0.3589	26.6596	0.1282
2	0.0010	0.0547	0.1190	0.1747	0.3605	31.9148	0.1518
3	0.0075	0.0475	0.1142	0.1692	0.3689	32.5092	0.1288
เฉลี่ย	0.0032	0.0494	0.1208	0.1734	0.3628	30.3612	0.1362

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้