การเคลือบโพลิเมอร์บนผ้าเพื่อป้องกันยากำจัดศัตรูพืช

สุรัตน์ติกาล ทองโสภณ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2561

การเคลือบโพลิเมอร์บนผ้าเพื่อป้องกันยากำจัดศัตรูพืช

สุรัตน์ติกาล ทองโสภณ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PROTECTIVE COATING ON FABRIC FROM PESTICIDE

SURATTIKARN THONGSOPONE

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 2018

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์เรื่อง การเคลือบป้องกันบนผ้าเพื่อป้องกันยากำจัดศัตรูพืช

โดย นางสาวสุรัตน์ติกาล ทองโสภณ

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.ณัฐพล ฤกษ์เกษมสันติ์

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปริญญานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี

คณะกรรมการตรวจสอบปริญญานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(ผศ.ดร.ณัฐพล ฤกษ์เกษมสันติ์)

..... กรรมการ

(ดร.นริศรา ทองบุญชู)

..... กรรมการ

(อ.บุญชัย โชติวิริยวาณิชย์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์เรื่อง	การเคลือบโพลิเมอร์บนผ้าเพื่อป้องกันยากำจัดศัตรูพืช
โดย	นางสาวสุรัตน์ติกาล ทองโสภณ
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชา	วิศวกรรมเคมี
ปีการศึกษา	2561
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.ณัฐพล ฤกษ์เกษมสันต์

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกันการซึมผ่านของยากำจัดศัตรูพืช 3 ชนิด ได้แก่ ไกลโฟเสต พาราควอต และคลอร์ไพริฟอส โดยกลไกการดูดซับและการทำลายโดยปฏิกิริยาออกซิเดชัน ให้กับผ้าที่มีส่วนผสมของใยฝ้าย 35% และ โพลีเอสเตอร์ 65% ซึ่งในทดลองจะเป็นการนำโพลิเมอร์ธรรมชาติ 3 ชนิด คือ แป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวเหนียว แป้งข้าวโพด มาเคลือบลงบนผ้า เพื่อทดสอบการป้องกันการซึมผ่านของยากำจัดศัตรูพืชชนิด ไกลโฟเสต 172 มิลลิกรัม ต่อพื้นที่ 9 ตารางเซนติเมตร พบว่าแป้งข้าวโพดมีความสามารถในการดูดซับไกลโฟเสตสูงสุด ซึ่งสามารถดูดซับได้ถึง 33% โดยมวล ในการวิจัยนี้ได้มีการเพิ่มประสิทธิภาพการดูดซับโดยการนำไททาเนียมไดออกไซด์และแมกนีเซียมออกไซด์มาผสมลงในแป้งข้าวโพด จากการทดลองพบว่า แป้งข้าวโพดและแมกนีเซียมออกไซด์ที่ความเข้มข้นชนิดละ 4% โดยมวลต่อปริมาตร มีความสามารถในการดูดซับและทำลายยากำจัดศัตรูพืชได้สูงสุดถึง 100% โดยมวล และเมื่อลดปริมาณตั้งต้นของยากำจัดศัตรูพืชลงจะพบว่าความสามารถในการป้องกันยากำจัดศัตรูพืชเพิ่มขึ้น โดย 3.6 มิลลิกรัม เป็นปริมาณไกลโฟเสตทั่วไปที่เกษตรกรใช้ ซึ่งสามารถอธิบายได้ด้วยสมการการดูดซับแบบ Freundlich การวิเคราะห์ปริมาณอากาศที่ซึมผ่านผ้าด้วยวิธีเครื่องทดสอบค่าการซึมผ่านของอากาศ (Air permeability tester) พบว่า การเคลือบผ้าด้วยด้วยแป้งข้าวโพดและแมกนีเซียมออกไซด์มีปริมาณอากาศผ่านได้ค่อนข้างมาก เมื่อเทียบกับชุดป้องกันยากำจัดศัตรูพืชที่ใช้ในท้องตลาด นอกจากนี้งานวิจัยนี้ยังศึกษาเปรียบเทียบปริมาณยากำจัดศัตรูพืชทั้ง 3 ชนิด ที่ตกค้างอยู่ในผ้า (Retained on fabric) หลังซัก พบว่ามีเพียงไกลโฟเสตที่เหลือตกค้างอยู่บนผ้าเป็นปริมาณ 0.51 มิลลิกรัม เมื่อเทียบกับผ้าที่ไม่ได้เคลือบแล้วพบว่าผ้าที่เคลือบมีไกลโฟเสตเหลือตกค้างน้อยกว่าถึง 52.17%

Report Title	Protective coating on fabric from pesticide
By	Miss Surattikarn Thongsopone

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Degree	Bachelor of Engineering
Program	Chemical Engineering
Year	2018
Advisor	Assoc. Prof. Dr. Nuttapol Lerkkasemsan

ABSTRACT

The objectives of this project are to explain an appropriate experimental system for studying chemical protection by the mechanism of destructive adsorption and physical adsorption. The self-decontaminating surface treatments applied to 35% cotton and 65% polyester fabrics. To determine whether the addition of these features will add significant protection from dermal pesticide contamination. The experimental procedure for chemical protective clothing focuses on chemical protection by the adsorption mechanism on cotton and polyester fabric by coating with 3 polymers, rice flour, glutinous rice flour, corn starch. According to the experiment, corn starch has the highest protection ability. With the ability to protect up to 33% by mass compared to the mass of the initial pesticide (172 mg), therefore experimenting with 2 types of additives. Titanium dioxide and Magnesium oxide at different concentrations showed that corn starch and magnesium oxide at a concentration of 4 grams per liter had the ability to prevent pesticides by oxidation reaction. The ability to prevent up to 70-100% by mass compared to the mass of the initial pesticide (172 mg). Then it is applied to the pesticide at the initial mass of 14.4 7.2 3.6 milligrams which 3.6 milligrams is the general quantity used by the farmers. When using lower initial dose of pesticides, the ability to prevent pesticides rises.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Report Title	Protective coating on fabric from pesticide
By	Miss Surattikarn Thongsopone
Degree	Bachelor of Engineering
Program	Chemical Engineering
Year	2018
Advisor	Assoc. Prof. Dr. Nuttapol Lerkkasemsan

ABSTRACT

The objectives of this project are to explain an appropriate experimental system for studying chemical protection by the mechanism of destructive adsorption and physical adsorption. The self-decontaminating surface treatments applied to 35% cotton and 65% polyester fabrics. To determine whether the addition of these features will add significant protection from dermal pesticide contamination. The experimental procedure for chemical protective clothing focuses on chemical protection by the adsorption mechanism on cotton and polyester fabric by coating with 3 polymers, rice flour, glutinous rice flour, corn starch. According to the experiment, corn starch has the highest protection ability. With the ability to protect up to 33% by mass compared to the mass of the initial pesticide (172 mg), therefore experimenting with 2 types of additives. Titanium dioxide and Magnesium oxide at different concentrations showed that corn starch and magnesium oxide at a concentration of 4 grams per liter had the ability to prevent pesticides by oxidation reaction. The ability to prevent up to 70-100% by mass compared to the mass of the initial pesticide (172 mg). Then it is applied to the pesticide at the initial mass of 14.4 7.2 3.6 milligrams which 3.6 milligrams is the general quantity used by the farmers. When using lower initial dose of pesticides, the ability to prevent pesticides rises.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.ณัฐพล ฤกษ์เกษมสันติ์ ที่ให้ความช่วยเหลือ ความเอาใจใส่ ให้คำชี้แนะ คำปรึกษาในงานวิจัยและตรวจแก้ไขข้อบกพร่องของปริญญานิพนธ์ อีกทั้งยังช่วยจัดหาเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ตลอดจนให้ ความรู้และประสบการณ์ที่ดีอันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งแก่ข้าพเจ้า ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่านและขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ อ.บุญชัย โชติวิริยวาณิชย์ และ ดร.นริศรา ทองบุญชู กรรมการโครงร่างปริญญานิพนธ์ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำตลอดจนข้อชี้แนะจนทำให้ปริญญานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงได้

ขอขอบพระคุณ คณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมเคมี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้ให้ความรู้ในที่ศึกษาทุกๆ รายวิชา เพื่อเป็นพื้นฐานและคำแนะนำต่างๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการทำงานวิจัย

สุดท้ายขอขอบพระคุณ บิดา มารดาและครอบครัวอันเป็นที่เคารพรักยิ่ง ซึ่งเป็นผู้ให้กำลังใจและคอยสนับสนุนมาโดยตลอดจนทำให้มีวันนี้ได้ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในพระคุณเป็นอย่างสูง

สุรัตน์ติกาล ทองโสภณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ I

Abstracts II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง VII

สารบัญรูป X

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 4

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย 4

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4

บทที่ 2 ทฤษฎีเบื้องต้นและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4

2.1 ยากำจัดศัตรูพืช 4

2.1.1 ยากำจัดศัตรูพืชประเภทออร์กะโนคลอรีน (Organochlorine) 4

2.1.2 ยากำจัดศัตรูพืชประเภทออร์กะโนฟอสเฟต (Organophosphate) 4

2.1.3 ยากำจัดศัตรูพืชประเภทคาร์บาเมต (Carbamate) 6

2.1.4 ยากำจัดศัตรูพืชประเภทไพรีธรัม (Pyrethrum) 7

2.2 การเพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกันของผ้าทอ 7

2.2.1 การลดปริมาณยากำจัดศัตรูพืชที่ซึมผ่านโดยการดูดซับ 7

2.2.2 การทำให้ยากำจัดศัตรูพืชมีพิษลดน้อยลงโดยปฏิกิริยาออกซิเดชัน 13

2.3 เจลาติไนเซชัน (Gelatinization) 19

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 19

บทที่ 3 ขั้นตอนการทดลอง 23

3.1 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง 23

3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง 23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.3 ขั้นตอนการทดลอง 24
3.3.1 การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการเคลือบผ้าของแป้งแต่ละชนิด 24
3.3.2 การวิเคราะห์ปริมาณยากำจัดศัตรูพืชในผ้าที่ผ่านการซัก 24
3.3.3 การวิเคราะห์ลักษณะสมบัติทางกายภาพของตัวเคลือบผ้า 25
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปราย 26
4.1 การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการป้องกันยากำจัดศัตรูพืชของสารดูดซับประเภทแป้งในแต่ละชนิด 26
4.2 การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการป้องกันยากำจัดศัตรูพืชในชั้นผิวหนังของสารดูดซับประเภทอนุภาคแต่ละชนิด ในปริมาณของยากำจัดศัตรูพืชตั้งต้น 172 มิลลิกรัม 26
4.3 การศึกษาเปรียบเทียบศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการป้องกันยากำจัดศัตรูพืชในชั้นผิวหนังของสารดูดซับประเภทแป้งข้าวโพดและอนุภาคชนิดแมกนีเซียมออกไซด์ ในปริมาณตั้งต้นของยากำจัดศัตรูพืชที่แตกต่างกัน 28
4.4 การศึกษาผลของปริมาณยากำจัดศัตรูพืชตั้งต้นและหาความสามารถในการดูดซับยากำจัดศัตรูพืชที่ติดอยู่ในชั้นของผ้า 30
4.5 การศึกษาเปรียบเทียบปริมาณไกลโฟเสตที่ตกค้างอยู่ในชั้นบนผ้า (Repellency) ชั้นผ้า (Retained on fabric) และชั้นผิวหนัง (Penetration) ของผ้าที่ถูกเคลือบด้วยสารดูดซับประเภทแป้งข้าวโพดและอนุภาคแมกนีเซียมออกไซด์ 31
4.6 การวิเคราะห์ปริมาณอากาศที่ซึมผ่านและความสามารถในการป้องกันยากำจัดศัตรูพืชด้วยวิธีเครื่องทดสอบค่าการซึมผ่านของอากาศ (Air permeability tester) 32
4.7 การศึกษาเปรียบเทียบปริมาณไกลโฟเสตที่ตกค้างอยู่ในผ้า (Retained on fabric) และปริมาณไกลโฟเสตที่ตกค้างอยู่ในผ้าเมื่อทำความสะอาด 1 ครั้ง 33
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 35
5.1 สรุปผลการทดลอง 35
5.2 ข้อเสนอแนะ 35
บรรณานุกรม 36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก.....42
ภาคผนวก ก อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง.....42
ภาคผนวก ข ลักษณะทางกายภาพของผ้าที่ถูกเคลือบ.....44
ภาคผนวก ค การคำนวณความเข้มข้นของยากำจัดศัตรูพืช.....45
ภาคผนวก ง ข้อมูลผลการการทดลอง.....48
ภาคผนวก จ ข้อมูลความเป็นพิษของสาร.....70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติการดูซับทางเคมีและคุณสมบัติการดูดซับทางกายภาพ 8

ตารางที่ 2.2 ตารางแสดงองค์ประกอบของอะไมโลสและอะไมโลเพคตินในแป้งแต่ละชนิด..... 13

ตารางที่ 2.3 สมบัติที่แตกต่างกันของอะไมโลสและอะไมโลเพคติน 14

ตารางที่ 2.4 ลักษณะโครงสร้างและปริมาณผลึกของแป้งแต่ละชนิด 19

ตารางที่ 4.1 ปริมาณยากำจัดศัตรูพืชที่ซึมผ่านมาชั้นผิวหนัง บนผ้าที่ถูกเคลือบด้วยแป้งแต่ละชนิด โดยใช้ปริมาณไกลโฟเสตตั้งต้น 172 มิลลิกรัม..... 26

ตารางที่ 4.2 ปริมาณพาราควอตซึมผ่านมาชั้นผิวหนังของผ้าที่ถูกเคลือบด้วยแป้งและอนุภาค แต่ละชนิด โดยใช้ปริมาณพาราควอต ตั้งต้น 144 มิลลิกรัม..... 27

ตารางที่ 4.3 ปริมาณคลอร์ไพริฟอส ซึมผ่านมาชั้นผิวหนังของผ้าที่ถูกเคลือบด้วยแป้งและอนุภาค แต่ละชนิด โดยใช้ปริมาณคลอร์ไพริฟอส ตั้งต้น 97.2 มิลลิกรัม..... 28

ตารางที่ 4.4 ปริมาณไกลโฟเสต ซึมผ่านมาชั้นผิวหนัง บนผ้าที่ถูกเคลือบด้วยแป้งและอนุภาค แต่ละชนิด โดยใช้ปริมาณไกลโฟเสตตั้งต้น 172 มิลลิกรัม..... 29

ตารางที่ 4.5 ปริมาณพาราควอตในชั้นผิวหนังของผ้าที่ถูกเคลือบด้วยแป้งข้าวโพดและแมกนีเซียม ออกไซด์ที่ความเข้มข้น 40 กรัมต่อลิตร ในปริมาณพาราควอตตั้งต้นที่แตกต่างกัน..... 30

ตารางที่ 4.6 ปริมาณคลอร์ไพริฟอส ในชั้นผิวหนังของผ้าที่ถูกเคลือบด้วยแป้งข้าวโพดและ แมกนีเซียมออกไซด์ที่ความเข้มข้น 40 กรัมต่อลิตร ในปริมาณคลอร์ไพริฟอส ตั้งต้นที่แตกต่างกัน..... 30

ตารางที่ 4.7 ปริมาณไกลโฟเสตในชั้นผิวหนัง ของผ้าที่ถูกเคลือบด้วยแป้งข้าวโพดและ แมกนีเซียมออกไซด์ที่ความเข้มข้น 40 กรัมต่อลิตร ในปริมาณไกลโฟเสต..... 31

ตารางที่ 4.8 พารามิเตอร์ต่างๆ ที่คำนวณได้จากสมการการดูดซับของตัวดูดซับแป้งข้าวโพดและ แมกนีเซียมออกไซด์ที่ความเข้มข้นชนิดละ 40 กรัมต่อลิตร..... 32

ตารางที่ 4.9 พารามิเตอร์ต่างๆ ที่คำนวณได้จากสมการการดูดซับของผ้าที่ไม่ได้ถูกเคลือบ 32

ตารางที่ 4.10 ปริมาณไกลโฟเสตที่ตกค้างอยู่ในชั้นบนผ้า (Repellency) ชั้นผ้า (Retained on fabric) และชั้นผิวหนัง (Penetration) ปริมาณตั้งต้นของไกลโฟเสตคือ 3.6 มิลลิกรัม..... 33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 4.11 ปริมาณไกลโฟเสตที่ตกค้างอยู่ในผ้า (Retained on fabric) และปริมาณไกลโฟเสตที่ตกค้างอยู่ในผ้าเมื่อทำความสะอาด 1 ครั้ง 34

ตารางที่ ก.1 คุณสมบัติของพาร์ทิเคิลแต่ละชนิด 44

ตารางที่ ง.1 น้ำหนักของตัวดูดซับชนิดแป้งข้าวโพดและแมกนีเซียมออกไซด์ 49

ตารางที่ ง.2 น้ำหนักของตัวดูดซับชนิดแมกนีเซียมออกไซด์ ไททาเนียมไดออกไซด์และแป้งข้าวโพดที่ใช้เคลือบผ้า 50

ตารางที่ ง.3 น้ำหนักของตัวดูดซับชนิดแป้งข้าวโพดและไททาเนียมไดออกไซด์ที่ใช้เคลือบผ้า 50

ตารางที่ ง.4 ค่าพื้นที่ใต้กราฟ ความเข้มข้นของคลอร์ไพริฟอส ในชั้นผิวหนังและประสิทธิภาพการดูดซับของสารดูดซับแต่ละชนิดเมื่อใช้ปริมาณตั้งต้น 172 มิลลิกรัม 51

ตารางที่ ง.5 ค่าพื้นที่ใต้กราฟ ความเข้มข้นของพาราควอตในชั้นผิวหนัง และประสิทธิภาพการดูดซับของสารดูดซับแต่ละชนิด เมื่อใช้ปริมาณตั้งต้น 172 มิลลิกรัม 51

ตารางที่ ง.6 ค่าพื้นที่ใต้กราฟ ความเข้มข้นของไกลโฟเสตในชั้นผิวหนัง และประสิทธิภาพการดูดซับของสารดูดซับแต่ละชนิด เมื่อใช้ปริมาณตั้งต้น 172 มิลลิกรัม 51

ตารางที่ ง.7 ค่าพื้นที่ใต้กราฟ ความเข้มข้นของไกลโฟเสตในชั้นผิวหนัง และประสิทธิภาพการดูดซับของสารดูดซับแป้งแต่ละชนิด เมื่อใช้ปริมาณตั้งต้น 172 มิลลิกรัม 52

ตารางที่ ง.8 ค่าพื้นที่ใต้กราฟ ความเข้มข้นของคลอร์ไพริฟอส ในชั้นผิวหนังและประสิทธิภาพการดูดซับของสารดูดซับแป้งข้าวโพดและแมกนีเซียมออกไซด์ที่ความเข้มข้น 40 กรัมต่อลิตร เมื่อใช้ปริมาณคลอร์ไพริฟอส ตั้งต้นที่ต่างกัน 52

ตารางที่ ง.9 ค่าพื้นที่ใต้กราฟ ความเข้มข้นของพาราควอตในชั้นผิวหนัง และประสิทธิภาพการดูดซับของสารดูดซับแป้งข้าวโพดและแมกนีเซียมออกไซด์ที่ความเข้มข้น 40 กรัมต่อลิตร เมื่อใช้ปริมาณพาราควอตตั้งต้นที่ต่างกัน 52

ตารางที่ ง.10 ค่าพื้นที่ใต้กราฟ ความเข้มข้นของไกลโฟเสตในชั้นผิวหนัง และประสิทธิภาพการดูดซับของสารดูดซับแป้งข้าวโพดและแมกนีเซียมออกไซด์ที่ความเข้มข้น 40 กรัมต่อลิตร เมื่อใช้ปริมาณไกลโฟเสตตั้งต้นที่ต่างกัน 53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ ง.11 ค่าพื้นที่ใต้กราฟ ความเข้มข้นของไกลโฟเสต และประสิทธิภาพการดูดซับของสารดูดซับแป้งข้าวโพดและแมกนีเซียมออกไซด์ที่ความเข้มข้นชนิดละ 40 กรัมต่อลิตร เมื่อใช้ปริมาณไกลโฟเสตตั้งต้น 3.6 มิลลิกรัม 53
ตารางที่ ง.12 ค่าพื้นที่ใต้กราฟ ความเข้มข้นของไกลโฟเสตของผ้าที่ไม่ได้ถูกเคลือบ 53
ตารางที่ ง.13 ค่าการซึมผ่านของอากาศ (Air permeability test) 54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 โครงสร้างโมเลกุลของยากำจัดศัตรูพืชประเภทออร์กะโนคลอรีน 4
รูปที่ 2.2 โครงสร้างโมเลกุลของยากำจัดศัตรูพืชประเภทออร์กาโนฟอสเฟต 5
รูปที่ 2.3 โครงสร้างโมเลกุลของยากำจัดศัตรูพืชชนิดพาราควอต 5
รูปที่ 2.4 โครงสร้างโมเลกุลของยากำจัดศัตรูพืชชนิดคลอร์ไพริฟอส 6
รูปที่ 2.5 โครงสร้างโมเลกุลของยากำจัดศัตรูพืชชนิดไกลโฟเสต 6
รูปที่ 2.6 โครงสร้างโมเลกุลของยากำจัดศัตรูพืชประเภทคาร์บาเมต 6
รูปที่ 2.7 โครงสร้างโมเลกุลของยากำจัดศัตรูพืชประเภทไพรีธรัม 7
รูปที่ 2.8 สมการของการดูดซับที่พบโดยทั่วไป 11
รูปที่ 2.9 โครงสร้างของอะไมโลส 12
รูปที่ 2.10 โครงสร้างของอะไมโลสแบบเกลียวม้วน 12
รูปที่ 2.11 โครงสร้างของอะไมโลเพคติน 13
รูปที่ 2.12 ชนิดของแป้งในรูปอะไมโลสและอะไมโลเพคติน 13
รูปที่ 2.13 การสลายตัวของพาราควอต 15
รูปที่ 2.14 การสลายตัวของคลอร์ไพริฟอส 15
รูปที่ 2.15 การสลายตัวของไกลโฟเสต 16
รูปที่ 2.16 การดูดซับสารออร์กะโนฟอสเฟตโดยแมกนีเซียมออกไซด์ 17
รูปที่ 2.17 กระบวนการโฟโตคะตะไลติคของไททาเนียมไดออกไซด์ 17
รูปที่ 2.18 กระบวนการโฟโตคะตะไลติคของไททาเนียมไดออกไซด์ 18
รูปที่ 2.19 ค่าการดูดกลืนของแสงที่ความยาวคลื่นต่างๆ ของไททาเนียมไดออกไซด์ 19
รูปที่ 4.1 ความสามารถในการป้องกันยากำจัดศัตรูพืชและปริมาณอากาศที่ผ่านผ้าในแต่ละชนิด 34
รูปที่ ก.1 ลักษณะทางกายภาพของตัวดูดซับ 43
รูปที่ ข.1 ลักษณะทางกายภาพของผ้าที่ถูกเคลือบ 45
รูปที่ ค.1 กราฟมาตรฐานเปรียบเทียบพื้นที่ใต้กราฟ และความเข้มข้นของคลอร์ไพริฟอส 46
รูปที่ ค.2 กราฟมาตรฐานเปรียบเทียบพื้นที่ใต้กราฟ และความเข้มข้นของพาราควอต 47
รูปที่ ค.3 กราฟมาตรฐานเปรียบเทียบพื้นที่ใต้กราฟ และความเข้มข้นของไกลโฟเสต 47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ ค.4 กราฟมาตรฐานเปรียบเทียบพื้นที่ใต้กราฟ และความเข้มข้นของไกลโฟเสตเมื่อใช้เครื่อง HPLC ตัวที่สอง (เฉพาะตารางที่ 4.1) 48

รูปที่ ง.1 โครมาโทแกรมของไกลโฟเสต (ปริมาณตั้งต้น 172 mg) ชั้นผิวหนัง ของผ้าที่ถูกเคลือบด้วยแป้งแต่ละชนิด 54

รูปที่ ง.2 โครมาโทแกรมของพาราควอต (ปริมาณตั้งต้น 144 mg) บนชั้นพื้นผิวหนัง ของผ้าที่ถูกเคลือบด้วยแป้งข้าวโพดและแมกนีเซียมออกไซด์ที่ความเข้มข้นชนิดละ 40 กรัมต่อลิตร 55

รูปที่ ง.3 โครมาโทแกรมของพาราควอต (ปริมาณตั้งต้น 144 mg) บนชั้นพื้นผิวหนัง ของผ้าที่เคลือบด้วยแป้งข้าวโพดและไททาเนียมไดออกไซด์ที่ความเข้มข้นชนิดละ 40 กรัมต่อลิตร 55

รูปที่ ง.4 โครมาโทแกรมของพาราควอต (ปริมาณตั้งต้น 144 mg) บนชั้นพื้นผิวหนัง ของผ้าที่เคลือบด้วยแป้งข้าวโพดที่ความเข้มข้น 40 กรัมต่อลิตร และแมกนีเซียมออกไซด์ ไททาเนียมไดออกไซด์ที่ความเข้มข้นชนิดละ 20 กรัมต่อลิตร.....55

รูปที่ ง.5 โครมาโทแกรมของพาราควอต (ปริมาณตั้งต้น 144 mg) บนชั้นพื้นผิวหนัง ของผ้าที่ไม่ได้ถูกเคลือบ 56

รูปที่ ง.6 โครมาโทแกรมของพาราควอต (ปริมาณตั้งต้น 72 mg) บนชั้นพื้นผิวหนัง ของผ้าที่เคลือบด้วยแป้งข้าวโพดและแมกนีเซียมออกไซด์ที่ความเข้มข้นชนิดละ 40 กรัมต่อลิตร 56

รูปที่ ง.7 โครมาโทแกรมของพาราควอต (ปริมาณตั้งต้น 3.6 mg) บนชั้นพื้นผิวหนัง ของผ้าที่เคลือบด้วยแป้งข้าวโพดและแมกนีเซียมออกไซด์ที่ความเข้มข้นชนิดละ 40 กรัมต่อลิตร 56

รูปที่ ง.8 โครมาโทแกรมของคลอร์ไพริฟอส (ปริมาณตั้งต้น 97.2 mg) บนชั้นพื้นผิวหนัง ของผ้าที่เคลือบด้วยแป้งข้าวโพดและแมกนีเซียมออกไซด์ที่ความเข้มข้นชนิดละ 40 กรัมต่อลิตร 57

รูปที่ ง.9 โครมาโทแกรมของคลอร์ไพริฟอส (ปริมาณตั้งต้น 97.2 mg) บนชั้นพื้นผิวหนัง ของผ้าที่เคลือบด้วยแป้งข้าวโพดและไททาเนียมไดออกไซด์ที่ความเข้มข้นชนิดละ 40 กรัมต่อลิตร ..57

รูปที่ ง.10 โครมาโทแกรมของคลอร์ไพริฟอส (ปริมาณตั้งต้น 97.2 mg) บนชั้นพื้นผิวหนัง ของผ้าที่เคลือบด้วยแป้งข้าวโพดที่ความเข้มข้น 40 กรัมต่อลิตร และแมกนีเซียมออกไซด์ ไททาเนียมไดออกไซด์ที่ความเข้มข้นชนิดละ 20 กรัมต่อลิตร.....58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ ง.11 โครมาโทแกรมของคลอร์ไพริฟอส (ปริมาณตั้งต้น 97.2 mg) ชั้นพื้นผิวหนัง ของผ้าที่ไม่ได้เคลือบ 58

รูปที่ ง.12 โครมาโทแกรมของคลอร์ไพริฟอส (ปริมาณตั้งต้น 72 mg) ชั้นพื้นผิวหนัง ของผ้าที่เคลือบด้วยแป้งข้าวโพดและแมกนีเซียมออกไซด์ที่ความเข้มข้นชนิดละ 40 กรัมต่อลิตร 59

รูปที่ ง.13 โครมาโทแกรมของคลอร์ไพริฟอส (ปริมาณตั้งต้น 3.6 mg) ชั้นพื้นผิวหนัง ของผ้าที่เคลือบด้วยแป้งข้าวโพดและแมกนีเซียมออกไซด์ที่ความเข้มข้นชนิดละ 40 กรัมต่อลิตร 59

รูปที่ ง.14 โครมาโทแกรมของไกลโฟเสต (ปริมาณตั้งต้น 172 mg) ชั้นผิวหนัง ของผ้าที่ถูกเคลือบด้วยแป้งข้าวโพดและไททาเนียมไดออกไซด์ชนิดละ 40 กรัมต่อลิตร 60

รูปที่ ง.15 โครมาโทแกรมของไกลโฟเสต (ปริมาณตั้งต้น 172 mg) ชั้นผิวหนัง ของผ้าที่ถูกเคลือบด้วยแป้งข้าวโพดและแมกนีเซียมออกไซด์ชนิดละ 40 กรัมต่อลิตร 60

รูปที่ ง.16 โครมาโทแกรมของไกลโฟเสต (ปริมาณตั้งต้น 172 mg) ชั้นผิวหนัง ของผ้าที่ถูกเคลือบด้วยแป้งข้าวโพด 40 กรัมต่อลิตร แมกนีเซียมออกไซด์ และไททาเนียมไดออกไซด์ชนิดละ 20 กรัมต่อลิตร 61

รูปที่ ง.17 โครมาโทแกรมของไกลโฟเสต (ปริมาณตั้งต้น 172 mg) ชั้นผิวหนัง ของผ้าที่ไม่ได้เคลือบ 61

รูปที่ ง.18 โครมาโทแกรมของไกลโฟเสต (ปริมาณตั้งต้น 72 mg) ชั้นพื้นผิวหนัง ของผ้าที่เคลือบด้วยแป้งข้าวโพดและแมกนีเซียมออกไซด์ที่ความเข้มข้นชนิดละ 40 กรัมต่อลิตร 62

รูปที่ ง.19 โครมาโทแกรมของไกลโฟเสต (ปริมาณตั้งต้น 3.6 mg) บนชั้นพื้นผิวหนัง ของผ้าที่เคลือบด้วยแป้งข้าวโพดและแมกนีเซียมออกไซด์ที่ความเข้มข้นชนิดละ 40 กรัมต่อลิตร 62

รูปที่ ง.20 โครมาโทแกรมของไกลโฟเสต (ปริมาณตั้งต้น 3.6 mg) ชั้นบนผ้า ของผ้าที่ถูกเคลือบด้วยแป้งข้าวโพดและแมกนีเซียมออกไซด์ที่ความเข้มข้นชนิดละ 40 กรัมต่อลิตร 63

รูปที่ ง.21 โครมาโทแกรมของไกลโฟเสต (ปริมาณตั้งต้น 3.6 mg) บนชั้นผ้า ของผ้าที่ถูกเคลือบแป้งข้าวโพดและแมกนีเซียมออกไซด์ที่ความเข้มข้นชนิดละ 40 กรัมต่อลิตร 63

รูปที่ ง.22 โครมาโทแกรมของไกลโฟเสต (ปริมาณตั้งต้น 3.6 mg) บนชั้นผิวหนัง ของผ้าที่ถูกเคลือบด้วยแป้งข้าวโพดและแมกนีเซียมออกไซด์ ที่ความเข้มข้นชนิดละ 40 กรัมต่อลิตร 64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ ง.23 โครมาโทแกรมของไกลโฟเสต (ปริมาณตั้งต้น 3.6 mg) บนชั้นของผ้า ของผ้าที่ถูกเคลือบด้วยแป้งข้าวโพดและแมกนีเซียมออกไซด์ที่ความเข้มข้นชนิดละ 40 กรัมต่อลิตร เมื่อผ่านการซัก 1 ครั้ง 64

รูปที่ ง.24 โครมาโทแกรมของไกลโฟเสต (ปริมาณตั้งต้น 3.6 mg) ของผ้าที่ไม่ได้เคลือบ เมื่อผ่านการซัก 1 ครั้ง 65

รูปที่ ง.25 โครมาโทแกรมของไกลโฟเสต (ปริมาณตั้งต้น 3.6 mg) ชั้นผ้า ของผ้าที่ไม่ได้ถูกเคลือบ 65

รูปที่ ง.26 โครมาโทแกรมของไกลโฟเสต (ปริมาณตั้งต้น 3.6 mg) ชั้นบนของผ้า ของผ้าที่ไม่ได้เคลือบ . 66

รูปที่ ง.27 โครมาโทแกรมของไกลโฟเสต (ปริมาณตั้งต้น 3.6 mg) ชั้นผิวหนัง ของผ้าที่ไม่ได้ถูกเคลือบ . 66

รูปที่ ง.28 กราฟรายงานค่าการซึมผ่านของอากาศของผ้าที่เคลือบด้วยแป้งข้าวโพดความเข้มข้น 40 กรัมต่อลิตร แมกนีเซียมออกไซด์และไททาเนียมออกไซด์ชนิดละ 20 กรัมต่อลิตร..... 67

รูปที่ ง.29 กราฟรายงานค่าการซึมผ่านของอากาศของผ้าที่เคลือบด้วยแป้งข้าวโพดความเข้มข้น 40 กรัมต่อลิตร และไททาเนียมออกไซด์ชนิดละ 40 กรัมต่อลิตร 67

รูปที่ ง.30 กราฟรายงานค่าการซึมผ่านของอากาศของผ้าที่เคลือบด้วยแป้งข้าวโพดความเข้มข้น 40 กรัมต่อลิตร และแมกนีเซียมออกไซด์ชนิดละ 40 กรัมต่อลิตร 68

รูปที่ ง.31 กราฟรายงานค่าการซึมผ่านของอากาศของผ้าที่ไม่ได้ถูกเคลือบ 68

รูปที่ ง.32 สมการแบบแลงเมียร์ ของการดูดซับไกลโฟเสตของผ้าที่ไม่ได้ถูกเคลือบ 69

รูปที่ ง.33 สมการแบบฟรุนดิช ของการดูดซับไกลโฟเสตด้วยของผ้าที่ไม่ได้ถูกเคลือบ..... 69

รูปที่ ง.34 สมการแบบแลงเมียร์ ของการดูดซับไกลโฟเสตด้วยปริมาณตัวดูดซับ แป้งข้าวโพด และแมกนีเซียมออกไซด์ชนิดละ 40 กรัมต่อลิตร เวลาการดูดซับ 2 นาที..... 70

รูปที่ ง.35 สมการแบบฟรุนดิช ของการดูดซับไกลโฟเสตด้วยปริมาณตัวดูดซับ แป้งข้าวโพด และแมกนีเซียมออกไซด์ชนิดละ 40 กรัมต่อลิตร เวลาการดูดซับ 2 นาที..... 70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ยากำจัดศัตรูพืช (Pesticide) คือ สารหรือส่วนผสมของสารที่ใช้เพื่อการป้องกัน หรือควบคุมศัตรูพืช รวมถึงพาหะของโรคในมนุษย์หรือสัตว์ ชนิดของพืชหรือสัตว์ที่ไม่ต้องการ ซึ่งถูกนิยามไว้โดยคณะกรรมาธิการมาตรฐานอาหารระหว่างประเทศ (Codex Alimentarius Commission : CAC) นอกจากนี้ยังหมายถึงสารที่ใช้ควบคุมการเจริญเติบโต สารที่ทำให้ใบร่วง สารที่ใช้กับพืชเพื่อป้องกันการร่วงก่อนกำหนด ซึ่งถูกนิยามโดยองค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (Food and Agriculture Organization of the United Nation : FAO) [1]

การใช้ยากำจัดศัตรูพืชก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพทั้งเฉียบพลันและเรื้อรัง ผลกระทบที่เป็นพิษเฉียบพลันคือมีอาการในทันทีหลังจากสัมผัสยากำจัดศัตรูพืช เช่น คลื่นไส้ อาเจียน ปวดศีรษะ ปวดกล้ามเนื้อ ท้องร่วง หายใจติดขัด ตาพร่า เป็นต้น ส่วนอาการเรื้อรังเกิดจากการที่ยากำจัดศัตรูพืชสะสมในอวัยวะต่างๆ ในร่างกายทำให้เกิดความผิดปกติและเป็นที่มาของโรคต่างๆ เช่น มะเร็ง เบาหวาน อัมพฤกษ์ อัมพาต [2]

ยากำจัดศัตรูพืชสามารถเข้าสู่ร่างกายได้ 3 ทาง คือ 1) ทางจมูก ด้วยการสูดดมไอของยากำจัดศัตรูพืช ผลคือละอองของยากำจัดศัตรูพืชปะปนเข้าไปกับลมหายใจ 2) ทางปาก เช่น ใช้มือที่เปื้อนยากำจัดศัตรูหยิบอาหารเข้าปากหรือกินผักผลไม้ที่มียากำจัดศัตรูพืชตกค้างอยู่ 3) ทางผิวหนัง เกิดอาการสัมผัสหรือจับต้องยากำจัดศัตรูพืช ซึ่งสามารถซึมผ่านทางผิวหนังได้เมื่อมีความเข้มข้นของยากำจัดศัตรูพืชมากขึ้น ทำให้เกิดการซึมเข้าสู่กระแสโลหิตได้เพิ่มขึ้น [2] การใช้อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล ได้แก่ ชุดป้องกันสารเคมี ถุงมือ รองเท้า หมวก และแว่นตาป้องกัน (ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสถานการณ์และปริมาณยากำจัดศัตรูพืชที่แตกต่างกัน) ถูกแนะนำไว้โดยหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น ในสหรัฐอเมริกา หน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลในการป้องกันสารเคมีทางการเกษตร ได้แก่ หน่วยงานคุ้มครองสิ่งแวดล้อมของสหรัฐอเมริกา กระทรวงเกษตรสหรัฐอเมริกา [3]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลเป็นการแก้ปัญหาได้โดยตรง ถึงแม้ว่าชุดป้องกันสารเคมีจะสามารถป้องกันยากำจัดศัตรูพืชได้ดี แต่มีรูพรุนน้อย จึงทำให้อากาศไม่สามารถผ่านได้เป็นผลให้สวมใส่ไม่สบาย การเคลือบผ้าด้วยโพลิเมอร์และสารเติมแต่งบางชนิดสามารถเพิ่มความสามารถในการป้องกันยากำจัดศัตรูพืชให้กับผ้าได้ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในขณะที่ยังคงความสบายในการสวมใส่ [3]

งานวิจัยนี้ต้องการศึกษาสารเคลือบผ้าเพื่อป้องกันการซึมผ่านของยากำจัดศัตรูพืช 3 ชนิด ที่นิยมใช้ในประเทศไทย ได้แก่ ไกลโฟเสต คลอร์ไพริฟอส พาราควอต เนื่องจากมีข้อมูลวิจัยในประเทศไทยชี้ชัดถึงพิษร้ายแรงของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชทั้งสามชนิด [2] ประกอบกับปัจจุบัน มีหลายประเทศที่ได้ยกเลิกการใช้แล้ว แต่ยังคงใช้งานในประเทศไทย [4]

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 ศึกษาประสิทธิภาพในการป้องกันยากำจัดศัตรูพืชของโพลิเมอร์และสารเติมแต่ง

1.2.2 ศึกษาประสิทธิภาพในการลดความเป็นพิษของยากำจัดศัตรูพืชด้วยกลไกการเกิดออกซิเดชันของยากำจัดศัตรูพืชและสารดูดซับบนผิวของผ้า

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1.3.1 โพลิเมอร์ที่ใช้เคลือบผ้า 3 ชนิด คือ แป้งข้าวโพด แป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวเหนียว ที่ความเข้มข้นชนิดละ 40 กรัมต่อลิตร

1.3.2 สารเติมแต่งที่ใช้ 2 ชนิด คือ แมกนีเซียมออกไซด์ (Magnesium oxide) และไททาเนียมไดออกไซด์ (Titanium dioxide) ชนิดละ 40 กรัมต่อลิตร

1.3.3 การทดลองอ้างอิงจากมาตรฐาน ASTM F 2130-01 สำหรับวัดปริมาณยากำจัดศัตรูพืชที่ซึมผ่านสำหรับชุดป้องกันยากำจัดศัตรูพืช

1.3.4 ยากำจัดศัตรูพืชที่ใช้ 3 ชนิด คือ พาราควอต คลอร์ไพริฟอส ไกลโฟเสต

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการป้องกันของโพลิเมอร์ได้ด้วยการดูดซับและการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของยากำจัดศัตรูพืชกับสารเติมแต่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4.2 ได้ทราบปริมาณสารเติมแต่งที่เหมาะสมของสารเคลือบซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพสารป้องกันยากำจัดศัตรูพืชและสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานในอนาคตได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

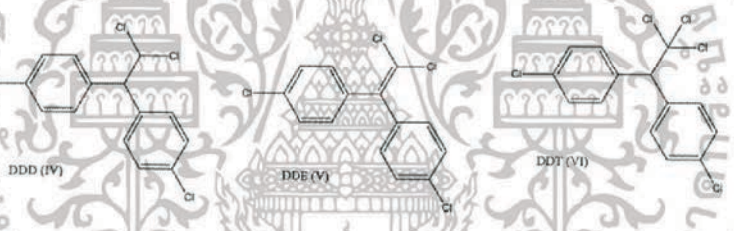
บทที่ 2

ทฤษฎีเบื้องต้นและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ยากำจัดศัตรูพืช

2.1.1 ยากำจัดศัตรูพืชประเภทออร์กะโนคลอรีน (Organochlorine)

ยากำจัดศัตรูพืชประเภทออร์กะโนคลอรีนเป็นสารอินทรีย์ที่ประกอบด้วยธาตุคลอรีน ไฮโดรเจน คาร์บอน อาจมีออกซิเจนรวมอยู่ด้วยเรียกว่า คลอริเนเต็ดไฮโดรคาร์บอน ออกฤทธิ์ตกค้างนาน มีความคงตัว ไม่สลายตัว ไม่ละลายน้ำ ละลายได้ดีในน้ำมัน ลักษณะเป็นผลึกสีขาว ไม่มีกลิ่น มีพิษต่อสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม เป็นสารก่อให้เกิดมะเร็งและตกค้างในสิ่งแวดล้อม สามารถแพร่กระจายและสะสมเพิ่มขึ้นในสัตว์ต่างๆ ตามลำดับในขั้นห่วงโซ่อาหาร ในรูปที่ 2.1 แสดงตัวอย่างของยากำจัดศัตรูพืชในกลุ่มนี้ ซึ่งประกอบไปด้วย ดีดีดี ดีดีอี ดีดีที [5]

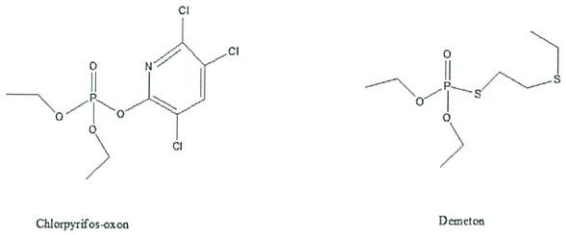


รูปที่ 2.1 โครงสร้างโมเลกุลของยากำจัดศัตรูพืชประเภทออร์กะโนคลอรี (Organochlorine) [6]

2.1.2 ยากำจัดศัตรูพืชประเภทออร์กะโนฟอสเฟต (Organophosphate)

ยากำจัดศัตรูพืชประเภทออร์กะโนฟอสเฟตเป็นสารอินทรีย์ที่มีธาตุฟอสฟอรัสที่สามารถละลายได้ดีในน้ำและตัวทำละลายอินทรีย์และออกฤทธิ์ทำให้แมลงตายโดยการสัมผัสและดูดซึมเข้าสู่ตัวแมลง มีฤทธิ์อยู่ได้นาน นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์ชนิดฉีดพ่น มีคุณสมบัติยับยั้งเอนไซม์ โคลีนเอสเตอเรส เป็นเอนไซม์ที่ช่วยในการทำงานของระบบประสาทของมนุษย์และสัตว์ ในรูปที่ 2.2 แสดงตัวอย่างของยากำจัดศัตรูพืชในกลุ่มนี้ ซึ่งประกอบไปด้วย คลอร์ไพริฟอส เดเมทอน [7]

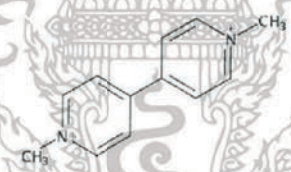
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 โครงสร้างโมเลกุลของยากำจัดศัตรูพืชประเภทออร์กะโนฟอสเฟต(Organophosphate) [5]

2.1.2.1 พาราควอต (Paraquat)

พาราควอต มีการนำเข้าในปี พ.ศ. 2560 ปริมาณ $4.5x10^7$ กิโลกรัม [2] ซึ่งเป็นยากำจัดศัตรูพืชชนิดหนึ่งที่เป็นที่นิยมที่สุดในโลก ถูกสังเคราะห์ขึ้นเป็นครั้งแรกเมื่อปี พ.ศ. 2425 มีโครงสร้างดังรูปที่ 2.3 แต่ถูกนำมาใช้กำจัดศัตรูพืชครั้งแรก เมื่อปี พ.ศ. 2498 ผลิตจำหน่ายครั้งแรกในปี พ.ศ. 2504 โดยบริษัทไอซีไอ ในทางพิษวิทยา พาราควอตจะก่อให้เกิดอาการระคายเคืองต่อเนื้อเยื่อที่สัมผัส ผิวหนังเป็นแผลพุพอง หากสัมผัสกับตาจะทำให้ตาบวมแดงอักเสบ ประสิทธิภาพในการมองเห็นลดลง หากบริโภคจะทำให้เกิดอาการระคายเคืองลำคอ หายใจไม่ออก และส่งผลต่อสภาวะการทำงานของตับ [8]

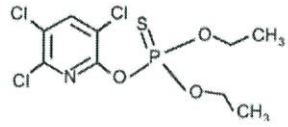


รูปที่ 2.3 โครงสร้างโมเลกุลของยากำจัดศัตรูพืชชนิดพาราควอต[9]

2.1.2.2 คลอร์ไพริฟอส (Chlopyrifos)

คลอร์ไพริฟอส มีการนำเข้าในปี พ.ศ. 2560 ปริมาณ $3.7x10^7$ กิโลกรัม [2] มีโครงสร้างดังรูปที่ 2.4 ซึ่งเป็นยากำจัดศัตรูพืชชนิดหนึ่งที่นิยมใช้ที่มีการนำเข้าและส่งออกจำหน่ายเมื่อกว่า 50 ปีที่แล้ว โดยบริษัท ดาวเคมิคอลประเทศไทย จำกัด ในทางพิษวิทยา คลอร์ไพริฟอส สามารถยับยั้งเอนไซม์อะซิทิลโคลีนเอสเทอเรส ในระบบประสาทของมนุษย์และสัตว์ แต่ไม่ส่งผลกระทบต่อระบบสืบพันธุ์ [10]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 โครงสร้างโมเลกุลของยากำจัดศัตรูพืชชนิดคลอร์ไพริฟอส [10]

2.1.2.3 ไกลโฟเสต (Glyphosate)

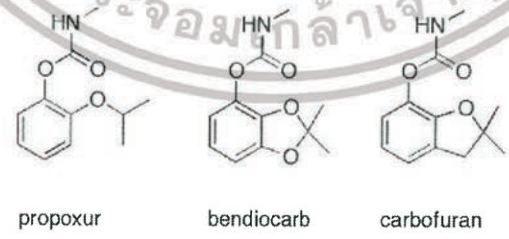
ไกลโฟเสต หรือ ไกลซีน มีโครงสร้างดังรูปที่ 2.5 มีการนำเข้าในปี พ.ศ. 2560 ปริมาณ $6x10^7$ กิโลกรัม [2] ซึ่งเป็นยากำจัดศัตรูพืชที่มีปริมาณการใช้งานมากที่สุดในสหรัฐอเมริกา ไกลโฟเสตถือสิทธิบัตรและผลิตจำหน่ายในสหรัฐอเมริกามาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2513 โดยบริษัท มอนซานโต้ ในชื่อการค้าราวด์อัพ ในทางพิษวิทยา ไกลโฟเสตเป็นสารก่อมะเร็ง [10]



รูปที่ 2.5 โครงสร้างโมเลกุลของยากำจัดศัตรูพืชชนิดไกลโฟเสต [10]

2.1.3 ยากำจัดศัตรูพืชประเภทคาร์บาเมต (Carbamate)

ยากำจัดศัตรูพืชประเภทคาร์บาเมตเป็นสารอินทรีย์ที่มีธาตุไนโตรเจน ซึ่งมีฤทธิ์ตกค้างนานและก่อให้เกิดการยับยั้งเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส ยากำจัดศัตรูพืชกลุ่มนี้นิยมใช้ในรูปแบบฉีดพ่นโดยผสมกับสารกลุ่มไพรีทรอยด์ ในรูปที่ 2.6 แสดงตัวอย่างของยากำจัดศัตรูพืชในกลุ่มนี้ ซึ่งประกอบไปด้วย โพรพอกเซอร์ คาร์บาริล เบนไดโอคาร์บ เป็นต้น [11]

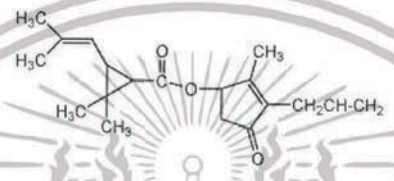


รูปที่ 2.6 โครงสร้างโมเลกุลของยากำจัดศัตรูพืชประเภทคาร์บาเมต (Carbamate) [11]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4 ยากำจัดศัตรูพืชประเภทไพรีธรัม (Pyrethrum)

ยากำจัดศัตรูพืชประเภทพัยรีธรัมเป็นยากำจัดศัตรูพืชที่สกัดมาจากดอกเบญจมาศตระกูล Chrysanthemum สารไพรีธรัมเป็น ยากำจัดศัตรูพืชที่มีประสิทธิภาพสูง ปลอดภัยในการใช้ ไม่มีพิษต่อสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม สารกลุ่มนี้ออกฤทธิ์ในการป้องกันแมลงโดยเกิดพิษที่ระบบประสาทของแมลง ในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมและมนุษย์พบว่า เมื่อเข้าสารสู่ร่างกายจะถูกขับถ่ายออกโดยไม่สะสมในเนื้อเยื่อต่างๆ ของร่างกาย [12] ในรูปที่ 2.7 แสดงตัวอย่างของยากำจัดศัตรูพืชในกลุ่มนี้ ซึ่งเป็นโครงสร้างของยากำจัดศัตรูพืชชนิด



รูปที่ 2.7 โครงสร้างโมเลกุลของยากำจัดศัตรูพืชประเภทไพรีธรัม (Pyrethrum) [12]

2.2 การเพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกันของผ้าทอ

2.2.1 การลดปริมาณยากำจัดศัตรูพืชที่ซึมผ่าน

การลดปริมาณยากำจัดศัตรูพืชที่ซึมผ่านโดยการดูดซับไว้ที่ผิวผ้า ซึ่งการดูดซับคือการเคลื่อนย้ายมวลสาร ซึ่งเกิดจากสสารถูกเคลื่อนย้ายมาเกาะติดบนพื้นผิวของของแข็ง ทำให้สามารถดึงสสารนั้นออกจากของเหลวที่จะซึมผ่านลงไปยังผิวหนังได้ โดยมีขั้นตอนของการดูดซับ 2 ขั้นตอน คือ

1) การเคลื่อนย้ายเชิงมหภาค คือ การเคลื่อนย้ายของสารถูกดูดซับผ่านน้ำเข้าสู่พื้นผิวของสารดูดซับ

2) การเคลื่อนย้ายเชิงจุลภาค คือ การแพร่กระจายของสารถูกดูดซับเข้าหาช่องว่างภายในของพื้นที่ผิวสารดูดซับ ซึ่งลักษณะการดูดซับที่เกิดขึ้นแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ การดูดซับทางกายภาพและการดูดซับทางเคมี ซึ่งตารางที่ 2.1 เป็นตารางเปรียบเทียบประเภทของการดูดซับทั้ง 2 ชนิด [13]

2.2.1.1 การดูดซับทางกายภาพ (Physical adsorption)

การดูดซับทางกายภาพเป็นการดูดซับที่เกิดจากแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลอย่างอ่อน คือ แรงแวนเดอร์วาลส์ (Vander Waals Forces) ซึ่งเกิดจากการรวมแรง 2 ชนิด คือ แรงกระจาย (London dispersion force) และแรงไฟฟ้าสถิตย์(Electrostatic force) การดึงดูดด้วยแรงที่อ่อนทำให้การดูดซับประเภทนี้มีพลังงานของการดูดซับ (Activation energy)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่อนข้างน้อย คือ ต่ำกว่า 20 กิโลจูลต่อโมลและสามารถเกิดการผันกลับของกระบวนการได้ง่าย ซึ่งเป็นข้อดี เพราะสามารถฟื้นฟูสภาพของตัวดูดซับได้ง่ายด้วยสารที่ถูกดูดซับสามารถเกาะอยู่บนผิวของสารดูดซับได้หลายชั้น (Multilayer) ซึ่งแต่ละชั้นของโมเลกุลสารถูกดูดซับจะติดอยู่กับชั้นของโมเลกุลของสารถูกดูดซับในชั้นก่อนหน้านี้ โดยจำนวนชั้นของสารถูกดูดซับบนสารดูดซับจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณของสารถูกดูดซับ ซึ่งจะเพิ่มมากขึ้นตามปริมาณที่มากขึ้นของสารถูกดูดซับ [14]

2.2.1.2 การดูดซับทางเคมี (Chemical adsorption)

การดูดซับทางเคมี (Chemical adsorption หรือ Chemisorption) เกิดขึ้นเมื่อตัวถูกดูดซับกับตัวดูดซับทำปฏิกิริยาเคมีกัน ซึ่งส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของตัวถูกดูดซับเดิม คือมีการทำลายแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอมหรือกลุ่มอะตอมเดิมแล้วมีการจัดเรียงอะตอมไปเป็นสารประกอบใหม่ขึ้น ซึ่งสารประกอบใหม่จะเกิดพันธะเคมีกับตัวดูดซับ ซึ่งพันธะเคมีที่เกิดขึ้นระหว่างตัวถูกดูดซับและตัวดูดซับจะเป็นพันธะเคมีที่มีความแข็งแรง มีพลังงานกระตุ้นเข้ามาเกี่ยวข้องทำให้พลังงานของการดูดซับ (Activation energy) มีค่าสูงประมาณ 50-400 กิโลจูลต่อโมล ซึ่งทำให้การป้องกันตัวถูกดูดซับออกจากผิวตัวดูดซับจะทำได้ยาก เนื่องจากไม่สามารถเกิดปฏิกิริยาผันกลับได้ (Irreversible) และการดูดซับประเภทนี้จะเป็นการดูดซับแบบชั้นเดียว (Monolayer) เท่านั้น [15]

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติการดูดซับทางเคมีและคุณสมบัติการดูดซับทางกายภาพ [15]

การดูดซับทางเคมี	การดูดซับทางกายภาพ
พลังงานของการดูดซับ 50-400 kJ/mol	พลังงานของการดูดซับประมาณ 20 kJ/mol หรือน้อยกว่า
เกิดได้ที่อุณหภูมิสูง	เกิดได้ที่อุณหภูมิต่ำ
ไม่เกิดการผันกลับ	เกิดการผันกลับได้เป็นส่วนใหญ่
เกิดการดูดซับเพียงชั้นเดียว	เกิดการดูดซับหลายชั้น
มีพลังงานก่อกัมมันต์เกี่ยวข้อง	ไม่มีพลังงานก่อกัมมันต์เกี่ยวข้อง
แรงดึงดูดของสารดูดซับกับสารที่ถูกดูดซับเป็นแรงดึงดูดที่แข็งแรง (เกิดพันธะเคมี)	แรงดึงดูดของสารดูดซับกับสารถูกดูดซับเป็นแรงดึงดูดอย่างอ่อนๆ (แรงแวนเดอร์วาลส์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1.3 สมการของการดูดซับ

สมการของการดูดซับ (Adsorption isotherm) อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของตัวดูดซับที่จุดสมดุลกับปริมาณของตัวถูกดูดซับ (Adsorbate) ที่มีการดูดซับที่อุณหภูมิคงที่ สำหรับการดูดซับตัวถูกละลายบนผิวของแข็งจะเป็นความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการดูดซับกับความเข้มข้นของสารละลายที่สภาวะสมดุลที่อุณหภูมิใดๆ ในรูปที่ 2.8 แสดงถึงไอโซเทอมที่พบโดยทั่วไป [16]

2.2.1.4 สมการการดูดซับแบบแลงเมียร์ (Langmuir isotherm)

ในปี ค.ศ.1916 แลงเมียร์ (Irving langmuir) เสนอสมการแบบง่ายโดยมีสมมติฐานคือ

1) สมการแบบแลงเมียร์ใช้สำหรับการดูดซับแบบชั้นเดียว (Monolayer adsorption)

2) โมเลกุลที่ถูกดูดซับมีจำนวนที่แน่นอนและมีตำแหน่งของการดูดซับที่แน่นอน

3) ในแต่ละโมเลกุลของสารดูดซับจะดูดซับโมเลกุลของสารถูกดูดซับได้เพียง 1 โมเลกุลเท่านั้น ในแต่ละตำแหน่งค่าความร้อนของการดูดซับเท่ากันและคงที่ ไม่มีแรงกระทำระหว่างโมเลกุลที่อยู่ในตำแหน่งใกล้กัน พลังงานของการดูดซับจะเหมือนกันทุกๆ พื้นที่ของตัวดูดซับ

4) โมเลกุลที่จะถูกดูดซับไม่สามารถที่จะเกิดปฏิกิริยากับโมเลกุลข้างเคียง

สมการแลงเมียร์เป็นสมการง่ายๆ และสามารถนำมาใช้งานได้ในช่วงที่กว้าง แต่มีข้อจำกัดของการใช้งาน คือ แรงที่ใช้ในการดึงดูดเป็นแรงอ่อนๆ ที่สามารถผันกลับได้และจะใช้ได้ในกรณีที่ผิวของตัวดูดซับเกิดขึ้นแบบชั้นเดียวเท่านั้น สมการการดูดซับแบบแลงเมียร์เขียนได้ดังนี้ [17]

$$q_e = \frac{q_m b C_e}{1 + b C_e} \quad , \tag{2.1}$$

เมื่อ q_e เป็นปริมาณสารที่ถูกดูดซับ (mg) ต่อปริมาณของตัวดูดซับ (g) ที่ภาวะสมดุล

q_m เป็นปริมาณสารที่ถูกดูดซับที่มากที่สุดที่ถูกดูดซับเพื่อสร้างแผ่นชั้นเดียว (mg/g)

b เป็นค่าคงที่ทางพลังงานของการดูดซับหรือค่าคงที่ของแลงเมียร์ (l/mg)

C_e เป็นความเข้มข้นของตัวถูกดูดซับที่สมดุล (mg/l)

สมการ 2.2 จัดรูปให้เป็นสมการเส้นตรง คือ

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{b q_m} + \frac{C_e}{q_m} \tag{2.2}$$

จากสมการของแลงเมียร์ (สมการ 2.3) เมื่อเขียนกราฟระหว่าง C_e/q_e กับ C_e ค่า q_m และ b หาได้จากความชัน (Slope) และจุดตัดแกน (Intercept) สมการการดูดซับแบบแลงเมียร์สามารถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงได้ด้วยปัจจัยของการแยกหรือค่าตัวแปรที่สภาวะสมดุล (Separation factor or equilibrium parameter, R_L) ดังสมการ [17]

$$R_L = \frac{1}{1+bC_0} \quad (2.3)$$

เมื่อ C_0 เป็นความเข้มข้นตั้งต้นของตัวถูกดูดซับ (mg/l)

โดยค่า R_L จะเป็นตัวบอกรูปร่างของสมการว่าสอดคล้องกับการดูดซับหรือไม่ ถ้า R_L มีค่ามากกว่า 1 หมายถึง การดูดซับไม่ดี (Unfavorable) R_L มีค่าเท่ากับ 1 หมายถึง การดูดซับเป็นเส้นตรง (Linear) R_L มีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 หมายถึง การดูดซับดี (Favorable) และ R_L มีค่าเท่ากับ 0 หมายถึง การดูดซับเกิดผันกลับได้ (Irreversible) [17]

2.2.1.5 สมการการดูดซับแบบ Freundlich (Freundlich isotherm)

สมการของ Freundlich มีสมมติฐานของการดูดซับที่ว่าพื้นผิวของตัวดูดซับไม่เป็นเนื้อเดียวกันตลอดพื้นที่ผิว และพลังงานมีการกระจายตัวเป็นแบบเลขชี้กำลัง สมการแบบ Freundlich เป็นสมการที่พัฒนาจากสมการแบบแลงค์เมียร์ โดยที่การดูดซับบนพื้นผิวของตัวถูกดูดซับจะเป็นแบบหลายชั้น (Multilayer) [18]

$$q_e = K_F C_e^{\frac{1}{n}} \quad (2.4)$$

$$\log q_e = \frac{1}{n}\log C_e + \log K_F \quad (2.5)$$

เมื่อ C_e เป็นความเข้มข้นของตัวถูกดูดซับที่สมดุล (mg/l)

q_e เป็นปริมาณสารที่ถูกดูดซับ (mg) ต่อปริมาณของตัวดูดซับ (g) ที่ภาวะสมดุล

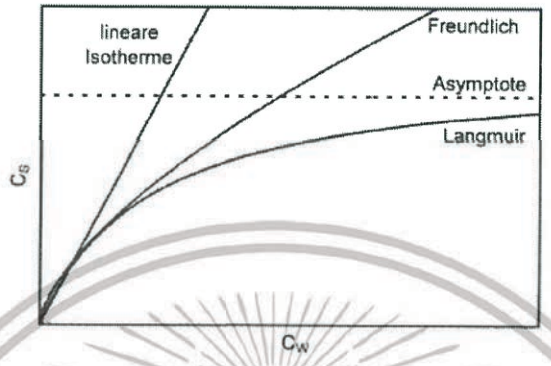
K_F เป็นค่าคงที่แสดงความสามารถในการดูดซับแบบหลายชั้น (mg/g)

n เป็นค่าคงที่สัมพันธ์กับพลังงานของการดูดซับ

เมื่อเขียนกราฟระหว่าง $\log q_e$ กับ $\log C_e$ จะได้กราฟเส้นตรงที่มีความชันเท่ากับ 1/n และมีจุดตัดแกนเท่ากับ $\log K_F$ จากสมการการดูดซับแบบ Freundlich ความสามารถในการดูดซับพิจารณาจากความชันของกราฟระหว่าง $\log C_e$ กับ $\log q_e$ โดยถ้าเส้นกราฟที่ได้มีค่าความชันมากหรือค่า n น้อย แสดงว่าการดูดซับจะเกิดขึ้นได้ดีที่ความเข้มข้นสูง แต่เกิดขึ้นได้น้อย ที่ความเข้มข้นต่ำ ค่า 1/n อธิบายถึงสมการของการดูดซับ ถ้า 1/n มีค่าเท่ากับ 1 สมการของการดูดซับเป็นแบบเส้นตรง แต่ค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มากกว่า 1 หมายถึงบริเวณพื้นผิวของตัวดูดซับมีปริมาณมากพอที่จะดูดซับ และถ้าค่าน้อยกว่า 1 หมายถึงปริมาณพื้นผิวบนตัวดูดซับมีปริมาณจำกัดที่จะใช้ในการดูดซับ [18]



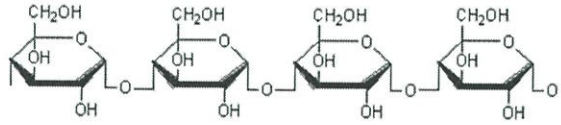
รูปที่ 2.8 สมการของการดูดซับที่พบโดยทั่วไป [19]

2.2.1.6 สารดูดซับ

แป้ง (Starch) เป็นสารประกอบคาร์โบไฮเดรตประเภทพอลีแซคคาไรด์ ซึ่งเป็นพอลิเมอร์ของน้ำตาลแอนไฮโดรกลูโคสที่เชื่อมกันด้วยพันธะไกลโคซิดิก (Glycosidic bond) องค์ประกอบที่สำคัญ คือ อะไมโลส (Amylose) และอะไมโลเพคติน (Amylopectin) ตารางที่ 2.2 แสดงองค์ประกอบของอะไมโลสและอะไมโลเพคตินในแป้ง มีโครงสร้างโมเลกุลดังรูปที่ 2.12 โมเลกุลของอะไมโลสและอะไมโลเพคติน จัดเรียงตัวกันด้วยพันธะไฮโดรเจน (H-bond) ทั้งภายในโมเลกุลและภายนอกโมเลกุลอย่างหนาแน่นภายในเม็ดแป้ง (Starch granule) [20]

อะไมโลสคือโพลีเมอร์สายตรงที่เชื่อมต่อกันด้วยพันธะไกลโคซิดิกชนิด α-1,4 glycosidic ซึ่งประกอบด้วยกลูโคส 500-6,000 หน่วย บิดเป็นเกลียว (Helix) ไม่แตกแขนงและไม่ละลายน้ำ มีโครงสร้างดังรูปที่ 2.9 ตำแหน่งของอะไมโลสภายในเม็ดแป้งขึ้นอยู่กับชนิดของแป้ง ซึ่งแป้งบางชนิด เช่น แป้งมันสำปะหลังพบอะไมโลสอยู่ร่วมกับอะไมโลเพกตินในส่วนผลึก (Crystallite) แป้งสาลีพบอะไมโลสอยู่ในส่วนอสัณฐาน (Amorphous) แป้งข้าวโพดพบอะไมโลสกระจายอยู่ทั่วไปในส่วนของอะไมโลเพคตินมากกว่าอยู่รวมกันเป็นกลุ่ม เมื่ออยู่ในสารละลายมีโครงสร้างหลายแบบ ลักษณะเป็นเกลียวม้วน (Helix) เกลียวที่คลายตัว (Interrupted helix) และ เกลียวม้วนอิสระ (Random coil) [20] มีโครงสร้างดังรูปที่ 2.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 โครงสร้างของอะไมโลส (Amylose) [21]

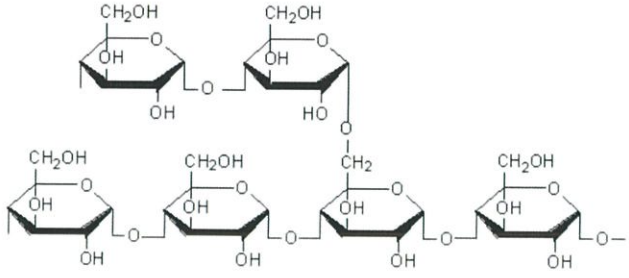


รูปที่ 2.10 โครงสร้างของอะไมโลสแบบเกลียวม้วน (Helix)
เกลียวที่คลายตัว (Interrupted helix) เกลียวม้วนอิสระ (Random coil) [22]

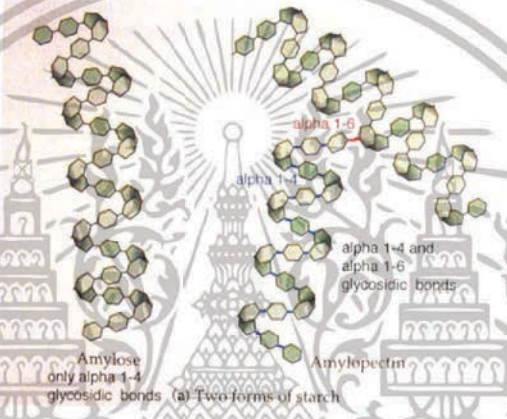
อะไมโลเพคตินคือโพลีเมอร์เชิงกิ่งซึ่งประกอบด้วยกลูโคส 5,000-40,000 หน่วยที่เชื่อมต่อกันด้วยพันธะไกลโคซิดิกชนิด α-1,4(α-1,4 glycosidic) จุดที่แตกกิ่งเชื่อมกันด้วยพันธะไกลโคซิดิกชนิด α-1,6(α-1,6 glycosidic) มีอยู่ประมาณ 5% ของหน่วยกลูโคสทั้งหมด มีโครงสร้างดังรูปที่ 2.11 โครงสร้างแบบกิ่งประกอบด้วยสายโซ่ (chain) 3 ชนิด คือ

- สาย A (A - chain) เชื่อมต่อกับสายอื่นที่ตำแหน่งเดียว ไม่มีกิ่งเชื่อมต่อออกจากสายชนิดนี้ (Unbranched structure)
- สาย B (B - chain) มีโครงสร้างแบบกิ่งเชื่อมต่อกับสายอื่นๆ 2 สาย หรือมากกว่า โครงสร้างอะไมโลเพกทินประกอบด้วยสาย A และ สาย B
- สาย C (C - chain) เป็นสายแกน ประกอบด้วยหมู่รีดิวซ์ซิง 1 หมู่ ในอะไมโลเพกทินแต่ละโมเลกุลประกอบด้วยสาย C เพียงหนึ่งสาย ตารางที่ 2.3 แสดงสมบัติที่แตกต่างกันของอะไมโลสและอะไมโลเพคติน [23]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 โครงสร้างของอะไมโลเพคติน (Amylopectin) [21]



รูปที่ 2.12 ชนิดของแป้งในรูปอะไมโลสและอะไมโลเพคติน [24]

ตารางที่ 2.2 ตารางแสดงองค์ประกอบของอะไมโลสและอะไมโลเพคตินในแป้ง [25]

ชนิดของแป้ง	ปริมาณอะไมโลส (% w/w)	ปริมาณอะไมโลเพคติน (% w/w)
แป้งข้าวเหนียว	28	72
แป้งข้าวโพด	1	99
แป้งข้าวเจ้า	17	83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 สมบัติที่แตกต่างกันของอะไมโลสและอะไมโลเพคติน [26]

อะไมโลส	อะไมโลเพคติน
ประกอบด้วยโมเลกุลกลูโคสที่ต่อกันเป็นเส้นตรงด้วยพันธะ a-1,4	โมเลกุลกลูโคสที่ต่อกันด้วยพันธะ a-1,4 และมีการแตกกิ่งด้วยพันธะ a-1,6
ประกอบด้วยกลูโคส 200-6,000 หน่วย	แต่ละกิ่งมีกลูโคส 20-25 หน่วย
ละลายน้ำได้น้อยกว่า	ละลายน้ำได้มากกว่า
เมื่อต้มในน้ำจะมีความข้นหนืดน้อย	ข้นหนืดมากและใส
ให้สีน้ำเงินกับสารละลายไอโอดีน	ให้สีม่วงแดงหรือสีน้ำตาลแดงกับสารละลายไอโอดีน
ต้มแล้วทิ้งไว้จะจับตัวเป็นวุ้นและแผ่นแข็งได้	ไม่จับตัวเป็นวุ้นและแผ่นแข็ง

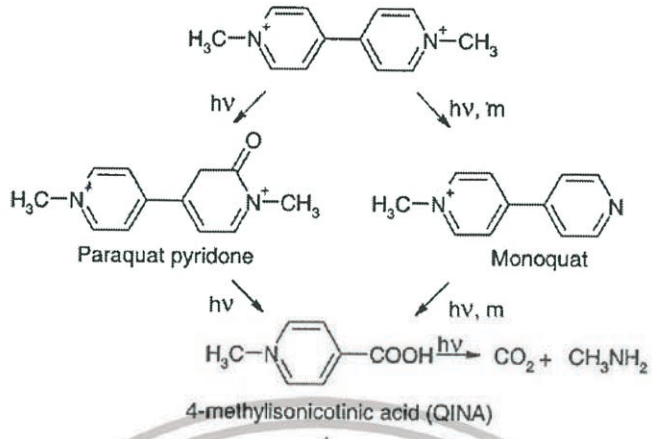
2.2.2 การทำให้ยากำจัดศัตรูพืชมีพิษลดน้อยลงโดยปฏิกิริยาออกซิเดชัน

สารที่สามารถกำจัดสารพิษด้วยตัวเอง (Self-decontamination) เกิดจากการสลายตัวของสารพิษกลายเป็นสารที่มีความเป็นพิษน้อยลง ซึ่งสารพิษสามารถสลายตัวได้จากหลายสาเหตุ หนึ่งในนั้นคือการเกิดปฏิกิริยา เช่น ปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชัน (Oxidation number) ของสารตั้งต้น เช่น การออกซิไดซ์สารอินทรีย์สามารถสังเกตได้จากการเพิ่มขึ้นของจำนวนอะตอมออกซิเจน สิ่งที่สำคัญของการออกซิไดซ์คือ ตัวเร่งปฏิกิริยา เนื่องจากตัวเร่งปฏิกิริยาสามารถเพิ่มความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยาและลดการใช้พลังงานในการเกิดปฏิกิริยา ตัวอย่างของตัวเร่งปฏิกิริยา เช่น โลหะที่ว่องไวในการเกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ ตัวเร่งปฏิกิริยาอินทรีย์และโลหะออกไซด์ [27]

2.2.2.1 การสลายตัวของยากำจัดศัตรูพืชชนิดพาราควอต

พาราควอตจะสลายตัวประมาณ 25 - 50% ภายใน 4 - 6 สัปดาห์ ในสภาพที่มีแสงแดดจัด การสลายตัวของพาราควอตเกิดขึ้นดังรูปที่ 2.13 พาราควอตถูกออกซิเดชันโดยมีแสงขาวเป็นตัวกระตุ้นเกิดเป็น Paraquat pyridone หรือ Monoquat จากนั้นถูกออกซิเดชันด้วยแสงขาวเป็นตัวกระตุ้นเกิดเป็น 4-methylisonicotinic acid (QINA) ซึ่งไม่พบความเป็นพิษ [2]

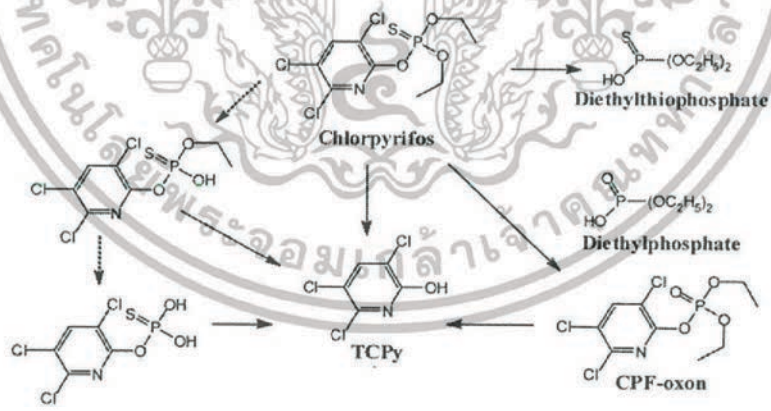
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.13 การสลายตัวของพาราควอต [28]

2.2.2.2 การสลายตัวของยากำจัดศัตรูพืชชนิดคลอร์ไพริฟอส

คลอร์ไพริฟอส จะสลายตัวประมาณ 50% ภายใน 2 - 16 สัปดาห์ ในสภาพที่มีแสงแดดจัด การสลายตัวของคลอร์ไพริฟอส เกิดขึ้นดังรูปที่ 2.14 คลอร์ไพริฟอส ถูกออกซิเดชันโดยมีแสงขาวเป็นตัวกระตุ้นเกิดเป็น Diethylphosphate และ CPF-oxon จากนั้นถูกออกซิเดชันด้วยแสงขาวเป็นตัวกระตุ้นเกิดเป็น 3,5,6-trichloro-2-pyridinol (TCPy) ซึ่งไม่พบความเป็นพิษ [2]



รูปที่ 2.14 การสลายตัวของคลอร์ไพริฟอส [29]

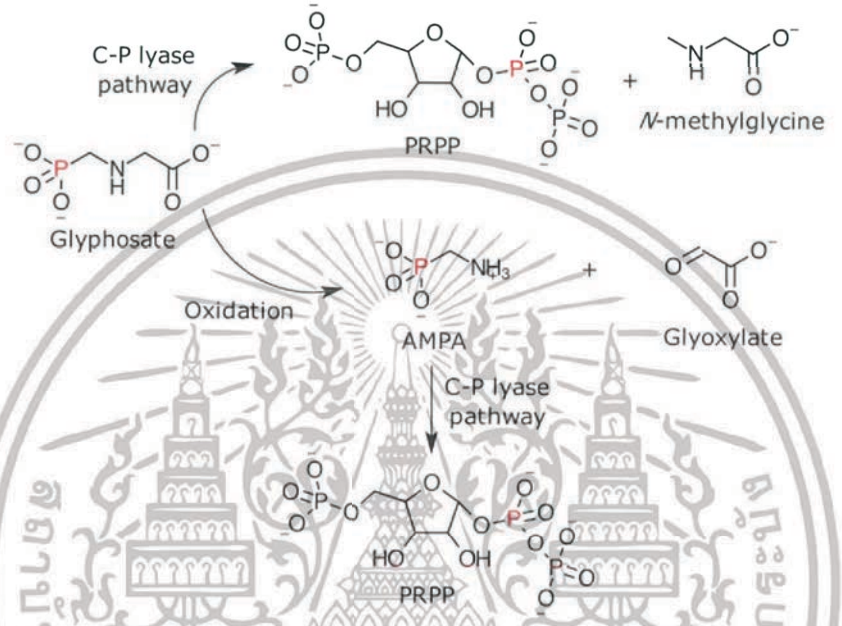
2.2.2.3 การสลายตัวของยากำจัดศัตรูพืชชนิดไกลโฟเสต

ไกลโฟเสตจะสลายตัวประมาณ 50% ภายใน 1 – 28 สัปดาห์ การสลายตัวของไกลโฟเสตเกิดขึ้นดังรูปที่ 2.15 ไกลโฟเสตสลายตัวได้ 2 ทาง คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) ไกลโฟเสตถูกออกซิเดชันโดยมีแสงขาวเป็นตัวกระตุ้นเกิดเป็น α-amino-3-hydroxy-5-methyl-4-isoxazolepropionic acid (APMA) และ Saccrocine ซึ่งเป็นสารที่ไม่มีพิษ หลังจากนั้นจะถูกย่อยสลายด้วย C-P lyase กลายเป็น PRPP N-methylglycine

2) ไกลโฟเสตถูกย่อยสลายด้วย C-P lyase กลายเป็น PRPP และ N-methylglycine[2]



รูปที่ 2.15 การสลายตัวของไกลโฟเสต [30]

2.2.2.4 สารเติมแต่งประเภทแมกนีเซียมออกไซด์ (Magnesium oxide : MgO)

ออกไซด์ของโลหะอนินทรีย์ เช่น แมกนีเซียมออกไซด์ มีสมบัติในการเกิดปฏิกิริยาเนื่องจากมีรูปทรงหลายเหลี่ยมและมีอัตราส่วนของมุมต่อขอบมาก ทำให้มีพื้นที่ผิวในการเกิดปฏิกิริยามาก ด้วยสมบัติทั้งสอง ทำให้วัสดุมีสมบัติในการออกซิไดซ์สารพิษได้ดี [31]

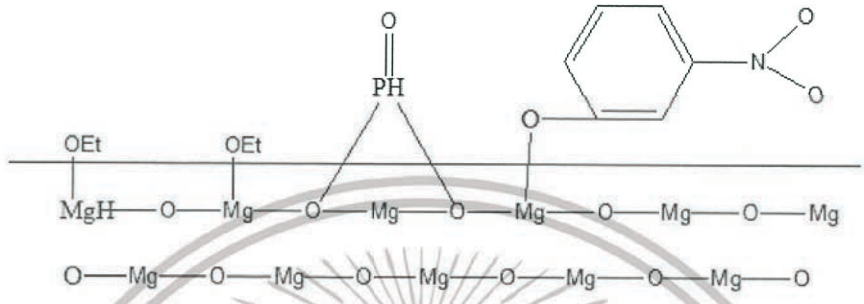
แมกนีเซียมออกไซด์สามารถดูดซับสารอินทรีย์ที่มีขั้วได้ เช่น สารประกอบแอลดีไฮด์ แอลกอฮอลและคีโตน มีประสิทธิภาพที่ดีกว่าถ่านกัมมันต์ที่ใช้กันทั่วไป ซึ่งสามารถดูดซับได้โดยทำลายตัวถูกดูดซับ (Destructive chemical adsorption) [31]

จากรูปที่ 2.17 แมกนีเซียมออกไซด์สามารถถูกกระตุ้นด้วยแสงที่ความยาวคลื่นของแสงที่ตามองเห็นได้ จึงทำให้แมกนีเซียมสามารถเร่งปฏิกิริยาได้โดยไม่จำเป็นต้องมีแสงยูวีมากระตุ้นเหมือนไททาเนียมไดออกไซด์ [32]

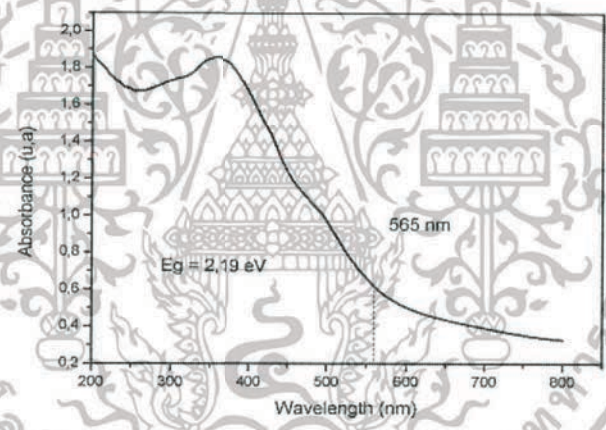
ผลึกของแมกนีเซียมออกไซด์ทำปฏิกิริยาได้เร็วและมีความจุสูงกว่าถ่านกัมมันต์ ซึ่งถ่านกัมมันต์เป็นสารที่ใช้กันทั่วไปสำหรับทำชุดป้องกันยากำจัดศัตรูพืช คุณสมบัติที่ต่างกันของแมกนีเซียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกไซด์กับถ่านกัมมันต์คือ ถ่านกัมมันต์มีการดูดซับแบบกายภาพเพียงอย่างเดียว รูปที่ 2.16 แมกนีเซียมออกไซด์สามารถทำให้สารตั้งต้นเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันโดยการตรึงสารประกอบของฟอสเฟตได้ด้วยการตัดพันธะของฟอสฟอรัสกับออกซิเจน (P-O) และพันธะของฟอสฟอรัสกับฟลูออรีน (P-F) [3]



รูปที่ 2.16 การดูดซับสารออร์กะโนฟอสเฟต (Organophosphate) โดยแมกนีเซียมออกไซด์ [3]



รูปที่ 2.17 ค่าการดูดกลืนของแสงที่ความยาวคลื่นต่างๆของแมกนีเซียมออกไซด์ [32]

2.2.2.5 สารเติมแต่งประเภทไททาเนียมไดออกไซด์ (Titanium dioxide : TiO_2)

ไททาเนียมไดออกไซด์เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ทำให้สารอินทรีย์เกิดการสลายตัว ปฏิกิริยาเกิดขึ้นดังรูปที่ 2.17 จากการกระตุ้นด้วยแสงยูวี ทำให้อิเล็กตรอนที่แถบเวเลนซ์ (Valence band) เคลื่อนที่ไปที่แถบการนำ (Conduction band) หลังจากที่อิเล็กตรอนถูกกระตุ้นไปแล้ว ส่งผลทำให้เกิดคู่อิเล็กตรอนและช่องว่าง (Electron-hole pairs) สามารถเคลื่อนที่ไปมาระหว่างแถบเวเลนซ์และแถบการนำได้ง่ายและรวดเร็ว ปฏิกิริยาเกิดได้ 2 ตำแหน่ง ดังนี้ [33]

1) ปฏิกิริยาที่แถบเวเลนซ์เกิดจากอิเล็กตรอนจากสารละลายหรือเรียกว่าตัวให้อิเล็กตรอน (Electron donors) เคลื่อนที่ไปยังช่องว่างในแถบเวเลนซ์จะเกิดปฏิกิริยากับน้ำ (H_2O) และไฮดรอกซิลไอออน (OH^-) เกิดเป็นไฮดรอกซิลเรดิคอล ($OH^{\cdot}$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ปฏิกิริยาที่แถบการนำไฟฟ้า (Conduction band) คือ

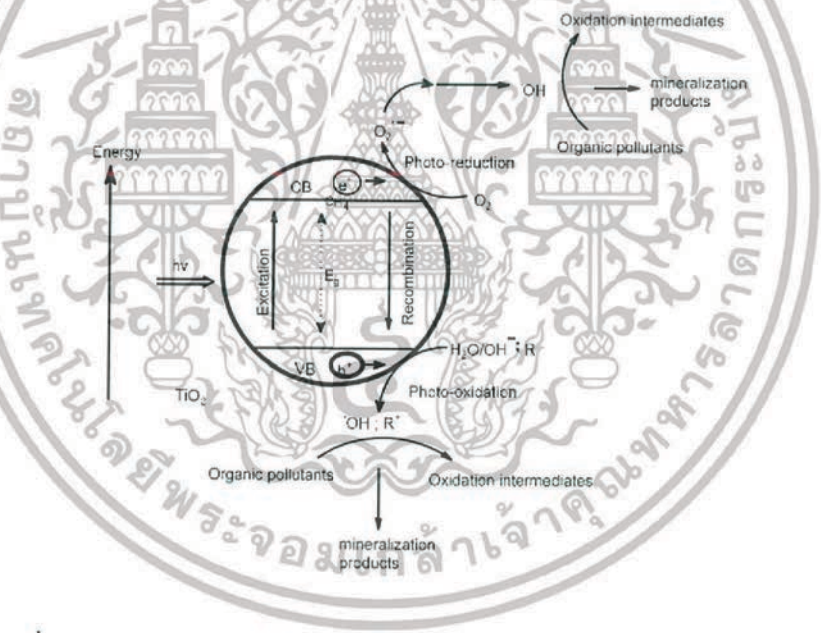
2.1) อิเล็กตรอนจะเคลื่อนจากแถบการนำไฟฟ้าไปยังตัวรับอิเล็กตรอน (Electron acceptor)

2.2) ในปฏิกิริยารีดักชัน ออกซิเจน (O_2) ที่ถูกดูดซับจะเป็นตัวรับอิเล็กตรอน ซึ่งทำให้เกิดเป็นซูเปอร์ออกไซด์เรดิคอล ($O_2^{\cdot-}$)

2.3) $O_2^{\cdot-}$ ทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนไอออน (H^+) จะเกิดเป็นไฮโดรเปอโรซิลเรดิคอล ($OH_2^{\cdot}$)

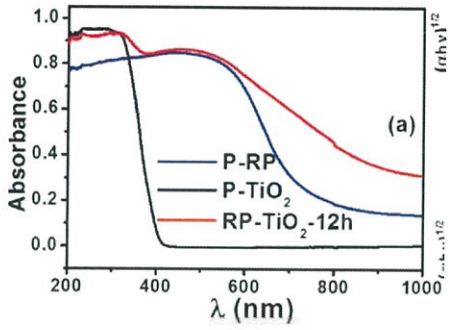
เมื่อ $OH_2^{\cdot}$ จากแถบเวเลนซ์และแถบการนำรวมกัน ผลที่ได้คือไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) และออกซิเจนซึ่ง H_2O_2 สามารถรับอิเล็กตรอนจากแถบการนำหรือจากซูเปอร์ออกไซด์เรดิคอลและกลายไปเป็น $OH^{\cdot}$ ซึ่ง $OH^{\cdot}$ ที่เกิดจากปฏิกิริยาทั้งสองเป็นตัวออกซิแดนท์ที่แรงในกระบวนการเร่งปฏิกิริยาด้วยแสงยูวี ซึ่งสามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ชนิดต่างๆ ได้ [33]

จากรูปที่ 2.19 ไททาเนียมไดออกไซด์สามารถถูกกระตุ้นด้วยแสงที่ความยาวคลื่นของแสงยูวี ดังนั้น จึงสามารถเร่งปฏิกิริยาได้เมื่อมีแสงยูวีมากระตุ้นเท่านั้น



รูปที่ 2.18 กระบวนการโฟโตคะตะไลติคของไททาเนียมไดออกไซด์ [34]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.19 ค่าการดูดกลืนของแสงที่ความยาวคลื่นต่างๆของไททาเนียมไดออกไซด์ [35]

2.3 เจลาติไนเซชัน (Gelatinization)

เมื่อแป้งถูกละลายด้วยน้ำ ในสภาวะปกติ โมเลกุลอะไมโลสและอะไมโลเพคติน ในเม็ดแป้งจับตัวกันแข็งแรงจึงไม่ละลายในน้ำเย็น น้ำเพียงซึมเข้าไปในส่วนของเม็ดแป้ง เมื่อนำแป้งไปตากจะได้แป้งที่มีคุณสมบัติเดิม ปรากฏการณ์นี้สามารถผันกลับได้ (Reversible) แต่เมื่อให้ความร้อนไปจนถึงอุณหภูมิประมาณ 70 องศาเซลเซียส จะทำให้การจับกันในส่วนของอะไมโลสและอะไมโลเพคตินคลายตัวลง เกิดปฏิกิริยากับน้ำ ซึ่งไม่สามารถผันกลับได้ (Irreversible) ทำให้สารละลายมีความหนืดและความใสเพิ่มขึ้น กระบวนการนี้คือกระบวนการเจลาติไนเซชัน ตารางที่ 2.4 แสดงอุณหภูมิเจลาติไนเซชันของแป้งบางชนิด [32]

ตารางที่ 2.4 ลักษณะปริมาณผลึกและอุณหภูมิการเกิดเจลาติไนซ์เซชั่นของแป้งแต่ละชนิด [36]

ชนิดแป้ง	ความเป็นผลึก (%)	อุณหภูมิการเกิดเจลาติไนเซชัน)°C)
แป้งข้าวเหนียว	37	64
แป้งข้าวเจ้า	38	70
แป้งข้าวโพด	40	71

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Ravindra V. Gadhave และคณะ [23] ได้ศึกษาเกี่ยวกับการใช้ถ่านกัมมันต์จากแป้ง (ACS) เพื่อกำจัดยากำจัดศัตรูพืชออกจากน้ำ จากการทดลองพบว่า ACS สามารถกำจัดยากำจัดศัตรูพืชได้ 11 ชนิด อย่างรวดเร็ว อัตราการดูดซับของ ACS นั้น สูงกว่าตัวดูดซับชนิด ถ่านกัมมันต์ (AC) คาร์บอนแบล็กกราฟตัน (GCB) และตัวดูดซับเอมีน นอกจากนี้ยังค้นพบว่าสารที่ประกอบด้วยออกซิเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไนโตรเจนและพันธะ π ของเบนซีนช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการดูดซับของ ACS ในยากำจัดศัตรูพืช 11 ชนิด

Lekha Sharma และคณะ [37] ได้ประดิษฐ์ไมโครสเฟียร์ของแมกนีเซียมออกไซด์ (Hr-MgO) โดยใช้วิธีการตกตะกอนแบบง่าย ตามด้วยการเผา Hr-MgO ทำการทดลองกับยากำจัดศัตรูพืชประเภทออร์กาโนฟอสเฟตชนิดคลอร์ไพริฟอส (CPF) เพื่อหาความสามารถในการดูดซับของ Hr-MgO ที่ประดิษฐ์ขึ้น จากการทดลองพบว่า Hr-MgO มีความสามารถในการดูดซับสูงสุด $4x10^3$ มิลลิกรัมต่อกรัม โดยใช้จำลองแบบ Langmuir isotherm นอกจากนี้ยังพบการไฮดรอกซิเลชันบนพื้นผิวของ Hr-MgO ซึ่งเป็นการดูดซับแบบทำลาย ที่เกิดขึ้นจากการการแตกพันธะ S=P และ Cl-C

S. Kay Obendorf และคณะ [38] ได้ศึกษาความสามารถของแป้งในป้องกันยากำจัดศัตรูพืชชนิดเมทิลพาราไธออน (MeP) บนผ้าฝ้าย 65% และโพลีเอสเตอร์ 35% ปัจจัยที่ทำการทดลองคือความทนทานในการเคลือบแป้ง จากการทดลองพบว่า แป้งยังคงมีประสิทธิภาพในการช่วยลดการซึมผ่านของยากำจัดศัตรูพืชเมื่อมีการสัมผัสหรือเสียดสีผ้า ดังนั้น แป้งสามารถป้องกันยากำจัดศัตรูพืชได้ถึงแม้จะมีการเสียดสีที่ผ้าเกิดขึ้น

Roghaye Behnam และคณะ [39] ได้ศึกษาเกี่ยวกับการทำลายยากำจัดศัตรูพืชชนิดไดอะซินอนโดยนาโนพาร์- ทิเคิลชนิดอะลูมิเนียมออกไซด์และแมกนีเซียมออกไซด์ โดยมีปัจจัยที่ศึกษาคือปริมาณของยากำจัดศัตรูพืชตั้งต้น ประเภท พื้นผิวและปริมาณของนาโนพาร์ทิเคิล จากผลการทดลองพบว่าไดอะซินอนถูกออกซิเดชันเป็น 2-isopropyl-6-methyl-4-pyrimidinol ซึ่งมีความเป็นพิษน้อยกว่าไดอะซินอน ที่ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม

Mohammed Abdennouri และคณะ [40] ได้ศึกษาเกี่ยวกับการสังเคราะห์ไททาเนียมออกไซด์ ด้วยวิธีโซลเจล ทำการทดลองโดยใช้ดินที่มีไททาเนียมเป็นองค์ประกอบ ทำการทดลองกับยากำจัดศัตรูพืชชนิด 2,4-dichlorophenoxyacetic (2,4-D) และ 2,4-dichlorophenoxypropionic acid (2,4-DP) ด้วยวิธีเทคนิคเอกซเรย์ดิฟแฟรกชัน กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน และสเปกโทรสโกปีแบบกระจายพลังงาน จากผลการทดลองพบว่ายากำจัดศัตรูพืชมีปริมาณลดลงเมื่อปริมาณ ไททาเนียมเพิ่มขึ้น

Vida Heydary และคณะ [41] ได้ศึกษาเกี่ยวกับความสามารถของแมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) ในการช่วยลดจำนวนเซลล์เม็ดเลือดขาวของมนุษย์ที่ตายจากการได้รับสารคลอร์ไพริฟอส (CPF) ทำการทดลองโดยนำเม็ดเลือดขาวทำปฏิกิริยากับ CPF และ MgO โดยมีปัจจัยที่ศึกษาคือความเข้มข้นของ MgO จากการทดลองพบว่า MgO สามารถลดจำนวนเซลล์เม็ดเลือดขาวที่ตายได้ และ MgO ที่ความเข้มข้น 100 µg/ml สามารถลดจำนวนเซลล์เม็ดเลือดขาวที่ตายได้ดีที่สุด

Xinle Zhu และคณะ [42] ได้ศึกษาเกี่ยวกับปฏิกิริยาโฟโตไลซิสของไททาเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) ของยากำจัดศัตรูพืชชนิดไพริดาเบน โดยมีปัจจัยที่ศึกษาคือ ความยาวคลื่นแสง ค่าพีเอช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณของ TiO_2 จากการทดลองทำให้ได้ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่ทำให้ไพริดาเบนเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันและมีความเป็นพิษน้อยลง

Noureddine Barka และคณะ [43] และคณะได้ศึกษาเกี่ยวกับปฏิกิริยาโฟโตไลซิสด้วยไททาเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) ของยากำจัดศัตรูพืชชนิดโรดามีน (RhB) โดยมีปัจจัยที่ศึกษาคือ อุณหภูมิ ชนิดของไอออนในน้ำ จากการทดลองพบว่าปฏิกิริยาโฟโตไลซิสของ RhB สามารถเกิดได้เร็วขึ้น เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นหรือมี SO_4^{2-} อยู่ในน้ำ

Napaporn Chancharoenlap [44] ได้ศึกษาเกี่ยวกับการย่อยสลายสารกำจัดวัชพืชไอโซโพรทูรอนซึ่งจัดเป็นสารกำจัดวัชพืชในกลุ่มฟีนิลยูเรียที่ปนเปื้อนในแหล่งน้ำด้วยแสงยูวี ได้ถูกศึกษาโดยใช้ทั้งไททาเนียมไดออกไซด์และซิงค์ออกไซด์ที่มีในท้องตลาดและซิงค์ออกไซด์สังเคราะห์ด้วยวิธีโซลเจลเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ในกระบวนการการย่อยสลายทำการศึกษาการย่อยสลายไอโซโพรทูรอนที่ความเข้มข้น 10 ppm ภายใต้แสงจากหลอดไฟ UV-A 6 หลอดในเครื่องปฏิกรณ์แบบกะ โดยเก็บสารละลายตัวอย่างขึ้นมาเป็นระยะๆ เพื่อวัดความเข้มข้นของสารละลายไอโซโพรทูรอนที่เปลี่ยนแปลงด้วยเครื่องโครมาโทกราฟีชนิดของเหลว ทั้งยังศึกษาการลดลงของปริมาณคาร์บอนอินทรีย์รวมซึ่งเป็นผลของการย่อยสลายไอโซโพรทูรอน นอกจากนี้การระบุสารตัวกลางที่เกิดขึ้นในระบบถูกวิเคราะห์ด้วยเครื่องโครมาโทกราฟี ชนิดของเหลวและแมสสเปกโตรมิเตอร์ การศึกษาไอโซเทอร์มของการดูดซับเพื่ออธิบายการดูดซับของสารไอโซโพรทูรอนบนพื้นผิวของตัวเร่งปฏิกิริยา พบว่า พฤติกรรมการดูดซับของสารไอโซโพรทูรอนบนไททาเนียมไดออกไซด์และซิงค์ออกไซด์แตกต่างกัน เมื่อเปรียบเทียบไททาเนียมไดออกไซด์และซิงค์ออกไซด์ที่มีในท้องตลาด ประสิทธิภาพในการย่อยสลายของซิงค์ออกไซด์ที่มีในท้องตลาดมีค่ามากกว่าไททาเนียมไดออกไซด์ที่มีในท้องตลาด แม้ว่าซิงค์ออกไซด์ที่มีในท้องตลาดมีพื้นที่ผิวที่ต่ำกว่ามาก ขณะที่ความแตกต่างของประสิทธิภาพการย่อยสลายของซิงค์ออกไซด์ที่มีในท้องตลาดและสังเคราะห์ขึ้นมีความแตกต่างอาจเป็นผลมาจากการดูดซับของไอโซโพรทูรอนบนตัวเร่งปฏิกิริยาที่ต่างกันเนื่องมาจากการจัดเรียงตัวของ Zn^+ กับ O^- ที่พื้นผิวของตัวเร่งปฏิกิริยาทั้งสองต่างกัน นอกจากนี้สารตัวกลางที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยา เมื่อใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่แตกต่างกันและมีค่า pH ต่างๆของสารละลายพบว่าให้สารตัวกลางที่แตกต่างกัน

Pusit Pookmanee และคณะ [45] ได้ศึกษาเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาโฟโตแคตาไลติกส์ของผงบิสมัธวานาเดต ซึ่งถูกเตรียมโดยใช้ไมโครเวฟเพื่อการสลายตัวของสารกำจัดแมลงเมทโธมิลจากแหล่งน้ำธรรมชาติ ทำการทดลองโดยการเตรียมผงบิสมัธวานาเดต โดยวิธีไมโครเวฟ ที่กำลังไฟฟ้า 600 วัตต์ เป็นเวลา 2 และ 6 นาที สารตั้งต้นที่ใช้คือ บิสมัทไนเทรต เพนตะไฮเดรต แอมโมเนียมวานาเดต และโพรพา-นอล ได้ผงละเอียดสีเหลือง และทำการอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง การตรวจสอบโครงสร้างของผงบิสมัทวานาเดตโดยเครื่องเอ็กซเรย์ดิฟแฟรกโตมิเตอร์ พบว่า มีโครงสร้างผสมระหว่างโครงสร้างแบบโมโนคลินิกและเตตระโกนอล การตรวจสอบลักษณะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทางสัณฐานวิทยาโดยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พบว่า มีรูปร่างอนุภาคที่ไม่แน่นอน และมีขนาดอนุภาคอยู่ในช่วง 0.1-0.3 ไมโครเมตร การศึกษาหาองค์ประกอบทางเคมีโดยเครื่องวัดการกระจายพลังงานสเปกโทรมิเตอร์ พบว่า ประกอบด้วยธาตุบิสมัท ธาตุวานาเดียม และธาตุออกซิเจนตามลำดับ ทำการตรวจสอบหมู่ฟังก์ชันของผงบิสมัธวานาเดตโดยเครื่องฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรมิเตอร์ พบว่า มีหมู่ฟังก์ชันของ Bi-O และ VO_4^{3-} การตรวจสอบการสลายตัวเมทโธมิลโดยผงบิสมัธวานาเดตที่เตรียมโดยใช้ไมโครเวฟ โดยเครื่องโครมาโทกราฟของเหลวสมรรถนะสูง พบว่า ผงบิสมัธวานาเดต ที่กำลังไฟฟ้า 600 วัตต์ เวลา 2 นาที ปริมาณ 0.1 กรัม มีประสิทธิภาพในการทำให้เมทโธมิลเกิดการสลายตัวได้สูงที่สุด

Muhammad Nurdin และคณะ [46] ได้ศึกษาเกี่ยวกับปฏิกิริยาโฟโตไลซิสของไททาเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) และยากำจัดวัชพืชชนิด 2,4-dichlorophenoxyacetic acid (2,4D) โดยมีปัจจัยที่ศึกษาคือ แสงยูวี ทำการทดลองโดยวิธีเทคนิคเอกซเรย์ดิฟแฟรกชัน กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดและเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง เพื่อดูความแตกต่างของโครงสร้างโมเลกุลของยากำจัดศัตรูพืชที่ถูกตรึงไว้บน TiO_2 เมื่อมีแสงยูวีและเมื่อไม่มีแสงยูวี จากผลการทดลองพบว่า เมื่อมีแสงยูวี ยากำจัดศัตรูพืชจะสลายตัวได้ถึง 75% และเมื่อไม่มีแสงยูวียากำจัดศัตรูพืชจะสลายตัวเพียง 45%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
ขั้นตอนการทดลอง

3.1 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

1. ยากำจัดศัตรูพืช
   - พาราควอต (Paraquat) ความเข้มข้น 40% น้ำหนักต่อปริมาตร
   - คลอร์ไพริฟอส (Chlorpyrifos) 27% น้ำหนักต่อปริมาตร
   - ไกลโฟเสต (Glyphosate) ความเข้มข้น 48% น้ำหนักต่อปริมาตร
2. สารละลายแป้งที่ความเข้มข้น 40 กรัมต่อลิตร
   - สารละลายแป้งข้าวโพด
   - สารละลายแป้งข้าวเจ้า
   - สารละลายแป้งข้าวเหนียว
3. แมกนีเซียมออกไซด์ (Magnesium oxide : MgO)
4. ไททาเนียมไดออกไซด์ (Titanium dioxide : TiO_2)
5. เฟสเคลื่อนที่ (Mobile phase)
   - อะซีโตไนไตรล์ (Acetonitrile)
   - กรดฟอสฟอริก (Phosphoric acid)
   - เมทิลแอลกอฮอล์ (Methyl alcohol)
   - โปแตสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (Potassium dihydrogen phosphate)

3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1. ผ้าฝ้าย (Cotton) ขนาด 3x3 เซนติเมตร จำนวน 100 ชิ้น
2. ผ้าฝ้าย (Cotton) 35% และโพลีเอสเตอร์ (Polyester) 65% ขนาด 9 ตารางเซนติเมตร
3. แผ่นซิลิโคน (Silicone elastomer membrane) ขนาด 9 ตารางเซนติเมตร
4. แผ่นเพล็กซิกลาส (Plexiglass) ขนาด 3x3 เซนติเมตร
5. ขวดแก้วใส่เก็บตัวอย่าง ปริมาตร 10 มิลลิลิตร
6. บีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 50 100 และ 200 มิลลิลิตร
7. ปิเปต (Pipette) ขนาด 10 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. ไมโครปิเปตต์ (Micropipette) ขนาด 100 ไมโครลิตร
9. เครื่องกวนผสม (Stirrer) และแท่งแม่เหล็กคนสาร (Magnetic stirrer)
10. แท่งแก้วคนสาร
11. ยูนิเวอร์แซลอินดิเคเตอร์ (Universal indicator)
12. เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอล
13. หลอดฉีดยา (Syringe) และหัวกรอง (Syringe filter) ขนาด 0.45 ไมครอน
14. คอลัมน์คอสโมติก C18 ขนาด 250x4.6 มิลลิเมตร
15. เครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (High performance liquid chromatography)

3.3 ขั้นตอนการทดลอง

3.3.1 การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการเคลือบผ้าของแป้งแต่ละชนิด

1. เตรียมสารละลายโพลีเมอร์โดยการเตรียมสารละลายแป้งข้าวโพด แป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวเหนียว ที่ความเข้มเข้น 40 กรัมต่อลิตร ในน้ำกลั่น ตามลำดับ โดยใช้เครื่องปั่นกวนสารและแท่งแม่เหล็ก สำหรับทั้ง 3 บีกเกอร์ที่ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จับเวลา 60 วินาที

2. เตรียมผ้าเคลือบโดยการนำผ้าฝ้าย 35% และโพลีเอสเตอร์ 65% ลงไปชุบในสารละลายแป้งแต่ละชนิด ทำเหมือนในทั้งหมด 3 ตัวอย่าง

3. เตรียมผ้าแห้งโดยการรีดน้ำออกจากผ้าในข้อ 3 แล้วนำผ้าไปตากที่อุณหภูมิห้องและทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง

4. เตรียมผ้าที่ปนเปื้อนโดยการวางผ้าจากข้อ 3 ไว้บนซิลิโคนขนาด 3x3 เซนติเมตร จากนั้นใช้ไมโครปิเปตหยดยากำจัดศัตรูพืชชนิดที่ 1 ด้วยปริมาตร 40 ไมโครลิตรแบบ 3 หลัก 3 แถว ด้วยระยะห่างจากขอบผ้า 0.5 เซนติเมตร โดยให้ปิเปตสูงจากผ้า 1 เซนติเมตร ทิ้งไว้ 10 นาที

5. เตรียมชั้นที่แทนด้วยผิวหนังโดยการนำซิลิโคนขนาด 3x3 เซนติเมตร มาประกบผ้าอีกชั้นรวมเป็น 3 ชั้นจากนั้นทิ้งไว้ 2 นาที

6. เตรียมสารละลายที่จะวิเคราะห์โดยการนำซิลิโคนและผ้าทั้ง 3 ชั้นมาแช่ในน้ำเกรด HPLC ปริมาตร 100 มิลลิลิตร 3 บีกเกอร์ ทำเหมือนกันทั้งหมดในทุกตัวอย่าง จากนั้นนำไปเข้าเครื่องปั่นกวน (Agitator) ที่ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที ทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง

7. ทำการหาความเข้มข้นของสารละลายโดยการนำตัวอย่างจากข้อ 7 ไปวัดความเข้มข้นด้วยเครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (High performance liquid chromatography)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้วยคอลัมน์ C18 คอสโมซิล ที่อัตราการไหล 0.1 มิลลิลิตรต่อวินาที อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส ความยาวคลื่น 258 นาโนเมตร โดยใช้อะซิโตไนไตร์ล (Acetonitrile) และน้ำเกรด HPLC ในอัตราส่วน 65 ต่อ 35 โดยปริมาตร และทำการปรับพีเอชด้วยกรดฟอสฟอริก (Phosphoric acid) ให้พีเอชเป็น 5 บันทึกผลการทดลอง

8. ทำการหาความเข้มข้นยากำจัดศัตรูพืชชนิดอื่นที่ตกค้างโดยการทำการทดลองตามข้อ 1-8 แต่เปลี่ยนชนิดของยากำจัดศัตรูพืชเป็น พาราควอต (Paraquat) และไกลโฟเสต (Glyphosate) ตามลำดับ

9. ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการป้องกันในแป้งแต่ละชนิดและนำแป้งที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดไปใช้ในการศึกษาปัจจัยถัดไปโดยการเติมสารเติมแต่งดังนี้

- แมกนีเซียมออกไซด์ 40 กรัมต่อลิตร
- ไททาเนียมไดออกไซด์ 40 กรัมต่อลิตร
- แมกนีเซียมออกไซด์ 20 กรัมต่อลิตร และไททาเนียมไดออกไซด์ 20 กรัมต่อลิตร

3.3.2 การวิเคราะห์ปริมาณยากำจัดศัตรูพืชในผ้าที่ผ่านการซัก

1. การวิเคราะห์ปริมาณยากำจัดศัตรูพืชในผ้าที่ผ่านการซักโดยการนำผ้าที่ถูกเคลือบจากหัวข้อ 3.4.1 มาเติมสารทำความสะอาด ด้วยความเข้มข้นของสารทำความสะอาด 15 กรัมต่อลิตร โดยใช้เครื่องปั่นกวนสารและแท่งแม่เหล็กที่ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที อุณหภูมิห้อง จับเวลา 60 วินาที

2. ทำการหาความเข้มข้นของยากำจัดศัตรูพืชในข้อ 1 ด้วยเครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (High performance liquid chromatography)

3.3.3 การวิเคราะห์ลักษณะสมบัติทางกายภาพของตัวเคลือบผ้า

เครื่องทดสอบค่าการซึมผ่านของอากาศ (Air permeability tester) ใช้วิเคราะห์ปริมาณอากาศที่สามารถผ่านผ้าที่ทำการเคลือบและไม่ได้ทำการเคลือบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและอภิปราย

ในบทนี้จะอธิบายถึงงานวิจัยที่ได้ทำการศึกษาและทดลองตามขั้นตอนที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 ซึ่งแสดงผลการทดลองและการอภิปรายผลการทดลองได้ดังนี้

4.1 การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการป้องกันยากำจัดศัตรูพืชของสารดูดซับประเภทแป้งในแต่ละชนิด โดยใช้ป้องกันยากำจัดศัตรูพืชชนิดไกลโฟเสต

การศึกษาความสามารถในการดูดซับยากำจัดศัตรูพืชบนตัวดูดซับ เป็นเวลา 2 นาที โดยการใช้ตัวดูดซับแตกต่างกันประกอบด้วย แป้งข้าวโพด แป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวเหนียว ทำการทดลองที่อุณหภูมิห้องที่ความเข้มข้นชนิดละ 40 กรัมต่อลิตร ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.1 พบว่าแป้งข้าวโพด มีความสามารถในการป้องกันยากำจัดศัตรูพืชชนิดไกลโฟเสตสูงที่สุด ซึ่งมีความสามารถในการป้องกัน 33% (ความสามารถในการป้องกันคือ ร้อยละของปริมาณยากำจัดศัตรูพืชที่ไม่ซึมผ่านไปยังชั้นผิวหนัง ต่อปริมาณยากำจัดศัตรูพืชตั้งต้น) เนื่องจากคุณสมบัติการดูดซับของสารดูดซับด้วยการดูดซับแบบกายภาพ แรงดึงดูดของสารดูดซับกับสารถูกดูดซับเป็นแรงแวนเดอร์วาลส์ซางเป็นแรงดึงดูดอย่างอ่อนๆ ซึ่งเกิดการดูดซับขึ้นหลายชั้น นอกจากนี้แป้งข้าวโพดยังมีองค์ประกอบของอะไมโล-เพคตินถึง 99% ซึ่งละลายน้ำได้ดีกว่าอะไมโลส มีความข้นหนืดมากและใส ไม่จับตัวเป็นวุ้นและแผ่นแข็งเมื่ออุณหภูมิลดลง ดังนั้น ในงานวิจัยนี้จึงเลือกตัวดูดซับชนิดแป้งข้าวโพดที่ความเข้มข้น 40 กรัมต่อลิตร ในการป้องกันยากำจัดศัตรูพืช เพื่อใช้ในการศึกษาหัวข้อถัดไป (โครมาโทแกรมภาคผนวก ง.1)

ตารางที่ 4.1 ปริมาณยากำจัดศัตรูพืชที่ซึมผ่านมาชั้นผิวหนัง บนผ้าที่ถูกเคลือบด้วยแป้งแต่ละชนิดโดยใช้ปริมาณไกลโฟเสตตั้งต้น 172 มิลลิกรัม ต่อพื้นที่ 9 ตารางเซนติเมตร

ประเภทของแป้ง	ปริมาณยากำจัดศัตรูพืชที่เหลือ (mg)	ความสามารถในการป้องกัน (%)
แป้งข้าวโพด	115	33
แป้งข้าวเจ้า	120	30
แป้งข้าวเหนียว	135	22
ผ้าที่ไม่ได้ถูกเคลือบ	142	17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการป้องกันยากำจัดศัตรูพืชในชั้นผิวหนังของสารดูดซับที่มีและไม่มีสารเติมแต่ง โดยใช้ปริมาณของยากำจัดศัตรูพืชตั้งต้นที่มากที่สุด

4.2.1 การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการป้องกันยากำจัดศัตรูพืชชนิดพาราควอต

การศึกษาความสามารถในการป้องกันพาราควอต ที่ความเข้มข้นที่มากที่สุดของบรรจุภัณฑ์ คือ 48% โดยน้ำหนักต่อปริมาตร เป็นเวลา 2 นาที ทำการทดลองที่อุณหภูมิห้อง โดยการใช้ตัวดูดซับที่มีส่วนผสมที่แตกต่างกันประกอบไปด้วยแมกนีเซียมออกไซด์ ไททาเนียมไดออกไซด์ และแป้งข้าวโพด จากการทดลองพบว่า ผ้าที่ถูกเคลือบด้วยแป้งข้าวโพดที่มีการเติมแมกนีเซียมออกไซด์และไททาเนียมไดออกไซด์ มีผลให้พาราควอตที่ถูกดูดซับลงในเนื้อผ้ามีการสลายตัวเนื่องจากพบการออกซิไดซ์พาราควอต กลายเป็น QINA ซึ่ง QINA เป็นสารที่ไม่มีความเป็นพิษ สามารถยืนยันการเกิดออกซิไดซ์ได้จากโครมาโทรแกรมในภาคผนวก ง.2 - ง.5 ในโครมาโทร แกรมจะพบว่า มีพีคเกิดขึ้นนอกเหนือจากพีคของพาราควอต ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.2 พบว่าสารผสมที่ประกอบไปด้วยแป้งข้าวโพดที่ความเข้มข้น 40 กรัมต่อลิตร และแมกนีเซียมออกไซด์ที่ความเข้มข้น 40 กรัมต่อลิตร มีความสามารถในการป้องกันยากำจัดศัตรูพืชชนิดพาราควอตที่ความเข้มข้นสูงที่สุดมากถึง 85% เนื่องจากแมกนีเซียมออกไซด์สามารถทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาได้ที่ความยาวคลื่นของแสงขาวโดยไม่จำเป็นต้องมีแสงยูวีมากระตุ้นเหมือนไททาเนียมไดออกไซด์

ตารางที่ 4.2 ปริมาณพาราควอตซึมผ่านมาชั้นผิวหนังของผ้าที่ถูกเคลือบด้วยแป้งและอนุภาคแต่ละชนิด โดยใช้ปริมาณพาราควอตตั้งต้น 144 มิลลิกรัม ต่อพื้นที่ 9 ตารางเซนติเมตร (โครมาโทแกรมภาคผนวก ง.2 – ง.5)

ชนิดของสารเคลือบ	ปริมาณที่เหลือในชั้นผิวหนัง (mg)	ความสามารถในการป้องกัน (%)
แป้งข้าวโพด 4% MgO 4%	22	85
แป้งข้าวโพด 4% TiO_2 4%	42	71
แป้งข้าวโพด 4% MgO 2% TiO_2 2%	29	79
ผ้าที่ไม่ได้ถูกเคลือบ	49	66

4.2.2 การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการป้องกันยากำจัดศัตรูพืชชนิดคลอร์ไพริฟอส

การศึกษาความสามารถในการป้องกันโดยการใช้วิธีการดูดซับ โดยทำการทดลองกับยากำจัดศัตรูพืชชนิดคลอร์ไพริฟอส ที่ความเข้มข้นที่มากที่สุดของบรรจุภัณฑ์ คือ 27% โดยน้ำหนักต่อปริมาตร เป็นเวลา 2 นาที ทำการทดลองที่อุณหภูมิห้อง โดยการใช้ตัวดูดซับแตกต่างกันประกอบด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แมกนีเซียมออกไซด์ ไททาเนียมไดออกไซด์ แป้งข้าวโพด จากการทดลองพบว่า ผ้าที่ถูกเคลือบด้วยอนุภาคแมกนีเซียมออกไซด์ส่งผลให้ยากำจัดศัตรูพืชถูกดูดซับลงในเนื้อผ้าโดยสลายตัวเนื่องจากพบการเกิดออกซิไดซ์จากคลอร์ไพริฟอสกลายเป็น TCPy ซึ่ง TCPy เป็นสารที่ไม่มีความเป็นพิษ สามารถยืนยันการเกิดออกซิไดซ์ได้จากโครมาโทรแกรมในภาคผนวก ง.8 - ง.11 ในโครมาโทรแกรมจะพบว่ามีพีคเกิดขึ้นนอกเหนือจากพีคของคลอร์ไพริฟอส ผลการทดลองดังตารางที่ 4.3 พบว่าอนุภาคแมกนีเซียมออกไซด์ที่ความเข้มข้น 40 กรัมต่อลิตร และแป้งข้าวโพดที่ความเข้มข้น 40 กรัมต่อลิตร มีความสามารถในการป้องกันยากำจัดศัตรูพืชชนิดคลอร์ไพริฟอสสูงที่สุด ซึ่งมีความสามารถในการป้องกันถึง 99% เนื่องจากแมกนีเซียมออกไซด์มีคุณสมบัติความเป็นตัวออกซิเดไดซ์ที่รุนแรง

ตารางที่ 4.3 ปริมาณคลอร์ไพริฟอส ซึมผ่านมาชั้นผิวหนังของผ้าที่ถูกเคลือบด้วยแป้งและอนุภาคแต่ละชนิด โดยใช้ปริมาณคลอร์ไพริฟอสตั้งต้น 97.2 มิลลิกรัม ต่อพื้นที่ 9 ตารางเซนติเมตร (โครมาโทแกรม ภาคผนวก ง.8 - ง.11)

ชนิดของสารเคลือบ	ปริมาณที่เหลือในชั้นผิวหนัง (mg)x10^{-1}	ความสามารถในการป้องกัน (%)
แป้งข้าวโพด 4% MgO 4%	8	99
แป้งข้าวโพด 4% TiO_2 4%	44	95
แป้งข้าวโพด 4% MgO 2% TiO_2 2%	222	77
ผ้าที่ไม่ได้ถูกเคลือบ	349	64

4.2.3 การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการป้องกันยากำจัดศัตรูพืชชนิดไกลโฟเสต

การศึกษาความสามารถในการป้องกันโดยการใช้วิธีการดูดซับ ทำการทดลองกับยากำจัดศัตรูพืชชนิดไกลโฟเสตความเข้มข้นที่มากที่สุดของบรรจุภัณฑ์ คือ 48% โดยน้ำหนักต่อปริมาตร เป็นเวลา 2 นาที ทำการทดลองที่อุณหภูมิห้อง โดยการใช้ตัวดูดซับแตกต่างกันประกอบด้วย แมกนีเซียมออกไซด์ ไททาเนียมไดออกไซด์ แป้งข้าวโพด จากการทดลองพบว่า ผ้าที่ถูกเคลือบด้วยอนุภาคแมกนีเซียมออกไซด์ และไททาเนียมไดออกไซด์ ส่งผลให้ยากำจัดศัตรูพืชถูกดูดซับลงในเนื้อผ้าโดยสลายตัวเนื่องจากพบการเกิดออกซิเดชันจากไกลโฟเสต เป็น AMPA ซึ่ง AMPA เป็นสารที่ไม่มีความเป็นพิษ ซึ่งยืนยันการเกิดออกซิไดซ์ได้จากโครมาโทรแกรมในภาคผนวก ง.2 - ง.5 ในโครมาโทรแกรมจะพบว่ามีพีคเกิดขึ้นนอกเหนือจากพีคของไกลโฟเสต ผลการทดลองดังตารางที่ 4.4 พบว่าอนุภาคแมกนีเซียมออกไซด์ที่ความเข้มข้น 40 กรัมต่อลิตร และแป้งข้าวโพดที่ความเข้มข้น 40 กรัมต่อลิตร มีความสามารถในการป้องกันยากำจัดศัตรูพืชชนิดไกลโฟเสตสูงที่สุด ซึ่งมีความสามารถในการป้องกันถึง 77% เนื่องจากคุณสมบัติการออกซิเดไดซ์รุนแรงของแมกนีเซียมออกไซด์ ดังนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในงานวิจัยนี้จึงเลือกอนุภาคแมกนีเซียมออกไซด์ที่ความเข้มข้น 40 กรัมต่อลิตร และแป้งข้าวโพดที่ความเข้มข้น 40 กรัมต่อลิตร ในการป้องกันยากำจัดศัตรูพืชเพื่อใช้ในการศึกษาหัวข้อถัดไป

ตารางที่ 4.4 ปริมาณไกลโฟเสต ซึมผ่านมาชั้นผิวหนัง บนผ้าที่ถูกเคลือบด้วยแป้งและอนุภาค แต่ละชนิด โดยใช้ปริมาณไกลโฟเสตตั้งต้น 172 มิลลิกรัม ต่อพื้นที่ 9 ตารางเซนติเมตร (โครมาโทแกรมภาคผนวก ง.14 - ง.17)

ชนิดของสารเคลือบ	ปริมาณที่เหลือในชั้นผิวหนัง (mg)	ความสามารถในการป้องกัน (%)
แป้งข้าวโพด 4% MgO 4%	39	77
แป้งข้าวโพด 4% TiO_2 4%	48	72
แป้งข้าวโพด 4% MgO 2% TiO_2 2%	121	30
ผ้าที่ไม่ได้ถูกเคลือบ	143	17

4.3 การศึกษาเปรียบเทียบศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการป้องกันยากำจัดศัตรูพืชในชั้นผิวหนังของสารดูดซับประเภทแป้งข้าวโพดและอนุภาคชนิดแมกนีเซียมออกไซด์ในปริมาณตั้งต้นของยากำจัดศัตรูพืชที่แตกต่างกัน

4.3.1 การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการป้องกันยากำจัดศัตรูพืชชนิดพาราควอต

การศึกษาความสามารถในการป้องกันโดยการใช้วิธีการดูดซับ ทำการทดลองกับยากำจัดศัตรูพืชชนิดพาราควอต ที่ปริมาณตัวดูดซับแป้งข้าวโพดและแมกนีเซียมออกไซด์ที่ความเข้มข้นชนิดละ 40 กรัมต่อลิตร เวลาการดูดซับ 2 นาที ทำการทดลองที่อุณหภูมิห้อง โดยการใช้ปริมาณพารา-ควอตตั้งต้นที่แตกต่างกันคือ 144 72 และ 3.6 มิลลิกรัม (ซึ่ง 3.6 มิลลิกรัม เป็นค่าที่ได้จากการคำนวณความเข้มเข้นที่เกษตรกรใช้ในการทำการเกษตรต่อปริมาตรที่หยดลงบนผ้า) ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.5 พบว่า เมื่อปริมาณตั้งต้นของพาราควอตลดลง ความสามารถในการดูดซับของตัวดูดซับแป้งข้าวโพดและแมกนีเซียมออกไซด์จะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนถึงจุดที่มากที่สุดคือมีความสามารถในการป้องกัน 100%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ปริมาณพาราควอตในชั้นผิวหนังของผ้าที่ถูกเคลือบด้วยแป้งข้าวโพดและแมกนีเซียมออกไซด์ที่ความเข้มข้น 40 กรัมต่อลิตร ในปริมาณพาราควอตตั้งต้นที่แตกต่างกัน ต่อพื้นที่ 9 ตารางเซนติเมตร (โครมาโทแกรม ภาคผนวก ง.2 ง.6 และ ง.7)

ปริมาณตั้งต้นของพาราควอต (mg)	ปริมาณที่เหลือในชั้นผิวหนัง (mg)	ความสามารถในการป้องกัน (%)
144	22	85
72	0	100
3.6	0	100

4.3.2 การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการป้องกันยากำจัดศัตรูพืชชนิดคลอร์ไพริฟอส

การศึกษาความสามารถในการป้องกันยากำจัดศัตรูพืชชนิดคลอร์ไพริฟอส โดยทำการทดลองที่ปริมาณตัวดูดซับแป้งข้าวโพดและแมกนีเซียมออกไซด์ที่ความเข้มข้นชนิดละ 40 กรัมต่อลิตร เวลาการดูดซับ 2 นาที ทำการทดลองที่อุณหภูมิห้อง โดยใช้ปริมาณคลอร์ไพริฟอสตั้งต้นที่แตกต่างกัน คือ 97.2 72 และ 3.6 มิลลิกรัม ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.6 พบว่า ความสามารถในการดูดซับคลอไพริฟอสของตัวดูดซับแป้งข้าวโพดและแมกนีเซียมออกไซด์ค่อนข้างสูงมาก จึงสรุปได้ว่าตัวดูดซับแป้งข้าวโพดและแมกนีเซียมออกไซด์สามารถป้องกันคลอร์ไพริฟอสได้เกือบ 100%

ตารางที่ 4.6 ปริมาณคลอร์ไพริฟอสในชั้นผิวหนัง ของผ้าที่เคลือบด้วยแป้งข้าวโพดและแมกนีเซียมออกไซด์ที่ความเข้มข้น 40 กรัมต่อลิตร ในปริมาณคลอร์ไพริฟอส ตั้งต้นที่แตกต่างกันต่อพื้นที่ 9 ตารางเซนติเมตร (โครมาโทแกรม ภาคผนวก ง.8 ง.12 และ ง.13)

ปริมาณตั้งต้นของพาราควอต (mg)	ปริมาณที่เหลือในชั้นผิวหนัง $(mg)\times10^{-1}$	ความสามารถในการป้องกัน (%)
97.2	8	99
72	0	100
3.6	0	100

4.3.3 การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการป้องกันยากำจัดศัตรูพืชชนิดไกลโฟเสต

การศึกษาความสามารถในการป้องกันโดยการใช้วิธีการดูดซับ ทำการทดลองกับยากำจัดศัตรูพืชชนิดไกลโฟเสต ที่ปริมาณตัวดูดซับแป้งข้าวโพด และแมกนีเซียมออกไซด์ที่ความเข้มข้นชนิดละ 40 กรัมต่อลิตร เวลาการดูดซับ 2 นาที โดยการใช้ปริมาณไกลโฟเสตตั้งต้นที่แตกต่างกันคือ 172 72 และ 3.6 มิลลิกรัม ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.7 พบว่า เมื่อปริมาณตั้งต้นของไกลโฟเสตล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดลง ความสามารถในการดูดซับของตัวดูดซับแป้งข้าวโพดและแมกนีเซียมออกไซด์จะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนถึงจุดที่มากที่สุดคือมีความสามารถในการป้องกัน 100% ดังนั้น ผ้าที่ถูกเคลือบด้วยแป้งข้าวโพดและแมกนีเซียมออกไซด์ที่ความเข้มข้น 40 กรัมต่อลิตร สามารถป้องกันยากำจัดศัตรูพืชที่ความเข้มข้นทั่วไปที่ใช้ในการเกษตรกรรม

ตารางที่ 4.7 ปริมาณไกลโฟเสตในชั้นผิวหนัง ของผ้าที่ถูกเคลือบด้วยแป้งข้าวโพดและแมกนีเซียมออกไซด์ที่ความเข้มข้น 40 กรัมต่อลิตร ในปริมาณไกลโฟเสต ตั้งต้นที่แตกต่างกัน ต่อพื้นที่ 9 ตารางเซนติเมตร (โครมาโทแกรม ภาคผนวก ง.14 ง.18 และ ง.19)

ปริมาณตั้งต้นของไกลโฟเสต (mg)	ปริมาณที่เหลือในชั้นผิวหนัง $(mg)\times10^{-2}$	ความสามารถในการป้องกัน (%)
172	3933	77
72	8	99
3.6	5.6	99

4.4 การศึกษาผลของปริมาณยากำจัดศัตรูพืชตั้งต้นและหาความสามารถในการดูดซับยากำจัดศัตรูพืชที่ติดอยู่ในชั้นของผ้า

จากการศึกษาสมการการดูดซับไกลโฟเสตด้วยตัวดูดซับแป้งข้าวโพดและแมกนีเซียมออกไซด์ที่ความเข้มข้นชนิดละ 40 กรัมต่อ จากตารางที่ 4.8 แสดงพารามิเตอร์ต่างๆ ที่คำนวณได้จากสมการ Langmuir และ Freundlich ลิตร พบว่า สมการดูดซับแบบ Freundlich มีค่า R^2 เท่ากับ 0.9662 ซึ่งมากกว่าสมการดูดซับแบบ Langmuir จึงแสดงให้เห็นว่า การดูดซับไกลโฟเสตของตัวดูดซับแป้งข้าวโพดและแมกนีเซียมออกไซด์ สามารถอธิบายได้ด้วยสมการ Freundlich ซึ่งเป็นการดูดซับแบบหลายชั้น (Multilayer adsorption) โมเลกุลหรืออะตอมของตัวดูดซับจะถูกดูดซับไว้ ณ ตำแหน่งที่ไม่แน่นอนและพลังงานของการดูดซับมีค่าไม่คงที่ตลอดทั้งพื้นผิว (Heterogeneous surface) พบว่าค่า 1/n มีค่าน้อยกว่า 1 จึงแสดงให้เห็นว่าปริมาณพื้นผิวบนตัวดูดซับมีปริมาณจำกัดที่จะใช้ในการดูดซับ นอกจากนี้ ค่า q_m ยังบ่งบอกถึง ค่าความสามารถในการดูดซับ ณ จุดสมดุล ซึ่งมีค่าอยู่ที่ประมาณ 3×10^5 มิลลิกรัมต่อกรัมของตัวดูดซับ

จากการศึกษาสมการการดูดซับไกลโฟเสตด้วยของผ้าที่ไม่ได้ถูกเคลือบ จากตารางที่ 4.9 แสดงพารามิเตอร์ต่างๆ ที่คำนวณได้จากสมการ Langmuir และ Freundlich พบว่า สมการดูดซับแบบ Langmuir มีค่า R^2 เท่ากับ 0.99 ซึ่งมากกว่าสมการดูดซับแบบ Freundlich จึงแสดงให้เห็นว่าการดูดซับไกลโฟเสตของตัวดูดซับแป้งข้าวโพดและแมกนีเซียมออกไซด์ สามารถอธิบายได้ด้วยสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Freundlich ซึ่งเป็นการดูดซับแบบชั้นเดียว (Monolayer adsorption) นอกจากนี้ ค่า q_m ยังบ่งบอกถึง ค่าความสามารถในการดูดซับ ณ จุดสมดุล ซึ่งมีค่าอยู่ที่ประมาณ $8x10^{-4}$ มิลลิกรัมต่อกรัมของตัวดูดซับ ซึ่งมีค่าน้อยกว่า q_m ของผ้าที่ถูกเคลือบ ดังนั้น จึงสรุปได้ว่า การเคลือบด้วยแป้งและแมกนีเซียมออกไซด์จึงสามารถเพิ่มความสามารถการดูดซับยากำจัดศัตรูพืช

ตารางที่ 4.8 พารามิเตอร์ต่างๆ ที่คำนวณได้จากสมการการดูดซับของตัวดูดซับแป้งข้าวโพดและแมกนีเซียมออกไซด์ที่ความเข้มข้นชนิดละ 40 กรัมต่อลิตร ต่อพื้นที่ 9 ตารางเซนติเมตร

ตัวดูดซับ	สมการ Langmuir			สมการ Freundlich		
แป้งข้าวโพด 4% และ MgO 4%	q_m ($mg/gx10^5$)	b ($L/mgx10^{-3}$)	R^2	$logK_F$ ($mg/gx10^{-2}$)	1/n $x10^{-1}$	R^2
	3	113	0.80	198	9	0.96

ตารางที่ 4.9 พารามิเตอร์ต่างๆ ที่คำนวณได้จากสมการการดูดซับของตัวดูดซับของผ้าที่ไม่ได้ถูกเคลือบต่อพื้นที่ 9 ตารางเซนติเมตร

ตัวดูดซับ	สมการ Langmuir			สมการ Freundlich		
ผ้าที่ไม่ได้ถูกเคลือบ	q_m ($mg/gx10^{-4}$)	b ($L/mgx10^{-2}$)	R^2	$logK_F$ (mg/g)	1/n $x10^{-1}$	R^2
	8	27	0.99	85	6	0.86

4.5 การศึกษาเปรียบเทียบปริมาณไกลโฟเสตที่ตกค้างอยู่ชั้นบนของผ้า (Repellency) ชั้นผ้า (Retained on fabric) และชั้นผิวหนัง (Penetration) ของผ้าที่ถูกเคลือบด้วยสารดูดซับประเภทแป้งข้าวโพดและอนุภาคแมกนีเซียมออกไซด์

การศึกษาความสามารถในการดูดซับไกลโฟเสตที่ปริมาณตัวดูดซับแป้งข้าวโพดและแมกนีเซียมออกไซด์ที่ความเข้มข้นชนิดละ 40 กรัมต่อลิตร เวลาการดูดซับ 2 นาที โดยใช้ปริมาณไกลโฟเสตตั้งต้น 3.6 มิลลิกรัม ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.10 พบว่ามีปริมาณไกลโฟเสตซึ่งถูกดูดซับไว้ที่ชั้นผ้ามากที่สุด เนื่องจากถูกเคลือบไว้ด้วยตัวดูดซับแป้งข้าวโพดและแมกนีเซียมออกไซด์ทำให้มีปริมาณที่ซึมผ่านไปยังชั้นผิวหนังลดลงเมื่อเทียบกับผ้าที่ได้ถูกเคลือบด้วยตัวดูดซับ นอกจากนี้สารดูดซับทั้งสองยังทำให้เกิดการออกซิเดชันของไกลโฟเสต ทำให้ปริมาณไกลโฟเสตลดลง เนื่องจากถูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปลี่ยนเป็น AMPA สามารถยืนยันการเกิดออกซิไดซ์ได้จากโครมาโทรแกรมในภาคผนวก ง.19 - ง.21 และ ง.25 - ง.27 ในโครมาโทรแกรมจะพบว่ามีพีคเกิดขึ้นนอกเหนือจากพีคของคลอร์ไพริฟอส

ตารางที่ 4.10 ปริมาณไกลโฟเสตที่ตกค้างอยู่ในชั้นบนผ้า (Repellency) ชั้นผ้า (Retained on fabric) และชั้นผิวหนัง (Penetration) ปริมาณตั้งต้นของไกลโฟเสตคือ 3.6 มิลลิกรัม ต่อพื้นที่ 9 ตารางเซนติเมตร (โครมาโทแกรม ภาคผนวก ง.19 - ง.21 และ ง.25 - ง.27)

ชั้นของผ้า	แป้งข้าวโพด 4% และ MgO 4% $(mg)x10^{-2}$	ผ้าที่ไม่ได้ถูกเคลือบ $(mg)x10^{-2}$
ชั้นบนผ้า	4	8
ชั้นผ้า	51	341
ชั้นผิวหนัง	5.6	11

4.6 การวิเคราะห์ปริมาณอากาศที่ซึมผ่านและความสามารถในการป้องกันยากำจัดศัตรูพืชด้วยวิธีเครื่องทดสอบค่าการซึมผ่านของอากาศ (Air permeability tester)

การวิเคราะห์ปริมาณอากาศที่ซึมผ่านและความสามารถในการป้องกันยากำจัดศัตรูพืชด้วยวิธีเครื่องทดสอบค่าการซึมผ่านของอากาศ (Air permeability tester) ผลการทดลอง แสดงดังรูปที่ 4.1 พบว่าผ้าชนิดโพลีเอสเตอร์ 65% ผ้าฝ้าย 35% มีอัตราการถ่ายเทของอากาศสูงที่สุดแต่มีความสามารถในการป้องกันยากำจัดศัตรูพืชต่ำที่สุด ไมโครพอลัสฟิล์มมีอัตราการถ่ายเทของอากาศต่ำที่สุดแต่มีความสามารถในการป้องกันยากำจัดศัตรูพืชสูงที่สุด ในขณะที่ผ้าที่ถูกเคลือบด้วยแป้งข้าวโพด แมกนีเซียมออกไซด์และไททาเนียมไดออกไซด์ มีอัตราการถ่ายเทของอากาศค่อนข้างสูงและมีความสามารถในการป้องกันยากำจัดศัตรูพืชสูง ดังนั้น การเคลือบผ้าด้วยด้วยแป้งข้าวโพด แมกนีเซียมออกไซด์และไททาเนียมไดออกไซด์ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการป้องการยากำจัดศัตรูพืชและยังคงความสบายในการใส่เนื่องจากยังมีปริมาณอากาศผ่านได้ค่อนข้างมาก (กราฟ ง.28 - ง.31)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 ความสามารถในการป้องกันยากำจัดศัตรูพืชและปริมาณอากาศที่ผ่านผ้าในแต่ละชนิด

4.7 การศึกษาเปรียบเทียบปริมาณไกลโฟเสตที่ตกค้างอยู่ในผ้า (Retained on fabric) และปริมาณไกลโฟเสตที่ตกค้างอยู่ในผ้าเมื่อทำความสะอาด 1 ครั้ง

การศึกษาเปรียบเทียบปริมาณไกลโฟเสตที่ตกค้างของผ้าที่ถูกเคลือบด้วยแป้งข้าวโพดและแมกนีเซียมออกไซด์ที่ความเข้มข้นชนิดละ 40 กรัมต่อลิตร โดยใช้ปริมาณไกลโฟเสตตั้งต้น 3.6 กรัม ทำการซัก 1 ครั้ง เพื่อหาปริมาณไกลโฟเสตที่ตกค้างอยู่ในผ้า ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.11 พบว่ามีปริมาณ ไกลโฟเสตเหลืออยู่เพียง 0.36 มิลลิกรัม ดังนั้น ผ้าที่ผ่านการเคลือบด้วยแป้งข้าวโพดและแมกนีเซียมออกไซด์จึงสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้เนื่องจากมีปริมาณที่ต่ำกว่าค่า LD_{50}

ตารางที่ 4.11 ปริมาณไกลโฟเสตที่ตกค้างอยู่ในผ้า (Retained on fabric) และปริมาณไกลโฟเสตที่ตกค้างอยู่ในผ้าเมื่อทำความสะอาด 1 ครั้ง ต่อพื้นที่ 9 ตารางเซนติเมตร (โครมาโทแกรม ภาคผนวก ง.21 ง.23 ง.24 และ ง.25)

ตัวดูดซับ	Retained on fabric (mg)x10^{-2}	
	Unwashed	washed
แป้งข้าวโพด 4% และ MgO 4%	51	36
ผ้าที่ไม่ได้ถูกเคลือบ	341	69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้ศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับของสารดูดซับในการป้องกันยากำจัดศัตรูพืช และปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการดูดซับยากำจัดศัตรูพืชของสารดูดซับและหาชนิดของสารดูดซับที่เหมาะสม โดยวิธีการทดสอบมาตรฐาน ASTM 2130 ซึ่งปัจจัยที่ศึกษา คือ ชนิดของตัวดูดซับ ปริมาณตั้งต้นของยากำจัดศัตรูพืชต่อความสามารถในการดูดซับยากำจัดศัตรูพืช ซึ่งสามารถสรุปผลงานวิจัยได้ดังนี้ 1) จากผลการทดลองพบว่า ผ้าที่ถูกเคลือบด้วยแป้งข้าวโพด ส่งผลให้ยากำจัดศัตรูพืชถูกดูดซับลงในเนื้อผ้าโดยไม่สลายตัว เนื่องจากไม่พบการการเกิดออกซิเดชัน 2) ผ้าที่ถูกเคลือบด้วยอนุภาคแมกนีเซียมออกไซด์ส่งผลให้ยากำจัดศัตรูพืชถูกดูดซับลงในเนื้อผ้าโดยสลายตัว เนื่องจากพบการการเกิดออกซิเดชัน (จากพาราควอตเป็น QINA จากคลอร์ไพริฟอส เป็น TCPy และจากไกลโฟ-เสตเป็น AMPA ซึ่ง QINA TCPy และ AMPA เป็นสารที่ไม่มีความเป็นพิษ) เนื่องจากแมกนีเซียมออกไซด์มีคุณสมบัติความเป็นตัวออกซิเดไดซ์ที่รุนแรงและสามารถทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาได้ที่ความยาวคลื่นของแสงขาว โดยไม่จำเป็นต้องมีแสงยูวีมากระตุ้นเหมือนไททาเนียมไดออกไซด์ จากการทดลองทำให้สันนิษฐานได้ว่า แป้งข้าวโพดและแมกนีเซียมออกไซด์ มีประสิทธิภาพสูงสุด และจากการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นตั้งต้นของสารละลายยากำจัดศัตรูพืชพบว่า ปริมาณตั้งต้นของยากำจัดศัตรูพืชมีผลต่อความสามารถในการดูดซับยากำจัดศัตรูพืช โดยเมื่อปริมาณตัวดูดซับต่อตัวถูกดูดซับเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพในการดูดซับจะเพิ่มขึ้นเช่นกันและค่าความสามารถในการดูดซับเริ่มคงที่ ณ จุดสมดุลของแป้งข้าวโพดและแมกนีเซียมออกไซด์อยู่ที่ประมาณ $3x10^5$ มิลลิกรัมต่อกรัมของตัวดูดซับ

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรเพิ่มการศึกษาผลของตัวแปรต่างๆ ที่อาจส่งผลต่อสมบัติประสิทธิภาพการดูดซับยากำจัดศัตรูพืชให้คลอบคลุมมากขึ้น เช่น ผลของอุณหภูมิในการทดลอง ผลของเวลาในขั้นตอนการดูดซับ ผลของความเข้มแสงในการทดลอง

2. ควรศึกษาเพิ่มเติมในส่วนการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ เช่น การวิเคราะห์องค์ประกอบของตัวดูดซับด้วยเทคนิค SEM และการวิเคราะห์ค่าประจุบนพื้นผิว (Point of zero charge)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ควรศึกษาเพิ่มเติมในส่วนของประเภทของยากำจัดศัตรูพืช เช่น ยากำจัดศัตรูพืชประเภทออร์กะโนคลอรีน (Organochlorine) ออร์กะโนฟอสเฟต (Organophosphate) คาร์บาเมต (Carbamate) และไพรีธรัม(Pyrethrum) เป็นต้น

4. ควรศึกษาเพิ่มเติมในส่วนของความสามารถในการติดทน เช่น การนำไปซักหลายๆ ครั้ง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] ส. ศรีมุข. 2556. **ผลกระทบจากการใช้สารเคมีทางการเกษตรของประเทศไทย,** สำนักงานเลขาธิการวุฒิสภา.

[2] เครือข่ายเตือนภัยสารเคมีกำจัดศัตรูพืช(Thai-PAN). 2560. **ข้อเท็จจริงทางวิทยาศาสตร์และหลักฐานเชิงประจักษ์ ของสารเคมีกำจัดศัตรูพืช 3 ชนิด มีผลกระทบต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม : พาราควอต คลอร์ไพริฟอส และไกลโฟเซต,.**

[3] J. Ozawa and Y. Nakayama. "Efficiency of Present Strategies in Acquiring a Large Customer Share in a Market with Network Externalities - An Analysis of a Small World Network Model-," **Journal of Japan Society for Fuzzy Theory and Intelligent Informatics**, vol. 22, no. 2, 2010.pp. 178–189.

[4] จิราพร ลิ้มปานานนท์. 2562. **สภาเภสัชกรรม หนุนยกระดับควบคุม พาราควอต คลอร์ไพริฟอส ไกลโฟเสต**. [Online]. Available: https://www.msn.com/th-th/news/national/สภาเภสัชกรรม-หนุนยกระดับควบคุม- พาราควอต-คลอร์ไพริฟอส-ไกลโฟเสต/ar-BBTwGju.

[5] R. Jayaraj, P. Megha, and P. Sreedev. "Review Article. Organochlorine pesticides, their toxic effects on living organisms and their fate in the environment," **Interdiscip. Toxicol**, vol. 9, no. 3–4, 2016. pp. 90–100.

[6] M. A. Ramírez-Elías, *et.al.* "Dichloro-Diphenyl-Trichloroethane (DDT) and Endosulfan in Sediments of Sabancuy Lagoon, Campeche, Mexico," **Open J. Ecol**, vol. 06, no. 01, 2016. pp. 22–31.

[7] IARC. 2017. **IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans** , *volume 112: Some organophosphate insecticides and herbicides - Glyphosate*.

[8] L. Senarathna *et al.* "Prediction of outcome after paraquat poisoning by measurement of the plasma paraquat concentration," **Qjm**, vol. 102, no. 4, 2009. pp. 251–259.

[9] R. J. Dinis-Oliveira *et al.*. "Acute paraquat poisoning: Report of a survival case following intake of a potential lethal dose," **Pediatr. Emerg. Care**, vol. 22, no. 7, 2006. pp. 537–540.

[10] Agency for Toxic Substances and Disease Registry.1995. **Toxicological Profile for Chlorpyrifos**. U.S. Department Of Health And Human Services.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[11] K. Ameno. 2005. "II.7.4 Carbamate pesticides," **Drugs and Poisons in Humans A Handbook of Practical Analysis**, pp. 559–570.

[12] Casida JE. "Pyrethrum Flowers and Pyrethroid Insecticides," **Environ. Health Perspect.**, vol. 34, 1990.pp. 189–202.

[13] A. Gabelman. "Adsorption basics: Part 1," **Chem. Eng. Prog.**, vol. 113, no. 8, 2017. pp. 1–6.

[14] J.E. Lennard-Jones ."Processes of adsorption and diffusion on solid surface", **Transcations of the Faraday Society,** vol 28, 1932.pp. 13–71.

[15] M. Králik. "Adsorption, chemisorption, and catalysis," **Chem. Pap.**, vol. 68, no. 12, 2014. pp. 1625–1638.

[16] H. Yaacoubi, Z. Songlin, M. Mouflih, M. Gourai, and S. Sebti. "Adsorption isotherm , kinetic and mechanism studies of 2-nitrophenol on sedimentary phosphate," **Mediterranean Journal of Chemistry**.vol. 4, no. 4, 2015.pp. 289–296.

[17] Patiha, E. Heraldy, Y. Hidayat, and M. Firdaus. "The langmuir isotherm adsorption equation: The monolayer approach," **IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.**, vol. 107, no. 1. 2016.

[18] A. Mittal, L. Kurup, and J. Mittal. "Freundlich and Langmuir adsorption isotherms and kinetics for the removal of Tartrazine from aqueous solutions using hen feathers," **J. Hazard. Mater.**, vol. 146, no. 1–2. 2007. pp. 243–248,

[19] D. Valenzuela and A. L. Myers. "Gas adsorption equilibria," **Sep. Purif. Rev.**, vol. 13, no. 2, 1984.pp. 153–183,

[20] Jay-lin Jane. 2009. **Structural Features of Starch Granules II, Starch(Third Edition.**, Academic Press.

[21] S. C. Alcázar-alay and M. A. A. Meireles. "Physicochemical properties, modifications and applications of starches from different botanical sources," **Food Sci. Technol.**, vol. 35, no. 2, 2015.pp. 215–236.

[22] Q. Wang *et al.* "β -Glucans : Relationships between Modification , Conformation and Functional Activities," **Molecules**, vol. 22 no.2, 2017.pp. 1–12.

[23] R. V. Gadhave, P. A. Mahanwar, and P. T. Gadekar. "Starch-Based Adhesives for Wood/Wood Composite Bonding: Review," **Open J. Polym. Chem.**, vol. 07, no. 02, 2017. pp. 19–32.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[24] F. Habibi and A. Yahyazadeh. "Evaluation of starch polymer structure in rice grain and its affect on cooking quality," **Biomed. Pharmacol. J.**, vol. 2, no. 2. , 2009.pp. 193–200.

[25] J. J. M. Swinkels. "Industrial starch chemistry.,"**Composition and Properties of Commercial Native Starches**, no. 1, 1985.pp. 355–367.

[26] E. Bertoft. "Understanding Starch Structure: Recent Progress," **Agronomy**, vol. 7, no. 3, 2017. pp. 56.

[27] Silberberg, Martin. 2008. "Chemistry The Molecular Nature of Matter and Change." **McGraw-Hill**, 89–147.

[28] C. B. D. Marien *et al.* "Kinetics and mechanism of Paraquat's degradation: UV-C photolysis vs UV-C photocatalysis with TiO 2 /SiC foams," **J. Hazard. Mater.**, 2019. pp. 164–171.

[29] S. Das and T. K. Adhya. "Degradation of chlorpyrifos in tropical rice soils," ***J. Environ. Manage.***, vol. 152, 2015.pp. 36–42.

[30] E. S. Loredano Pollegioni. "Molecular basis of glyphosate resistance - Different approaches through protein engineering," **FEBS J.**, vol. 278, no. 16, 2011. pp. 2753–2766.

[31] G. Bilalbegović. "Structural and electronic properties of MgO nanotube clusters," **Phys. Rev. B - Condens. Matter Mater. Phys.**, vol. 70, no. 4, 2004.pp. 1–6.

[32] N. Sétifi, N. Debbache, T. Sehili, and O. Halimi. "Heterogeneous Fenton-like oxidation of naproxen using synthesized goethite-montmorillonite nanocomposite," **J. Photochem. Photobiol. A Chem.**, vol. 370, 2019. pp. 67–74.

[33] P. Magalhães, L. Andrade, O. C. Nunes, and A. Mendes. "Titanium dioxide photocatalysis: Fundamentals and application on photoinactivation," **Rev. Adv. Mater. Sci.**, vol. 51, no. 2, 2017.pp. 91–129.

[34] V. K. Yemmireddy and Y. C. Hung. "Using Photocatalyst Metal Oxides as Antimicrobial Surface Coatings to Ensure Food Safety-Opportunities and Challenges," **Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.**, vol. 16, no. 4, 2017.pp. 617–631.

[35] S. A. Ansari and M. H. Cho. "Highly Visible Light Responsive, Narrow Band gap

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TiO_2 Nanoparticles Modified by Elemental Red Phosphorus for Photocatalysis and Photoelectrochemical Applications," **Sci. Rep.**, vol. 6, 2016.pp. 1–10.

[36] รพีพร ประสาท. 2553. "ผลของการให้ความร้อนในช่วงอุณหภูมิเจลาติไนเซชันต่อสมบัติทางเคมี สมบัติกายภาพ และสมบัติเชิงหน้าที่ของสตาร์ชถั่วมะแฮะ Cajanus cajan (L.) ". วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย.

[37] L. Sharma and R. Kakkar. "Hierarchical porous magnesium oxide (Hr-MgO) microspheres for adsorption of an organophosphate pesticide : Kinetics , isotherm , thermodynamics and DFT studies", **ACS Applied Materials & Interfaces**, Vol 9, no.44, 2017. pp 38629-38642.

[38] 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., 1991.pp. 10–16.

[39] R. Behnam. "Destructive Adsorption of Diazinon Pesticide by Activated Carbon Nanofibers Containing Al2O3 and MgO Nanoparticles,". **Bull Environ Contam Toxicol**. vol. 91, no. 4, 2013. pp. 475–480.

[40] M. Abdennouri *et al.*. "Photocatalytic degradation of pesticides by titanium dioxide and titanium pillared purified clays," ***Arab. J. Chem.***, vol. 9, 2016.pp. S313–S318.

[41] Heydary V., *et. al.* "Biochemical and molecular evidences on the protection by magnesium oxide nanoparticles of chlorpyrifos-induced apoptosis in human lymphocytes.," **J. Res Med. Sci.**, 2015.pp. 9–11.

[42] W. Y. Zhu X, Yuan C, Bao Y, Yang J. "Photocatalytic degradation of pesticide pyridaben on TiO_2 particles.," **Journal of Molecular Catalysis A: Chemical.** vol. 229, 2005.pp. 95–105.

[43] Barka N, *et. al.* "Factors influencing the photocatalytic degradation of Rhodamine B by TiO2-coated non-woven paper.,"**Journal of Molecular Catalysis A: Chemical.** vol 195, 2008. pp. 346–351.

[44] Napaporn Chancharoenlap. 2013. "Photodegradation of isoproturon on titanium dioxide and zinc oxide," Master Thesis. Master Degree in Chemical Engineering,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Chulalongkorn University.

[45] Pusit Pookmanee, et.al., **The study of photocatalytic of bismuth vanadate powder prepared by microwave method for degradation of methomyl insecticide from natural water source** . Chiang Rai, Maejo university, 2557.

[46] A. A. Nurdin M, Maulidiyah M, Ode L, Salim A, Zakir M, "High performance cypermethrin pesticide detection using TiO_2 - carbon paste nanocomposites electrode.,". **Microchemical Journal**, March 2019. pp. 756–761.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

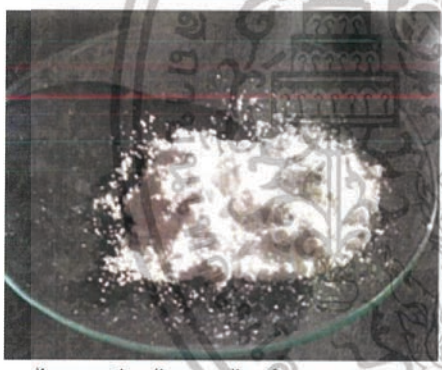
1) สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง



ก. แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)



ข. แป้งข้าวเหนียว



ค. ไททาเนียมไดออกไซด์ (TiO_2)



ง. แป้งข้าวเจ้า



จ. แป้งข้าวโพด

รูปที่ ก.1 ลักษณะทางกายภาพของตัวดูดซับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ข้อมูลของพาร์ทิเคิลที่ใช้ในการทดลอง

ตารางที่ ก.1 คุณสมบัติของพาร์ทิเคิลแต่ละชนิด

คุณสมบัติ	แมกนีเซียมออกไซด์	ไททาเนียมไดออกไซด์
เลขทะเบียน CAS	1309-48-4	13463-67-7
สูตรเคมี	MgO	TiO_2
มวลต่อหนึ่งโมล (g/mol)	40.304	79.866
ความหนาแน่น (g/cm^3)	3.6	4.23
จุดหลอมเหลว (K)	3125	2116
จุดเดือด (K)	3873	3245
ขนาดโมเลกุล (μm)	74	20
Band gap (eV)	7.8	3.2
โครงสร้างผลึก	Halite (Cubic)	Tetragonal crystal
สี	เหลืองน้ำตาล	ขาว

ที่มา แมกนีเซียมออกไซด์: www.thaitechno.net/

ที่มา ไททาเนียมไดออกไซด์: www.chemipan.com/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ลักษณะทางกายภาพของผ้าที่ถูกเคลือบ



ก. ผ้าที่ถูกเคลือบด้วยแป้งข้าวโพด



ข. ผ้าที่ถูกเคลือบด้วย MgO และ TiO_2



ค. ผ้าที่ถูกเคลือบด้วย TiO_2



ง. ผ้าที่ถูกเคลือบด้วย MgO



จ. ผ้าที่ถูกเคลือบด้วย MgO เมื่อซัก 1 ครั้ง

รูปที่ ข.1 ลักษณะทางกายภาพของผ้าที่ถูกเคลือบ

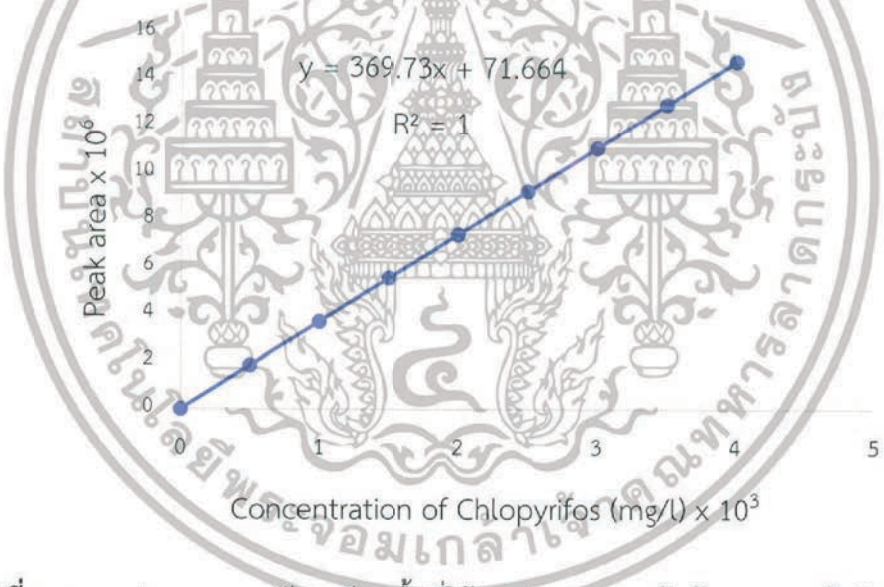
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

การคำนวณความเข้มข้นของยากำจัดศัตรูพืช

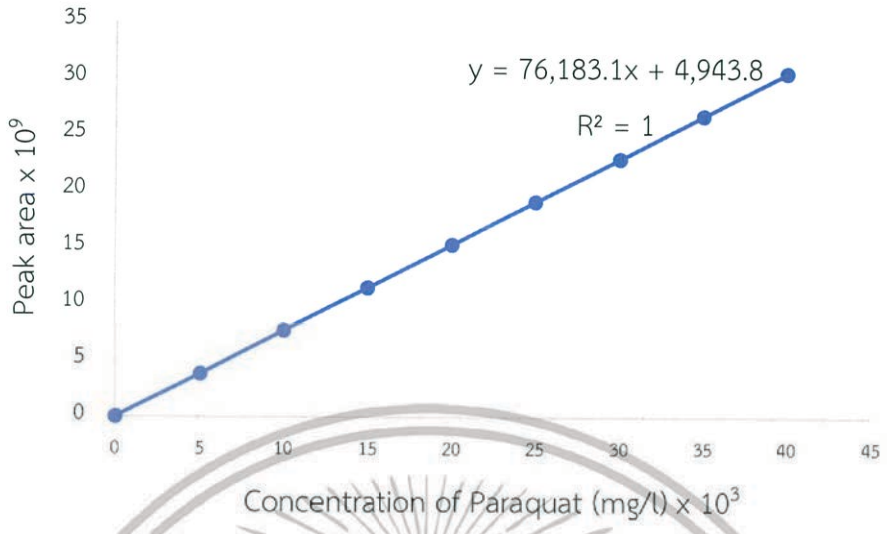
1) การคำนวณความเข้มข้นยากำจัดศัตรูพืชที่เตรียมเป็นมาตรฐาน

การคำนวณความเข้มข้นของยากำจัดศัตรูพืชที่เตรียมเป็นมาตรฐานหลังจากเตรียมสารละลายยากำจัดศัตรูพืชที่ความเข้มข้น 5,000 10,000 15,000 20,000 25,000 30,000 35,000 40,000 มิลลิกรัมต่อลิตร แล้วนำมาวิเคราะห์หาพื้นที่ใต้กราฟ (Peak area) จากนั้นนำพื้นที่ใต้กราฟที่วัดได้มาสร้างกราฟมาตรฐาน ความเข้มข้น คลอร์ไพริฟอส พาราควอต และไกลโฟเสตแสดงดังรูปที่ ข. 1 ข.2 ข.3 ตามลำดับ

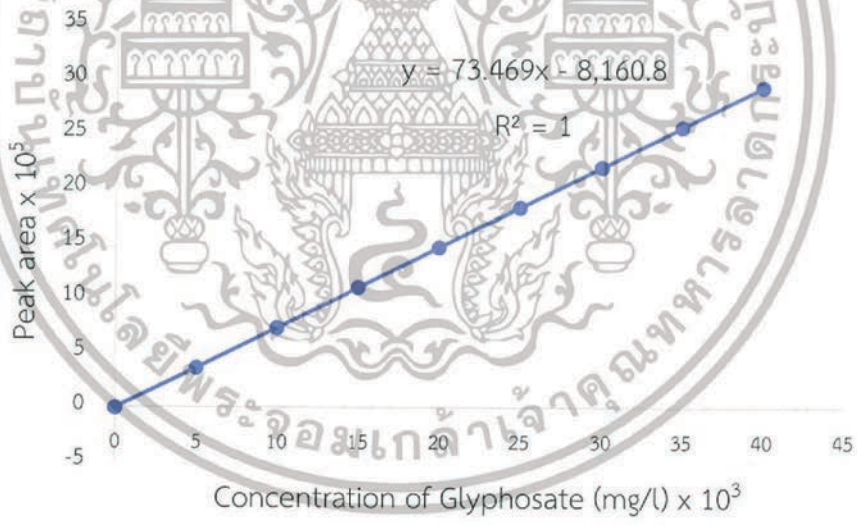


รูปที่ ค.1 กราฟมาตรฐานเปรียบเทียบพื้นที่ใต้กราฟและความเข้มข้นของคลอร์ไพริฟอส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

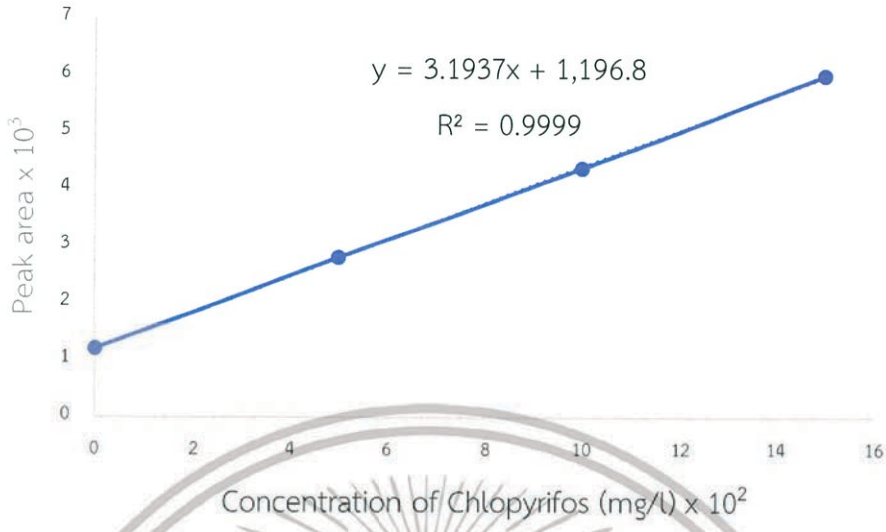


รูปที่ ค.2 กราฟมาตรฐานเปรียบเทียบพื้นที่ใต้กราฟและความเข้มข้นของพาราควอต



รูปที่ ค.3 กราฟมาตรฐานเปรียบเทียบพื้นที่ใต้กราฟและความเข้มข้นของไกลโฟเสต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค.4 กราฟมาตรฐานเปรียบเทียบพื้นที่ใต้กราฟและความเข้มข้นของไกลโฟเสต เมื่อใช้เครื่อง HPLC ตัวที่สอง (เฉพาะตารางที่ 4.1)

2) การคำนวณความเข้มข้นของสารละลายยากำจัดศัตรูพืชเหลือจากการเทียบกับกราฟมาตรฐาน

การคำนวณความเข้มข้นของยากำจัดศัตรูพืชที่เหลือในการทดลองการดูดซับยากำจัดศัตรูพืช โดยนำมาวิเคราะห์ด้วยเครื่อง High performance liquid chromatography (HPLC) ที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 จากนั้นนำค่าพื้นที่ใต้กราฟ (Peak area) ที่ได้มาเทียบกับความเข้มข้นของยากำจัดศัตรูพืช จากกราฟมาตรฐานดังแสดงในรูปที่ ค.1 ค.2 ค.3 ค.4 ทำให้ทราบถึงความเข้มข้นของยากำจัดศัตรูพืช ที่เหลือในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

ข้อมูลผลการการทดลอง

1) การหาน้ำหนักของตัวดูดซับที่ใช้เคลือบผ้า

ตารางที่ ง.1 น้ำหนักของตัวดูดซับชนิดแมกนีเซียมออกไซด์และแป้งข้าวโพดที่ใช้เคลือบผ้า

	น้ำหนักผ้าที่ยังไม่ถูกเคลือบ (g)	น้ำหนักผ้าที่ถูกเคลือบด้วย Mgo แป้งข้าวโพด (g)	น้ำหนัก MgO แป้งข้าวโพด (g)
ผ้าชิ้นที่ 1	0.09435	0.10425	0.00990
ผ้าชิ้นที่ 2	0.09847	0.10807	0.00960
ผ้าชิ้นที่ 3	0.10505	0.11505	0.01000
ผ้าชิ้นที่ 4	0.09908	0.10908	0.01000
ผ้าชิ้นที่ 5	0.10121	0.11071	0.00950
ผ้าชิ้นที่ 6	0.09812	0.10912	0.01100
ผ้าชิ้นที่ 7	0.09326	0.10236	0.00910
ผ้าชิ้นที่ 8	0.09961	0.10921	0.00960
ผ้าชิ้นที่ 9	0.10091	0.11291	0.01200
ผ้าชิ้นที่ 10	0.09986	0.10976	0.00990
เฉลี่ย	0.09899	0.10905	0.01006

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.2 น้ำหนักของตัวดูดซับชนิดแมกนีเซียมออกไซด์ ไททาเนียมไดออกไซด์และแป้งข้าวโพด

	น้ำหนักผ้าที่ยังไม่ถูกเคลือบ (g)	น้ำหนักผ้าที่ถูกเคลือบด้วย Mgo TiO_2 แป้งข้าวโพด (g)	น้ำหนัก Mgo TiO_2 แป้งข้าวโพด (g)
ผ้าชิ้นที่ 1	0.10152	0.11352	0.01200
ผ้าชิ้นที่ 2	0.09893	0.10813	0.00920
ผ้าชิ้นที่ 3	0.08604	0.09604	0.01000
ผ้าชิ้นที่ 4	0.09571	0.10561	0.00990
ผ้าชิ้นที่ 5	0.09238	0.10238	0.01000
ผ้าชิ้นที่ 6	0.10092	0.11002	0.00910
ผ้าชิ้นที่ 7	0.09145	0.10125	0.00980
ผ้าชิ้นที่ 8	0.10002	0.11202	0.01200
ผ้าชิ้นที่ 9	0.09771	0.10971	0.01200
ผ้าชิ้นที่ 10	0.09482	0.10482	0.01000
เฉลี่ย	0.09595	0.10635	0.01040

ตารางที่ ง.3 น้ำหนักของตัวดูดซับชนิดไททาเนียมไดออกไซด์และแป้งข้าวโพด

	น้ำหนักผ้าที่ยังไม่ถูกเคลือบ (g)	น้ำหนักผ้าที่ถูกเคลือบด้วย TiO_2 (g)	น้ำหนัก TiO_2 แป้งข้าวโพด (g)
ผ้าชิ้นที่ 1	0.09352	0.10352	0.01000
ผ้าชิ้นที่ 2	0.09123	0.10113	0.00990
ผ้าชิ้นที่ 3	0.10624	0.11604	0.00980
ผ้าชิ้นที่ 4	0.10621	0.11561	0.00940
ผ้าชิ้นที่ 5	0.10248	0.11238	0.00990
ผ้าชิ้นที่ 6	0.09082	0.10002	0.00920
ผ้าชิ้นที่ 7	0.09215	0.10725	0.00910
ผ้าชิ้นที่ 8	0.08904	0.10204	0.01300
ผ้าชิ้นที่ 9	0.09771	0.10971	0.01200
ผ้าชิ้นที่ 10	0.10499	0.11489	0.00990
เฉลี่ย	0.097439	0.10125	0.01022

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ค่าพื้นที่ใต้กราฟ ความเข้มข้นของคลอร์ไพริฟอส ในชั้นผิวหนัง และประสิทธิภาพการดูดซับของสารดูดซับแต่ละชนิด

ตารางที่ ง.4 ค่าพื้นที่ใต้กราฟ ความเข้มข้นของคลอร์ไพริฟอส ในชั้นผิวหนังและประสิทธิภาพการดูดซับของสารดูดซับแต่ละชนิด เมื่อใช้ปริมาณคลอร์ไพริฟอส ตั้งต้น 97.2 มิลลิกรัม

คลอร์ไพริฟอส (Chlopyrifos)		
ตัวดูดซับ (g/l)	Peak area	ความเข้มข้น (mg/l)
MgO 4% แป้งข้าวโพด 4%	2,992.53	7.90
TiO_2 4% แป้งข้าวโพด 4%	16,302.81	43.90
MgO 4% TiO_2 4% แป้งข้าวโพด 4%	82,151.72	222.00
ผ้าที่ไม่ได้ถูกเคลือบ	129,107.43	349.00

ตารางที่ ง.5 ค่าพื้นที่ใต้กราฟ ความเข้มข้นของพาราควอตในชั้นผิวหนังและประสิทธิภาพการดูดซับของสารดูดซับแต่ละชนิด เมื่อใช้ปริมาณพาราควอตตั้งต้น 144 มิลลิกรัม

พาราควอต (Paraquat)		
ตัวดูดซับ (g/l)	Peak area	ความเข้มข้น (mg/l)
MgO 4% แป้งข้าวโพด 4%	174,831.89	223.00
TiO_2 4% แป้งข้าวโพด 4%	322,626.91	417.00
MgO 4% TiO_2 4%แป้งข้าวโพด 4%	228,921.82	294.00
ผ้าที่ไม่ได้ถูกเคลือบ	129,107.43	349.00

ตารางที่ ง.6 ค่าพื้นที่ใต้กราฟ ความเข้มข้นของไกลโฟเสตในชั้นผิวหนังและประสิทธิภาพการดูดซับ. ของสารดูดซับแต่ละชนิด เมื่อใช้ปริมาณไกลโฟเสตตั้งต้น 172 มิลลิกรัม

ไกลโฟเสต (Glyphosate)		
ตัวดูดซับ (g/l)	Peak area	ความเข้มข้น (mg/l)
MgO 4% แป้งข้าวโพด 4%	20,734.56	393.30
TiO_2 4% แป้งข้าวโพด 4%	26,964.73	478.10
MgO 4% TiO_2 4%แป้งข้าวโพด 4%	80,516.28	1,207.00
ผ้าที่ไม่ได้ถูกเคลือบ	96,605.99	1,426.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.7 ค่าพื้นที่ใต้กราฟ ความเข้มข้นของไกลโฟเสตในชั้นผิวหนัง และประสิทธิภาพการดูดซับของสารดูดซับแป้งแต่ละชนิด เมื่อใช้ความเข้มข้นไกลโฟเสตตั้งต้น 172 มิลลิกรัม (ใช้ HPLC ตัวที่ 2)

ตัวดูดซับ (g/l)	Peak area	ความเข้มข้น (mg/l)
แป้งข้าวโพด 4%	16.40	11.70
แป้งข้าวเจ้า 4%	19.40	12.00
แป้งข้าวเหนียว 4%	70.30	13.50
ผ้าที่ไม่ได้ถูกเคลือบ	91.40	14.25

ตารางที่ ง.8 ค่าพื้นที่ใต้กราฟ ความเข้มข้นของคลอร์ไพริฟอส ในชั้นผิวหนัง และประสิทธิภาพการดูดซับของสารดูดซับแป้งข้าวโพดและแมกนีเซียมออกไซด์ที่ความเข้มข้นชนิดละ 40 กรัมต่อลิตร เมื่อใช้ปริมาณของคลอร์ไพริฟอส ตั้งต้นที่ต่างกัน

คลอร์ไพริฟอส (Chlopyrifos)		
ปริมาณยากำจัดศัตรูพืชตั้งต้น (mg)	Peak area	ความเข้มข้น (mg/l)
97.2	100.87	7.9
72	71.66	0
3.6	71.66	0

ตารางที่ ง.9 ค่าพื้นที่ใต้กราฟ ความเข้มข้นของพาราควอตในชั้นผิวหนัง และประสิทธิภาพการดูดซับของสารดูดซับแป้งข้าวโพดและแมกนีเซียมออกไซด์ที่ความเข้มข้นชนิดละ 40 กรัมต่อลิตร เมื่อใช้ปริมาณของพาราควอตตั้งต้นที่ต่างกัน

พาราควอต (Paraquat)		
ปริมาณยากำจัดศัตรูพืชตั้งต้น (mg)	Peak area	ความเข้มข้น (mg/l)
144	174,831.89	223
72	4,943.80	0
3.6	4,943.80	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.10 ค่าพื้นที่ใต้กราฟ ความเข้มข้นของไกลโฟเสตในชั้นผิวหนังและประสิทธิภาพการดูดซับของสารดูดซับแป้งข้าวโพดและแมกนีเซียมออกไซด์ที่ความเข้มข้นชนิดละ 40 กรัมต่อลิตร เมื่อใช้ปริมาณของไกลโฟเสตตั้งต้นที่ต่างกัน

ไกลโฟเสต (Glyphosate)		
ปริมาณยากำจัดศัตรูพืชตั้งต้น (mg)	Peak area	ความเข้มข้น (mg/l)
172	20,734.56	393.3
72	-8,103.49	0.78
3.6	-8,119.66	0.56

ตารางที่ ง.11 ค่าพื้นที่ใต้กราฟ ความเข้มข้นของไกลโฟเสตและประสิทธิภาพการดูดซับของสารดูดซับแป้งข้าวโพดและแมกนีเซียมออกไซด์ที่ความเข้มข้นชนิดละ 40 กรัมต่อลิตร เมื่อใช้ปริมาณของไกลโฟเสตตั้งต้น 3.6 กรัม

ไกลโฟเสต (Glyphosate)		
ชั้นของผ้า	Peak area	ความเข้มข้น (mg/l)
Repellency	-8,128.47	0.44
Retained on fabric	-7,786.11	5.1
Penetration	-8,119.66	0.56

ตารางที่ ง.12 ค่าพื้นที่ใต้กราฟ ความเข้มข้นของไกลโฟเสตของผ้าที่ไม่ได้ถูกเคลือบด้วยสารดูดซับเมื่อใช้ปริมาณของไกลโฟเสตตั้งต้น 3.6 กรัม

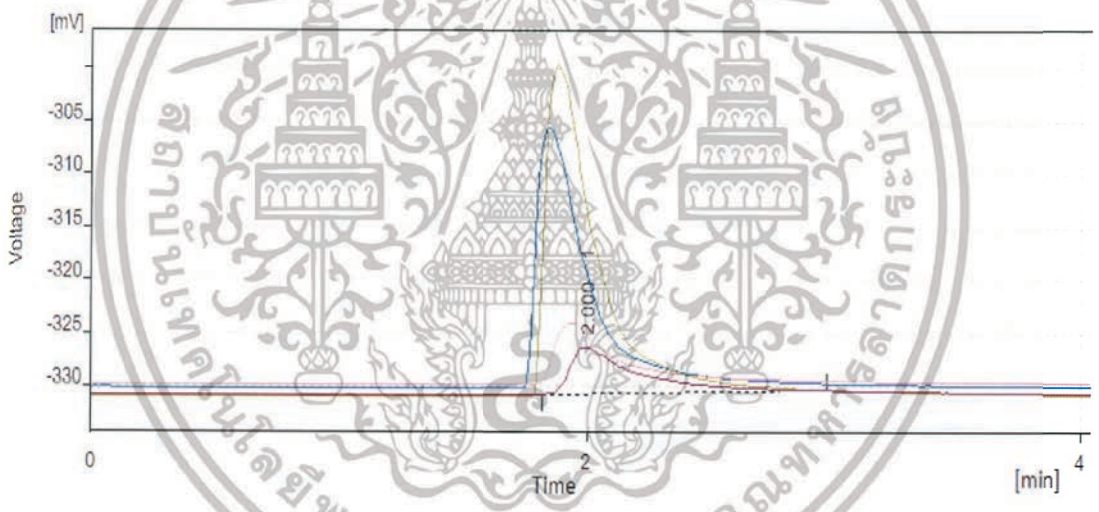
ไกลโฟเสต (Glyphosate)		
ชั้นของผ้า	Peak area	ความเข้มข้น (mg/l)
Repellency	-8,099.09	0.84
Retained on fabric	-5,457.14	36.8
Penetration	-8,079.99	1.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.13 ค่าการซึมผ่านของอากาศ (Air permeability test)

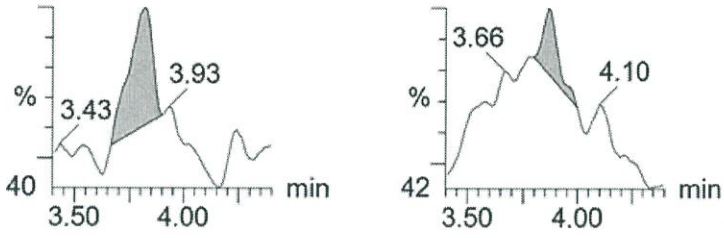
Tank volume (ft^3)	Rate of pressure decay (bar/min)	Test area (ft^2)	Atmospheric pressure (bar)	Air Permeability ($ft^3/minft^2$)
1.29	2.00	0.01	0.99	270.37
1.29	1.91	0.01	0.99	257.01
1.29	1.85	0.01	0.99	250.13
1.29	3.56	0.01	0.99	480.30

3) โครมาโทแกรมของยากำจัดศัตรูพืช

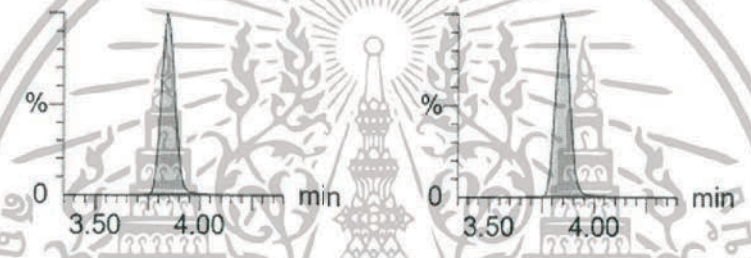


รูปที่ ง.1 โครมาโทแกรมของไกลโฟเสต (ปริมาณตั้งต้น 172 mg) บนชั้นพื้นผิว (Penetration) ของผ้าที่ถูกเคลือบด้วยแป้งแต่ละชนิด

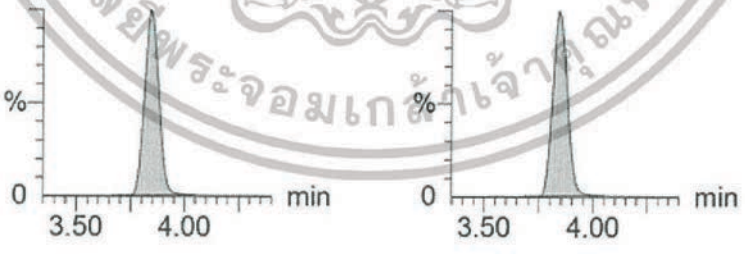
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง.2 โครมาโทแกรมของพาราควอต (ปริมาณตั้งต้น 144 mg) บนชั้นพื้นผิวหนัง (Penetration) ของผ้าที่ถูกเคลือบด้วยแป้งข้าวโพดและแมกนีเซียมออกไซด์ที่ความเข้มข้นชนิดละ 40 กรัมต่อลิตร

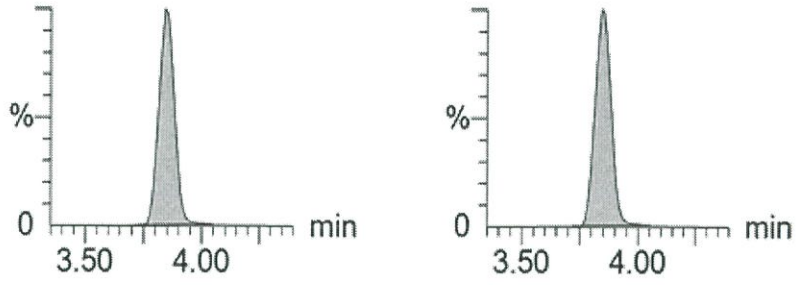


รูปที่ ง.3 โครมาโทแกรมของพาราควอต (ปริมาณตั้งต้น 144 mg) บนชั้นพื้นผิวหนัง (Penetration) ของผ้าที่ถูกเคลือบด้วยแป้งข้าวโพดและไททาเนียมไดออกไซด์ที่ความเข้มข้นชนิดละ 40 กรัมต่อลิตร

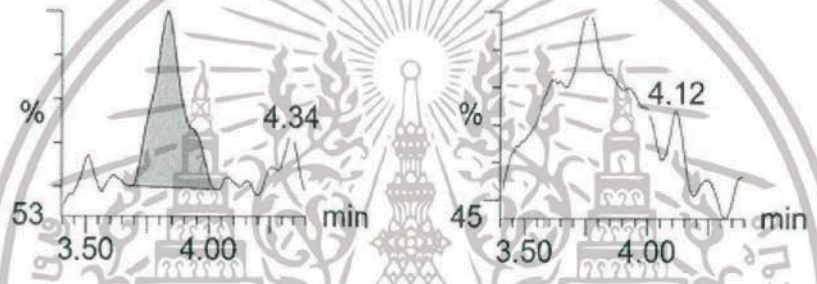


รูปที่ ง.4 โครมาโทแกรมของพาราควอต (ปริมาณตั้งต้น 144 mg) บนชั้นพื้นผิวหนัง (Penetration) ของผ้าที่ถูกเคลือบด้วยแป้งข้าวโพดที่ความเข้มข้น 40 กรัมต่อลิตร และแมกนีเซียมออกไซด์ ไททาเนียมไดออกไซด์ที่ความเข้มข้นชนิดละ 20 กรัมต่อลิตร

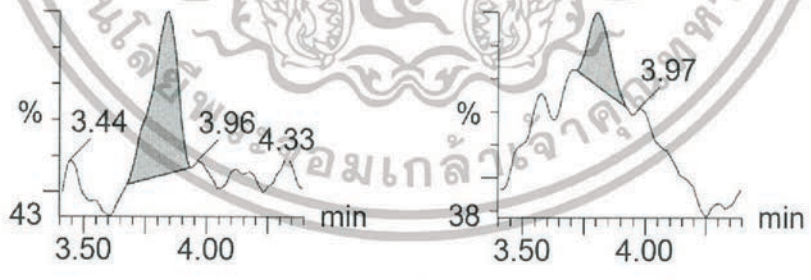
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง.5 โครมาโทแกรมของพาราควอต (ปริมาณตั้งต้น 144 mg) บนชั้นพื้นผิวหนัง (Penetration) ของผ้าที่ไม่ได้ถูกเคลือบ

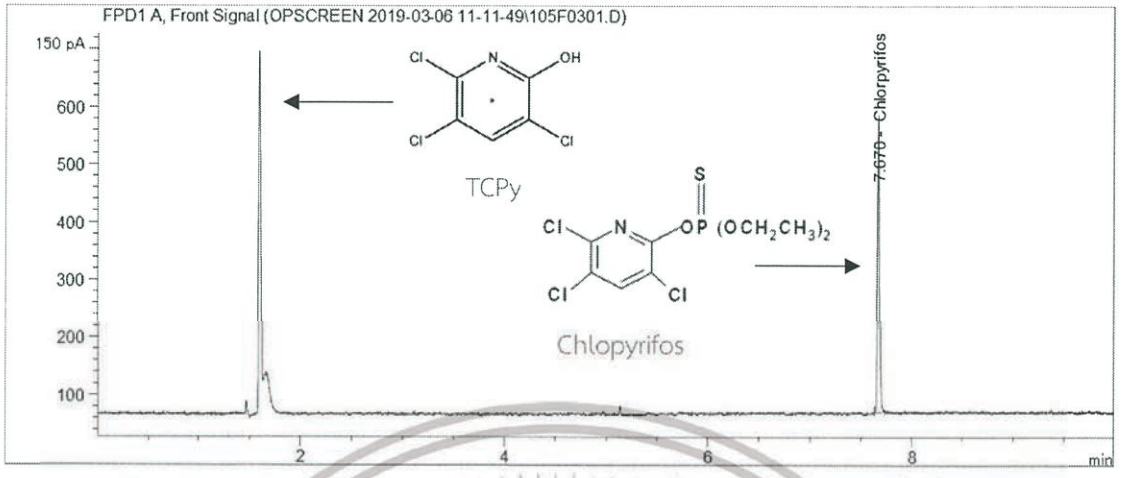


รูปที่ ง.6 โครมาโทแกรมของพาราควอต (ปริมาณตั้งต้น 72 mg) บนชั้นพื้นผิวหนัง (Penetration) ของผ้าที่ถูกเคลือบด้วยแป้งข้าวโพดและแมกนีเซียมออกไซด์ที่ความเข้มข้นชนิดละ 40 กรัมต่อลิตร

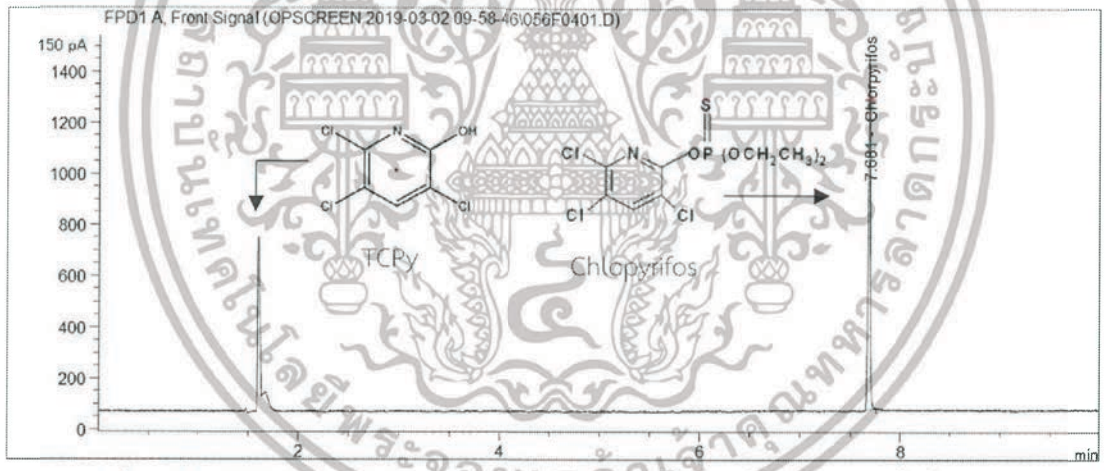


รูปที่ ง.7 โครมาโทแกรมของพาราควอต (ปริมาณตั้งต้น 3.6 mg) บนชั้นพื้นผิวหนัง (Penetration) ของผ้าที่ถูกเคลือบด้วยแป้งข้าวโพดและแมกนีเซียมออกไซด์ที่ความเข้มข้นชนิดละ 40 กรัมต่อลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

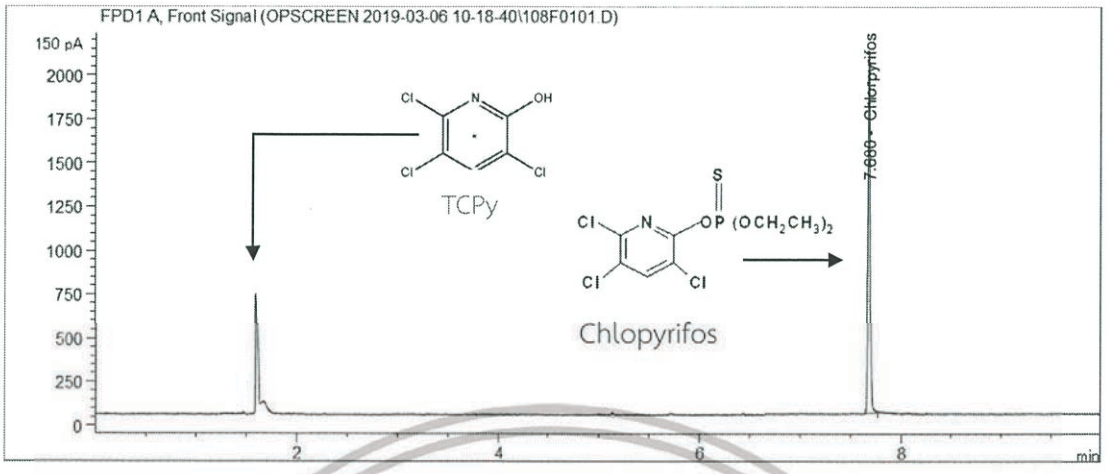


รูปที่ ง.8 โครมาโทแกรมของคลอร์ไพริฟอส (ปริมาณตั้งต้น 97.2 mg) บนชั้นพื้นผิวหนัง (Penetration) ของผ้าที่ถูกเคลือบด้วยแป้งข้าวโพดและแมกนีเซียมออกไซด์ที่ความเข้มข้นชนิดละ 40 กรัมต่อลิตร

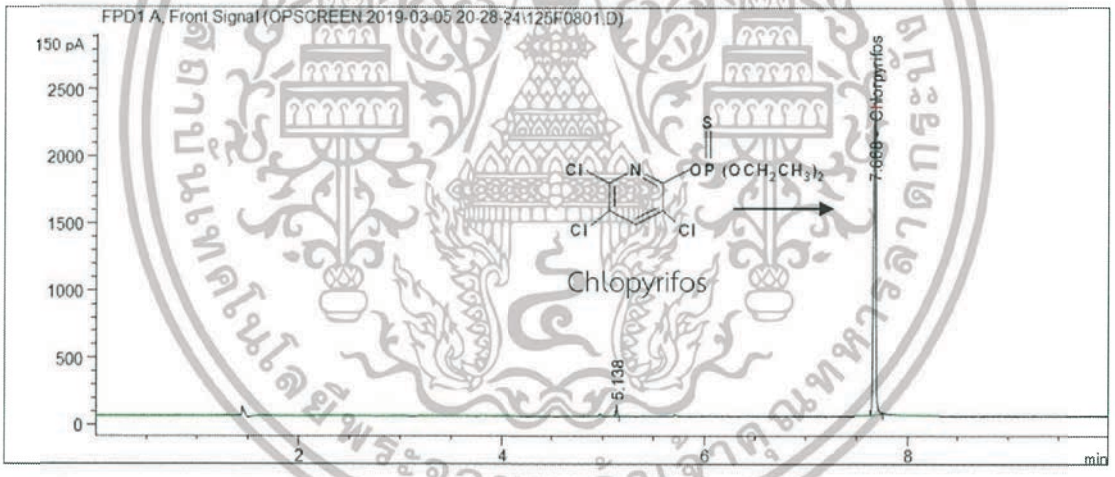


รูปที่ ง.9 โครมาโทแกรมของคลอร์ไพริฟอส (ปริมาณตั้งต้น 97.2 mg) บนชั้นพื้นผิวหนัง (Penetration) ของผ้าที่ถูกเคลือบด้วยแป้งข้าวโพดและไททาเนียมไดออกไซด์ที่ความเข้มข้นชนิดละ 40 กรัมต่อลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

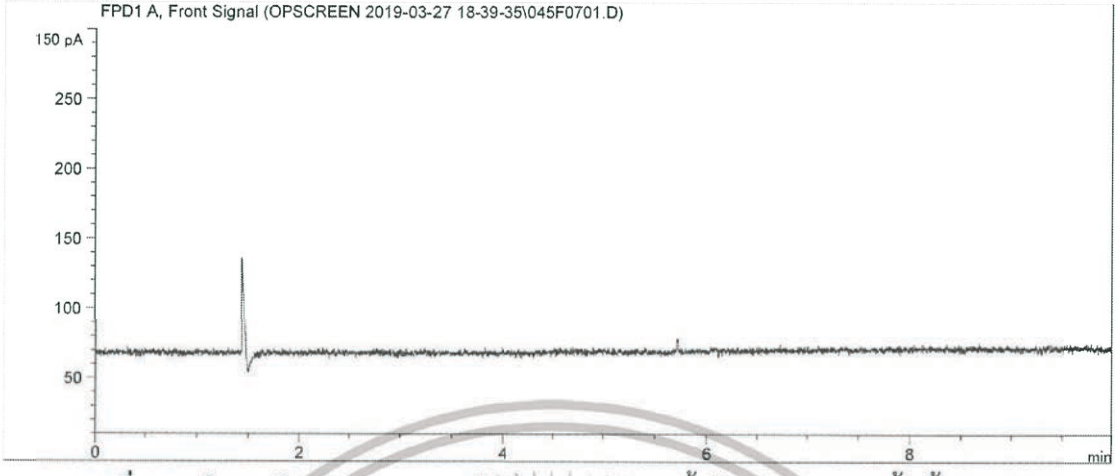


รูปที่ ง.10 โครมาโทแกรมของคลอร์ไพริฟอส (ปริมาณตั้งต้น 97.2 mg) บนชั้นพื้นผิวหนัง (Penetration) ของผ้าที่ถูกเคลือบด้วยแป้งข้าวโพดที่ความเข้มข้น 40 กรัมต่อลิตร และแมกนีเซียมออกไซด์ ไททาเนียมไดออกไซด์ที่ความเข้มข้นชนิดละ 20 กรัมต่อลิตร



รูปที่ ง.11 โครมาโทแกรมของคลอร์ไพริฟอส (ปริมาณตั้งต้น 97.2 mg) บนชั้นพื้นผิวหนัง (Penetration) ของผ้าที่ไม่ได้ถูกเคลือบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

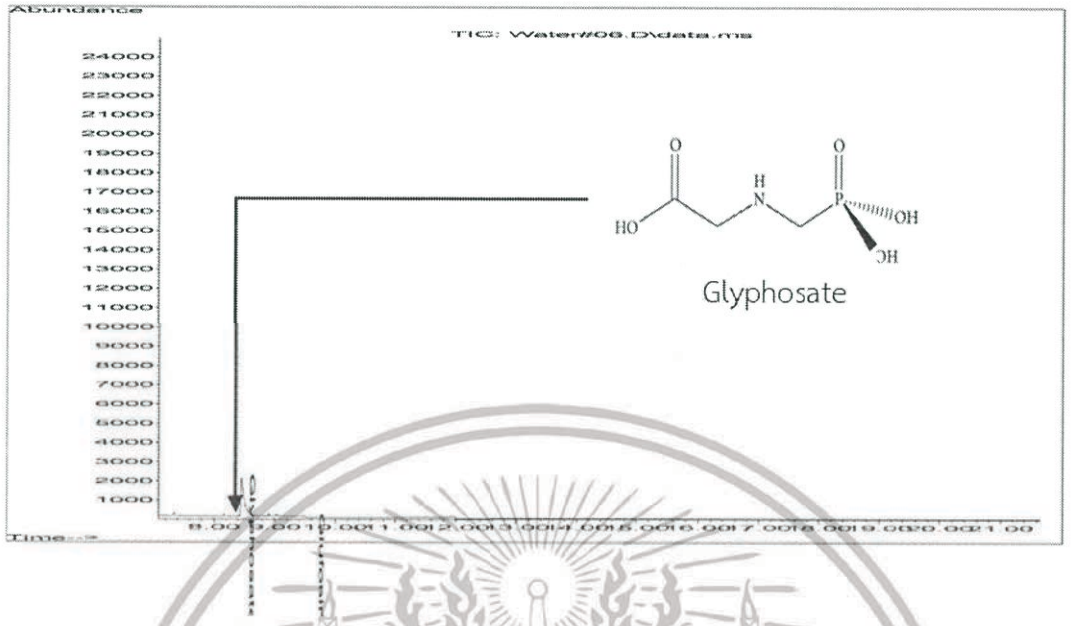


รูปที่ ง.12 โครมาโทแกรมของคลอร์ไพริฟอส (ปริมาณตั้งต้น 72 mg) บนชั้นพื้นผิวหนัง (Penetration) ของผ้าที่ถูกเคลือบด้วยแป้งข้าวโพดและแมกนีเซียมออกไซด์ที่ความเข้มข้นชนิดละ 40 กรัมต่อลิตร

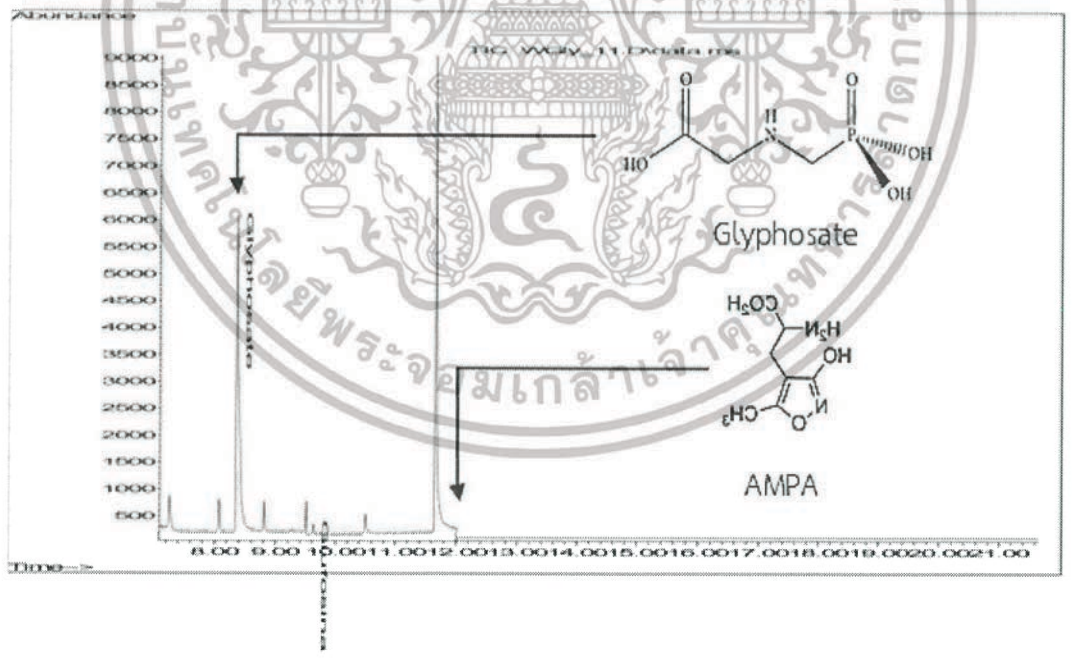


รูปที่ ง.13 โครมาโทแกรมของคลอร์ไพริฟอส (ปริมาณตั้งต้น 3.6 mg) บนชั้นพื้นผิวหนัง (Penetration) ของผ้าที่ถูกเคลือบด้วยแป้งข้าวโพดและแมกนีเซียมออกไซด์ที่ความเข้มข้นชนิดละ 40 กรัมต่อลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

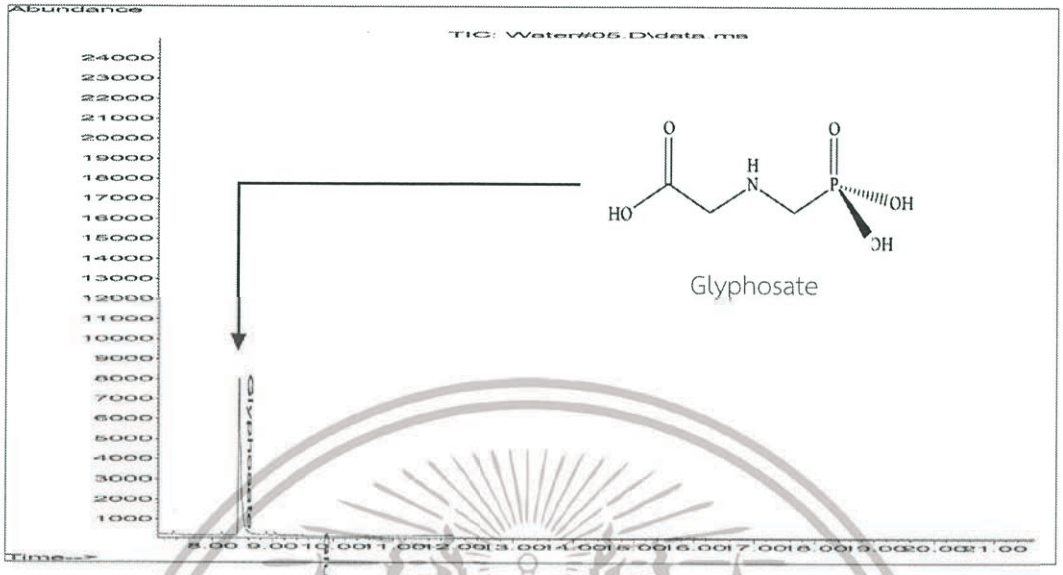


รูปที่ ง.14 โครมาโทแกรมของไกลโฟเสต (ปริมาณตั้งต้น 172 mg) บนชั้นพื้นผิวหนัง (Penetration) ของผ้าที่ถูกเคลือบด้วยแป้งข้าวโพดและไททาเนียมไดออกไซด์ที่ความเข้มข้นชนิดละ 40 กรัมต่อลิตร



รูปที่ ง.15 โครมาโทแกรมของไกลโฟเสต (ปริมาณตั้งต้น 172 mg) บนชั้นพื้นผิวหนัง (Penetration) ของผ้าที่ถูกเคลือบด้วยแป้งข้าวโพดและแมกนีเซียมออกไซด์ที่ความเข้มข้นชนิดละ 40 กรัมต่อลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

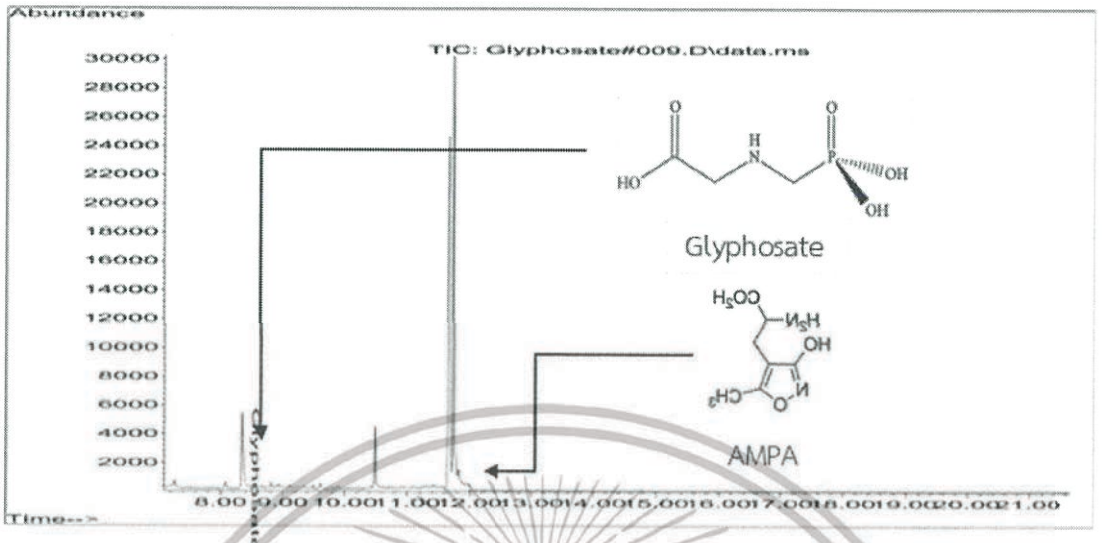


รูปที่ ง.16 โครมาโทแกรมของไกลโฟเสต (ปริมาณตั้งต้น 172 mg) บนชั้นพื้นผิวหนัง (Penetration) ของผ้าที่ถูกเคลือบด้วยแป้งข้าวโพดที่ความเข้มข้น 40 กรัมต่อลิตร และ แมกนีเซียมออกไซด์ ไททาเนียมไดออกไซด์ที่ความเข้มข้นชนิดละ 20 กรัมต่อลิตร

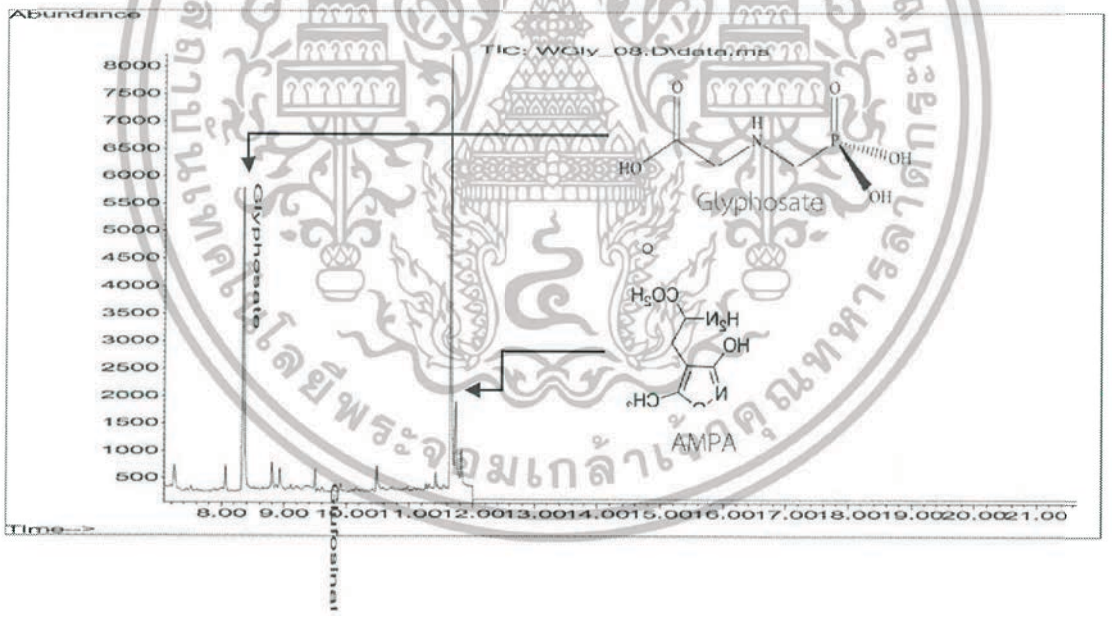


รูปที่ ง.17 โครมาโทแกรมของไกลโฟเสต (ปริมาณตั้งต้น 172 mg) บนชั้นพื้นผิวหนัง (Penetration) ของผ้าที่ไม่ได้ถูกเคลือบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

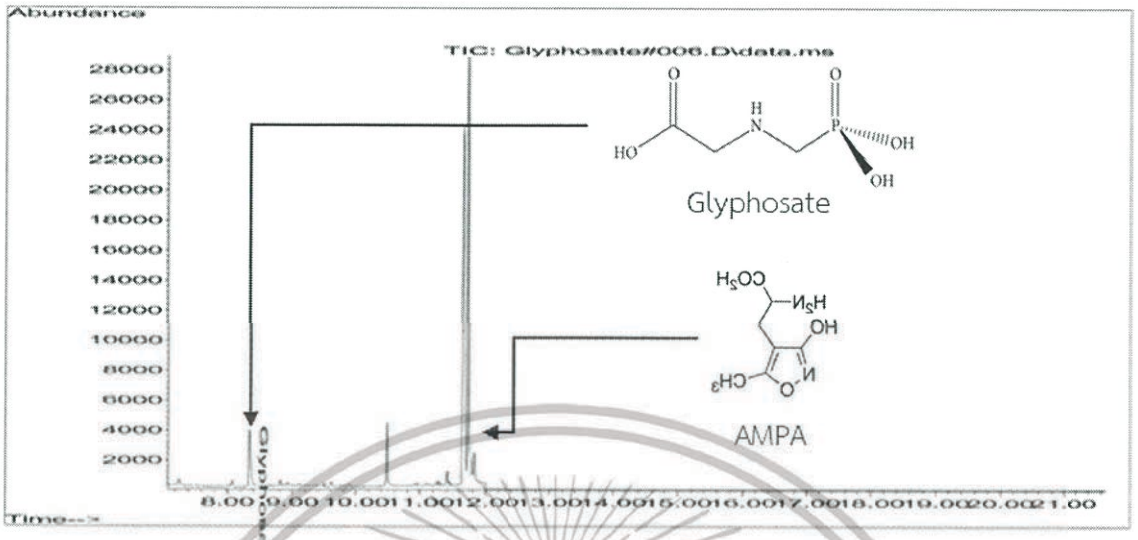


รูปที่ ง.18 โครมาโทแกรมของไกลโฟเสต (ปริมาณตั้งต้น 72 mg) บนชั้นพื้นผิวหนัง (Penetration) ของผ้าที่ถูกเคลือบด้วยแป้งข้าวโพดและแมกนีเซียมออกไซด์ที่ความเข้มข้นชนิดละ 40 กรัมต่อลิตร



รูปที่ ง.19 โครมาโทแกรมของไกลโฟเสต (ปริมาณตั้งต้น 3.6 mg) บนชั้นพื้นผิวหนัง (Penetration) ของผ้าที่ถูกเคลือบด้วยแป้งข้าวโพดและแมกนีเซียมออกไซด์ที่ความเข้มข้นชนิดละ 40 กรัมต่อลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

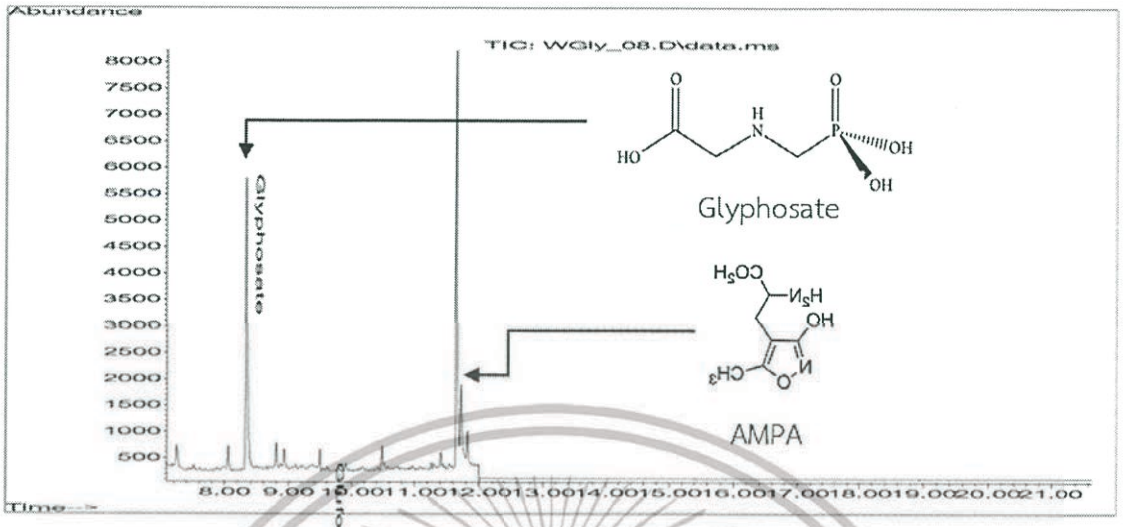


รูปที่ ง.20 โครมาโทแกรมของไกลโฟเสต (ปริมาณตั้งต้น 3.6 mg) ชั้นบนผ้า (Repellency) ของผ้าที่ถูกเคลือบด้วยแป้งข้าวโพดและแมกนีเซียมออกไซด์ที่ความเข้มข้นชนิดละ 40 กรัมต่อลิตร

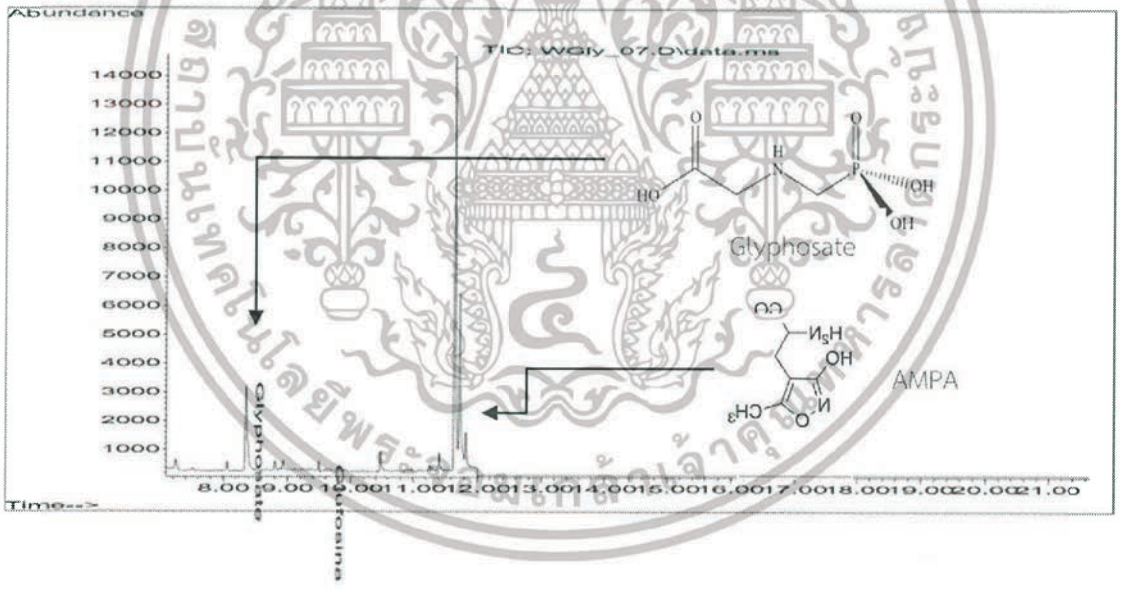


รูปที่ ง.21 โครมาโทแกรมของไกลโฟเสต (ปริมาณตั้งต้น 3.6 mg) บนชั้นผ้า (Retain on fabric) ของผ้าที่ถูกเคลือบแป้งข้าวโพดและแมกนีเซียมออกไซด์ที่ความเข้มข้นชนิดละ 40 กรัมต่อลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

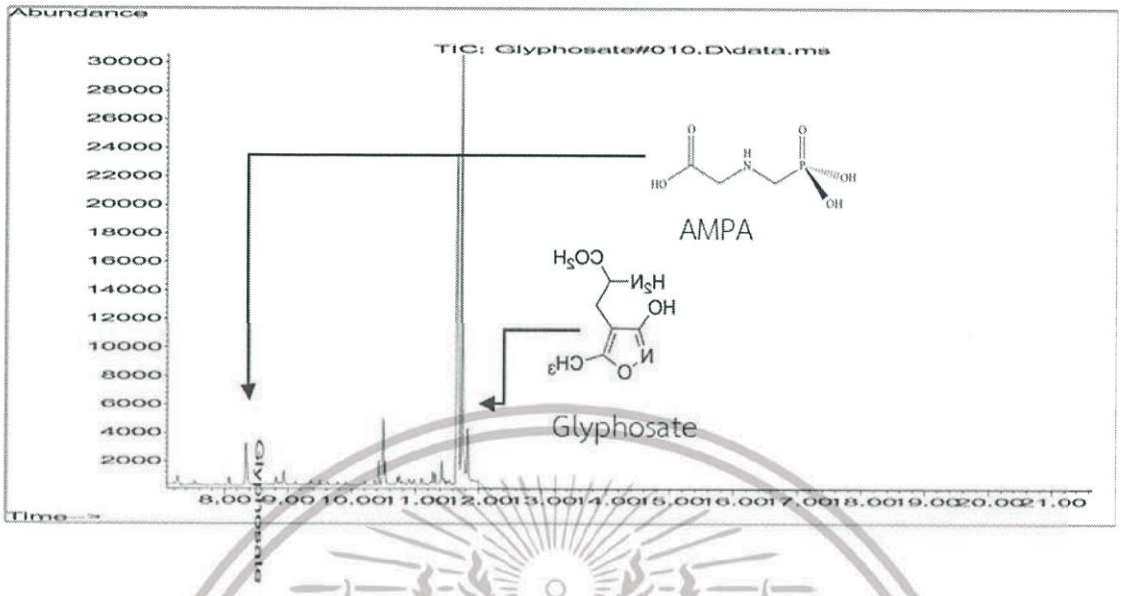


รูปที่ ง.22 โครมาโทแกรมของไกลโฟเสต (ปริมาณตั้งต้น 3.6 mg) บนชั้นผิวหนัง (Penetration) ของผ้าที่ถูกเคลือบด้วยแป้งข้าวโพดและแมกนีเซียมออกไซด์ ที่ความเข้มข้นชนิดละ 40 กรัมต่อลิตร



รูปที่ ง.23 โครมาโทแกรมของไกลโฟเสต (ปริมาณตั้งต้น 3.6 mg) บนชั้นของผ้า (Retain on fabric) ของผ้าที่ถูกเคลือบด้วยแป้งข้าวโพดและแมกนีเซียมออกไซด์ที่ความเข้มข้นชนิดละ 40 กรัมต่อลิตร เมื่อผ่านการซัก 1 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

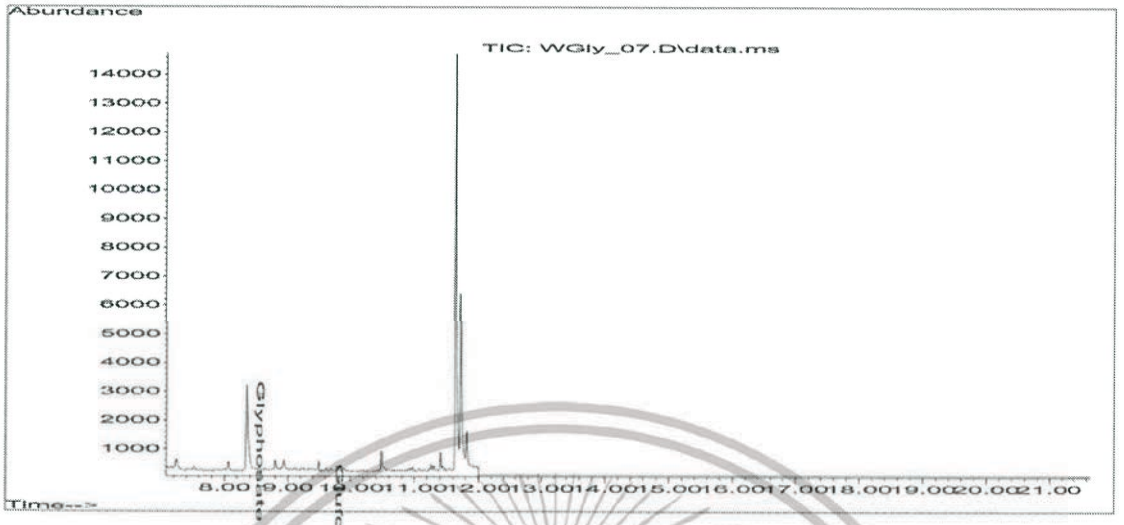


รูปที่ ง.24 โครมาโทแกรมของไกลโฟเสต (ปริมาณตั้งต้น 3.6 mg) ของผ้าที่ไม่ได้ถูกเคลือบ เมื่อผ่านการซัก 1 ครั้ง



รูปที่ ง.25 โครมาโทแกรมของไกลโฟเสต (ปริมาณตั้งต้น 3.6 mg) ชั้นผ้า ของผ้าที่ไม่ได้ถูกเคลือบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง.26 โครมาโทแกรมของไกลโฟเสต (ปริมาณตั้งต้น 3.6 mg) ชั้นบนของผ้า ที่ไม่ได้ถูกเคลือบ



รูปที่ ง.27 โครมาโทแกรมของไกลโฟเสต (ปริมาณตั้งต้น 3.6 mg) ชั้นผิวหนัง ของผ้าที่ไม่ได้ถูกเคลือบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) กราฟรายงานค่าการซึมผ่านของอากาศ (Air permeability test)

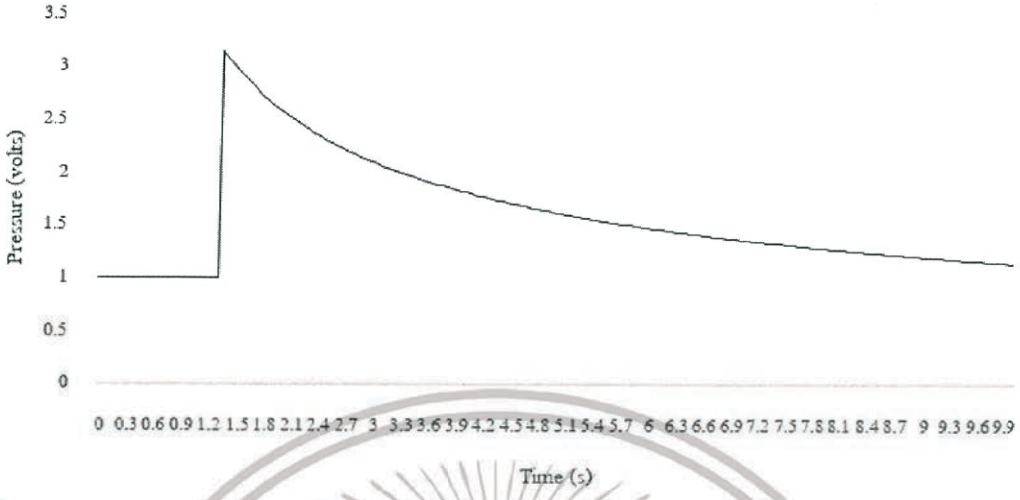


รูปที่ ง.28 กราฟรายงานค่าการซึมผ่านของอากาศของผ้าที่เคลือบด้วยแป้งข้าวโพดความเข้มข้น 40 กรัมต่อลิตร แมกนีเซียมออกไซด์และไททาเนียมออกไซด์ชนิดละ 20 กรัมต่อลิตร



รูปที่ ง.29 กราฟรายงานค่าการซึมผ่านของอากาศของผ้าที่เคลือบด้วยแป้งข้าวโพดความเข้มข้น 40 กรัมต่อลิตร และไททาเนียมออกไซด์ชนิดละ 40 กรัมต่อลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

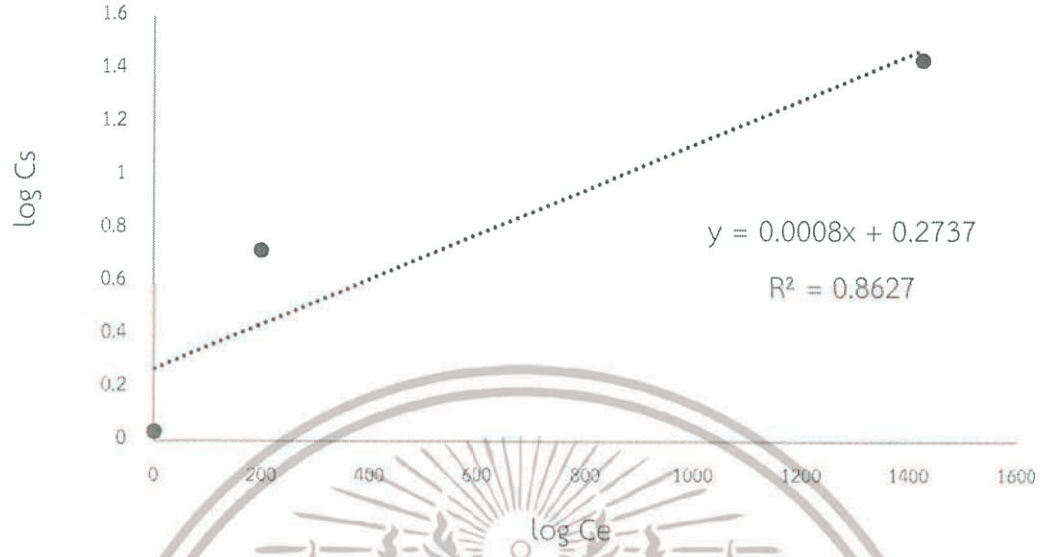


รูปที่ ง.30 กราฟรายงานค่าการซึมผ่านของอากาศของผ้าที่เคลือบด้วยแป้งข้าวโพดความเข้มข้น 40 กรัมต่อลิตร และแมกนีเซียมออกไซด์ชนิดละ 40 กรัมต่อลิตร

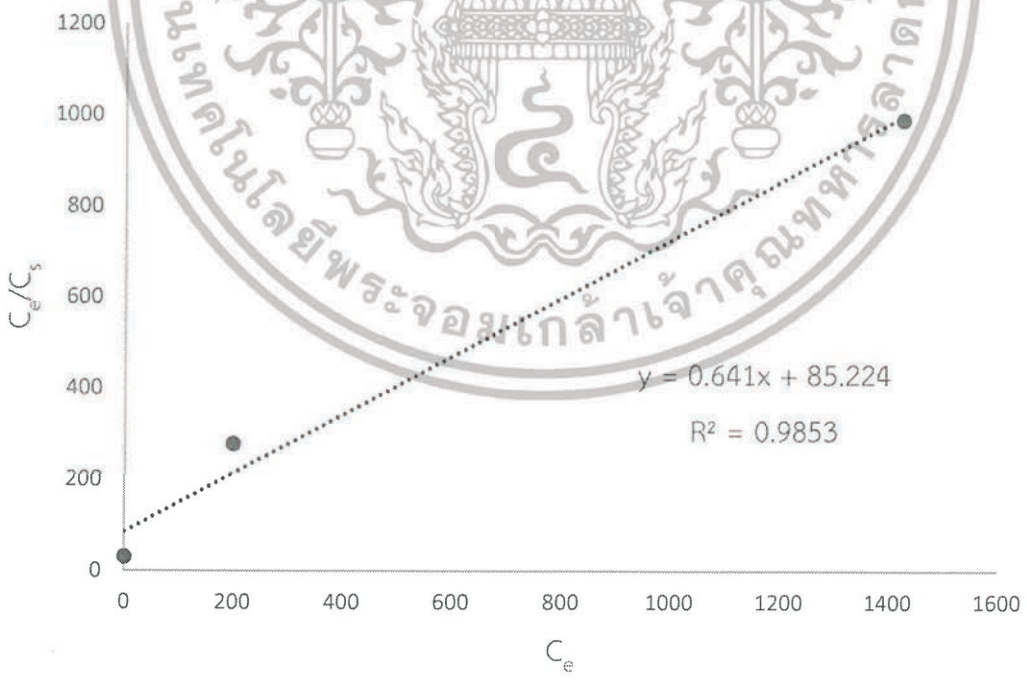


รูปที่ ง.31 กราฟรายงานค่าการซึมผ่านของอากาศของผ้าที่ไม่ได้ถูกเคลือบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

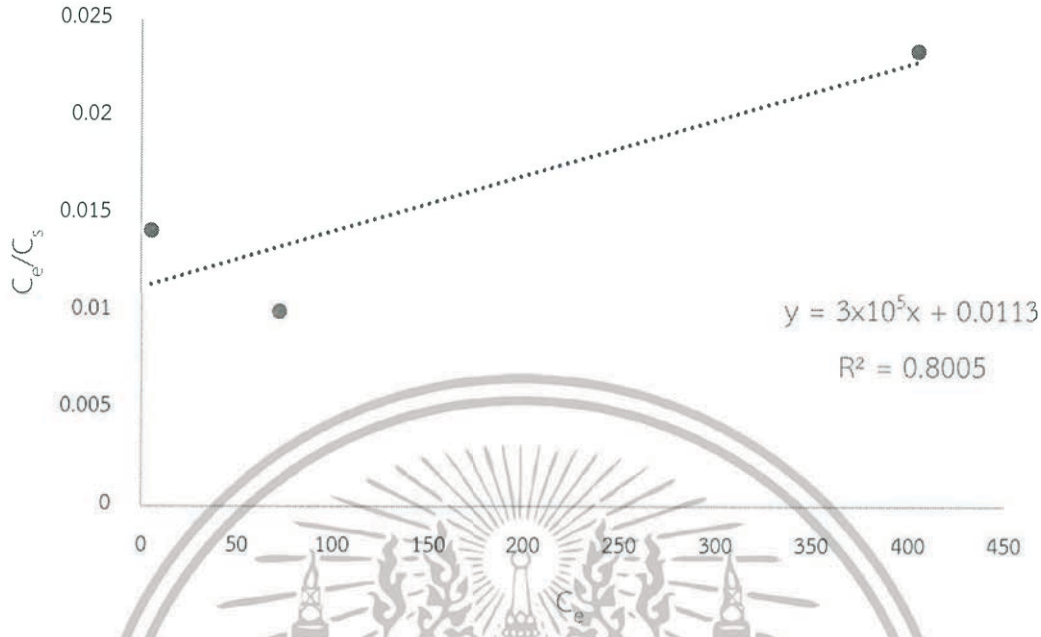


รูปที่ ง.32 สมการแบบฟรุนดิช (Freundlich) ของการดูดซับไกลโฟเสตของผ้าที่ไม่ได้ผ่านการเคลือบ

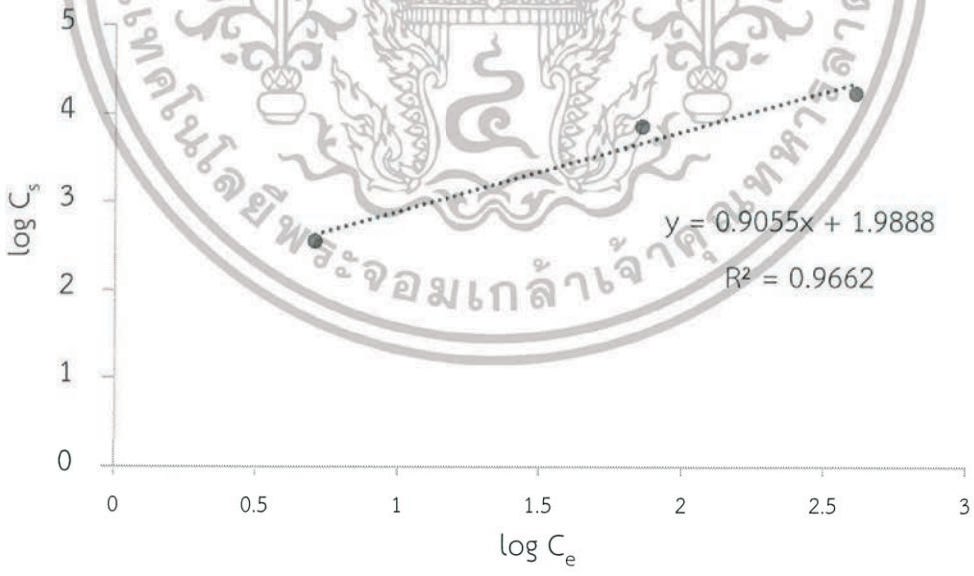


รูปที่ ง.33 สมการแบบแลงเมียร์ (Langmuir) ของการดูดซับไกลโฟเสตของผ้าที่ไม่ได้ผ่านการเคลือบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง.34 สมการแบบแลงเมียร์ (Langmuir) ของการดูดซับไกลโฟเสตด้วยปริมาณตัวดูดซับแป้งข้าวโพดและแมกนีเซียมออกไซด์ชนิดละ 40 กรัมต่อลิตร เวลาการดูดซับ 2 นาที



รูปที่ ง.35 สมการแบบฟรุนดิช (Freundlich) ของการดูดซับไกลโฟเสตด้วยปริมาณตัวดูดซับแป้งข้าวโพดและแมกนีเซียมออกไซด์ชนิดละ 40 กรัมต่อลิตร เวลาการดูดซับ 2 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

ข้อมูลความเป็นพิษของสาร

1) ความเป็นพิษของพาราควอต

Chemical Name:	1,1'-Dimethyl-4,4'-bipyridinium dichloride
Chemical Formula:	$C_{12}H_{14}Cl_2N_2$
LD_{50} Oral rats:	707 mg /kg
LD_{50} Dermal rats:	590 mg /kg
Inhalation Nose:	bleeding and soreness of the throat may result from spray mist or dust trapped on the nasal mucosa. If this occurs review spraying and handling technique.
Skin Irritation:	Moderate/severe irritant to rabbit skin.
Eye Irritation:	May cause eye irritation in man.

2) ความเป็นพิษของไกลโฟเสต

Chemical Name:	N-(phosphonomethyl)glycine
Chemical Formula:	$C_6H_{17}N_2O_5P$
LD_{50} Oral rats:	> 5,000 mg/kg
LD_{50} Dermal rats:	> 5,000 mg/kg
Acute inhalation toxicity inhalation LC_{50} (rat):	> 7.03 mg/L
Eye Irritation:	None to Slight
Skin Irritation:	None to Slight

3) ความเป็นพิษของคลอร์ไพริฟอส

Chemical Name:	O,O-Diethyl O-3,5,6-trichloropyridin-2-yl phosphorothioate
Chemical Formula:	$C_9H_{11}ClNO_3PS$
LD_{50} Oral rats:	> 223 mg/kg
LD_{50} Dermal rats:	> 5,000 mg/kg
Acute inhalation toxicity inhalation LC_{50} (rat):	> 0.2 mg/L

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Eye Irritation: Slight irritation resolved within 24 hours

Skin Irritation: Mild irritation resolved within 7 days.

4) ความเป็นพิษของ AMPA

Chemical Name: Aminomethyl phosphonic acid

Chemical Formula: $C_6H_{17}N_2O_5P$

LD_{50} Oral rats: -

LD_{50} Dermal rats: -

Acute inhalation toxicity inhalation LC_{50} (rat): -

Eye Irritation: None to Slight

Skin Irritation: None to Slight

5) ความเป็นพิษของ QINA

Chemical Name: 4-Methylnicotinic acid

Chemical Formula: $C_7H_7NO_2$

LD_{50} Oral rats: -

LD_{50} Dermal rats: -

Acute inhalation toxicity inhalation LC_{50} (rat): -

Eye Irritation: None to Slight

Skin Irritation: None to Slight

6) ความเป็นพิษของ TCPy

Chemical Name: 3,5,6-trichloro-2-pyridinol

Chemical Formula: $C_5H_2Cl_3NO$

LD_{50} Oral rats: -

LD_{50} Dermal rats: -

Acute inhalation toxicity inhalation LC_{50} (rat): -

Eye Irritation None to Slight

Skin Irritation: None to Slight

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้