

การลดปริมาณสารฆ่าแมลงเมทาไมโดฟอสในน้ำ
ด้วยไอโซน



นางสาวเกศรัตน์ สุดเกตุ

นางสาวเลวลักษณ์ วงศ์เลิศสุวรรณ

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2542

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 37653
วัน, เดือน, ปี 19 ก.ย. 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Reduction of Methamidophos in Water by Ozone



A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the
Requirement for the Degree of Bachelor of Science
Department of Chemistry
Faculty of Science
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
1999

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ

การลดปริมาณสารฆ่าแมลงเมทาไมโดฟอสในน้ำ
ด้วยโอโซน

โดย

นางสาวเกศรัตน์ สุดเกตุ

นางสาวเสาวลักษณ์ วงศ์เลิศสุวรรณ

ภาควิชา

เคมี

อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร.ชมพูนุท ไชยรักษ์

ภาควิชาเคมี

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้า

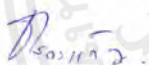
คุณทหารลาดกระบัง

อนุมัติให้นำโครงการพิเศษฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตร
บัณฑิต

(ผศ.ดร.สมศักดิ์ วรมงคลชัย)

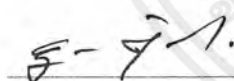
หัวหน้าภาคเคมี

คณะกรรมการโครงการพิเศษ



ประธานกรรมการ

(อ.กรองแก้ว ทิพย์ศักดิ์)



กรรมการ

(อ.ยุพา ต้นทวี)



กรรมการ

(ดร.ชมพูนุท ไชยรักษ์)

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ	การลดปริมาณสารฆ่าแมลงเมทาไมโดฟอสในน้ำด้วยโอโซน
โดย	นางสาวเกศรัตน์ สุดเกตุ นางสาวเสาวลักษณ์ วงศ์เลิศสุวรรณ
ภาควิชา	เคมี
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.ชมพูนุท ไชยรักษ์
ภาควิชา	เคมี

บทคัดย่อ

โครงการพิเศษนี้เป็นการศึกษาการหาปริมาณโอโซนที่ได้จากเครื่องผลิตโอโซนโดยวิธีการดูคลอรีนด้วยโพแทสเซียมไอโอไดด์ พบว่าเครื่องผลิตโอโซนที่ใช้สามารถผลิตโอโซนได้ 0.5 มิลลิกรัมต่อชั่วโมง ส่วนการหาประสิทธิภาพในการสกัดสารฆ่าแมลงเมทาไมโดฟอสที่มีความเข้มข้น 1000 พีพีเอ็ม ออกจากน้ำโดยใช้เอทิลอะซิเตตเป็นตัวทำละลาย แล้วทำการระเหยโดยใช้เครื่องระเหยและเป่าไล่เอทิลอะซิเตตด้วยก๊าซไนโตรเจน พบว่าประสิทธิภาพในการสกัดเมทาไมโดฟอสออกจากน้ำนั้นอยู่ในช่วง 68-89 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการศึกษาการลดปริมาณสารฆ่าแมลงเมทาไมโดฟอสที่ปนเปื้อนในน้ำด้วยโอโซน โดยทำการศึกษาปริมาณเมทาไมโดฟอสที่ลดลง เมื่อผ่านโอโซนจากเครื่องผลิตโอโซนลงในสารละลายเมทาไมโดฟอสที่พีเอช 4.5, 7 และ 9 ณ อุณหภูมิห้อง ในเวลา 60 นาที พบว่าที่ พีเอช 9 ปริมาณเมทาไมโดฟอสลดลงมากที่สุดได้ถึง 31.87 เปอร์เซ็นต์ และรองลงมาคือที่ พีเอช 7 และ พีเอช 4.5 มีค่าลดลง 22.99 เปอร์เซ็นต์ และ 13.12 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนที่อุณหภูมิ 20-30^oซ, 30-40^oซ และ 40-50^oซ ในเวลา 60 นาที พบว่าที่อุณหภูมิ 20-30^oซ เมทาไมโดฟอสลดลงถึงร้อยละ 26.14 และที่อุณหภูมิ 30-40^oซ ลดลงร้อยละ 19.84 แต่ที่อุณหภูมิ 40-50^oซ ผลการทดลองที่ได้มีผลตรงกันข้ามกับผลการทดลองที่สภาวะอื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Project Title	Reduction of Methamidophos in Water by Ozone
Name	Ms.Ketrat Sudket Ms.Saowaluk Wonglertsuwan
Special Project Advisors	Dr.Chompoomut Chaiyaraksa
Department	Chemistry
Academic Year	1999

Abstract

In this special project, an ozone production efficiency of an ozone generator was tested by using KI absorbtion technique. Its efficiency was found 0.50 mg/hr. Methamidophos contaminated in water at 1000 ppm concentration had been extracted by using separatory funnel. Ethylacetate was a solvent and HPLC was used to analyse the extract. The extracion efficiency is between 68-89%. The percent reduction of methamidophos by using ozone under various conditions were studied. While ozonation time was fixed at 60 minutes, pH values were varied to 4.5, 7 and 9. The percent reduction of methamidophos concentrations were 31.87% at pH9, 22.99% at pH7 and 13.12% at pH4.5. The last part of the project, the effect of temperature was studied by varying 3 temperature ranges which were 20-30 °C, 30-40 °C and 40-50 °C. pH and ozonation time were fixed at 4.5 and 60 minutes, respectively. Methamidophos concentrations were reduced from 100% to 26.14% at temperature 20-30 °C and to 19.84% at temperature 30-40 °C. In contrast, methamidophos concentration was increased at temperature 40-50°C.

กิตติกรรมประกาศ

ในการทำโครงการพิเศษเรื่อง การลดปริมาณสารฆ่าแมลงเมทาไมโดฟอสในน้ำ ด้วยโอโซนสามารถสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากผู้จัดทำได้รับความอนุเคราะห์ช่วยเหลือในการดำเนินการโครงการพิเศษนี้จากผู้มีพระคุณหลาย ๆ ท่าน ดังนี้

ดร.ชมพูนุท ไชยรักษ์ อาจารย์ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการพิเศษที่ได้ให้คำแนะนำและความช่วยเหลือในการดำเนินงานด้วยดีตลอดมา

อ.กรองแก้ว ทิพย์ศักดิ์ อาจารย์ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้ให้คำแนะนำและคำปรึกษาด้วยดีตลอดมา

อ.ยุพา ตันทวี อาจารย์ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้ให้คำปรึกษาและสอนการใช้เครื่อง HPLC

นส.กัญญา มงคลโกชนันท์ เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้อำนวยความสะดวกและคำแนะนำในการใช้เครื่อง HPLC

นายสุวัฒน์ ศิวาคม เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้อำนวยความสะดวกในการใช้อุปกรณ์ในการทดลอง

นอกจากผู้มีรายนามข้างต้น ผู้จัดทำขอขอบพระคุณทุกท่านที่มีส่วนช่วยเหลือให้โครงการพิเศษครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เกศรัตน์ สุดเกตุ

เสาวลักษณ์ วงศ์เลิศสุวรรณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อโครงการพิเศษภาษาไทย	ก
บทคัดย่อโครงการพิเศษภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญรูป	ง
สารบัญตาราง	ช
คำอธิบายสัญลักษณ์ และคำย่อ	ฐ
บทที่ 1. บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มาของวิทยานิพนธ์	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตการศึกษา	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2. ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง	
2.1 การจำแนกประเภทของสารเคมีกำจัดแมลงศัตรูพืชตามองค์ประกอบทางเคมี	4
2.2 ปริมาณการนำเข้าและปริมาณการตกค้าง	7
2.3 การลดปริมาณสารพิษตกค้างในผักและผลไม้	7
2.4 การลดสารพิษโดยวิธีอื่น ๆ	8
2.5 ไอโซน	
2.5.1 ไอโซนและคุณสมบัติของไอโซน	14
2.5.2 การผลิตไอโซน	19
2.5.3 จลศาสตร์ของไอโซนในน้ำ	22
2.5.4 การประยุกต์ใช้ไอโซน	24
2.5.5 การบำบัดด้วยไอโซน	24
บทที่ 3. การดำเนินการวิจัย	
3.1 อุปกรณ์และสารเคมี	28
3.2 ปริมาณไอโซนที่ได้จากเครื่องผลิตไอโซน	29
3.3 การทดสอบประสิทธิภาพของการสกัดเมทราไมโดฟอสออกจากน้ำ	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
3.4 การศึกษาสภาวะและปริมาณโอโซนที่เหมาะสมในการย่อยสลาย เมทามิโดฟอสในน้ำ	31
บทที่ 4. ผลการทดลอง	
4.1 ปริมาณโอโซนที่ได้จากเครื่องผลิตโอโซน	35
4.2 การทดสอบประสิทธิภาพในการสกัดสารฆ่าแมลงเมทามิโดฟอสจากน้ำ	38
4.3 การทดสอบประสิทธิภาพในการย่อยสลายสารฆ่าแมลงเมทามิโดฟอส ในน้ำด้วยโอโซน	39
4.4 ปัญหาที่พบในการทดลอง	46
บทที่ 5. สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง	
5.1 สรุปผลการทดลอง	50
5.2 ข้อเสนอแนะ	50
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก.	52
ภาคผนวก ข.	56
ภาคผนวก ค.	73
ภาคผนวก ง.	119
เอกสารอ้างอิง	127

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 การบำบัดด้วยการตกตะกอนโดยสารเคมีในการบำบัดด้วยโอโซน และคาร์บอนกัมมันต์	9
รูปที่ 2.2 การใช้โอโซนและคาร์บอนกัมมันต์ช่วยในการกรอง	9
รูปที่ 2.3 กราฟแสดงประสิทธิภาพในการกำจัดออร์กาโนคลอรีนเมื่อใช้คาร์บอนกัมมันต์ชนิดเม็ด ยี่ห้อ MCRIT ในปริมาณที่ต่างกัน	11
รูปที่ 2.4 กราฟแสดงประสิทธิภาพในการกำจัดออร์กาโนคลอรีนเมื่อใช้คาร์บอนกัมมันต์ชนิดเม็ดยี่ห้อ CALGON ในปริมาณที่ต่างกัน	12
รูปที่ 2.5 กราฟแสดงรูปแบบการย่อยสลายไดอะซินอนด้วยโอโซน	13
รูปที่ 2.6 การกระจายของอนุพันธ์ต่าง ๆ ในการย่อยสลายไดอะซินอน	13
รูปที่ 2.7 แรงดึงผิวของสารละลายเมื่อเติมไดอะซินอน และสารอินทรีย์ที่ผลิตจากการย่อยสลายของไดอะซินอนด้วยโอโซน	14
รูปที่ 2.8 แสดงขบวนการย่อยสลายของโอโซน	18
รูปที่ 2.9 แสดงพื้นฐานในการผลิตโอโซน	19
รูปที่ 2.10 กราฟแสดงปริมาณอัตราการไหลของออกซิเจนที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงพลังงาน ปริมาณโอโซน และความเข้มข้นของ โอโซน	21
รูปที่ 2.11 แสดงปฏิกิริยาของโอโซนในสารละลาย	22
รูปที่ 2.12 แสดงปฏิกิริยาของสารตั้งต้นกับโอโซน และปฏิกิริยาการย่อยสลายโอโซน	23
รูปที่ 2.13 การเพิ่มขึ้นของการย่อยสลายเมื่อเชื่อมกันระหว่างโอโซนและโซโนไลซิส เปรียบเทียบกับที่ไม่ได้ทำร่วมกันที่ความถี่ 20 และ 500 กิโลเฮิร์ตซ์	26
รูปที่ 2.14 แสดงการย่อยสลายของสารตั้งต้น และปฏิกิริยาร่วมกันระหว่างโอโซน และ โซโนไลซิส	26
รูปที่ 2.15 แสดงการย่อยสลายไตรไนโตรโทลูอินปริมาตร 3.5 ลิตร 170 ไมโครเมตร ที่ pH 4.7 ด้วยพลังงาน 300 7 กิโลจูล	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและนำร่องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

	หน้า
รูปที่3.1 แสดงการเก็บไอโซนด้วยวิธี KI absorption	30
รูปที่3.2 แสดงขั้นตอนในการสกัด	32
รูปที่3.3 แสดงการย่อยสลายด้วยไอโซนโดยการควบคุม pH อุณหภูมิ ที่เวลาต่าง ๆ	32
รูปที่3.4 แสดงการย่อยสลายด้วยออกซิเจนโดยการควบคุม pH ที่เวลาต่าง ๆ	33
รูปที่3.5 แสดงการย่อยสลายด้วยไอโซนโดยการควบคุมอุณหภูมิที่เวลาต่าง ๆ	33
รูปที่3.6 แสดงการย่อยสลายด้วยออกซิเจนโดยการควบคุมอุณหภูมิที่เวลาต่าง ๆ	34
รูปที่4.1 กราฟแสดงปริมาณไอโซนเป็นมิลลิกรัมที่ได้จากเครื่องผลิต ไอโซนที่เวลา 5, 10 และ 15 นาที	37
รูปที่4.2 กราฟเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดปริมาณสารฆ่าแมลง เมทามิโดฟอสในน้ำระหว่างการใช้อิโซนและออกซิเจนที่ pH 4.5	39
รูปที่4.3 กราฟเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดปริมาณสารฆ่าแมลง เมทามิโดฟอสในน้ำระหว่างการใช้อิโซนและออกซิเจนที่ pH 7	40
รูปที่4.4 กราฟเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดปริมาณสารฆ่าแมลง เมทามิโดฟอสในน้ำระหว่างการใช้อิโซนและออกซิเจนที่ pH 9	40
รูปที่4.5 กราฟเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดปริมาณสารฆ่าแมลง เมทามิโดฟอสในน้ำระหว่างการใช้อิโซนและออกซิเจน ที่อุณหภูมิ 20-30 ° C	41
รูปที่4.6 กราฟเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดปริมาณสารฆ่าแมลง เมทามิโดฟอสในน้ำระหว่างการใช้อิโซนและออกซิเจน ที่อุณหภูมิ 30-40 ° C	42
รูปที่4.7 กราฟแสดงประสิทธิภาพในการลดปริมาณสารฆ่าแมลง เมทามิโดฟอสในน้ำด้วยออกซิเจนที่อุณหภูมิ 340-50 ° C	42
รูปที่4.8 กราฟแสดงประสิทธิภาพในการลดปริมาณสารฆ่าแมลง เมทามิโดฟอสด้วยไอโซนที่ pH 4.5, 7 และ 9	43
รูปที่4.9 กราฟแสดงประสิทธิภาพในการลดปริมาณสารฆ่าแมลง เมทามิโดฟอสด้วยไอโซนที่ pH 4.5, 7 และ 9	44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

	หน้า
รูปที่4.10 กราฟแสดงประสิทธิภาพในการลดปริมาณสารฆ่าแมลง เมทาทาไมโดฟอสด้วยไอโซนที่อุณหภูมิ 20-30°Cและ 30-40°C	45
รูปที่4.11 กราฟแสดงประสิทธิภาพในการลดปริมาณสารฆ่าแมลงเมทาทาไมโดฟอส ด้วยออกซิเจนที่อุณหภูมิ 20-30 ° C 30-40°Cและ40-50 ° C	45
รูปที่4.12 แสดงกราฟที่ไม่แยกจากกันที่ได้จากการทดลอง	47
รูปที่4.13 แสดงเบลไลน์ที่ไม่เป็นเส้นตรง	47
รูปที่4.14 แสดงกราฟที่วิเคราะห์ได้ก่อนล้างการคัดคอลลัมน์	48
รูปที่4.15 แสดงกราฟที่วิเคราะห์ได้หลังล้างการคัดคอลลัมน์	48

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่4.1 แสดงปริมาณไอโซนที่เก็บได้ในการทดลองสองครั้ง	35
ตารางที่4.2 แสดงประสิทธิภาพในการสกัดเมทามิโดฟอสออกจากน้ำ	38



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและข้อมูลอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญลักษณ์และคำย่อ

คำย่อ	ความหมาย
GAC	คาร์บอนกัมมันต์ชนิดเม็ด (Granular Activated Carbon)
THM	ไตรฮาโลมีเทน
PAC	คาร์บอนกัมมันต์ชนิดผง (Powder Activated Carbon)
H	เอ็นทัลปี
GVB	Generalized Valence Bond
CI	Configuration interaction
AS	Activated Sludge
TNT	ไตรไนโตรโทลูอีน
SL	เป็นของเหลวผสมเนื้อเดียวกัน สารออกฤทธิ์ละลายน้ำหรือ แอลกอฮอล์ได้ดี
LD ₅₀	ขนาด, ปริมาณที่ทำให้สัตว์ทดลองโดยเฉลี่ยแล้วทำให้สัตว์ทดลองตาย 50 เปอร์เซ็นต์ (Median Lethal Dose)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของวิทยานิพนธ์

สารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสเป็นสารที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อเกษตรกร ผู้ใช้ กรรมกรในโรงงานผลิต และผู้บริโภคคนนอกจากนี้ยังก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อม ปัญหาความเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตในดินและในน้ำ ซึ่งในปี พ.ศ.2536 มีการนำเข้าของสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส 35 ชนิด ซึ่งสูงถึง 95 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณการนำเข้าทั้งหมด และในปี พ.ศ. 2538 พบว่า ชนิดที่มีการนำเข้ามากที่สุด คือ เมททามิโดฟอส โมโนโครโตฟอส และเมทิลพาราไรออน ตามลำดับ(1) ในระหว่างปี พ.ศ. 2511–2522 พบสารฆ่าแมลงตกค้างในผักและผลไม้ มากกว่า 45 เปอร์เซ็นต์(2)ซึ่งในแต่ละปีพบสารฆ่าแมลงตกค้างเพิ่มสูงขึ้น จนปัจจุบันปัญหาเรื่องการตกค้างของสารพิษที่ใช้ในการเกษตร นับว่าเป็นปัญหาสำคัญปัญหาหนึ่ง ทางรัฐบาลโดยกองวัตถุมีพิษการเกษตรจึงได้ค้นหาวิธีลดปริมาณสารพิษตกค้างในผลผลิตทางการเกษตรอย่างต่อเนื่อง เช่น การล้างด้วยน้ำสะอาด และน้ำผสมสารต่าง ๆ ซึ่งการปรุงอาหารด้วยวิธีการต่าง ๆ ก็ยังสามารถช่วยลดปริมาณสารพิษตกค้างได้(1) นอกจากนี้ ยังมีงานวิจัยอีกหลายชิ้นที่ได้ทำการศึกษาลดปริมาณสารพิษตกค้างจำพวกสารฆ่าแมลงที่ปนเปื้อนในน้ำโดยใช้คาร์บอนกัมมันต์และโอโซน(3,4,5) ซึ่งโอโซนเป็นสารออกซิไดซ์ตัวหนึ่งที่มีการนำมาประยุกต์ใช้กันอย่างกว้างขวาง เช่น การบำบัดน้ำเสียจากโรงงานทำกระดาษด้วยโอโซน(6) การย่อยสลายสารประกอบอะโรมาติกในน้ำโดยเชื่อมกันระหว่างโซโนไลซิสและโอโซน(7) และการย่อยสลาย 2,4,6 ไตรไนโตรโทลูอินด้วยโอโซน(8) เนื่องจากโอโซนสามารถบำบัดสารฆ่าแมลงได้ ในการศึกษาจึงได้นำโอโซนมาใช้ในการลดปริมาณสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสชนิดเมททามิโดฟอส เนื่องจากปริมาณการนำเข้าที่สูงเป็นอันดับหนึ่งในปี 2538 ถึง 1,192,535 กิโลกรัมและคาดว่าจะมีการปนเปื้อนในน้ำได้ง่าย เพราะเมททามิโดฟอสสามารถละลายในน้ำได้ นอกจากนี้พบว่าเมททามิโดฟอสมีระยะเวลาในการตกค้างที่สูงคือประมาณ 1 เดือน โดยดูจากระยะเวลาที่สามารถเก็บเกี่ยวได้หลังการฉีดพ่น(9) นอกจากนี้คุณสมบัติในการละลายน้ำและระยะเวลาในการตกค้าง ยังพบว่าเมททามิโดฟอสจัดเป็นสารที่มีความเป็นพิษสูงโดยมีค่า LD₅₀ ของหนูเป็น 30 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม(ทางปาก)และ 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม(ทางผิวหนัง) (10) ด้วยเหตุนี้ทางผู้จัดทำจึงสนใจที่จะศึกษาการลดปริมาณสารฆ่าแมลง

เมททามิโดฟอสในน้ำด้วยโอโซน โดยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะประโยชน์และเป็นแนวทางในการศึกษาต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อหาปริมาณโอโซนที่ผลิตได้จากเครื่องผลิตโอโซน
2. เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของการสกัด เมททามิโดฟอสออกจากน้ำ
3. เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการย่อยสลายเมททามิโดฟอสในน้ำ

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1. ทำการเก็บโอโซนจากเครื่องผลิตโอโซน และหาความเข้มข้นของโอโซนที่เก็บได้โดยวิธีการดูดกลืนด้วยโพแทสเซียมไอโอไดด์เมื่ออัตราการผลิตโอโซนคงที่ที่เวลา 5, 10 และ 15 นาที
2. ทำการพ่นหรือฉีดสารฆ่าแมลงเมททามิโดฟอสที่ทราบความเข้มข้นเริ่มต้นแน่นอนลงไปใต้น้ำหลังจากนั้นทำการสกัดสารฆ่าแมลง ดังกล่าวออกจากน้ำโดยใช้กรวยสกัด แล้วนำไปหาเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นของเมททามิโดฟอส ที่สกัดได้
3. ทำการสร้างถังปฏิกรณ์(reactor) เพื่อใช้ในการทดลอง โดยทำการย่อยสลายสารละลายเมททามิโดฟอส ในถังปฏิกรณ์ด้วยโอโซนโดยเปรียบเทียบกับออกซิเจน ทำการทดลองโดยแปรผันตัวแปรดังนี้ คือ

pH 4.5, 7 และ 9

อุณหภูมิ 20-30 °C

30-40 °C

40-50 °C

เวลา

30, 60, 90 และ 120 นาที

เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการย่อยสลายสารละลายเมททามิโดฟอส

1.4 ประโยชน์ที่จะได้รับ

1. เพื่อทราบถึงประสิทธิภาพของเครื่องผลิตโอโซนในการผลิตโอโซน
2. เพื่อทราบถึงเทคนิคและวิธีการที่เหมาะสมในการสกัดสารละลายเมทามิโดฟอสออกจากรู้น้ำ
3. เพื่อทราบถึงประสิทธิภาพของโอโซนและสภาวะที่เหมาะสมในการลดปริมาณสารฆ่าแมลงเมทามิโดฟอส
4. เพื่อใช้เป็นจุดเริ่มต้นและแนวทางในการศึกษาและประยุกต์ใช้กับวิธีการต่าง ๆ ในการกำจัดสารปราบศัตรูพืชอื่นๆ



บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 การจำแนกประเภทของสารเคมีกำจัดแมลงศัตรูพืชตามองค์ประกอบทางเคมี

สารเคมีกำจัดแมลงศัตรูพืชมีองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกัน การแบ่งชนิดของสารกำจัดแมลงศัตรูพืชด้วยวิธีนี้ จะครอบคลุมสารกำจัดแมลงได้ค่อนข้างละเอียดไม่ซ้ำซ้อน แบ่งออกได้เป็นประเภทต่าง ๆ ดังนี้

2.1.1 ประเภทอนินทรีย์สาร (Inorganic insecticides)

เป็นสารกำจัดแมลงศัตรูพืช ที่มีธาตุโลหะเป็นองค์ประกอบ และไม่มีคาร์บอนผสม เช่น สารประกอบของปรอท สารหนู โซเดียมฟลูออไรด์ ไครโอไลต์ โบแรกซ์ และผงกำมะถัน เป็นต้น

สารฆ่าแมลงประเภทอนินทรีย์สารเป็นสารประเภทกินตายมีอันตรายน้อยต่อแมลงต้องใช้ในปริมาณมากเพื่อการป้องกันกำจัดและอาจทำให้ใบพืชไหม้ (phytotoxic) สารในกลุ่มนี้ชนิดที่โดดเด่นมีอยู่ 2 ชนิดคือ สารหนู และฟลูออรีน

2.1.2 ประเภทอินทรีย์สาร (Organic insecticides)

เป็นสารเคมีกำจัดศัตรูพืชกลุ่มใหญ่ สามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มย่อย ดังนี้

1. สารอินทรีย์ที่ได้จากพืช

สารเคมีกำจัดศัตรูพืชประเภทนี้ มีหลายชนิด ปัจจุบันได้พบพืชหลายชนิดมีคุณสมบัติฆ่าแมลงได้ แต่การที่จะนำมาใช้เป็นสารฆ่าแมลงได้ดีนั้นมีจำนวนน้อย เนื่องจากสารฆ่าแมลงจากพืชมีข้อบกพร่องหลายประการ เช่น สลายตัวไวหลังจากสกัดออกมา วิธีการที่จะให้ได้สารฆ่าแมลงจากพืชชุกชุม ต้องใช้พืชในปริมาณมาก ทำให้มีราคาแพง พืชบางชนิดมีพิษต่อคนและสัตว์เลือดอุ่นสูง เป็นต้น ฉะนั้นในทางปฏิบัติจึงมีการนำสารฆ่าแมลงจากพืชมาใช้กันน้อย

สารฆ่าแมลงที่ได้จากพืชจะนำมาใช้ประโยชน์ในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืช ได้แก่ ไพเรทรอยด์ นิโคตินอยด์ โรตีนอยด์ สารสกัดจากสะเดา

2. สารอินทรีย์สังเคราะห์

จำแนกได้เป็น 6 ชนิด ได้แก่

1. สารไพเรทรอยด์สังเคราะห์

2. ออร์กาโนคลอรีน (Organochlorine) มีส่วนประกอบที่สำคัญคือ คาร์บอนคลอรีน ไฮโดรเจน รวมทั้ง C-Cl bonds มี cycle carbon chains รวมทั้งวงเบนซีน เป็นชนิด apolar และละลายได้ดีในไขมัน ไม่ละลายในน้ำหรือละลายได้น้อยมาก ทำให้สารนี้คงทนอยู่ได้นานในสภาพแวดล้อม สารกลุ่มใหญ่ได้ 4 กลุ่ม คือ ดีดีที เบนซีนเฮกซะคลอไรด์ สารประกอบไซโครไดอิน และสารประกอบเทอร์พีน

3. ออร์กาโนฟอสเฟต (Organophosphate) เป็นสารฆ่าแมลงที่ได้จากการแปรรูปของกรดฟอสฟอริก การทำลายของสารฆ่าแมลงในกลุ่มนี้มีผลต่อระบบประสาท โดยไปยับยั้งการทำงานของเอ็นไซม์โคลีนเอสเตอเรส ทำให้เกิดการสะสมอะซิติลโคลีนในร่างกาย ทำให้เกิดการกระตุ้นของกล้ามเนื้อเมื่อมีผลทำให้เป็นอัมพาต สารฆ่าแมลงกลุ่มนี้แบ่งเป็น 3 กลุ่มย่อย ได้แก่ อะลิฟาติกเดริเวทีฟ ฟีนิลเดริเวทีฟ และเฮทเทอโรไซคลิกเดริเวทีฟ

4. คาร์บาเมต (carbamates) เป็นสารฆ่าแมลงที่สังเคราะห์ได้ในรูปเอสเทอร์ของกรดคาร์บาไมค โดยเลียนแบบสูตรโครงสร้างของสาร physostigmine ที่พบในเมล็ดถั่วคาลาบาร์ ความเป็นพิษของสารฆ่าแมลง physostigmine จะทำลายระบบประสาท และไปยับยั้งการทำงานของน้ำย่อยโคลีนเอสเตอเรสเช่นเดียวกับพวกออร์กาโนฟอสเฟต สารฆ่าแมลงกลุ่มนี้แบ่งเป็น 3 กลุ่มย่อย ได้แก่ เฮทเทอโรไซคลิกคาร์บาเมต ฟีนิลคาร์บาเมต และออกซิมคาร์บาเมต

5. สารควบคุมการเจริญเติบโตของแมลง สารควบคุมการเจริญเติบโตของแมลงเป็นสารที่มีผลในการยับยั้งการเจริญเติบโต มีผลกระทบต่อการพัฒนาของแมลง สารในกลุ่มนี้มี 3 ประเภทได้แก่ จูวีเน็ลฮอริโมนมิมีกซ์ แอ็กติไซนฮอริโมนอะนาโลจีเอส และสารยับยั้งการสร้างผนังลำตัวในแมลง

6. สารควบคุมพฤติกรรมของแมลง เป็นสารเคมีที่มีผลเกี่ยวกับพฤติกรรมของแมลง เช่นสารดึงดูดแมลง สารไล่แมลง หรือสารยับยั้งการกินเป็นต้น

2.1.3 สารจากจุลินทรีย์

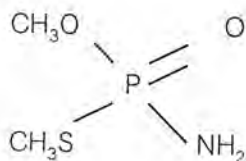
โดยจุลินทรีย์ที่ใช้มีหลายชนิด เช่น เชื้อแบคทีเรีย เชื้อไวรัส นำมาใช้ในการป้องกันกำจัดแมลง

2.1.4 น้ำมัน

ส่วนใหญ่ใช้กับพืชที่กำลังพักตัว (ในเขตหนาว) ในเมืองไทยได้ใช้น้ำมันบางชนิดที่พัฒนาให้สามารถละลายน้ำได้ ฉีดพ่นแล้วใบพืชไม่ไหม้โดยน้ำมันจะไปคลุมผนังลำตัวภายนอกของแมลง ทำให้ไม่สามารถหายใจได้ แมลงจะตาย

2.1.5 เมททามิโดฟอส

สูตรโครงสร้าง



ชื่อทางเคมี

O,S – dimethyl phosphoramidothioate(10)

กลุ่มเคมี

ออร์กาโนฟอสฟอรัส

การออกฤทธิ์

เป็นสารกำจัดแมลงออร์กาโนฟอสฟอรัสประเภทดูดซึม พร้อมกับออกฤทธิ์ในทางสัมผัสและกินตาย

ความเป็นพิษ

มีพิษเฉียบพลันทางปาก (หนู) 30 มก./กก. 19-21 มก./กก. (75 %) ทางผิวหนัง (กระต่าย) 118 มก./กก. (หนู) 50 มก./กก.

ศัตรูพืชที่ใช้กำจัดได้

หนอนใยผัก หนอนคืบ หนอนเจาะสมอชนิดต่าง ๆ หนอนเขียว หนอนรัง หนอนกัดกินใบ ผล ดอกและยอด เพลี้ยอ่อน แมลงหวี่ขาว ตั๊กแตนฝ้าง และอื่น ๆ

พืชที่ใช้

กะหล่ำปลี กะหล่ำดอก คื่นช่าย และผักอื่น ๆ ฝ้าย มะเขือ หอม ยาสูบ องุ่น มันฝรั่ง ไม้ผล และไม้ดอก ไม้ประดับทั่วไป

สูตรผสม

60 % SL

อัตราการใช้

กำจัดแมลงทั่วไป ใช้อัตรา 1-2 ลบ.ชม./ลิตร

วิธีใช้

ผสมกับน้ำกวนให้เข้ากันดี แล้วฉีดที่ใบและต้นพืชให้ทั่ว ฉีดพ่นซ้ำได้ตามความจำเป็น

อาการเกิดพิษ

เหงื่อออกมาก วิงเวียนและปวดศีรษะ อ่อนเพลีย คลื่นไส้ แน่นหน้าอกและมีอาการท้องร่วง

การแก้พิษ

ถ้าถูกผิวหนังให้ล้างด้วยน้ำกับสบู่หลายๆ ถ้าเข้าตาให้ล้างตาด้วยน้ำสะอาดนานๆ ถ้าเข้าปากหรือกลืนกินเข้าไปต้องทำให้คนไข้อาเจียนด้วยการล้วงคอ หรือให้ดื่มน้ำเกลืออุ่น แล้วให้คนไข้ กินยาอะโทรพีน ซัลเฟตขนาด 1/100 เกรน 2 เม็ด แล้วนำส่งแพทย์ ถ้ามีอาการเกิดพิษห้ามรับประทานยาแก้พิษก่อน(9)

ข้อควรรู้

- ระยะเวลาที่ใช้ก่อนการเก็บเกี่ยว 21 วัน
- ผสมได้กับสารกำจัดศัตรูพืชอื่น ๆ

- เป็นพิษต่อปลา และผึ้ง
- ห้ามผสมกับสารเคมีที่มีสภาพเป็นด่าง

2.2 ปริมาณการนำเข้าและปริมาณการตกค้าง

ในปี พ.ศ. 2538 เมททามิโดฟอส มีการนำเข้าเป็นอันดับ 1 ในปริมาณ 1,192,535 กิโลกรัม (1) จากการศึกษาสารพิษตกค้างโดยกลุ่มสารพิษตกค้างและพิษวิทยา กองวัตถุมีพิษทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร พบเมททามิโดฟอสตกค้างในไม้ผล ผักและผลไม้ ปริมาณตั้งแต่ $< 0.01 - 7.25$ มก./ลิตร(11) นอกจากนี้ยังพบเมททามิโดฟอสในอาหารจำหน่ายในประเทศจำพวก ผลไม้ตระกูลส้ม ตระกูลเบอร์รี่ ผลไม้ลูกเล็ก ผลไม้เมืองร้อน ที่รับประทานทั้งเปลือก และพืชผักตระกูลแตง ที่มีค่าเกินมาตรฐาน 3.8 - 48.9 %ของจำนวนตัวอย่างทั้งหมด(12)

2.3 การลดปริมาณสารพิษตกค้างในผักและผลไม้

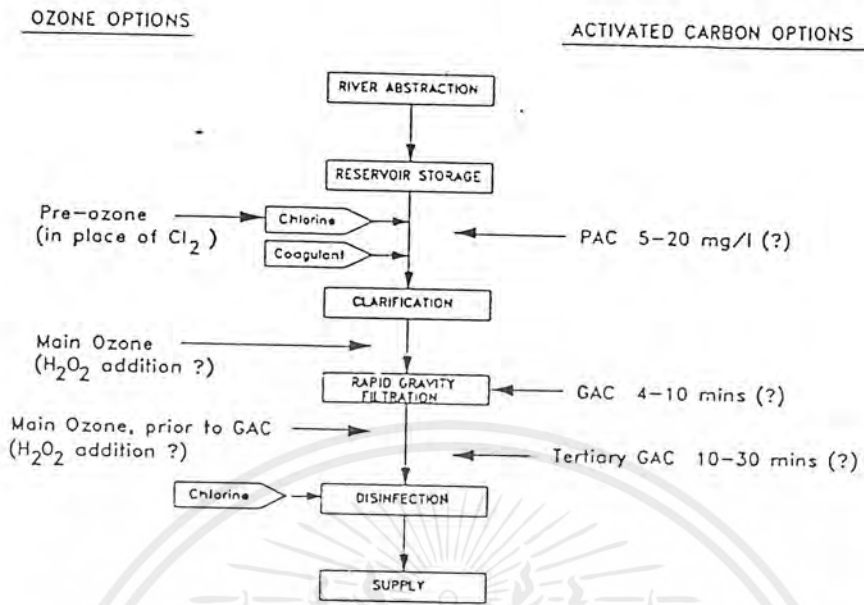
ปัญหาเรื่องพิษตกค้างของสารพิษที่ใช้ในการเกษตร ปัจจุบันนับว่าเป็นปัญหาสำคัญปัญหาหนึ่งที่ทางรัฐบาลโดยกองวัตถุมีพิษทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร ได้ตระหนักและได้ค้นหาวิธีลดปริมาณสารพิษตกค้างในผลผลิตทางการเกษตรอย่างต่อเนื่อง นับตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2523 สาเหตุประการสำคัญที่ทำให้เกิดปัญหานี้ก็เนื่องจาก เกษตรกรบางรายยังใช้สารฆ่าแมลงในอัตราที่เกินคำแนะนำ และเก็บเกี่ยวผลผลิตออกจำหน่ายก่อนระยะเวลาอันควร ผู้ที่ได้รับผลกระทบโดยตรงคือ ผู้บริโภค ซึ่งไม่มีโอกาสได้รู้เห็นพฤติกรรมดังกล่าว เพื่อเป็นการลดอัตราเสี่ยงในขั้นตอนของผู้บริโภค จากการบริโภคสารพิษตกค้างในผักและผลไม้ที่เข้าสู่ร่างกายโดยการล้างด้วยน้ำสะอาดและน้ำผสมสารต่าง ๆ เช่น ด่างทับทิม น้ำส้มสายชู น้ำชาข้าว น้ำขี้เถ้า เกลือป่น ผงฟู น้ำยาซันไลต์ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ น้ำปูน น้ำมะนาว และเหล้าโรง เป็นต้น ซึ่งสารแต่ละชนิดมีความสามารถในการลดปริมาณสารพิษแต่ละชนิดได้แตกต่างกัน นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับชนิดและคุณสมบัติของสารฆ่าแมลง เช่น การล้างเอ็นโดซัลแฟนในผักคะน้าด้วยวิธีการแช่น้ำ 4 ลิตร นาน 2 นาที แล้วล้างออกด้วยน้ำอีก 4 ลิตร นาน 2 นาที สามารถลดได้ดีที่สุดถึงร้อยละ 51.2 ส่วนสารกลุ่มไพเรทรอยด์ การล้างด้วยวิธีแช่น้ำและการล้างด้วยน้ำชาข้าวที่ดีที่สุด สามารถลดปริมาณสารฆ่าแมลงตกค้าง โมโนโครโทพอสในถั้วฝักยาวได้ถึงร้อยละ 54.9 และการลดปริมาณโมโนโครโทพอสในถั้วฝักยาวด้วยวิธีการต้มในน้ำเดือดนาน

1 นาที่ สามารถลดได้ถึงร้อยละ 84.8 ซึ่งนับว่าเป็นวิธีการที่ดีที่สุด ส่วนการลดปริมาณสารฆ่าแมลง ในผลไม้ด้วยวิธีการล้างในน้ำไหล และการปกปิดเปลือกสามารถลดเมทธิลพาราไรออน ในชมพู่ได้ถึง ร้อยละ 52.9 และ 72.1 ตามลำดับ นอกจากนี้ขบวนการล้างด้วยน้ำสะอาดและสารต่าง ๆ แล้ว กรรมวิธีการปรุงอาหารเป็นอีกขั้นตอนหนึ่งที่จะช่วยลดปริมาณสารฆ่าแมลงได้มากยิ่งขึ้น โดยวิธีการปรุงอาหารที่ใช้มี 4 วิธี คือ การลวก การนึ่ง การต้ม และการผัด ซึ่งจากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าประสิทธิภาพในการลดปริมาณสารฆ่าแมลงโดยกรรมวิธีการปรุงอาหารทั้ง 4 วิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ คือ เอ็นโดซัลแฟน สามารถลดปริมาณได้เฉลี่ยร้อยละ 53 ส่วนพาราไรออน ลดได้เฉลี่ยร้อยละ 57 และเด็คคาเมธิรินเฉลี่ยร้อยละ 47(1)

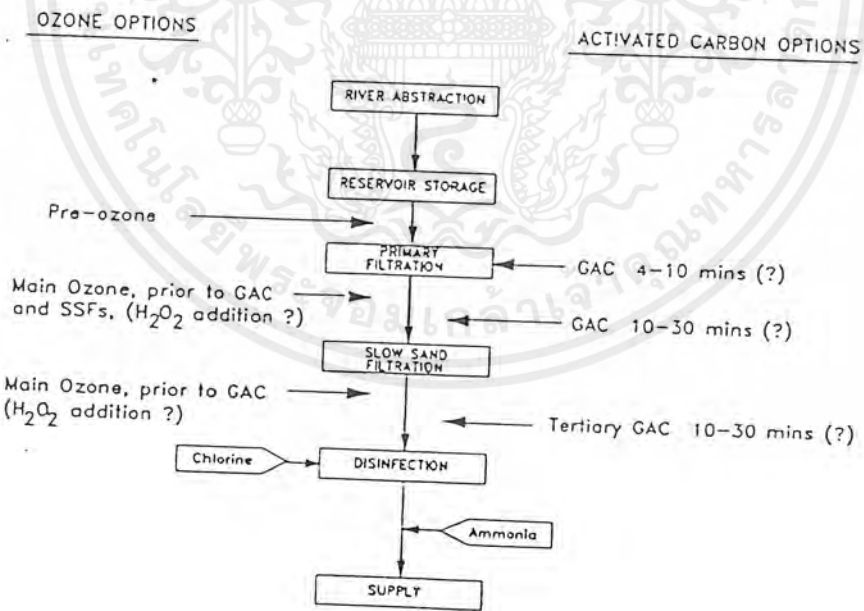
2.4 การลดสารพิษโดยวิธีอื่น ๆ

ก การปรับปรุงขบวนการบำบัดในการกำจัดอะทราซีนและสารปราบศัตรูพืชอื่น ๆ

จากการสำรวจปริมาณสารปราบศัตรูพืช และสารกำจัดวัชพืช เช่น อะทราซีน ซิมาซีน และ ไอโซโพรทอรอน ที่พบบริเวณน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินนั้น มีค่าเกิน 0.1 ไมโครกรัม/ลิตร พบว่าคาร์บอนกัมมันต์ชนิดเม็ด (granular activated carbon ; GAC) และโอโซนเป็นวิธีพื้นฐานในการกำจัดสารปราบศัตรูพืชเหล่านี้ได้ โดยที่GACนี้สามารถกำจัดสารปราบศัตรูพืชได้แต่ไม่สามารถควบคุมการฟอर्मตัวของไตรฮาโลมีเทน(THM) ในขณะที่โอโซนมีผลต่อการลดการฟอर्मตัวของ THM แต่ไม่สามารถกำจัดสารปราบศัตรูพืชได้ทั้งหมด เช่นการใช้ โอโซนและGAC ในการบำบัดน้ำโดยการ ตกตะกอน และช่วยในการกรอง เป็นต้น ดังรูปที่ 2.1 และ 2.2 ตามลำดับ



รูปที่ 2.1 การบำบัดโดยใช้สารเคมีในการตกตะกอนในการบำบัดด้วยโอโซนและคาร์บอนกัมมันต์



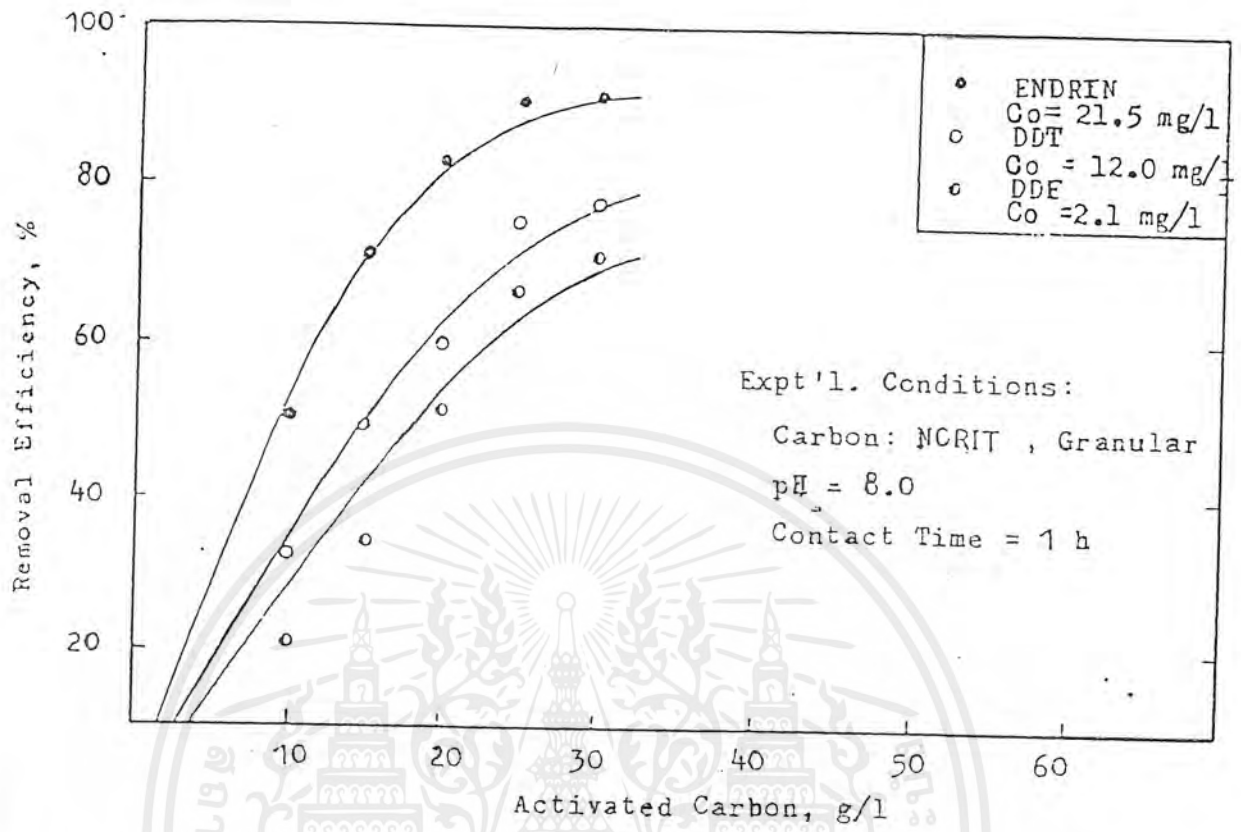
รูปที่ 2.2 การใช้โอโซนและคาร์บอนกัมมันต์ช่วยในการกรอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

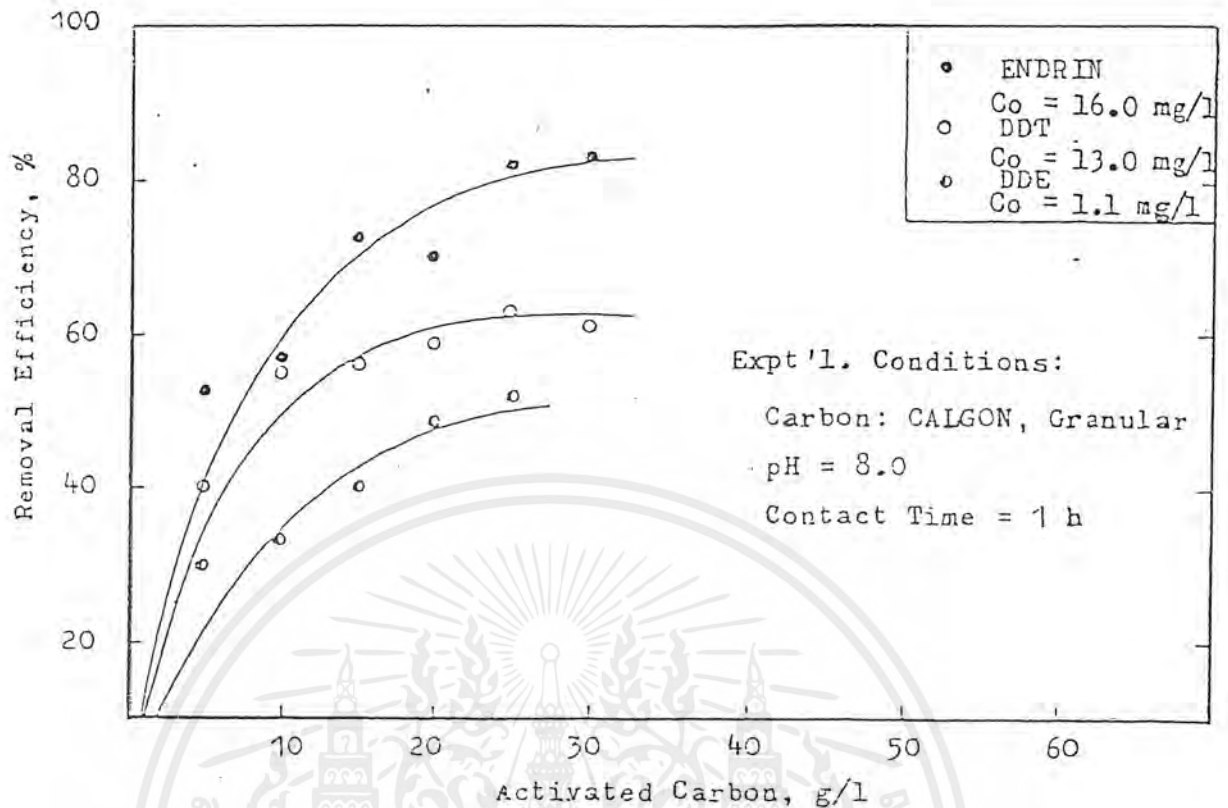
นอกจากนี้ยังพบวิธีการอื่น ๆ อีก เช่น เมมเบรน โดยใช้หลักรีเวิร์สออสโมซิสในการกำจัด สารปนเปื้อนที่ขจัดออกจากน้ำ โดยการทำให้ความดันสูง (10-70 ความดันบรรยากาศ) และใช้เวลานานแต่จะไม่ให้ผลดีทางด้านเศรษฐกิจสำหรับการบำบัดขนาดใหญ่หรือในโรงงานอุตสาหกรรม ส่วนที่ความดันต่ำ ๆ (3-10 ความดันบรรยากาศ) สามารถใช้ในการกำจัดไตรฮาโลมีเทนได้ ซึ่งใช้กันตามโรงงานทั่วไปอย่างกว้างขวาง วิธีการบำบัดทางชีวภาพ เป็นวิธีที่อาศัยหลักการย่อยสลายสารปนเปื้อนที่ขจัดด้วยจุลินทรีย์ และพบว่ามี การนำหลักการนี้ไปใช้ในการลดความเป็นพิษของสารฆ่าแมลงที่ ตกค้างในดินหรือภาชนะที่มีการปนเปื้อน วิธีเรซิน-แอดซอร์บเมนต์ เป็นการสังเคราะห์ เรซินขนาดใหญ่ ใช้ในการกำจัดสารปนเปื้อนที่ขจัดจากน้ำในระดับการทดลอง วิธีการประยุกต์ใช้ไอโซนในการบำบัด เช่นใช้ร่วมกับปฏิกิริยาออกซิเดชันอื่น เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัด โดยใช้ไอโซนร่วมกับ เพลอร์ออกไซด์ วิธีการใช้คาร์บอนกัมมันต์เป็นตัวดูดซับเพื่อเปรียบเทียบชนิดของคาร์บอนกัมมันต์ใน การกำจัด และวิธีการใช้คาร์บอนกัมมันต์กับขบวนการทางชีวภาพ เพื่อดูว่าไอโซนจะมีส่วนช่วยเพิ่มความสามารถในการกำจัดของคาร์บอนกัมมันต์หรือไม่ และหาสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัด หรือ ดูผลจากการเพิ่มกิจกรรมของจุลินทรีย์ เป็นต้น(3)

ข การบำบัดน้ำที่ปนเปื้อนสารปนเปื้อนที่ขจัดด้วยคาร์บอนกัมมันต์

กานดา กลิ่นสอน นักศึกษาจาก AIT (4) ได้วิเคราะห์หาปริมาณของน้ำเสียและ สารปนเปื้อนที่ขจัด เพื่อประมาณคาร์บอนกัมมันต์ในการบำบัดน้ำเสียที่มีปริมาณ 5 ลบ.ม./เดือน ซึ่ง น้ำเสียนี้มีค่าซีโอดีสูงและมีสารปนเปื้อนที่ขจัดหลายชนิด โดยมีเอ็นไดรินและดีดีทีที่เป็นองค์ประกอบหลักในน้ำเสียมีค่าประมาณ 570 มก./ลิตร และ 60 มก./ลิตร ตามลำดับ pH ของน้ำเสียจะมีค่าคงที่ คือ 8-10 โดยการเติมโซดาไฟ (NaOH) จากการทดลองพบว่าคาร์บอนกัมมันต์ชนิดผง (powder activated carbon; PAC) 2.0 มก./ลิตร สามารถกำจัด เอ็นไดรินได้ถึง 90 เปอร์เซ็นต์ จาก ความเข้มข้นประมาณ 20 มก./ลิตร ภายใน 1 ชั่วโมง ในขณะที่ใช้GAC ในปริมาณ 25 กรัม/ลิตร จะให้ผลเช่นเดียวกัน และพบว่า pH ของน้ำเสีย มีผลต่อการดูดซับน้อยมาก ซึ่งประสิทธิภาพในการกำจัดแสดงได้ดังรูปที่ 2.3 และ 2.4



รูปที่ 2.3 กราฟแสดงประสิทธิภาพในการกำจัดออร์กาโนคลอรีน เมื่อใช้คาร์บอนชนิดเม็ด ในปริมาณที่ต่างกัน



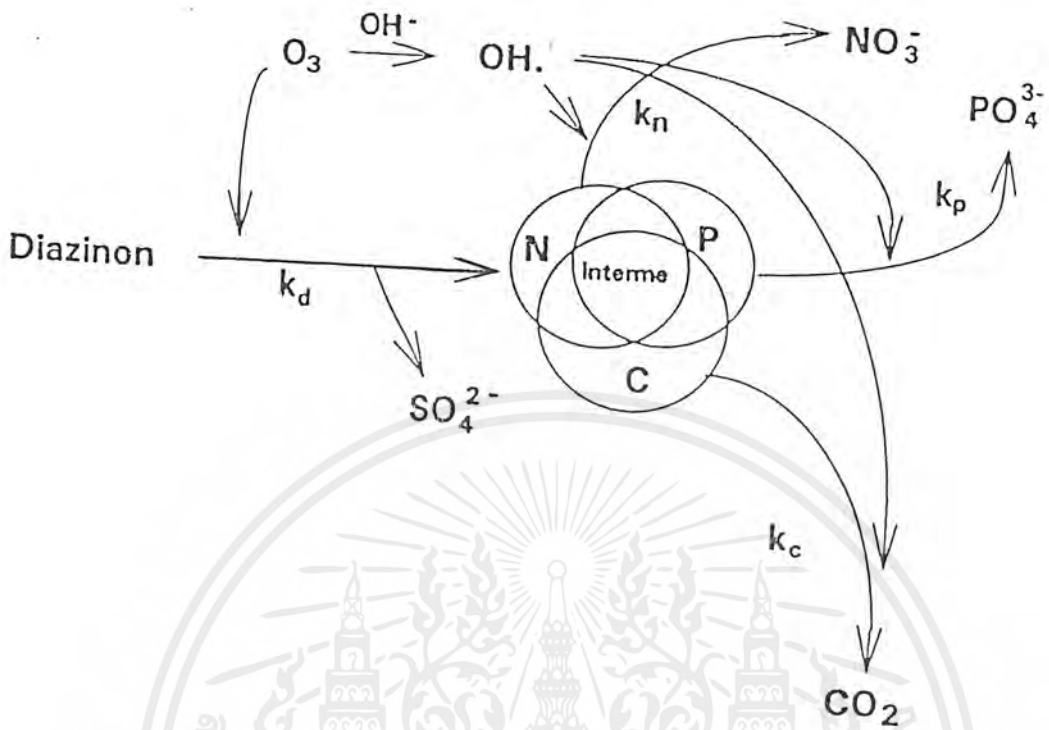
รูปที่ 2.4 กราฟแสดงประสิทธิภาพในการกำจัดออร์กาโนคลอรีน เมื่อใช้คาร์บอนชนิดเม็ด ในปริมาณที่ต่างกัน(4)

ค การย่อยสลายไดอะซินอนด้วยโอโซน

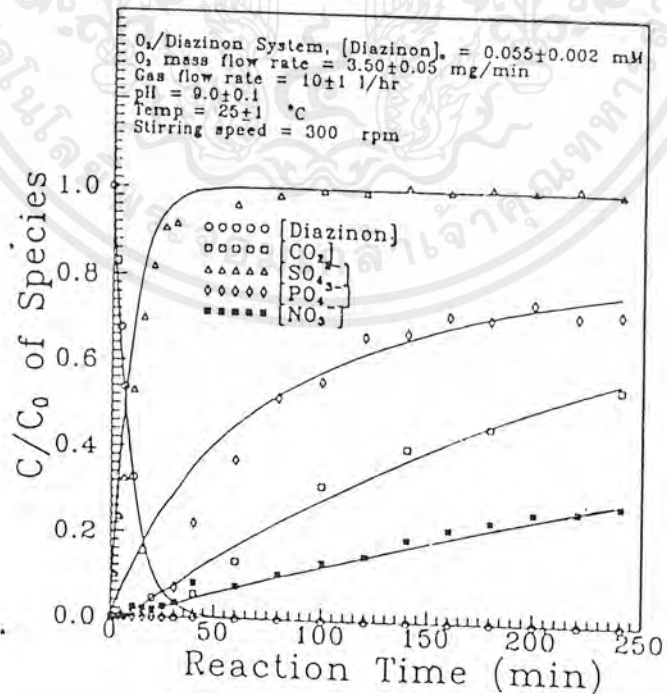
Young Ku , Jay-Lin Chang , Yung-Shuen Shen และ Shi-Yow Lin (5)

นักศึกษาวิศวกรรมเคมี ที่สถาบันเทคโนโลยีแห่งหนึ่งในประเทศไต้หวัน ได้ทำการศึกษากการย่อยสลายของ ไดอะซินอนในสารละลายด้วยโอโซน โดยทำการทดลองภายใต้สภาวะต่าง ๆ เช่น pH ปริมาณโอโซนที่ใช้ ความดัน ปริมาณอัลคาไลไนต์ และอุณหภูมิ และพบว่า การย่อยสลายที่สมบูรณ์ของ ไดอะซินอนจะเกิดขึ้นใน 1 ชั่วโมง ส่วนแรงดึงผิวของสารละลายนั้นพบว่าเป็นผลมาจากไดอะซินอนที่ละลายอยู่และอิทธิพลของปฏิกิริยาออกซิเดชันของไดอะซินอนกับโอโซนในสารละลาย และจากการทดลองพบว่าอัตราการย่อยสลายของไดอะซินอนนั้นไม่ได้ขึ้นอยู่กับ pH อัลคาไลไนต์ และอุณหภูมิ แต่อัตราการย่อยสลายที่เพิ่มขึ้นนี้จะขึ้นอยู่กับปริมาณโอโซนที่เพิ่มขึ้น

ผลจากการย่อยสลายพบว่าซัลเฟอร์จากโมเลกุลของไดอะซินอนจะปลดปล่อยออกมาก่อน ระหว่างการย่อยสลายที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาออกซิเดชันโดยตรงของโอโซน และตามด้วยฟอสเฟต คาร์บอนเนต และไนเตรตไอออน จากปฏิกิริยาออกซิเดชันทางอ้อม ด้วยอนุมูลอิสระไฮดรอกซิล

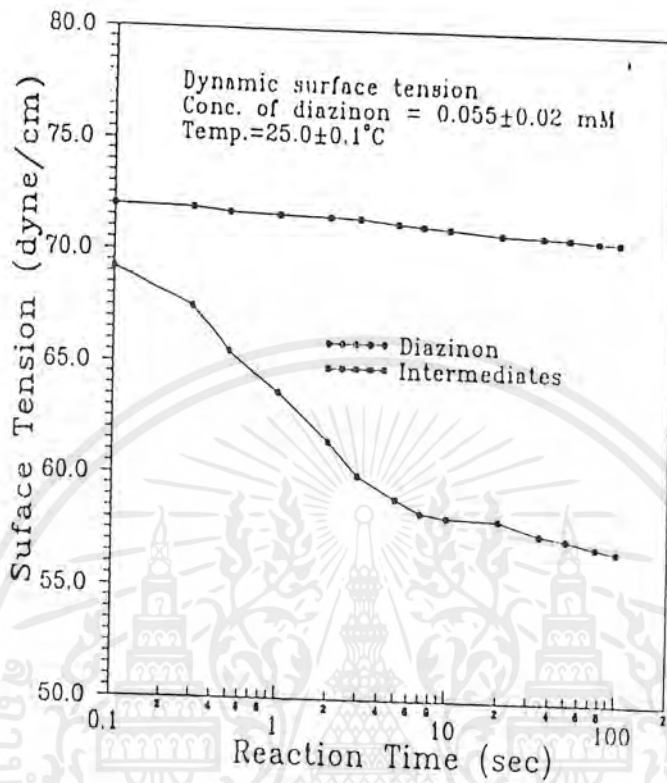


รูปที่ 2.5 แสดงรูปแบบการย่อยสลายไดอะซินอนด้วยไฮดรอกซิล



รูปที่ 2.6 การกระจายของอนุพันธ์ต่าง ๆ ในการย่อยสลายไดอะซินอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 แรงตึงผิวของสารละลายเมื่อเติมไดอะซีนอน และสารอินทรีย์ที่เกิดจากการย่อยสลายของไดอะซีนอนด้วยไอโซน(5)

2.5 ไอโซน

2.5.1 ไอโซนและคุณสมบัติของไอโซน

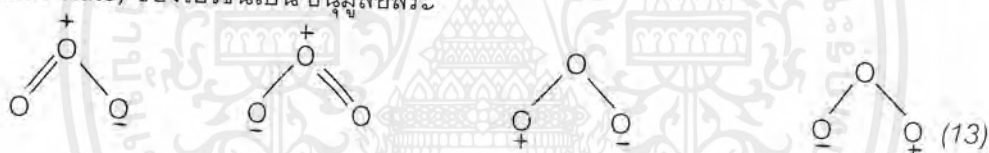
ไอโซนเป็นแก๊สสีน้ำเงินอ่อนแต่เมื่ออยู่ในสถานะของเหลวกับของแข็งจะมีสีม่วงเข้ม และระเบิดง่าย กลิ่นฉุนคล้ายกระเทียม คุณสมบัติอื่นได้รวบรวมแสดงไว้ดังนี้

น้ำหนักโมเลกุล	48.0
จุดเดือด (760 Torr)	-111.9 °C
จุดหลอมเหลว(760 Torr)	-192.7 ± 0.2 °C
อุณหภูมิวิกฤต	-12.1 °C
ความดันวิกฤต	54.6 บรรยากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาตรวิกฤต	0.147 ลิตร/โมล
ความหนาแน่นวิกฤต	0.437 กรัม/ลบ.ซม.
ความหนาแน่น (แก๊ส 0°C)	2.144 กรัม/ลิตร
ความหนาแน่น(ของเหลว -183 °C)	1.57 กรัม/ลบ.ซม.
ความตึงผิว (-183 °C)	38.4 ± 0.7 dynes/cm
ความหนืด (ของเหลว -183 °C)	1.55 ± 0.02 cp
เอ็นทัลปีของการระเหย	75.6 แคลลอรี่/กรัม(-122 °C)
เอ็นทัลปีของการรวมตัว	+ 34.5 กิโลแคลลอรี่/โมล(25 °C)

ลักษณะโมเลกุลโอโซนพบว่าไม่เป็นเส้นตรง มีค่าของมุมเท่ากับ 116 ° 45 ' และมีโครงสร้างเรสโซแนนซ์จัดได้ 4 แบบ การทดลองเพื่อพิสูจน์กลไกการเกิดปฏิกิริยากับสารอินทรีย์ทั้งหลายให้ผลสอดคล้อง สนับสนุนกับคุณสมบัติของการที่โอโซนเป็นโมเลกุลที่มีขั้วเป็นประจุบวก และลบที่ออกซิเจนตำแหน่งที่ 1 และ 3 อย่างไม่ก็ตามการศึกษาทางควันตัมเมคคานิกส์โดยอาศัยหลักการเกิดพันธะทั่วไป และการคำนวณ Configuration Interaction (CI) แสดงสถานะพื้น (ground state) ของโอโซนเป็น อามูลติสระ



โอโซนเป็นอีกรูปหนึ่งของออกซิเจน มีโมเลกุลประกอบด้วยออกซิเจน 3 อะตอม มีคุณสมบัติเป็นออกซิไดซ์ที่แรง มีความว่องไวต่อปฏิกิริยาเคมีสูง มีกลิ่นฉุนแสบจมูก ก่อให้เกิดความระคายเคืองต่อดวงตา ลำคอ และระบบทางเดินหายใจ ปัจจุบันมาตรฐานขีดจำกัดของโอโซนเท่ากับ 0.1 พีพีเอ็ม สำหรับการปฏิบัติงาน 8 ชั่วโมงต่อวัน ซึ่งกำหนดโดย American Conference of Governmental Industrial Hygienists

ในการดำเนินงานฉายรังสีแกมมา จะมีผลพลอยได้ที่ไม่ต้องการเกิดขึ้นอย่างหนึ่ง คือ โอโซน ซึ่งเกิดจากการที่ออกซิเจนในอากาศ ดูดกลืนพลังงานบางส่วนจากรังสีแกมมา เกิดเป็นออกซิเจนอะตอม (O) ซึ่งจะเกิดปฏิกิริยาต่อไปกลายเป็นโอโซน (O₃) ดังสมการ





(M คือ ธาตุ หรือสารประกอบที่ช่วยในการกระจายพลังงานส่วนเกิน เช่น O_2, N_2, NO_2)

โอโซนสลายตัวได้อย่างรวดเร็วโดยทำปฏิกิริยากับตัวรีดิวซ์ต่าง ๆ เช่น CO, H_2S, CH_4, NO_2 นอกจากนี้ยังสลายตัวโดยทำปฏิกิริยากับแสงในช่วงอุลตราไวโอเล็ต (2000-3200Å) และช่วงวิสซิเบิล (4500-7000 Å) ดังสมการ



(* คือ สภาวะเร้า หรือ Excited State)

ด้วยเหตุที่โอโซนเป็นตัวออกซิไดส์ที่แรง และมีความว่องไวต่อปฏิกิริยาเคมีสูง ซึ่งจะมีผลต่อชีวเคมีโมเลกุลของสิ่งมีชีวิต ความเป็นพิษของโอโซนในมนุษย์

พบว่าอาการตอบสนองต่อพิษของโอโซนในมนุษย์มีความรุนแรงต่ำกว่าในสัตว์ทดลอง คือ ก่อให้เกิดความรู้สึกไม่สบายมากกว่า ตามประสบการณ์ของบุคคลซึ่งเคยได้รับโอโซน มีเพียงอาการปวดศีรษะ ระบายเคืองต่อดวงตา ล้าคอ และระบบทางเดินหายใจ มักเกิดขึ้นต่อเมื่อได้รับโอโซนอย่างต่อเนื่อง ในระดับที่สูงกว่า 0.1 พีพีเอ็ม ขึ้นไปในกรณีความเข้มข้นต่ำกว่า 0.1 พีพีเอ็มพบว่าอาการดังกล่าวจะเกิดขึ้นกับเฉพาะบางบุคคลซึ่งมีประสาทสัมผัสที่ไวเท่านั้น อย่างไรก็ตามกลิ่นอันไม่พึงปรารถนาของโอโซน คือ อุน และแสบจมูก ซึ่งบุคคลส่วนใหญ่ทั่วไปยังคงสามารถรับรู้ได้ในระดับที่ต่ำถึง 0.02-0.03 พีพีเอ็ม

ในบางประเทศ เช่น สหรัฐอเมริกา ได้นำโอโซนมาใช้แก้ปัญหาน้ำทิ้งที่ปล่อยจาก โรงงานอุตสาหกรรมซึ่งได้ผลดีมาแล้ว นอกจากนี้ยังมีการเปรียบเทียบผลจากการใช้คลอรีน และโอโซน พบว่า โอโซนสามารถทำลายเชื้อโรค และจุลินทรีย์ ทั้งยังสามารถจะเปลี่ยนสารอินทรีย์บางชนิดที่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต เป็นต้นว่า ฟีนอล หรือสารอินทรีย์ที่มีโลหะหนักเป็นองค์ประกอบให้เป็นสาร ที่มีพิษลดลง นับว่าเป็นข้อดีในการที่จะคลี่คลายปัญหาสภาพแวดล้อม แต่อย่างไรก็ตาม ควรตระหนักถึงขอบเขตการใช้โอโซน เนื่องจากมีผลงานวิจัยที่บ่งชี้ว่านอกจากจะมีประโยชน์แล้ว ก็ยังมีโทษต่อมนุษย์ สัตว์ และพืช ด้วยเช่นกัน การศึกษาพิษของโอโซนกับ

สัตว์ทดลอง พบว่ามีผลการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมี เป็นต้นว่า การบีบรัดของหลอดเลือดและปอด การทำลายเม็ดเลือดแดง การเปลี่ยนแปลงเนื้อเยื่อในเซลล์ต่าง ๆ ผลต่อการสร้างภูมิคุ้มกัน นอกจากนี้ยังมีข้อมูลจากการวิจัย แสดงคุณสมบัติ ที่เป็นสารออกซิแดนซ์ที่แรงมารองจากฟลูออรีน ตัวอย่างเช่น อิทธิพลของไอโซนที่จะ ออกซิไดซ์ ไดไฮโดรนิโคตินาไมด์ อะดีนีน ไดนิวคลีโอไทด์ รีดิคัลกลูตาไรออน กลีเซอรอลดีไฮด์-3-ฟอสเฟต ดีไฮโดรจีเนส และกรดอะมิโนอีกหลายชนิด ปฏิกริยาเหล่านี้ว่าคงเป็นสาเหตุที่ไอโซนเป็นพิษโดยเฉพาะกับมนุษย์ สัตว์ และพืช อย่างไรก็ตามก็คิดว่าไอโซนคงมีบทบาทสำคัญเพิ่มขึ้น ซึ่งควรแก่การศึกษาในอนาคต ถ้าหากมีวิธีการใช้ที่ถูกต้องก็จะให้คุณค่าทางงานวิเคราะห์และด้านอุตสาหกรรม(14)

ผลดีของไอโซนต่อมนุษย์

ได้มีการใช้ประโยชน์จากไอโซนมาเป็นเวลานานแล้วในหลายด้าน ซึ่งพอจะจำแนกได้ดังนี้

1. การใช้ไอโซนในการทำความสะอาดน้ำ ซึ่งโดยทั่วไปมี 2 กรรมวิธี คือ การใส่ผงคลอรีน และการใส่ไอโซนลงไปใต้น้ำ ซึ่งส่วนใหญ่แล้วจะใช้ทั้งสองวิธีร่วมกัน ร่วมกันเพื่อให้ได้ผลดีที่สุดเพราะเหตุว่าทั้งสองวิธีจะมีผลดีและผลเสียที่ต่างกัน ดังนั้นจึงนำวิธีทั้งสองมาใช้
2. การใช้ไอโซนในการทำลายสีในแม่น้ำ ที่เกิดจากดินหรือ พืชใต้น้ำเพื่อนำน้ำมีสีตามธรรมชาติ
3. บรรดาอุตสาหกรรมอาหารทางการเกษตรก็ได้ใช้ประโยชน์จากไอโซนโดยการติดตั้งโคมไฟอุลตราไวโอเล็ตในห้องเย็น เพื่อให้เกิดไอโซนจากแสงอุลตราไวโอเล็ตที่จะช่วยในการเก็บรักษาพืชผล สำหรับไข่ไก่เราสามารถใส่ไอโซนในการทำลายแบคทีเรีย อย่างไรก็ตามอาหารที่มีไขมันมาก เช่น เนื้อสัตว์ หรือ เนย จะไม่ได้รับผลดีจากไอโซนเพราะมันต่างๆ จะเกิดกลิ่นเหม็น
4. การใช้ไอโซนในการทำความสะอาดขวดบรรจุน้ำอัดลม
5. การใช้ไอโซนในการทำอากาศให้สะอาดปราศจากกลิ่นเหม็นต่างๆ
6. ใช้ไอโซนในกระบวนการผลิตไวน์ น้ำผลไม้ และเหล้า จะเห็นได้ว่าในชีวิตประจำวัน เราได้ใช้ประโยชน์มากมายจากก๊าซไอโซน อย่างไรก็ตามปัญหาของไอโซน หรือระดับชั้นไอโซนที่กำลังลดระดับลงนั้นได้กลายเป็นปัญหาที่น่าหวาดกลัวต่อมวลมนุษยชาติ จึงเป็นเรื่องสำคัญเร่งด่วนในการกำหนดมาตรการที่จะสามารถควบคุมผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม อันจะเกิดกับชั้นไอโซนในบรรยากาศที่ปกคลุมโลกเราอยู่(15)

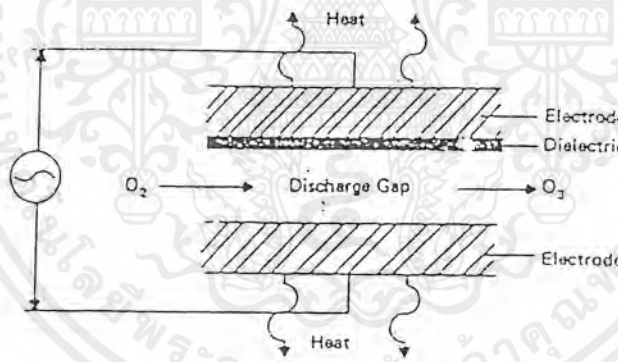
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อนุมูลอิสระของ HO_2 และ HO มีความสามารถในการออกซิไดส์ได้ดี และบางครั้งยังเป็นรูปแบบที่เกิดขึ้นในขบวนการฆ่าเชื้อโรค อนุมูลอิสระเหล่านี้จะเป็นตัวออกซิไดส์ที่ทำปฏิกิริยากับสารปนเปื้อนต่างๆ ในน้ำได้ (16)

2.5.2 การผลิตโอโซน

เนื่องจากโอโซนเป็นสารเคมีที่ไม่เสถียรเพราะมันสามารถเปลี่ยนไปเป็นออกซิเจนได้อย่างรวดเร็วหลังจากที่ผลิตขึ้น ดังนั้นเราจึงต้องผลิตโอโซนและใช้งานทันที วิธีผลิตโอโซนในปัจจุบันคือ การใช้ electrical corona discharge

เครื่องมือที่ออกแบบมาในการผลิตโอโซนโดยใช้ corona discharge แสดงได้ดังรูปที่ 2.9 แสดงการย่อยสลายโอโซนจะขึ้นอยู่กับความร้อน และความเข้มข้นของโอโซนที่เพิ่มขึ้น เพราะอิเล็กตรอนในช่องว่างจะสัมผัสกับโมเลกุลของโอโซนดีพอ ๆ กับสัมผัสกับโมเลกุลของออกซิเจน ดังนั้น จะต้องผ่านอากาศหรือออกซิเจนเข้าอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้โอโซนที่เกิดขึ้นแล้วออกไป (16)



รูปที่ 2.9 แสดงพื้นฐานในการผลิตโอโซน

เมื่อไฟฟ้าแรงสูงกระแสสลับ เคลื่อนที่ผ่านช่องว่าง (discharge gap) ที่ประกอบด้วย ออกซิเจน โอโซนจะถูกผลิตขึ้นมาดังรูปที่ 2.9

วิธีการขั้นพื้นฐานในการผลิตนี้ก็คือ ความไม่มีประสิทธิภาพในตัวของมันเองของออกซิเจน พลังงานที่ให้ไปเพียงแค่ 10 % ถูกใช้ในการสร้างโอโซน พลังงานส่วนใหญ่นั้นสูญเสียไปในรูปของแสง เสียง และความร้อน ถ้าความร้อนไม่สามารถออกมาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เครื่องผลิตโอโซนก็จะเป็นเหมือนกับเตาอบนั่นเอง และจะทำให้เกิดความร้อนขึ้นในช่องว่างอาจทำให้ผิวของฉนวนสลายได้ ถ้าอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเมื่อใดจะทำให้โอโซนได้รับความร้อน และอาจสลายไปได้ในที่สุด

การผลิตโอโซนจาก corona ภายใต้สภาวะที่เหมาะสมจะสามารถแสดงได้โดยความสัมพันธ์นี้

$$V \propto pg \quad (2.17)$$

$$(Y/A) \propto \alpha \text{gev}^2 \quad (2.18)$$

d

เมื่อ (Y/A) คือ ปริมาณโอโซนที่ผลิตได้ต่อพื้นที่ผิวของอิเล็กโทรดภายใต้สภาวะที่เหมาะสม

V - ความต่างศักย์ที่ผ่านช่องว่าง (โวลต์)

p - ความดันของอากาศในช่องว่าง (psia)

f - ความถี่

g - ความกว้างของฉนวน

e - ค่าคงที่ของฉนวน

d - ความหนาของฉนวน

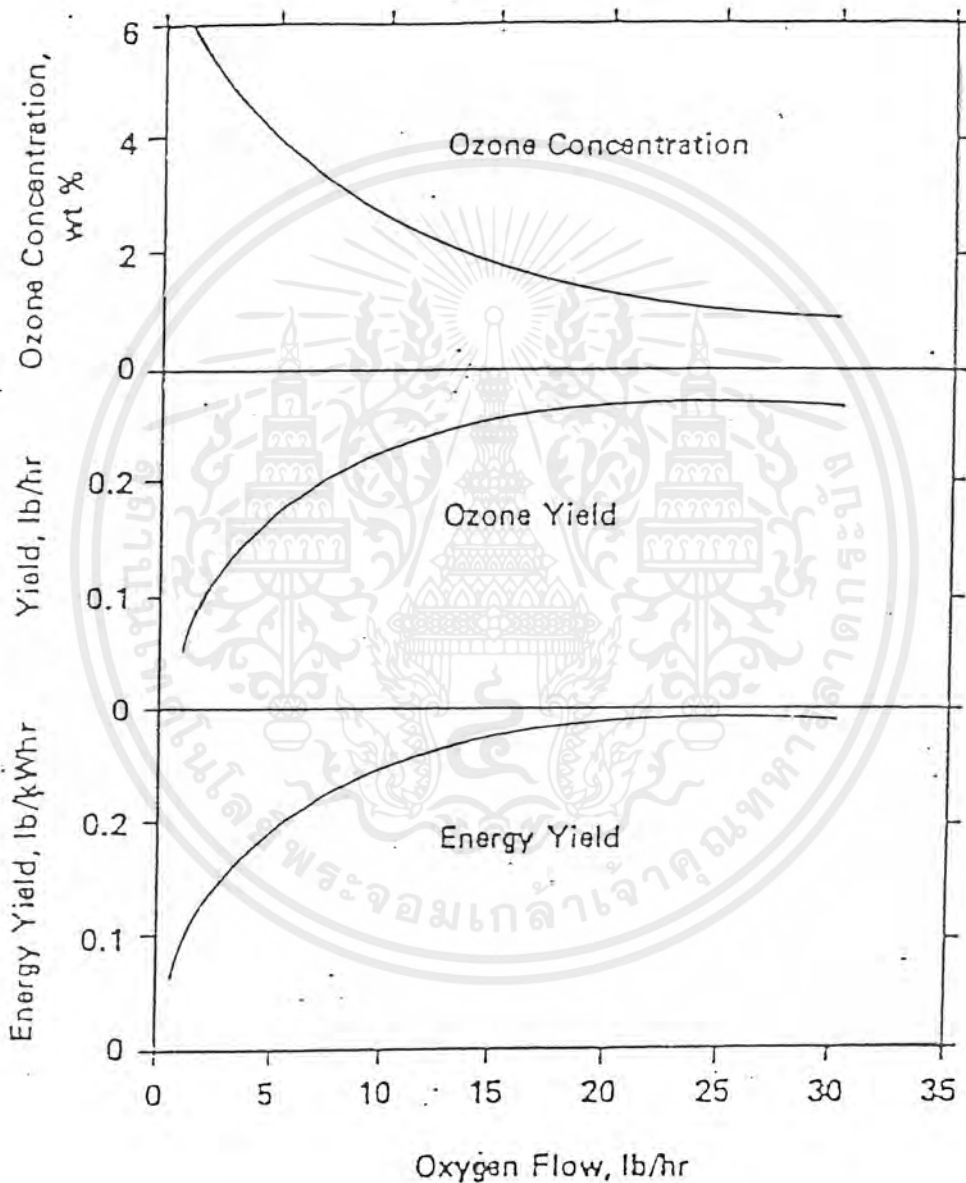
ดังนั้นเพื่อให้ปริมาณโอโซนเหมาะสม ควรปรับสภาวะ ดังนี้

1. ช่องว่างควรเหมาะสมเพื่อรักษาความต่างศักย์ให้ต่ำระหว่างการทำให้ เพราะการรักษาความต่างศักย์ไว้ที่ระดับต่ำจะป้องกันผิวของฉนวน และอิเล็กโทรดได้ การทำที่ความดัน 10-15 psia นั้นเหมาะกับการบำบัดน้ำเสีย เพราะถ้าโอโซนผ่านเข้าทางด้านล่างของถังบำบัดน้ำเสียจำเป็นต้องมี พลังงานบางส่วนเพื่อทำให้น้ำและอากาศสัมผัสกัน ดังนั้นการผลิตโอโซนที่ความดันระดับนี้ พลังงานส่วนนี้จะช่วยในการทำให้น้ำและอากาศสัมผัสกัน

2. ควรใช้ฉนวนบาง ๆ และค่าคงที่สูง ๆ จากสมการที่ 2 แสดงให้เห็นว่าคุณสมบัติของฉนวนจะมีผลต่อปริมาณโอโซนที่ผลิตได้ เพราะฉะนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องคงไว้ซึ่งค่าคงที่สูงนี้ของฉนวน ทั้งนี้ก็เพื่อลดการยุบตัวของฉนวนและเพื่อการขจัดความร้อนที่เหมาะสม

3. ควรใช้ไฟฟ้ากระแสสลับความถี่สูง เพราะความถี่สูง ๆ จะทำให้ผิวของฉนวนถูกทำลายน้อยลง ซึ่งจะเป็นการยืดอายุการใช้งานของเครื่อง ในทางทฤษฎีและในทางปฏิบัตินั้นจะรักษาฉนวนให้เล็กเท่าที่จะทำได้ เพื่อสร้างเครื่องผลิตโอโซนและเพื่อป้องกันการยุบตัวของฉนวนที่ความต่างศักย์ขณะดำเนินการ

4. ถ้าต้องการความเข้มข้นโอโซนสูง ๆ จำเป็นต้องทำให้เครื่องเย็นลงดังนั้น จุดสำคัญในการหา สภาวะที่เหมาะสมของขบวนการคือ การกำจัดความร้อนออกจากระบบเท่าที่เป็นไปได้ ความต่างศักย์ หรือ ความถี่สามารถเพิ่มขึ้นได้เพื่อการผลิตโอโซน (18)

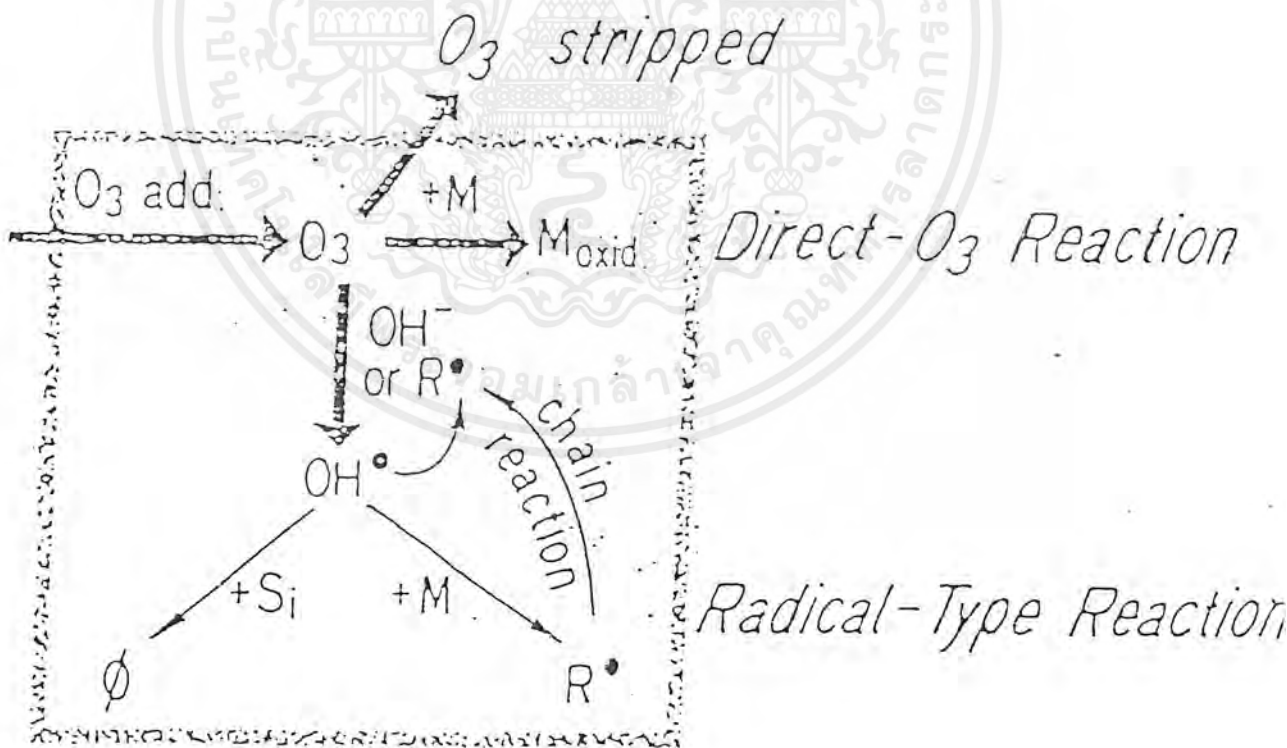


รูปที่ 2.10 กราฟแสดงปริมาณอัตราการไหลของออกซิเจนที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงพลังงาน ปริมาณ โอโซน และความเข้มข้นของโอโซน

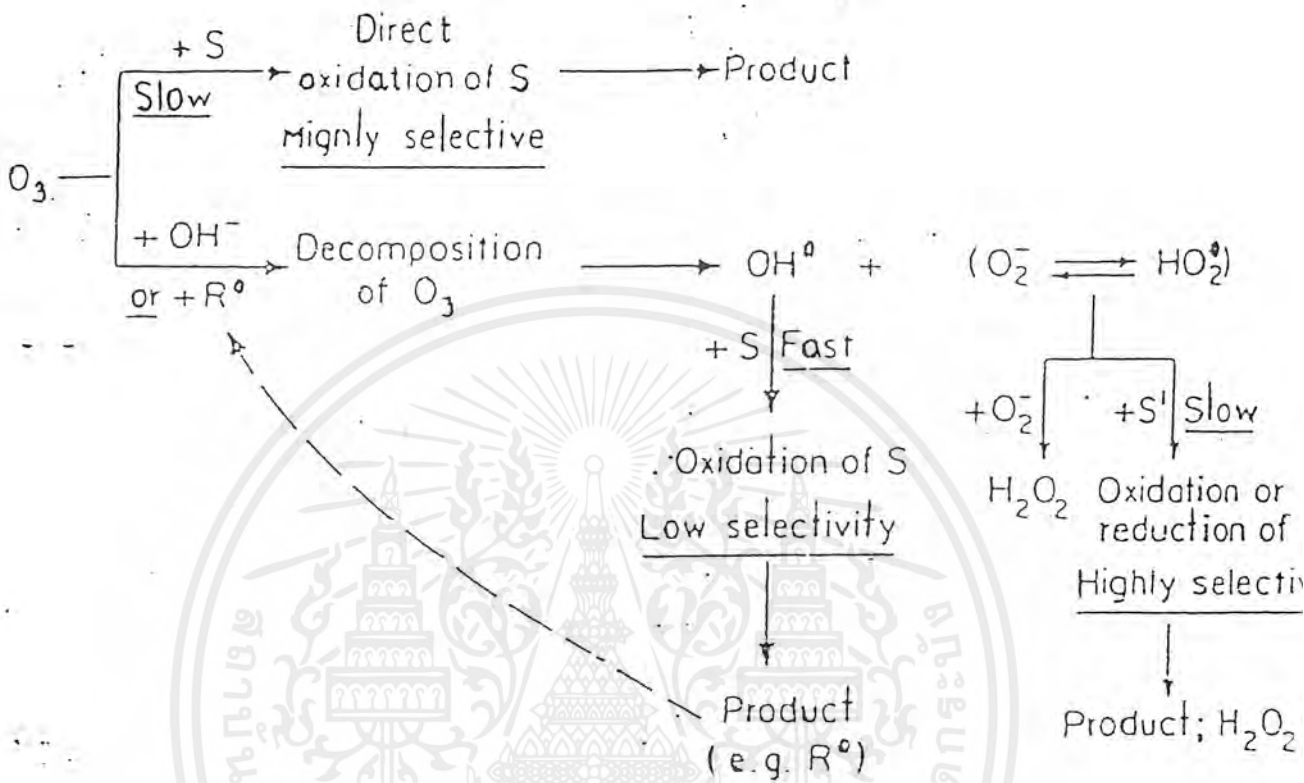
ปริมาณของโอโซนในเครื่องผลิตนี้เป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณกระแสที่เคลื่อนที่ผ่านช่องว่างระหว่างฉนวน ถ้าความเข้มข้นของโอโซนและอุณหภูมิคงที่ ในรูปที่ 2.10 แสดงผลของออกซิเจนต่อความเข้มข้นของโอโซน ปริมาณโอโซน และปริมาณพลังงานที่ใช้ในเครื่องผลิตโอโซนในโรงงานทั่วไป

2.5.3 จลศาสตร์ของโอโซนในน้ำ

การเกิดปฏิกิริยาของโอโซนโดยทั่วไปมีด้วยกัน 2 ทาง ทางแรกโอโซนสามารถทำปฏิกิริยาได้โดยตรงกับสารอินทรีย์ และ การเกิดปฏิกิริยาทางอ้อมโดยอยู่ในรูปของอนุมูลอิสระ เช่น OH^\bullet และ HO_2^\bullet การเกิดปฏิกิริยาทางตรงนี้มีความจำเพาะสูง ในทางกลับกันปฏิกิริยาทางอ้อมนั้นไม่จำเพาะเจาะจงและมีแนวโน้มว่าจะมีประสิทธิภาพสูงกว่าปฏิกิริยาในทางตรงในการกำจัดสารอินทรีย์ รูปที่ 2.11 แสดงระบบการเกิดปฏิกิริยาของโอโซนในสารละลาย รูปที่ 2.12 แสดงการเกิดปฏิกิริยาระหว่างโอโซนและสารตั้งต้นโดยที่สารอินทรีย์ เช่น อะลิฟาติกแอซิก อัลดีไฮด์ คีโตน และ พวอะโรมาติกที่ไม่วงไวจะเกิดปฏิกิริยาอย่างช้า ๆ กับโมเลกุลของโอโซนและโอกาสที่จะทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระสูง



รูปที่ 2.11 แสดงปฏิกิริยาของโอโซนในสารละลาย



รูปที่ 2.12 แสดงปฏิกิริยาของสารตั้งต้นกับโอโซนและปฏิกิริยาการย่อยสลายโอโซน

ในกรณีฆ่าเชื้อโรค Shukairy และ Summers (1992) ได้ระบุว่า โอโซนที่ผลิตขึ้นจะไปมีผลต่อสารอินทรีย์จำพวกแฮไลด์ หลังจากการเติมโอโซนพบว่าปริมาณผลิตภัณฑ์ของสารประกอบฮาโลเจนจะพอร์มตัวขึ้นเมื่อคลอรีนที่ใช้ในการฆ่าเชื้อโรคลดลง แต่จะไม่มีผลกระทบ อย่างเด่นชัดต่อสารอินทรีย์จำพวกแฮไลด์เมื่อใช้คลอรามิน

โอโซนเป็นสารออกซิแดนท์ที่สามารถทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์ เช่น แมงกานีส เหล็ก(2) และซัลไฟด์ ส่วนไบคาร์บอเนตและโบรไมด์เป็นสารอินทรีย์ที่น่าสนใจในการทำโอโซนชันในน้ำดื่ม โดยที่ไฮดรอกไซด์เรดิคัลจะถูกใช้โดยอนุมูลอิสระของคาร์บอเนตและไบคาร์บอเนต(16)

2.5.4 การประยุกต์ใช้โอโซน

ก. ใช้เป็นตัวช่วยในการรวมตัวของสาร

การใช้โอโซนเป็นตัวช่วยในการตกตะกอนของฮิวมิก ได้รับการยืนยันว่าลดการใช้สารส้มลงไปได้ถึง 13-30 % ที่ pH 5.5 เมื่อมีความเข้มข้นของฮิวมิก 20 มก/ลิตร ซึ่งโอโซนสามารถ ลดปริมาณของสารที่ใช้ในการรวมตัวลงได้ และปริมาณที่เหมาะสมระหว่างโอโซนและสารที่ใช้ในการรวมตัวมีค่าดังนี้ คือ โอโซน 0.5 มก/ลิตร จะใช้ PACI 20 มก/ลิตร หรือใช้สารส้ม 80 มก/ลิตร (Uveemei, 1990)

ข. ใช้ในการกำจัดตะกอนที่มากเกินไป

วิธีการที่ใช้ในการกำจัดตะกอน ทำโดยการหมุนเวียนตะกอนผ่านโอโซน ในระบบแอกทิเวเตดสลัดจ์ (activated sludge; AS) จากการทดลองพบว่าปริมาณสลัดจ์ลดลงจนไม่ต้องมีการกำจัด นอกจากนี้ยังพบว่าไม่มีตะกอนของสารอินทรีย์สะสมอยู่ในถังเติมอากาศ ซึ่งตะกอน อินทรีย์ส่วนใหญ่จะถูกปล่อยออกมาอยู่ในเฟสที่สามารถละลายได้ และเมื่ออัตราการหมุนเวียนตะกอนเพิ่มขึ้นปริมาณ TOC จะเพิ่มขึ้น

ค. ใช้ควบคุมปริมาณตะกอน

Leeuwen (1988, 1989) สรุปว่าโอโซนนี้ยับยั้งการเจริญเติบโตจุลินทรีย์จำพวกเส้นใย ที่ทำให้การจับตัวของตะกอนไม่ดีในระบบ AS การให้โอโซนในปริมาณที่สูงจะมีผลต่อการจับตัวของตะกอนมากกว่าการให้โอโซนน้อย ๆ ในระยะยาว โอโซนในระบบ AS นี้ไม่สามารถยับยั้งปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันและกำจัดฟอสเฟต นอกจากนี้ยังสามารถปรับปรุงการกำจัดสารอินทรีย์และ สีและสารที่แขวนลอยอยู่ได้ ทำให้คุณภาพของน้ำทิ้งดีขึ้น ปริมาณของแข็งที่หายไปก็ลดลงจาก 437 เหลือ 194 มก/ลิตร และการใช้โอโซนในถังเติมอากาศนั้นจะมีประสิทธิภาพดีกว่าการหมุนเวียนสลัดจ์ (16)

2.5.5 การบำบัดด้วยโอโซน

ก การบำบัดน้ำเสียจากโรงงานทำกระดาษด้วยโอโซน

การทดสอบประสิทธิภาพของการใช้โอโซนและสารเคมีเป็นตัวช่วยในการรวมตัวในการกำจัด สีและซีไอดีจากน้ำทิ้งของโรงงานทำกระดาษ โดยใช้น้ำทิ้ง 3 ชนิด คือ น้ำทิ้งครั้งสุดท้าย น้ำทิ้งจากขั้นตอนการกรองคลอรีน และน้ำทิ้งจากขั้นตอนการกรองจากการสกัดอัลคาไลน์

พบว่า โอโซนนั้นมีประสิทธิภาพสูงในการกำจัดสีและซีโอดี ในน้ำทิ้งครั้งสุดท้าย แต่ในขั้นตอนของการกรองคลอรีนและการสกัดอัลคาไลน์นั้นจะไม่ค่อยมีประสิทธิภาพในการลดสีและซีโอดี Ramjee (1997)

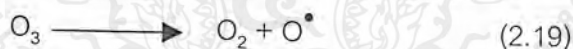
ชนิดของน้ำทิ้ง	% การกำจัดสี	เวลา (นาที)
น้ำทิ้งครั้งสุดท้าย	82.6	30
ขั้นตอนการกรองคลอรีน	65.55	30
ขั้นตอนการกรองพวกอัลคาไลน์	39.7	30

ในการทดลองบำบัดด้วยโอโซนนี้สามารถกำจัดสี และซีโอดีได้ ในน้ำทิ้งทั้ง 3 ชนิด โดยค่าเฉลี่ยในการกำจัดมีดังนี้

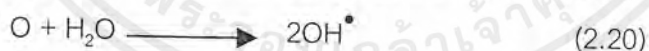
ชนิดของน้ำทิ้ง	สีที่ถูกกำจัดได้	ซีโอดีที่ถูกกำจัดได้
น้ำทิ้งครั้งสุดท้าย	83%	68%
ขั้นตอนการกรองคลอรีน	48%	28%
ขั้นตอนการกรองเอ็ดที่ออกซิเลท	60%	30%(6)

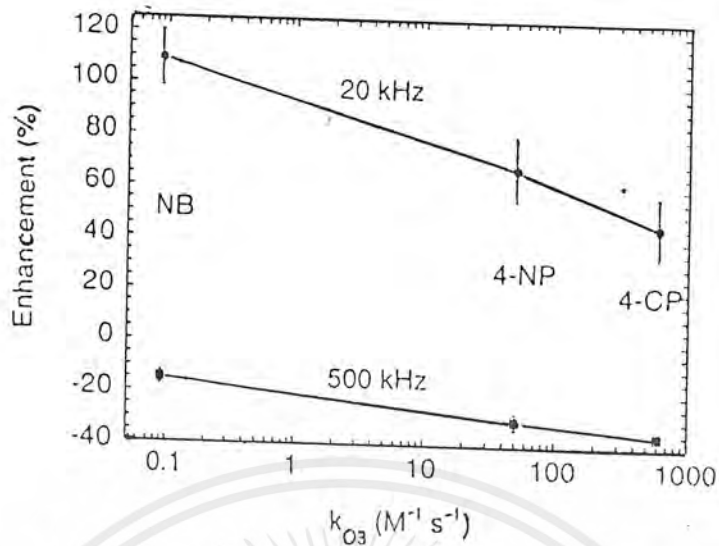
ข การย่อยสลายสารประกอบอะโรมาติกในน้ำโดยเชื่อมกันระหว่างโซโนไลซิสและโอโซน

การเชื่อมกันระหว่างโอโซนและโซโนไลซิสเป็นขบวนการประยุกต์ปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยทั้ง 2 อย่างนี้จะใช้ในการย่อยสลาย ไนโตรเบนซิน 1-4 ไนโรฟีนอล และ 4 คลอโรฟีนอลในน้ำ ทั้งนี้การย่อยสลายขึ้นกับความถี่และจลศาสตร์ของโอโซน ออร์แกนิกคาร์บอนที่สูญหายไปมากจะเกิดที่ความถี่ 20 และ 500 กิโลเฮิร์ตซ์ ส่วนโอโซนจะสลายในสถานะก๊าซดังสมการ

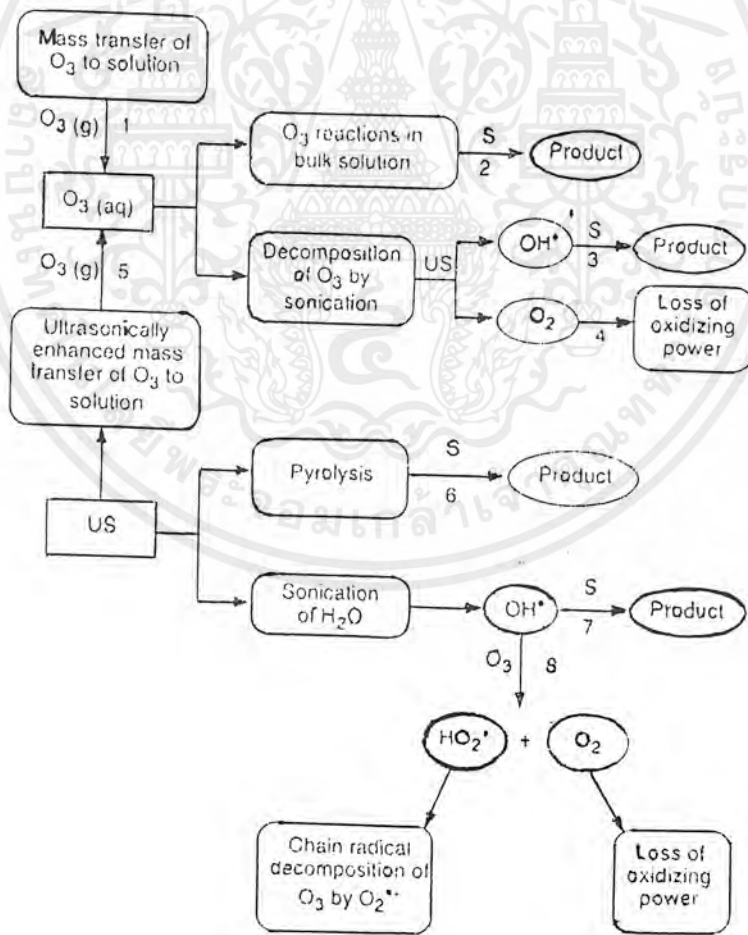


ปฏิกิริยาแรกของอะตอมออกซิเจนกับน้ำทำให้เกิดเป็นไฮดรอกไซด์อิสระ





รูปที่ 2.13 การเพิ่มขึ้นของการย่อยสลายเมื่อเชื่อมกันระหว่างโอโซนและไฮโดรเปอร์ออกไซด์ที่ความถี่ 20 และ 500 kHz

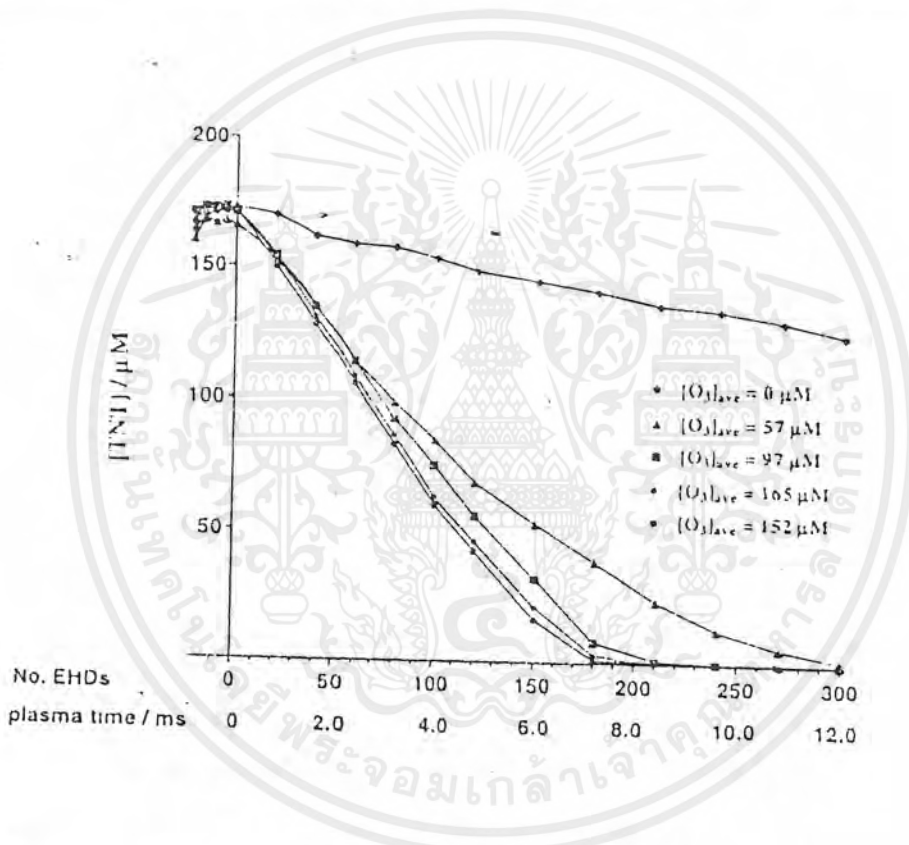


รูปที่ 2.14 แสดงการย่อยสลายของสารตั้งต้นและปฏิกิริยาร่วมกันระหว่างโอโซนและไฮโดรเปอร์ออกไซด์(7)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา.26 ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค การย่อยสลาย 2,4,6 ไตรไนโตรโทลูอินด้วยไอโซนใน Electrohydraulic Discharge Reactor

ขบวนการ electrohydraulic discharge ที่ใช้ไอโซนทำเพื่อประมาณอัตราเร็วในการย่อยสลายไตรไนโตรโทลูอิน(TNT) เมื่อได้รับพลังงานจากกระแสไฟฟ้าโดยตรงระหว่างขั้วทั้งสอง อัตราการย่อยสลาย TNT เพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่ม pH จาก 3 จนถึง 7.9 และเพิ่มพลังงานจาก 5.5 ถึง 9 กิโลจูล และจะลดลงเมื่อช่องว่างระหว่างอิเล็กโทรดกว้าง ประมาณ 6-10 มม. อัตราการสลายแร่ธาตุจะเกิดอย่างรวดเร็วเนื่องจากแสงในถึงปฏิกิริยาที่มีไอโซนที่ผลิตไฮดรอกไซด์ในปริมาณสูง



รูปที่ 2.15 การย่อยสลาย TNT ปริมาตร 3.5 ลิตร 170 ไมโครโมล ที่ pH 4.7 ด้วยพลังงาน 300 7 กิโลจูล(8)

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 อุปกรณ์และสารเคมี

อุปกรณ์

1. เครื่องผลิตไอโซน
2. สเปกโตรโฟโตมิเตอร์
 - 2.1 (spectronic 20 D⁺) MILTON ROY
 - 2.2 JENWAY MODEL 6405 Spectrophotometer
3. เครื่องระเหย Rotavapor
4. เครื่อง HPLC (High Pressure Liquid Chromatography) บัมปีห้อ water 510 HPLC pump
ใช้เครื่องตรวจวัดเป็น water 486 Tunable Absorbance Detector
5. ถังปฏิกรณ์
6. พีเอชมิเตอร์ : Denver Instrument Model 215
7. Sonicator Bath
8. ฮีทเตอร์/สเตอเรียร์

สารเคมี

1. KI AR grade ยี่ห้อ Mallinckrodt
2. KH_2PO_4 AR grade ยี่ห้อ Fisons Scientific Equipment
3. $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ AR grade ยี่ห้อ Merck
4. เกล็ดไอโอดีนระเหิดใหม่
5. เอทิลอะซิเตต AR grade ยี่ห้อ Univar
6. Na_2SO_4
7. เมทานอล HPLC grade
8. เมทามิโดฟอส ยี่ห้อ โดลาฟอส เกรดการค้า

3.2 ปริมาณไอโซนที่ได้จากเครื่องผลิตไอโซน

วิธีการทดลอง

1. ทำการติดตั้งอุปกรณ์ดังรูปที่ 3.1
2. ปิเปตสารละลายที่ใช้ดูดซึมสารออกซิแดนซ์มา 200 มล. ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 500 มล.
3. ทำการเก็บตัวอย่างอากาศโดยต่อสายยางกับเครื่องผลิตไอโซน แล้วนำปลายอีกข้างหนึ่งจุ่มลงในขวดรูปชมพู่ซึ่งบรรจุสารละลาย KI 1% อยู่ และต่อท่ออีก 1 ท่อ เพื่อให้อากาศและไอโซนที่ถูกจับไว้ไม่หมดผ่านลงในสารละลาย KI อีกครั้ง
4. เปิดเครื่องและจับเวลาในการเก็บ 5, 10 และ 15 นาที
5. นำสารละลาย KI ในขวดรูปชมพู่และขวดบรรจุ KI ที่ผ่านไอโซนมาทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 352 nm ด้วย เครื่อง spectronic 20 D* ที่ตึกจุฬารัษฎา ชั้น 5 ห้องเคมี วิเคราะห์ เทียบกับสารละลาย KI ที่ไม่ได้ผ่านไอโซน
6. นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ไปเทียบกับกราฟมาตรฐานเพื่อหาความเข้มข้นที่แน่นอน
7. วิธีเตรียมกราฟมาตรฐาน
 - 7.1 ปิเปตสารละลาย 0.001 โมลาร์ ของสต็อกไอโอดีน 4.09 มล. ลงในขวดวัดปริมาตร 100 มล. ปรับปริมาตร
 - 7.2 ปิเปตสารละลายจากข้อ 6.1 มา 0, 5, 10, 15, 20 และ 25 มล. ลงในขวดวัดปริมาตร 25 มล. และเติมสารละลายที่ใช้ดูดซึมปรับปริมาตรจนถึงขีด จะได้ความเข้มข้นเทียบเท่าไอโซน 0, 1, 2, 3, 4 และ 5 ไมโครลิตร ต่อ 5 มล.
8. ปริมาณไอโซนที่เก็บได้ คำนวณจาก

$$\text{ไอโซน(ไมโครลิตร)} = \text{ปริมาณไอโซน(ไมโครลิตร)ใน 5 มล.} \times \text{ปริมาณ KI ที่ใช้เก็บ (มล.)} \quad (3.1)$$

$$\text{ไอโซน (กรัม)} = 0.77 (PV / T) \quad (3.2)$$

- เมื่อ
- P = ความดันขณะที่เก็บไอโซน (มม.ปรอท)
 - V = ปริมาตรไอโซน (ลิตร)
 - T = อุณหภูมิขณะเก็บไอโซน (เคลวิน)



รูปที่ 3.1 แสดงการเก็บไอโซนด้วยวิธี KI absorption

3.3 การทดสอบประสิทธิภาพของการสกัดเมทามาโดฟอสออกจากน้ำ วิธีการทดลอง

1. เตรียมสารละลายเมทามาโดฟอส 1000 พีพีเอ็ม โดย บีเปตเมทามาโดฟอส 0.1 กรัมละลายในขวดวัดปริมาตร 100 มิลลิลิตร
2. นำสารละลายในข้อ 1 มา 5 มิลลิลิตร ละลายในน้ำ 50 มิลลิลิตร
3. นำน้ำในข้อ 2 มาทำการสกัดดังนี้
 - 3.1 นำน้ำที่ปนเปื้อน เมทามาโดฟอสใส่ในกรวยสกัดขนาด 250 มิลลิลิตร
 - 3.2 เติมเอทิลอะซิเตต 10 มิลลิลิตร
 - 3.3 ทำการสกัด
 - 3.4 นำชั้นน้ำไปสกัดต่อ ส่วนชั้นสารละลายอินทรีย์กรองผ่านโซเดียมซัลเฟตลงในขวดก้นกลม
 - 3.5 ล้างกรวยสกัดด้วยเอทิลอะซิเตต 5 มิลลิลิตร กรองผ่านโซเดียมซัลเฟตลงในขวดก้นกลมในข้อ 2.4
 - 3.6 ทำการสกัดซ้ำ
 - 3.7 สารละลายที่อยู่ในขวดก้นกลมมาระเหยจนแห้ง ด้วยเครื่องระเหย โดยใช้อุณหภูมิ 40 °C แล้วนำไปเป่าไล่เอทิลอะซิเตตด้วยก๊าซไนโตรเจน
 - 3.8 นำมาปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นในขวดขนาด 5 มิลลิลิตรนำไปวิเคราะห์ด้วย HPLC

$$\text{ประสิทธิภาพในการสกัด (\%)} = (m_b/m_a) \times 100 \quad (3.3)$$

เมื่อ m_a = ปริมาณเมทามาโดฟอสก่อนสกัด

m_b = ปริมาณเมทามาโดฟอส หลังสกัด

3.4 การศึกษาสภาวะและปริมาณไอโซนที่เหมาะสมในการย่อยสลายเมทามิโดฟอส ในน้ำ

วิธีการทดลอง

1. ทำการสร้างถังปฏิกรณ์ที่ใช้ในการย่อยสลายสารละลายเมทามิโดฟอสดังรูปที่ 3.2 โดยผ่านไอโซนที่ผลิตได้จากเครื่องลงในถังปฏิกรณ์ที่บรรจุสารฆ่าแมลงเมทามิโดฟอส 100 มล. และต่อท่ออีก 1 ท่อเหนือสารฆ่าแมลงในถังปฏิกรณ์ เพื่อผ่านอากาศและไอโซนที่เหลือจากการทำปฏิกิริยาลงในสารละลาย KI
2. ทำการสร้างถังปฏิกรณ์ ดังรูปที่ 3.3 โดยทำการผ่านออกซิเจนลงในถังปฏิกรณ์ที่มีสารฆ่าแมลงเมทามิโดฟอสเพื่อทำการเปรียบเทียบกับผลการทดลองที่ได้จากการย่อยสลายด้วยไอโซน
3. ทำการทดลองเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการย่อยสลายเมทามิโดฟอสโดยแปรผันตัวแปรดังนี้

pH 4.5, 7 และ 9

อุณหภูมิ 20-30 °C

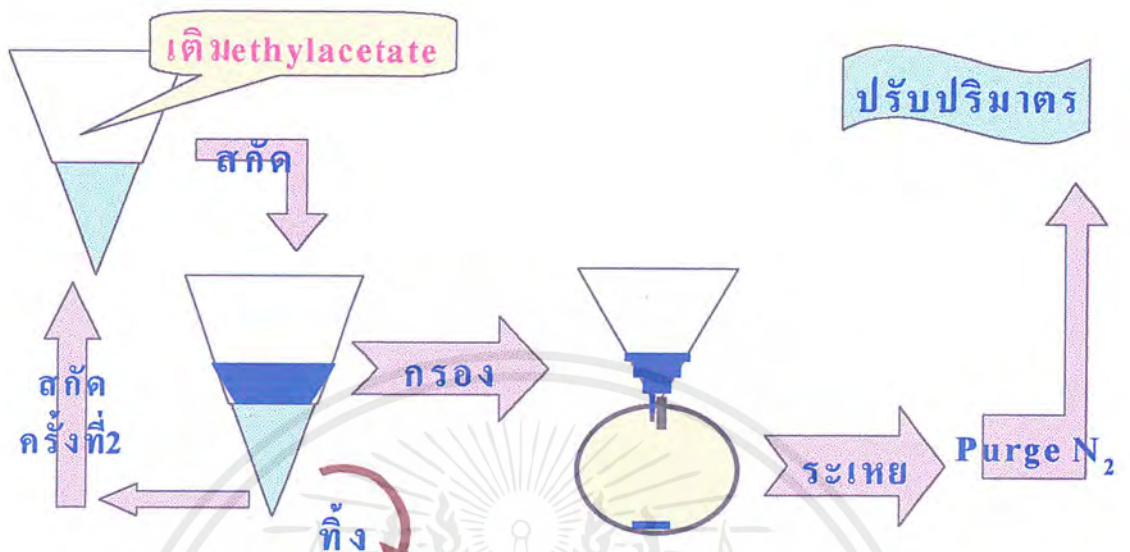
30-40 °C

40-50 °C

เวลา 30, 60, 90 และ 120 นาที

โดยทำการปรับ pH ด้วย NaOH และควบคุมอุณหภูมิโดยใช้ water bath และทำการเก็บตัวอย่างทุก ๆ 30 นาทีโดยใช้ไมโครปิเปตขนาด 200 ไมโครลิตร

4. นำสารละลายที่ได้จากการย่อยสลายมาสกัดด้วยเอทิลอะซิเตต ตามวิธีการที่ใช้ใน ข้อ 3.3
5. ทำการวิเคราะห์สารละลายเมทามิโดฟอสด้วย HPLC โดยฉีดสารละลายปริมาณ 20 ไมโครลิตร ผ่านคอลัมน์ C₁₈ ด้วยสารละลายเมทานอล 80 % อัตราเร็ว 1.0 มิลลิลิตร/นาทีเป็นเวลา 4 นาที และวิเคราะห์การดูดกลืนแสงยูวีในช่วงความยาวคลื่น 210 นาโนเมตร

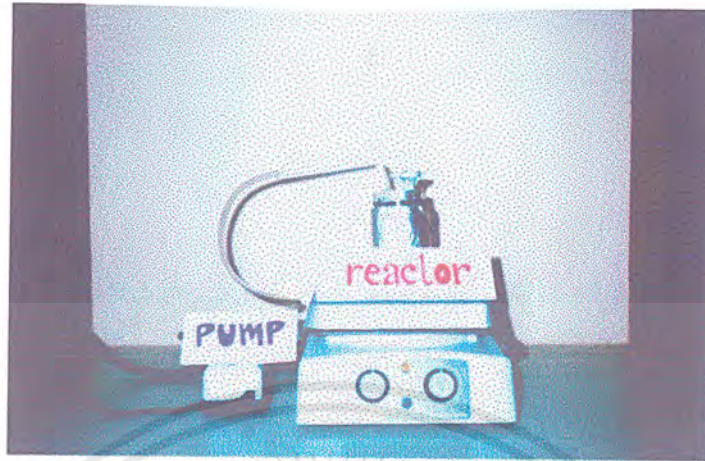


รูปที่ 3.2 แสดงขั้นตอนในการสกัด



รูปที่ 3.3 แสดงการย่อยสลายด้วยโอโซนโดยการควบคุม pH ที่เวลาต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา³² ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

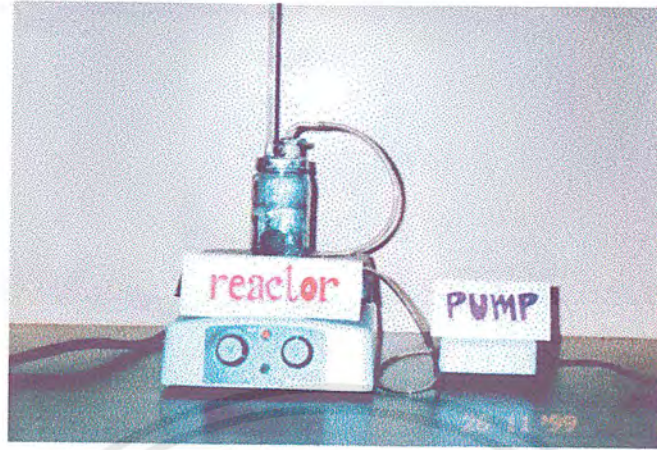


รูปที่ 3.4 แสดงการย่อยสลายด้วยออกซิเจนโดยการควบคุม pH ที่เวลาต่าง ๆ



รูปที่ 3.5 แสดงการย่อยสลายด้วยโอโซนโดยการควบคุมอุณหภูมิที่เวลาต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา 33 ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 แสดงการย่อยสลายด้วยออกซิเจนโดยการควบคุมอุณหภูมิที่เวลาต่าง ๆ



บทที่ 4

ผลการวิจัยและวิจารณ์

จากการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องผลิตโอโซนในการผลิตโอโซนเพื่อนำมาใช้ในการทดลองโดยทำการหาปริมาณโอโซนที่ผลิตได้ที่เวลา 5, 10 และ 15 นาทีตามลำดับ นอกจากนี้ยังรวมถึงผลการทดสอบประสิทธิภาพในการสกัดสารฆ่าแมลงเมทามิโดฟอสออกจากน้ำ และผลการย่อยสลายสารฆ่าแมลงเมทามิโดฟอสในน้ำที่ pH 4.5, 7 และ 9 ที่อุณหภูมิ 20–30 °C, 30–40 °C และ 40–50 °C โดยทำการทดสอบความสามารถในการย่อยสลายสารฆ่าแมลง เมทามิโดฟอส ในช่วงเวลา 30, 60, 90 และ 120 นาที โดยเปรียบเทียบระหว่างโอโซนและออกซิเจน จากการทดลอง ได้ผลดังนี้

4.1 ปริมาณโอโซนที่ได้จากเครื่องผลิตโอโซน

จากการทดลอง โดยการผ่านโอโซนที่ได้ลงในสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์และทำการวัดค่าการดูดกลืนแสง ซึ่งเมื่อนำไปเทียบกับกราฟมาตรฐานจะทำให้ทราบถึงปริมาณโอโซนที่เก็บได้ ณ เวลาต่าง ๆ ในการทดลองทั้งสองครั้งดังนี้

ตารางที่ 4.1 แสดงปริมาณโอโซนที่เก็บได้ในการทดลอง

เวลา (นาที)	ปริมาตรโอโซน (ul)			โอโซน (mg)
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	เฉลี่ย	
5	18.73	22.16	20.45	0.039
10	40.80	-	40.80	0.078
11	-	43.05	43.05	0.083
15	58.95	61.93	60.44	0.116

จาก $PV = nRT$ ดังนั้นที่สภาวะมาตรฐาน ไอโซน 1 โมลจะมีปริมาณเท่ากับ 24.46 ลิตร
 ดังสมการ

$$PV = nRT$$

$$V = 1 \text{ mol} \times 82.057 \frac{\text{cm}^3 \cdot \text{atm}}{\text{g} \cdot \text{mol} \cdot \text{K}} \times 298.15 \text{ K} \times 1 \text{ atm}$$

$$V = 24.26 \text{ L} \quad (4.1)$$

ในการทดลองวัดค่าความดันได้ 744.81 มิลลิเมตรปรอท ที่อุณหภูมิ 299.15 เคลวินเพราะฉะนั้นเมื่อเปลี่ยนปริมาตรของไอโซนที่ได้เป็นปริมาตรที่สภาวะมาตรฐานจะมีค่าเท่ากับ 0.39

PV/T ดังสมการ

$$(PV/T)_{\text{std}} = PV/T$$

$$V_{\text{std}} = PV/T \times \frac{298.15}{760 \text{ mmHg}}$$

$$V_{\text{std}} = 0.39PV/T \quad (4.2)$$

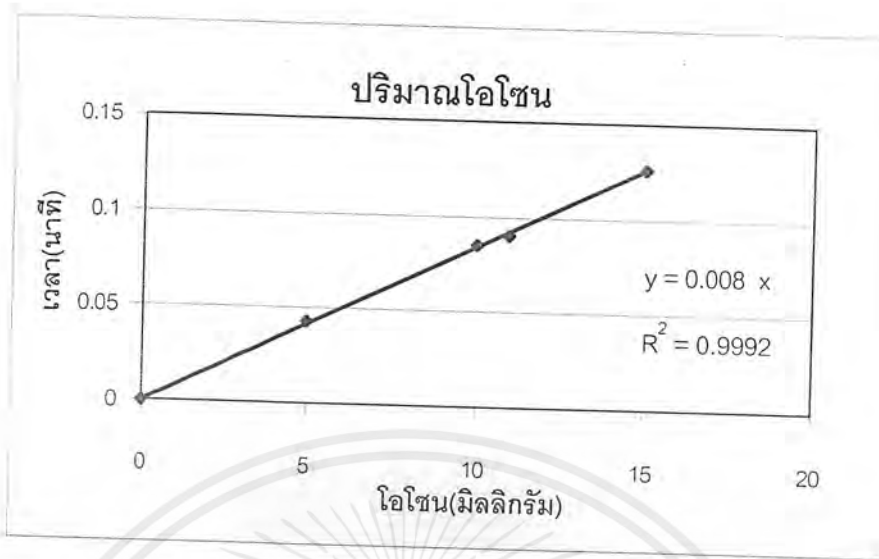
และเมื่อเปลี่ยนไอโซนเป็นมาตรฐานเป็นไอโซนที่มาตรฐานเป็นน้ำหนักจะมีค่า เท่ากับ 0.77PV/T ซึ่งหาได้ดังนี้

ไอโซนที่สภาวะมาตรฐาน 24.46 ลิตร เท่ากับ 48 กรัม (1 โมล)

ถ้าไอโซน 0.39PV/T ลิตร จะเท่ากับ $\frac{48 \times 0.39PV/T}{24.46}$

$$\text{ไอโซน(กรัม)} = 0.77PV/T \quad (4.3)$$

ปริมาณไอโซนที่ผลิตได้จากเครื่องผลิตไอโซนเฉลี่ยทั้งสองครั้งแสดงผลดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงปริมาณไอโชนเป็นมิลลิกรัมที่ได้เครื่องผลิตไอโชน

จากกราฟพบว่าค่า R^2 มีค่าใกล้เคียง 1.0 แสดงว่ากราฟเป็นเส้นตรง ซึ่งหมายถึงปริมาณของไอโชนที่เพิ่มขึ้นสัมพันธ์กับเวลา ทำให้สามารถประมาณปริมาณไอโชนที่ใช้ในการลดปริมาณสารฆ่าแมลงเมทาธาไมโดฟอสได้เท่ากับ 1.00 มิลลิกรัม ในการทดลองเป็นเวลา 2 ชั่วโมง เมื่ออัตราการผลิตไอโชนที่ได้จากเครื่องผลิตไอโชนประมาณ 0.50 มิลลิกรัม/ชั่วโมง (ภาคผนวก ก.)

จากผลการทดลองสามารถอธิบายได้ดังนี้ ที่เวลาเพิ่มขึ้นปริมาณไอโชนที่ผลิตได้จากเครื่องผลิตไอโชนมีปริมาณเพิ่มขึ้นทำให้ไอโชนที่ผ่านลงในสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ที่ใช้ในการเก็บไอโชนซึ่งควบคุม pH โดยบัฟเฟอร์ช่วง 6.8 ± 0.2 ปริมาณไอโอไดด์ที่มากเกินไปจะทำให้ไอโอดีนที่เกิดขึ้นเป็นไตรไอโอไดด์ไอออน ซึ่งดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 352 นาโนเมตร สามารถเขียนสมการการเกิดปฏิกิริยาได้ดังนี้



(triiodide ion)

ดังนั้นที่เวลาเพิ่มขึ้นและปริมาณโพแทสเซียมไอโอไดด์ที่มากเกินไปจะทำให้ปริมาณไตรไอโอไดด์ไอออนเพิ่มสูงขึ้น ทำให้ค่าการดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นโดยเป็นสัดส่วนกับไอโชนที่มากขึ้น

4.2 การทดสอบประสิทธิภาพในการสกัดสารฆ่าแมลงเมทาไมโดฟอสจากน้ำ
จากการทดลองทำการสกัดเอสเมทาไมโดฟอสออกจากน้ำโดยใช้เอทิลอะซิเตตได้ผล
ดังนี้

ตารางที่ 4.2 แสดงประสิทธิภาพในการสกัดเมทาไมโดฟอสออกจากน้ำ

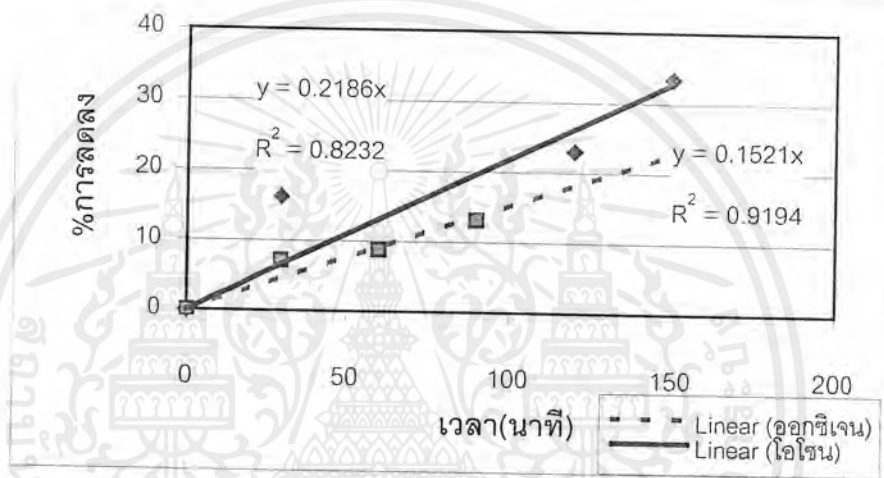
ครั้งที่	ประสิทธิภาพ (%)
1	68.05
2	69.00
3	68.78
4	89.42
5	84.06
6	64.53
7	62.64

จากผลการทดลองพบว่าประสิทธิภาพในการสกัดในแต่ละครั้งแตกต่างกันอาจเนื่องมาจาก
ระยะเวลาและความแรงในการสกัดในแต่ละครั้งแตกต่างกัน ทำให้ประสิทธิภาพที่ได้ไม่เท่ากัน
นอกจากนี้ยังสันนิษฐานได้ว่าส่วนหนึ่งมาจากความสามารถของผู้สกัดในการที่จะสกัดเอา
เมทาไมโดฟอส ออกจากน้ำเพราะการสกัดที่แรงไปจะทำให้เกิดเป็นอิมัลชัน แต่ถ้าเบาเกินไปก็จะ
ทำให้การแลกเปลี่ยนเกิดขึ้นได้ไม่ดี หรือแม้แต่ในขั้นตอนการปล่อยน้ำส่วนที่ถูกสกัดแล้วออกจาก
กรวยแยก อาจมีเอทิลอะซิเตตบางส่วนติดไปกับน้ำได้ และสาเหตุสุดท้ายคือในขั้นตอนของการ
กรองชั้นเอทิลอะซิเตตผ่านโซเดียมซัลเฟตอาจมีเมทาไมโดฟอสบางส่วนที่ติดอยู่กับ กรวยแยก
กระดาษกรอง หรือ กรวยกรอง ซึ่งที่กล่าวมาทั้งหมดล้วนเป็นสาเหตุให้ประสิทธิภาพในการสกัด
ลดลงและแตกต่างกันได้

จากการสังเกตพบว่าในกลุ่มการสกัดที่อยู่ในช่วง 60 % นั้น ขณะที่ทำการสกัดได้มีชั้นของ
อิมัลชันเกิดขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ในขณะที่กลุ่ม 80 % พบว่าชั้นของอิมัลชันที่เกิดขึ้นมีเพียงเล็กน้อย
ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าชั้นของอิมัลชันที่เกิดขึ้นในระหว่างขั้นตอนของการสกัดมีผลต่อประสิทธิภาพใน
การสกัด ดังนั้นหากเราสามารถควบคุมการเกิดอิมัลชันโดยไม่เขย่าแรงจนเกินไปได้ จะสามารถ
เพิ่มประสิทธิภาพในการสกัดได้สูงถึง 80 % หรือมากกว่า

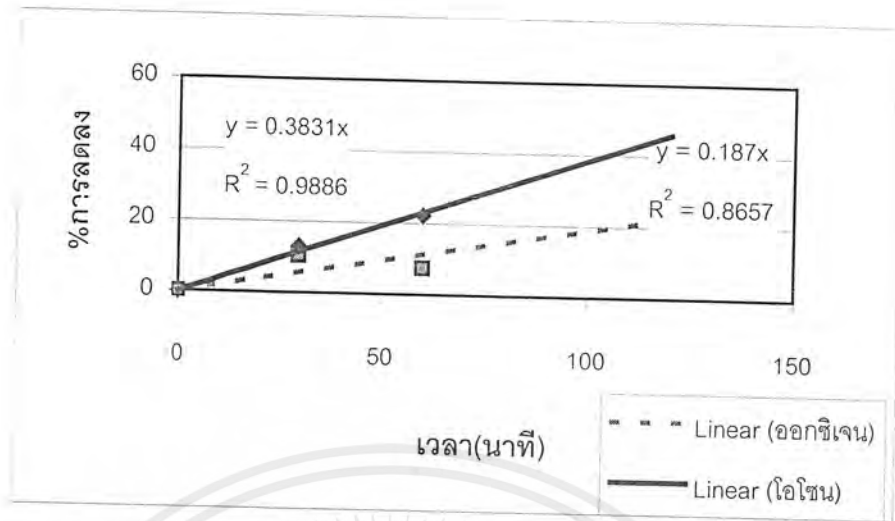
4.3 การทดสอบประสิทธิภาพในการย่อยสลายสารฆ่าแมลงเมทาไมโดฟอส ในน้ำด้วยโอโซน

จากการทดลองเพื่อศึกษาปริมาณเมทาไมโดฟอสที่ลดลงเมื่อผ่านโอโซนลงไปในสถานะต่างๆ ได้แก่ pH 4.5, 7 และ 9 ที่อุณหภูมิ 20–30°C, 30–40°C และ 40–50°C นอกจากนี้ยังแสดงผลเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดปริมาณเมทาไมโดฟอสระหว่างการใช้อโอโซนและออกซิเจนที่สภาวะเดียวกัน แสดงผลดังนี้



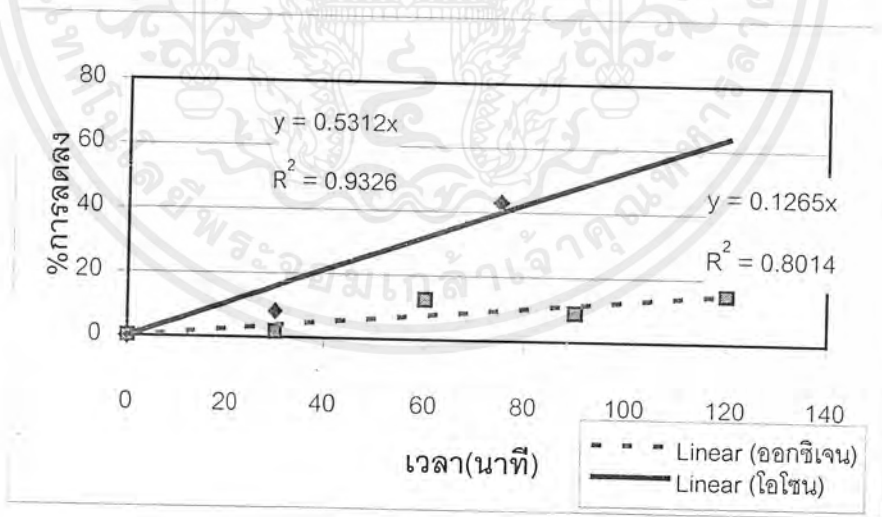
รูปที่ 4.2 กราฟเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดปริมาณสารฆ่าแมลงเมทาไมโดฟอสในน้ำระหว่าง การใช้อโอโซนและออกซิเจน ที่ pH 4.5

จากกราฟค่า R^2 ทั้งโอโซนและออกซิเจนมีค่าเข้าใกล้ 1.0 นั่นคือ เปอร์เซ็นต์การลดลงมีความสัมพันธ์กับเวลา ซึ่งโอโซนสามารถลดปริมาณสารฆ่าแมลงเมทาไมโดฟอสในน้ำได้ดีกว่าออกซิเจนที่สภาวะเดียวกัน โดยที่ 60 นาที %การลดลงเมื่อใช้อโอโซนและออกซิเจนเป็น 13.12% และ 9.13% และยังพบว่าประสิทธิภาพในการลดปริมาณสารฆ่าแมลงเมทาไมโดฟอสระหว่างโอโซนกับออกซิเจนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (ภาคผนวก ง.)



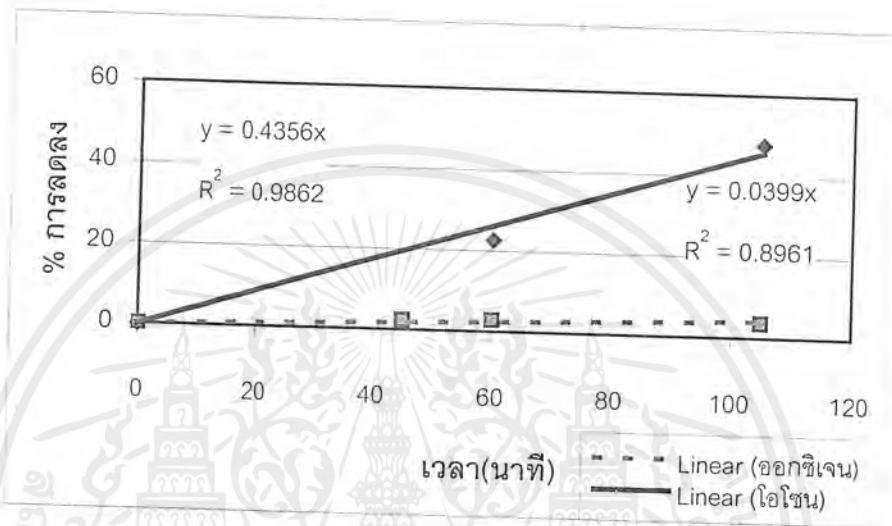
รูปที่ 4.3 กราฟเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดปริมาณเมทามาโมโดฟอสในน้ำระหว่างไอโซนและออกซิเจน ที่ pH 7

จากกราฟก็ให้ผลเช่นเดียวกับการทดลองที่ pH 4.5 นั่นคือ ไอโซนสามารถลดปริมาณเมทามาโมโดฟอสได้ดีกว่าเมื่อใช้ออกซิเจน โดยที่เวลา 60 นาที %การลดลงเมื่อใช้ไอโซนและออกซิเจนมีค่า 22.99% และ 11.22%ตามลำดับ ซึ่งทั้งสองวิธีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (ภาคผนวก ง.)



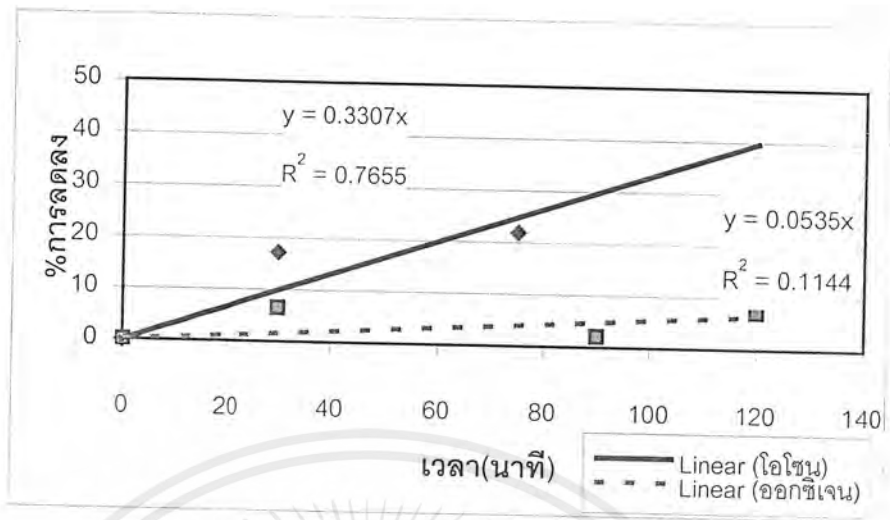
รูปที่ 4.4 กราฟเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดปริมาณเมทามาโมโดฟอสในน้ำระหว่างไอโซนและออกซิเจน ที่ pH 9

จากกราฟก็ให้ผลในทำนองเดียวกันกับที่ pH 4.5 และ pH 7 นั่นคือ โอโซนสามารถลดปริมาณเมทามิโดฟอสได้ดีกว่าออกซิเจน โดยที่เวลา 60 นาที %การลดลงของโอโซนและออกซิเจนมีค่า 31.87% และ 7.59% ซึ่งการใช้โอโซนและออกซิเจนในการลดปริมาณเมทามิโดฟอส นั้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (ภาคผนวก ง.)



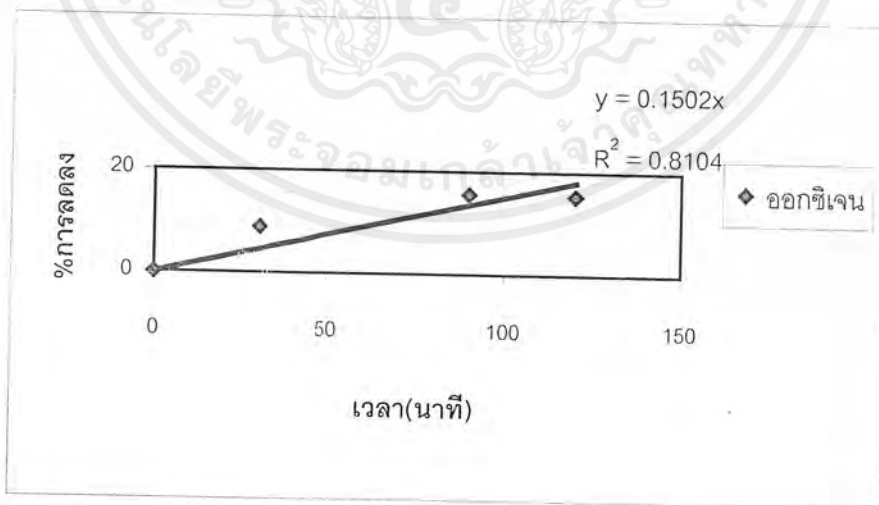
รูปที่ 4.5 กราฟเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดปริมาณเมทามิโดฟอสในน้ำระหว่างโอโซนและออกซิเจน ที่อุณหภูมิ 20 - 30°C

จากกราฟที่อุณหภูมิ 20 - 30°C เมื่อผ่านโอโซนลงไปในสารละลายเมทามิโดฟอสพบว่าปริมาณสารฆ่าแมลงเมทามิโดฟอสมีปริมาณลดลงมากกว่าเมื่อผ่านออกซิเจน โดยที่เวลา 60 นาที %การลดลงของโอโซนและออกซิเจนเป็น 26.14% และ 2.39% ตามลำดับ ประสิทธิภาพในการลดปริมาณสารฆ่าแมลงเมทามิโดฟอสระหว่างโอโซนและออกซิเจนนั้น มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (ภาคผนวก ง.)



รูปที่ 4.6 กราฟเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดปริมาณเมทามาโมโดฟอสในน้ำระหว่างโอโซน และออกซิเจน ที่อุณหภูมิ 30-40°C

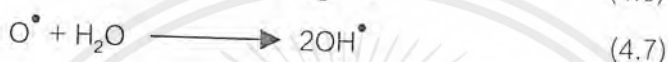
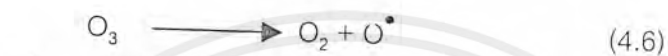
จากกราฟพบว่าที่อุณหภูมิ 30-40°C เมื่อผ่านโอโซนลงในสารละลายเมทามาโมโดฟอส ทำให้เมทามาโมโดฟอสมีปริมาณลดลงมากกว่าเมื่อผ่านออกซิเจนในสภาวะเดียวกัน โดยที่เวลา 60 นาที มี%การลดลงของโอโซนและออกซิเจนเท่ากับ 19.84% และ 3.21% ตามลำดับ ซึ่งประสิทธิภาพในการลดเมทามาโมโดฟอสทั้งโอโซนและออกซิเจนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (ภาคผนวก ง.)



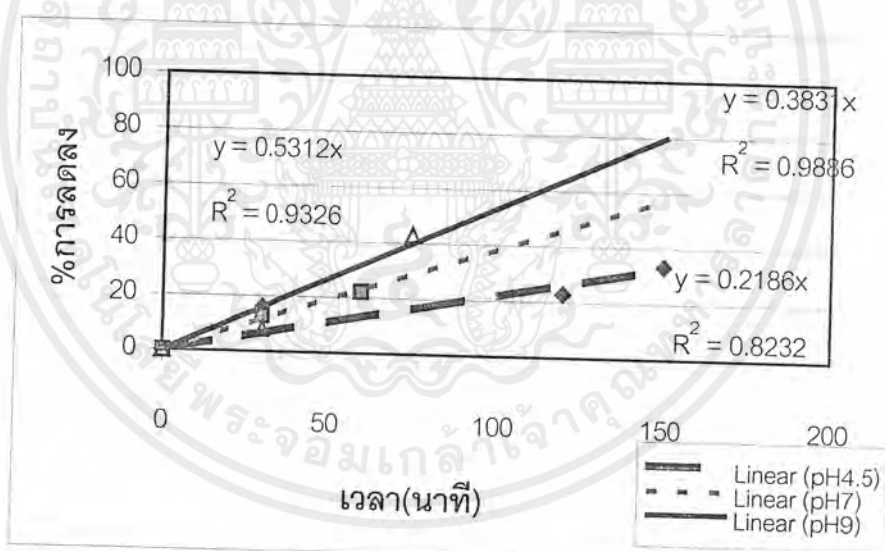
รูปที่ 4.7 กราฟแสดงประสิทธิภาพในการลดปริมาณสารฆ่าแมลงเมทามาโมโดฟอสในด้วย ออกซิเจนที่อุณหภูมิ 40-50°C

จากกราฟพบว่าที่อุณหภูมิ 40-50°C เมื่อผ่านออกซิเจนสามารถลดปริมาณสารฆ่าแมลงเมทามิโดฟอสลงได้สูงสุด 18.02% ที่เวลา 120 นาที

จากผลการทดลองเมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโอโซนและออกซิเจนข้างต้น พบว่าโอโซนนั้นสามารถช่วยลดปริมาณสารฆ่าแมลงเมทามิโดฟอสได้ดีกว่าออกซิเจน ทั้งนี้เนื่องจากโอโซนทำปฏิกิริยากับน้ำดังสมการที่ (1) และ (2) และเกิด OH^\bullet ที่เป็นตัวออกซิไดส์ที่แรงตัวหนึ่งทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดีกว่าออกซิเจน



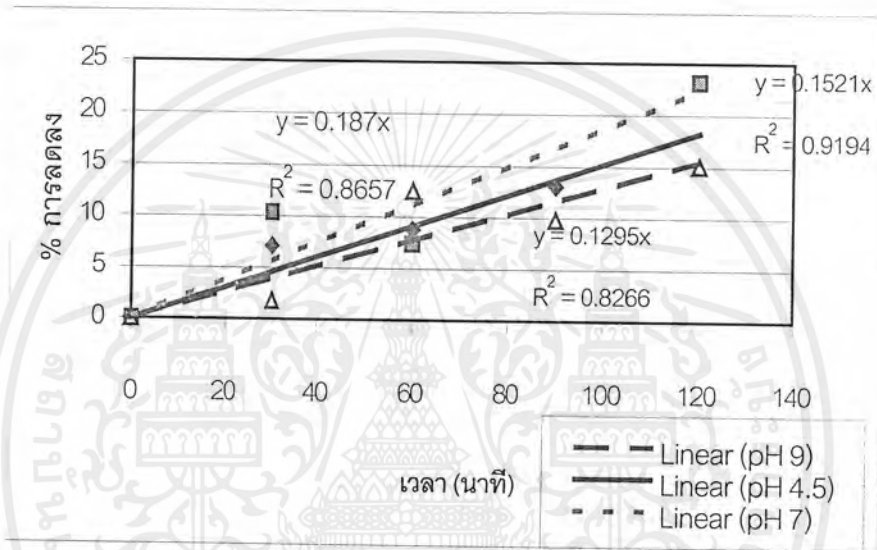
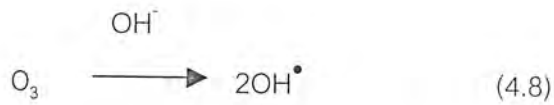
จากผลการทดลอง เมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างปริมาณเมทามิโดฟอสที่ลดลงเมื่อผ่านโอโซน ที่ pH 4.5, pH 7 และ pH 9 แสดงดังกราฟ



รูปที่ 4.8 กราฟเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดปริมาณเมทามิโดฟอสด้วยโอโซนที่ pH 4.5, pH 7 และ pH 9

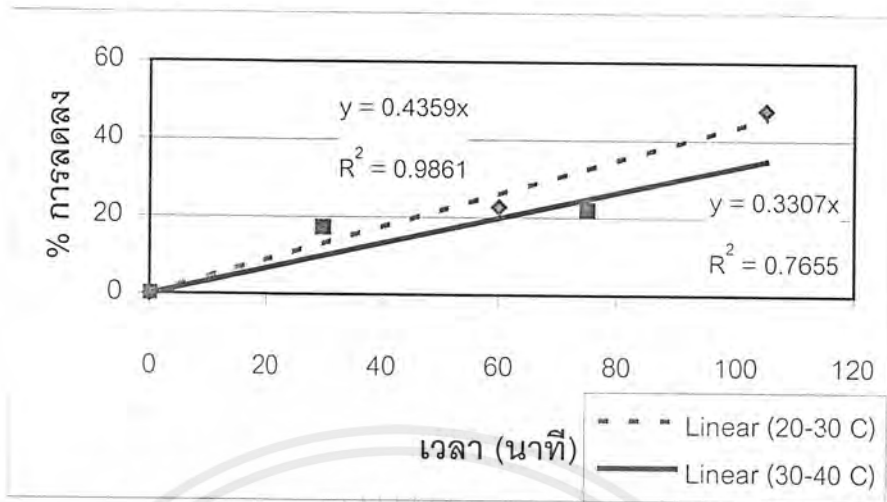
จากกราฟเมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการย่อยสลายเมทามิโดฟอส ที่เวลา 60 นาที พบว่าที่ pH 9 นั้นสามารถลดปริมาณสารฆ่าแมลงเมทามิโดฟอสได้สูงถึง 31.87% รองลงมาคือที่ pH 7 และ 4.5 มีค่า 22.99% และ 13.12% ตามลำดับ ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากว่าไฮดรอกไซด์ (OH^-)

ที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณ OH^\bullet เพิ่มขึ้นทำให้อัตราการย่อยสลายเมททามิโดฟอสสูงขึ้นเมื่อเทียบกับที่สภาวะกรด และกลาง ดังสมการ



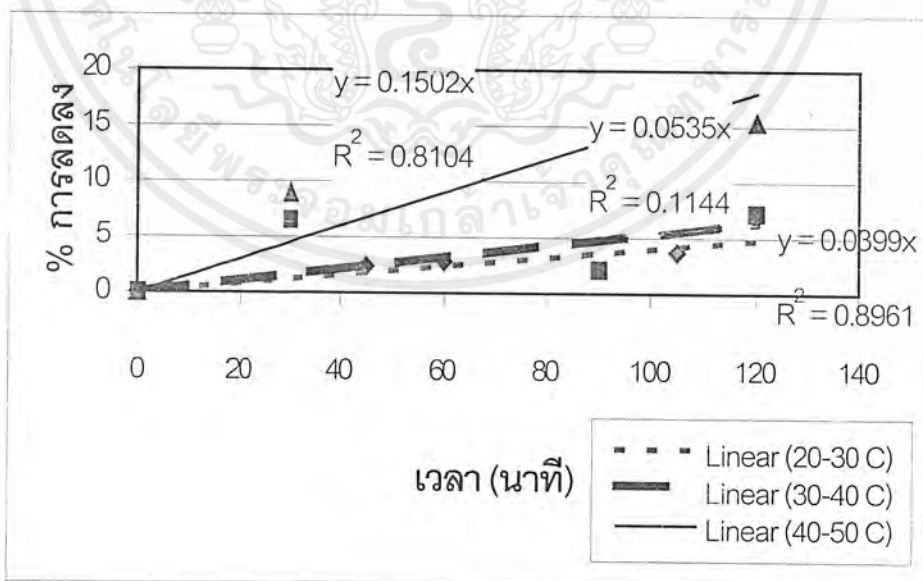
รูปที่ 4.9 กราฟเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดปริมาณเมททามิโดฟอสด้วยออกซิเจนที่ pH 4.5, pH 7 และ pH 9

จากกราฟเมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการย่อยสลายเมททามิโดฟอสด้วยออกซิเจนที่ pH 4.5, pH 7 และ pH 9 โดยที่เวลา 60 นาที %การลดลงที่ pH 4.5, 7 และ 9 มีค่า 9.13%, 11.22% และ 7.59%ตามลำดับ



รูปที่ 4.10 กราฟเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดปริมาณเมทามาโดฟอสด้วยไอโซนที่อุณหภูมิ 20-30°C และ 30-40°C

จากกราฟพบว่าที่อุณหภูมิสูงขึ้นประสิทธิภาพในการลดปริมาณสารฆ่าแมลงเมทามาโดฟอสลดลง ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากความร้อน เพราะไอโซนจะสลายตัวได้ง่ายเมื่อได้รับความร้อน ดังนั้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นเป็น 30-40°C จึงทำให้ปริมาณไอโซนที่จะเข้าทำปฏิกิริยาน้อยลงเมื่อเทียบกับที่อุณหภูมิ 20-30°C



รูปที่ 4.11 กราฟเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดปริมาณเมทามาโดฟอสด้วยออกซิเจนที่อุณหภูมิ 20-30°C, 30-40°C และ 40-50°C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

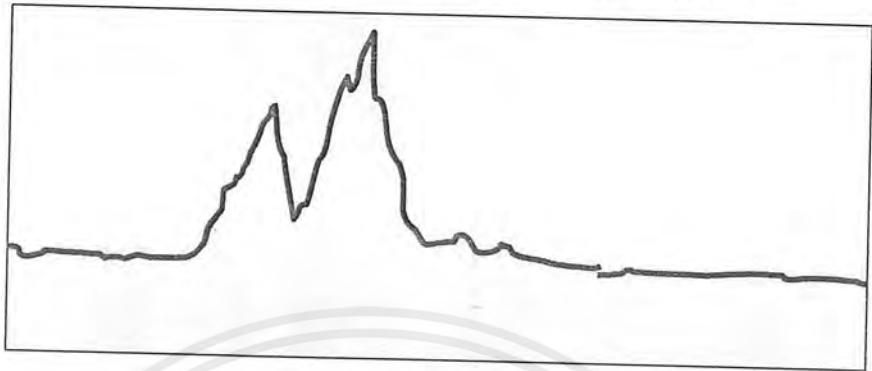
จากกราฟพบว่าที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพในการลดปริมาณสารฆ่าแมลงโดยออกซิเจนเพิ่มขึ้น โดยสาเหตุที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากความร้อนที่เพิ่มขึ้นทำให้เมทามิโดฟอสละลายตัวได้มากขึ้นเมื่อเทียบกับที่อุณหภูมิห้องดังเช่นที่กล่าวไว้ในทฤษฎีว่า กรรมวิธีการปรุงอาหารด้วยการต้ม นึ่ง ผัด หรือลวก นั้นจะสามารถลดปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชลงได้

จากผลการทดลองที่ได้กล่าวมานั้นจะพบว่าไอโซนสามารถลดปริมาณเมทามิโดฟอสที่ละลายในน้ำที่เวลา 60 นาทีในสภาวะต่างๆ ได้ดังนี้ pH4.5 สามารถลดเมทามิโดฟอสลงได้ 13.12% ที่ pH 7 ลดลง 22.99% ที่ pH 9 ลดลง 31.87% ส่วนที่อุณหภูมิ 20-30°C เมทามิโดฟอสลดลง 26.14% และที่อุณหภูมิ 30-40°C ลดลง 19.84% ดังนั้นสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการลดปริมาณสารฆ่าแมลงเมทามิโดฟอสที่ละลายในน้ำด้วยไอโซน คือ ที่ pH 9 และอุณหภูมิ 20-30°C

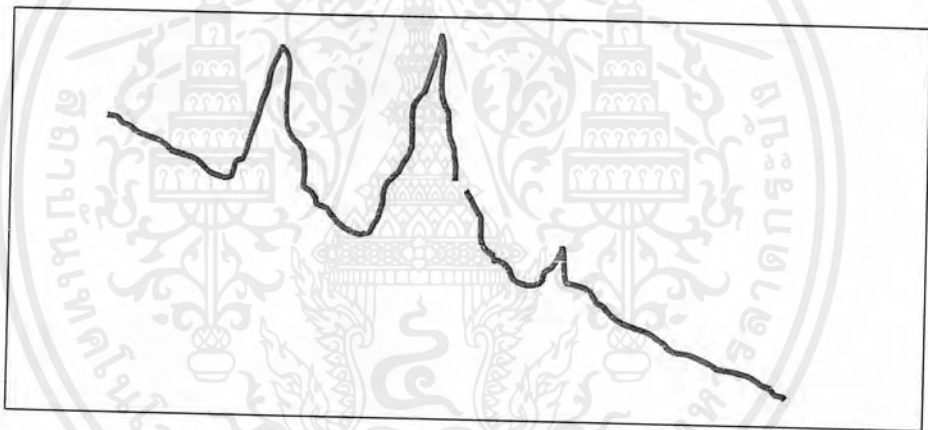
4.4 ปัญหาที่พบในการทดลอง

1. จากผลการทดลองจะสังเกตว่าผลของการลดปริมาณสารฆ่าแมลงเมทามิโดฟอสด้วยไอโซนที่อุณหภูมิ 40-50 °C นั้นมีผลตรงกันข้ามกับผลการทดลองที่สภาวะอื่น ที่เป็นเช่นนี้เนื่องมาจากเมื่อทำการทดลองแล้วพบว่าปริมาณเมทามิโดฟอสที่วิเคราะห์ได้จาก HPLC ที่เวลาต่าง ๆ มีปริมาณสูงขึ้น โดยเหตุผลที่เพิ่มขึ้นนี้อาจสันนิษฐานได้ว่าอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นจะไปมีผลทำให้สารที่เรา กำลังศึกษาสลายหรือเปลี่ยนสภาพไปเป็นสารใหม่ที่ไปรบกวนการวิเคราะห์ โดยที่อาจจะไปขึ้นที่เวลาเดียวกันกับสารตัวอย่างที่เรา กำลังวิเคราะห์ส่งผลให้พื้นที่ใต้พีคที่เราศึกษาสูงขึ้น หรือสารตัวใหม่นี้ อาจเกิดขึ้นเนื่องจากเครื่องผลิตไอโซนเพราะในช่วงท้ายของการทดลอง พบว่าเครื่องผลิตไอโซนผิดปกติและไม่เพียงแต่ให้ไอโซนออกมาเท่านั้น แต่มีสารที่มีลักษณะคล้ายน้ำมัน เหนียว และมีสีเหลืองออกมาด้วย ซึ่งสารดังกล่าวอาจไปมีผลให้คุณสมบัติหรือองค์ประกอบของสารตัวอย่างเปลี่ยนแปลงไป ทำให้ผลการวิเคราะห์ใช้ไม่ได้
2. ต่อเนื่องจากข้อที่ 1 คือผลจากความผิดปกติของเครื่องผลิตไอโซนนั่นทำให้สารละลายเมทามิโดฟอสมีลักษณะสีขาว ชุ่น และมีตะกอนแขวนลอยอยู่ ซึ่งทำให้ไม่สามารถนำไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิค HPLC โดยตรง เพราะอาจทำให้คอลัมน์ที่ใช้อุดตันได้ จึงจำเป็นต้องทำการกรองสารละลายที่เก็บทุกครั้งก่อนนำไปวัดด้วย HPLC
3. จากผลการทดลองจะพบว่าผลการวิเคราะห์บางช่วงเวลาหายไปที่เป็นเช่นนี้ เนื่องมาจากพีคที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วย HPLC บางพีคมีค่าการดูดกลืนแสงสูงมากจนกลายเป็นพีคขนาดใหญ่เมื่อเทียบกับพีคอื่นๆ หรือบางครั้งพีคที่ได้มีลักษณะที่ไม่สามารถนำมา

วิเคราะห์ได้ เนื่องจากพีคไม่แยกจากกัน เบลไลน์ไม่เป็นเส้นตรงและติดลบลงมาเรื่อยๆ ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงจำเป็นต้องตัดผลการทดลองในช่วงเวลานั้นทิ้งไป



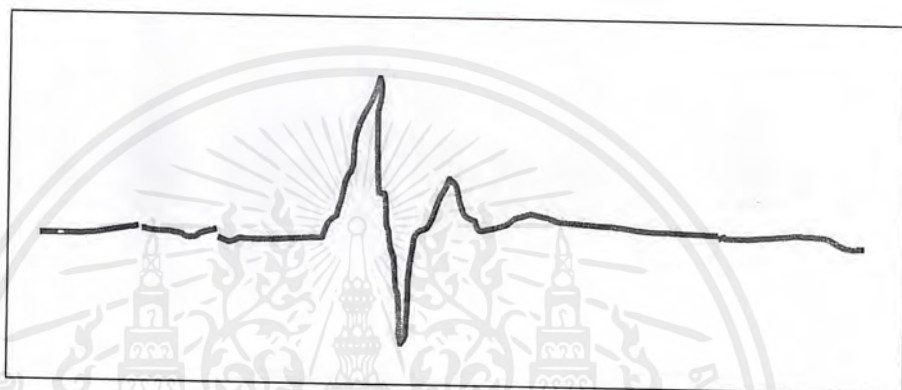
รูปที่ 4.12 แสดงกราฟที่ไม่แยกจากกันที่ได้จากการทดลอง



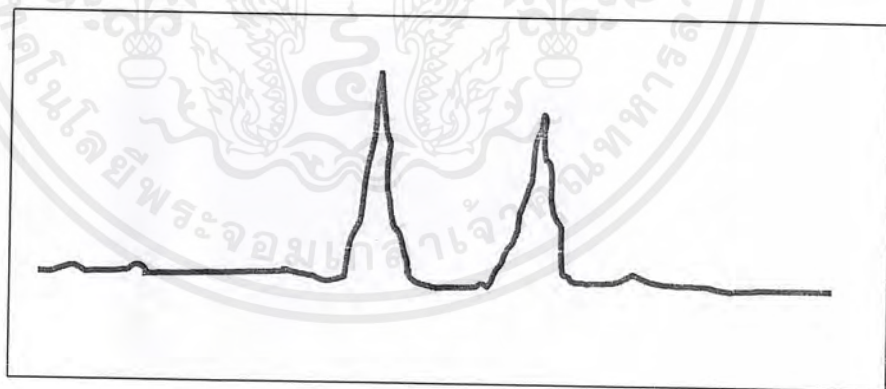
รูปที่ 4.13 แสดงเบลไลน์ที่ไม่เป็นเส้นตรง

- ถึงแม้ว่าพีคที่ได้จากการวิเคราะห์จะมีลักษณะตรงตามที่ต้องการแล้ว แต่ความผิดพลาดก็เกิดขึ้นได้อีกเช่นกัน โดยเกิดเนื่องจากการลากพื้นที่ใต้พีค ซึ่งโดยปกติจะทำการลากจากฐานถึงฐานหรือลากเป็นเส้นตรงขนานกับเบลไลน์ ซึ่งในการทำแต่ละครั้งโอกาสที่จะได้พื้นที่ใต้พีคที่เท่ากันในพีคอันเดียวกันก็ไม่บ่อยนัก ผลที่วิเคราะห์ได้จึงไม่ใช่ผลที่ถูกต้อง 100 %
- ปัญหาอีกอย่างในการใช้เครื่องมือ HPLC คือความผิดปกติของเครื่องมือที่เกิดขึ้นในบ่อยครั้ง เช่น ความดันขณะใช้เครื่องสูงกว่าขอบเขตของเครื่องเพราะสันนิษฐานว่าเกิดจากการอุดตันของคอลัมน์และส่งผลให้อัตราการไหลของสารซึ่งเดิมเคยใช้อยู่ที่ 1.0

มิลลิลิตรต่อนาทิจที่ไม่สามารถใช้ได้ต้องลดอัตราการไหลลงและเคยลดลงต่ำสุดที่ 0.6 มิลลิลิตรต่อนาทิจ เพื่อรักษาความดันของคอลัมน์ไม่ให้สูงเกินไป นอกจากนี้ยังพบปัญหาเกี่ยวกับลักษณะของพีคที่เปลี่ยนไปจากรูปที่ 4.14 เป็น รูปที่ 4.15 หลังจากการล้างการ์ดคอลัมน์ และทำให้พีคมีลักษณะต่างไปจากเดิม แต่พีคที่กำลังศึกษาอยู่และคาดว่าจะเป็ นพีคของสารตัวอย่างนั้นยังขึ้นที่ตำแหน่งและเวลาเดิม จึงไม่ทำให้เกิดปัญหามากนักในการ วิเคราะห์



รูปที่ 4.14 แสดงกราฟที่วิเคราะห์ได้ก่อนล้างการ์ดคอลัมน์



รูปที่ 4.15 แสดงกราฟที่วิเคราะห์ได้หลังล้างการ์ดคอลัมน์

- ในช่วงของการสกัดพบว่าบ่อยครั้งที่เกิดเป็นอิมัลชันขึ้นและทำให้ต้องทิ้งส่วนที่เป็น อิมัลชันนั้นไป ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการสกัดลดลง และบางครั้งที่สกัด การเกิด อิมัลชันมีมากจนทำให้ไม่สามารถทำการสกัดต่อไปได้ เพราะถึงแม้จะทำการสกัดต่อไป ประสิทธิภาพในการสกัดก็ไม่สูงนัก

7. ในขั้นตอนหลังจากการสกัดแล้วก็จะนำเอาชั้นเอทิลอะซิเตตที่ได้ไประเหยด้วยเครื่องระเหยแบบหมุนซึ่งมีอยู่ช่วงหนึ่งที่เครื่องระเหยนี้ชำรุด ทำให้เอทิลอะซิเตตระเหยไปได้ไม่หมด และเมื่อนำไปวัดด้วย HPLC ปรากฏว่าพีคทุกพีคนั้นมีค่าการดูดกลืนแสงเกิน 2.00 ทำให้ไม่สามารถวิเคราะห์และหาประสิทธิภาพในการสกัดได้ เพราะเมื่อนำเอทิลอะซิเตตอย่างเดียวก็นำไปวิเคราะห์ด้วย HPLC พบว่าเวลาที่พีคขึ้นนั้นเป็นเวลาเดียวกับที่ใช้วิเคราะห์ตัวอย่าง จึงทำให้แน่ใจได้ว่าเอทิลอะซิเตตระเหยไปไม่หมด และไปมีผลต่อการเพิ่มขนาดของพีคในการวิเคราะห์ด้วย ดังนั้นในขั้นตอนของการระเหยควรนำไปเป่าด้วยก๊าซไนโตรเจนเพื่อไล่เอาเอทิลอะซิเตตออกไปก่อน เพื่อลดความผิดพลาดในการวิเคราะห์
8. ในการวิเคราะห์โดยใช้เครื่องมือ HPLC ทุกครั้งควรที่จะต้องมีสารมาตรฐานเพื่อใช้ตรวจสอบลักษณะและความถูกต้องของสารตัวอย่าง เพราะหากขาดสารมาตรฐานแล้วจะทำให้เสียเวลาอย่างมากในการแยกแยะและหาว่าพีคใดเป็นพีคของสารที่เราต้องการ เพราะในสารตัวอย่าง นอกจากจะมีสารที่เราต้องการแล้วยังมีสารอื่น ๆ ที่ทำให้มีพีคเกิดขึ้นมากกว่าหนึ่งพีค
9. ในการวิเคราะห์สารแต่ละชนิดส่วนใหญ่จะมีวิธีมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์ไว้เรียบร้อยแล้ว ดังนั้นถ้าสามารถใช้วิธีมาตรฐานได้จะช่วยให้ง่ายต่อการวิเคราะห์และสามารถลดความผิดพลาดได้มากขึ้น
10. ในการทดลองทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องผลิตไอโซน ทำเพียง 2 ครั้ง เนื่องจากในช่วงแรกได้ใช้เวลาส่วนใหญ่ไปในการทดสอบ HPLC เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมและเครื่องผลิตไอโซนเกิดผิดปกติทำให้ไม่สามารถทำการทดสอบต่อไปได้

บทที่ 5

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาการลดปริมาณสารฆ่าแมลงเมทามิโดฟอสในน้ำด้วยโอโซน โดยทำการศึกษาปริมาณของโอโซนที่ได้จากเครื่องผลิตโอโซน ประสิทธิภาพในการสกัดเมทามิโดฟอสจากน้ำ และประสิทธิภาพในการลดปริมาณเมทามิโดฟอสด้วยโอโซน สามารถสรุปได้ดังนี้

1. ปริมาณโอโซนที่วิเคราะห์ได้จากการใช้เทคนิคการดูดกลืนด้วยโพแทสเซียมไอโอไดด์มีค่าเฉลี่ย 0.50 มิลลิกรัมต่อชั่วโมง
2. ในการสกัดสารฆ่าแมลงเมทามิโดฟอสออกจากน้ำสามารถเพิ่มประสิทธิภาพได้สูงถึง 80% หรือมากกว่า 80% ถ้าหากสามารถควบคุมการเกิดอิมัลชันได้
3. ประสิทธิภาพในการลดปริมาณสารฆ่าแมลงเมทามิโดฟอสในน้ำด้วยโอโซนในเวลา 60 นาทีที่สภาวะต่าง ๆ สามารถสรุปได้ดังนี้ ที่ pH 4.5, 7 และ 9 สามารถลดปริมาณสารฆ่าแมลงเมทามิโดฟอสได้ 13.12%, 22.99% และ 31.87% ตามลำดับ ส่วนที่อุณหภูมิ 20-30°C และ 30-40°C สามารถลดได้ 26.14% และ 19.84% ตามลำดับ และสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการลดปริมาณเมทามิโดฟอสในน้ำคือที่ pH 9 และที่อุณหภูมิ 20-30 °C
4. จากผลการทดลองเมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการลดปริมาณเมทามิโดฟอสที่ปนเปื้อนในน้ำ พบว่าโอโซนมีประสิทธิภาพในการลดสารฆ่าแมลงเมทามิโดฟอสสูงกว่าออกซิเจน

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ในการลดปริมาณสารฆ่าแมลงเมทามิโดฟอสในน้ำด้วยโอโซน ในการทดลองนี้สามารถลดปริมาณเมทามิโดฟอสได้ในระดับหนึ่ง หากมีผู้สนใจศึกษาต่อ การใช้โอโซนร่วมกับวิธีอื่นเช่น โอโซน-ยูวี หรือ โอโซน-เปอร์ออกไซด์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการลดปริมาณสารฆ่าแมลงเมทามิโดฟอสจึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจ
2. นอกจากการใช้โอโซนในการลดปริมาณสารปราบศัตรูพืชในน้ำได้แล้ว การลดปริมาณสารปราบศัตรูพืชในผัก และผลไม้ด้วยโอโซนจึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจศึกษาเช่นกัน



ภาคผนวก

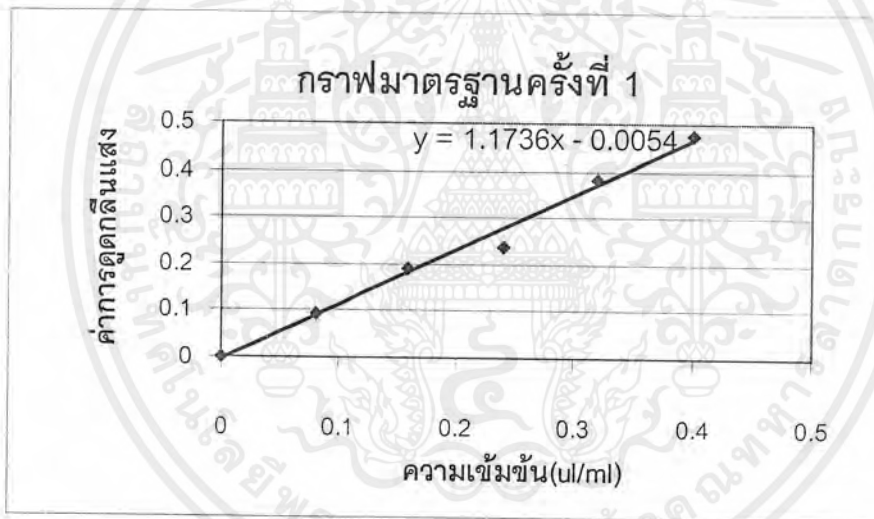
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

ผลการทดลองจากการหาปริมาณไอโซน

1. เตรียมกราฟมาตรฐานครั้งที่ 1

ความเข้มข้น(ul/ml)	ค่าการดูดกลืนแสง
0.08	0.093
0.16	0.189
0.24	0.238
0.32	0.382
0.40	0.474



รูปที่ 1 กราฟมาตรฐานครั้งที่ 1

2. ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายที่ใช้เก็บไอโซนที่เวลาต่างๆ

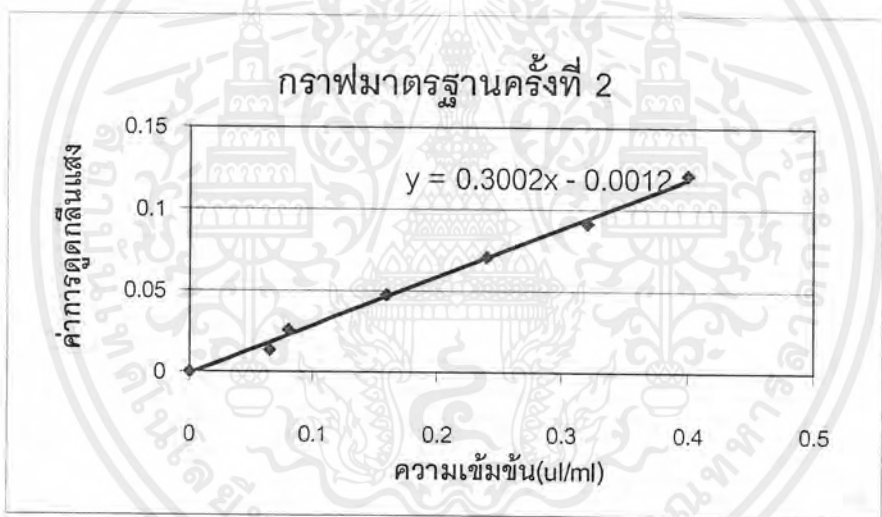
เวลา(นาที)	ค่าการดูดกลืนแสง
5	0.104
	0.105
	0.113
10	0.229
	0.239
	0.320
15	0.320
	0.361
	0.227

3. ปริมาณไอโซนที่เวลาต่างๆ เมื่อเทียบกับกราฟมาตรฐาน

เวลา(นาที)	ค่าการดูดกลืนแสง	ปริมาตร(ml)	ปริมาณไอโซน(ul)
5	0.1045	200	18.73
10	0.2340	200	40.80
15	0.3405	200	58.95

4. เตรียมกราฟมาตรฐานครั้งที่ 2

ความเข้มข้น(ul/ml)	ค่าการดูดกลืนแสง
0.064	0.14
0.080	0.026
0.160	0.047
0.240	0.071
0.320	0.092
0.400	0.121



รูปที่ 2 กราฟมาตรฐานครั้งที่ 2

5. ปริมาณไอโซนที่เวลาต่างๆ เมื่อเทียบกับกราฟมาตรฐาน

เวลา (นาที)	ค่าการดูดกลืนแสง		ปริมาตรที่ใช้ (ml)		ปริมาณไอโซน (ul)		
	1 ^o	2 ^o	1 ^o	2 ^o	1 ^o	2 ^o	รวม
5	0.065	0.002	100	10	22.05	0.107	22.16
11	0.082	0.021	150	20	41.57	1.48	43.05
15	0.109	0.102	150	20	55.06	6.8	61.93

6. ปริมาณไอโซนเป็นมิลลิกรัม

เวลา (นาทีก)	ปริมาตรไอโซน (ul)			ไอโซน (mg)*
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	เฉลี่ย	
5	18.73	22.16	20.45	0.039
10	40.80	-	40.80	0.078
11	-	43.05	43.05	0.083
15	58.95	61.93	60.44	0.116

*ไอโซน (mg) = PV/T เมื่อ P= 744.81 mmHg T=299.15 K

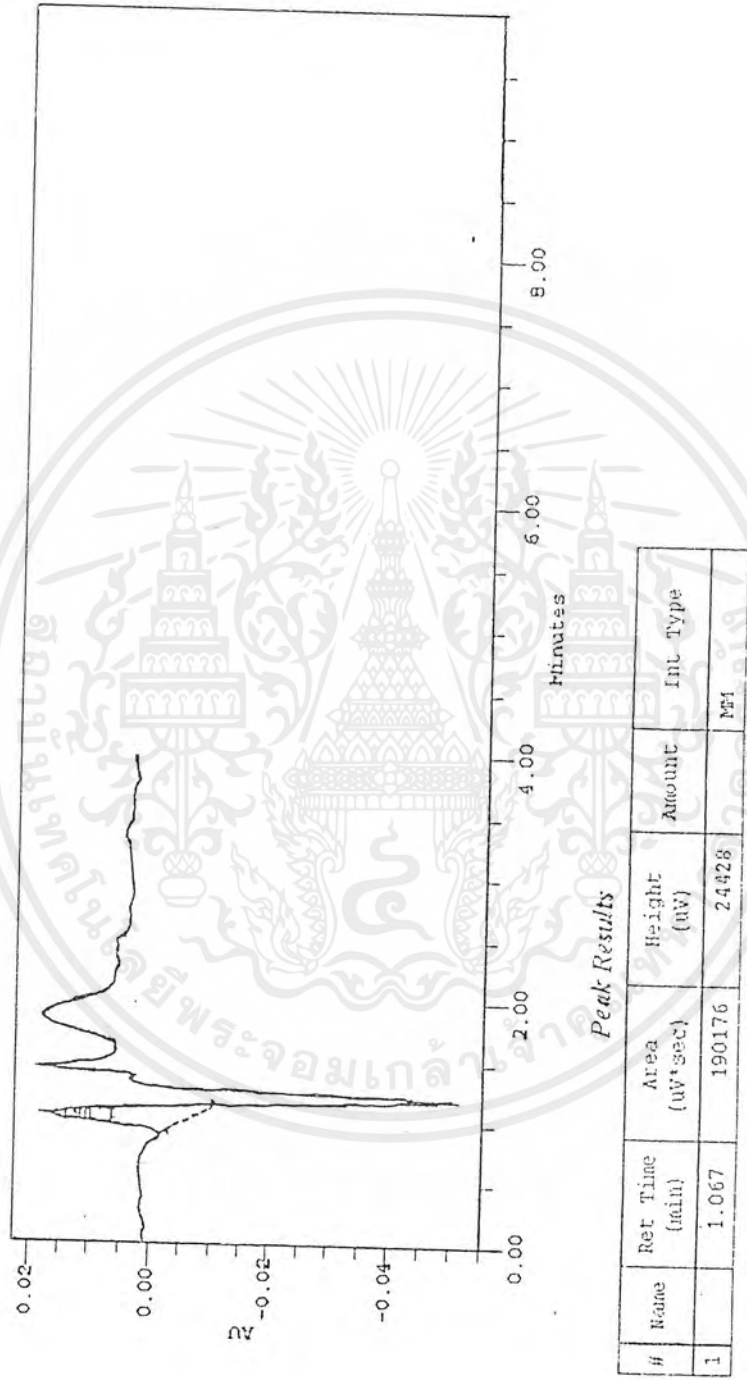


ภาคผนวก ข.

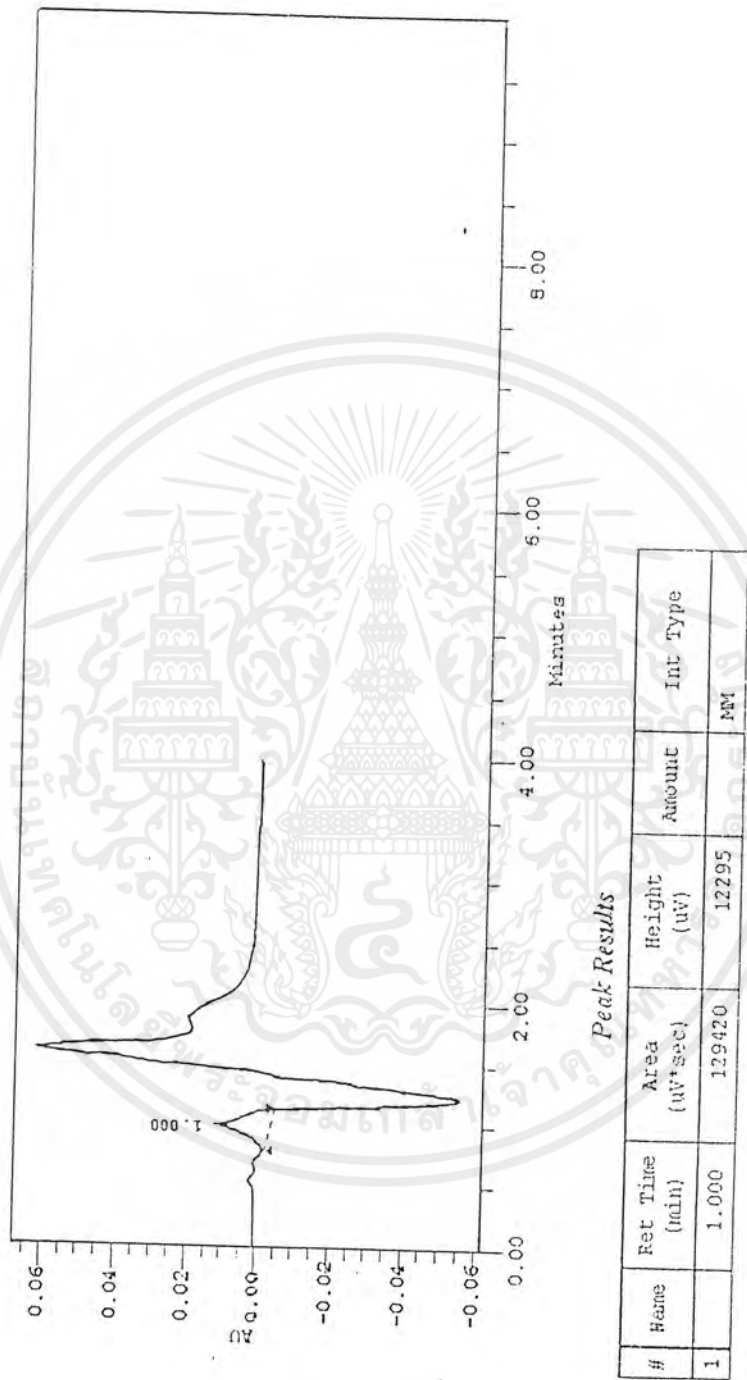
ผลการทดลองจากการหาประสิทธิภาพของการสกัด

ตารางแสดงพื้นที่ได้กราฟก่อนและหลังการสกัด

ครั้งที่	พื้นที่ได้กราฟ		%recovery
	ก่อนสกัด	หลังสกัด	
1	190176	129420	86.05
2	224523	155049	69.00
3	103248	71009	68.78
4	207702	185718	89.42
5	100533	106779	106.21
6	180786	151960	84.06
7	103248	66802	64.53
8	217607	136299	62.64

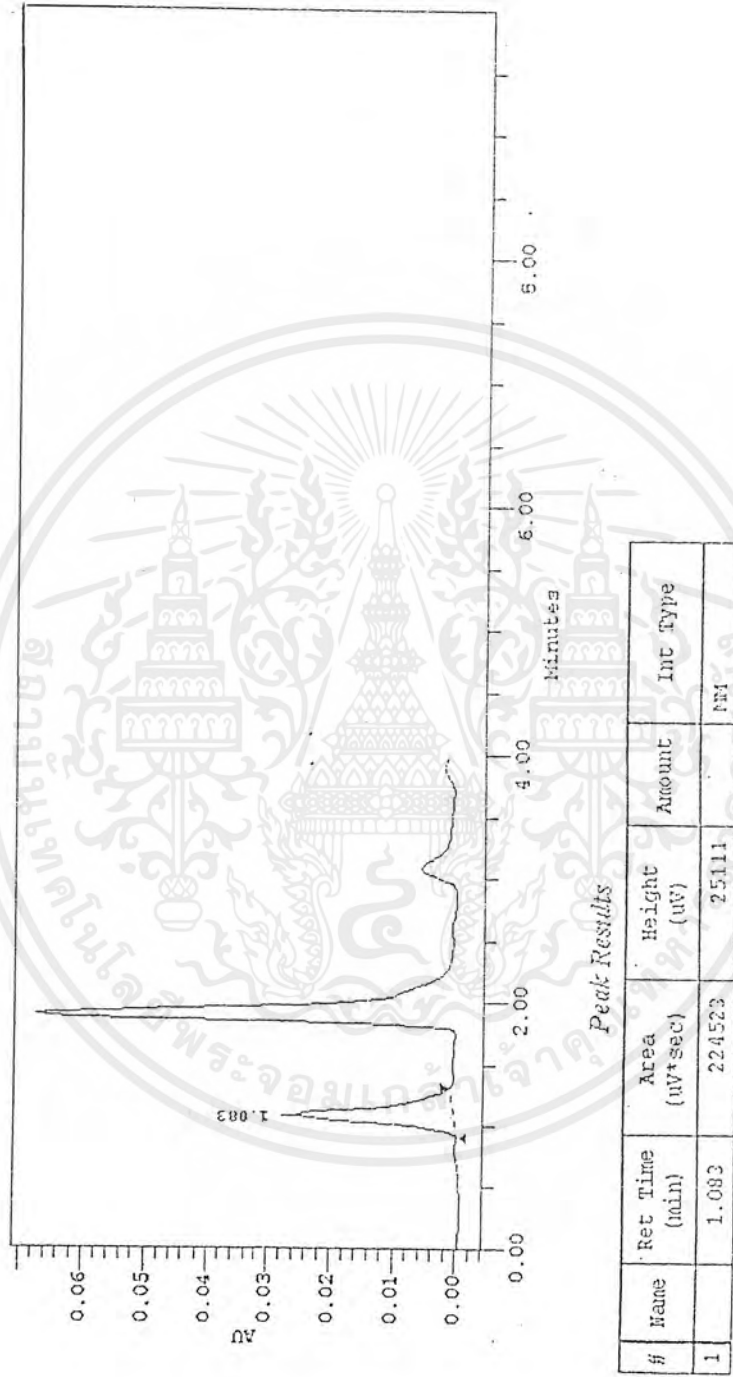


รูปที่ 1 แสดงกราฟและพื้นที่ใต้กราฟของเมทิลโดพอสก่อนการสกัดครั้งที่ 1

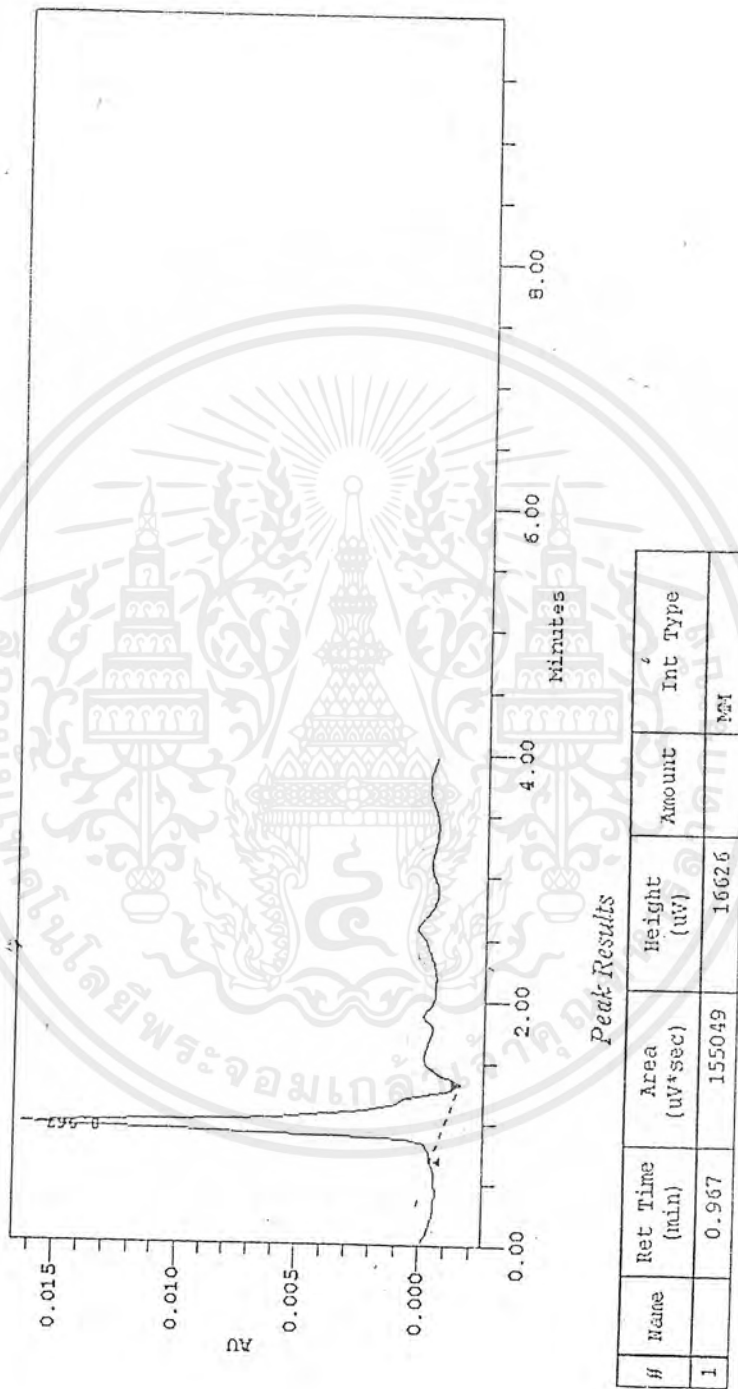


รูปที่ 2 แสดงกราฟและพีคที่ได้กราฟของเมทาบิโอดีฟอสฟอรัสที่ครั้งที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาแล 58 ้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

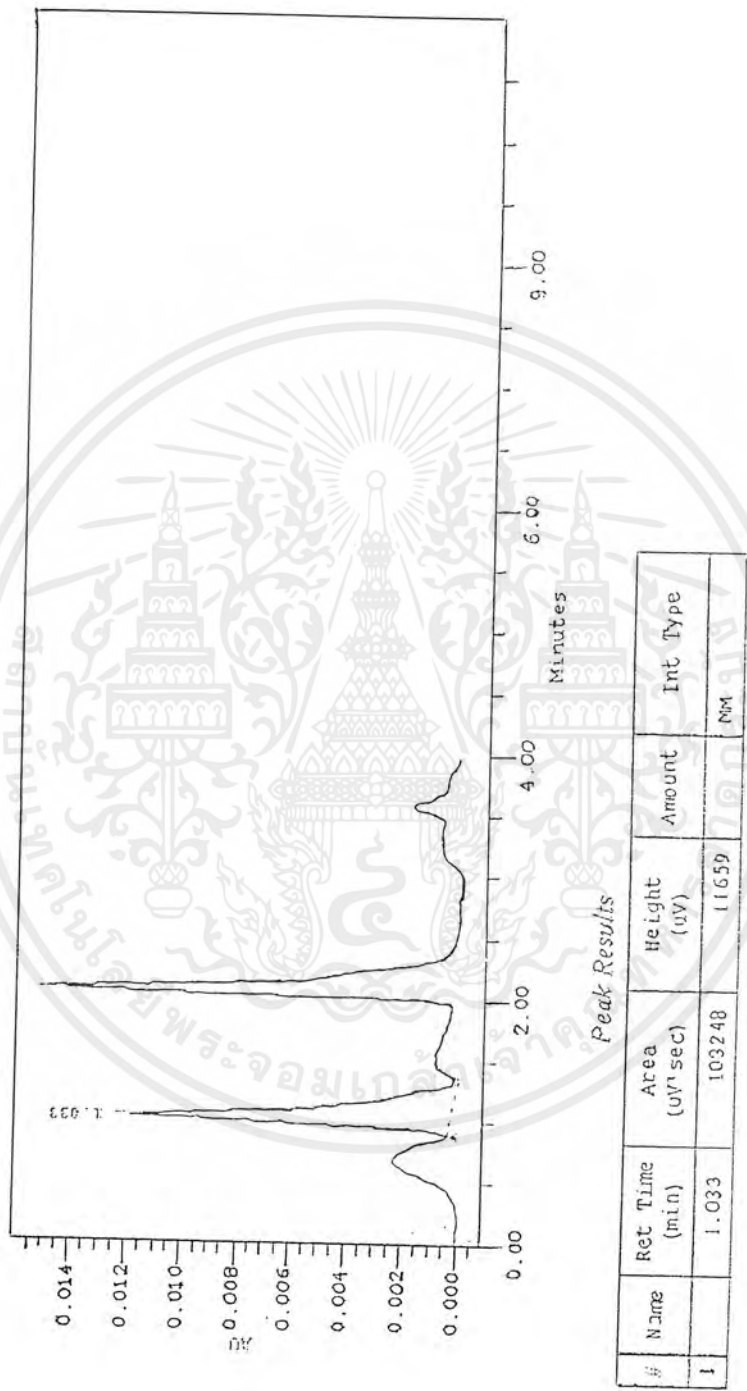


รูปที่ 3 แสดงกราฟและพื้นที่ใต้กราฟของเมททามิโดฟอสก่อนการสกัดครั้งที่ 2



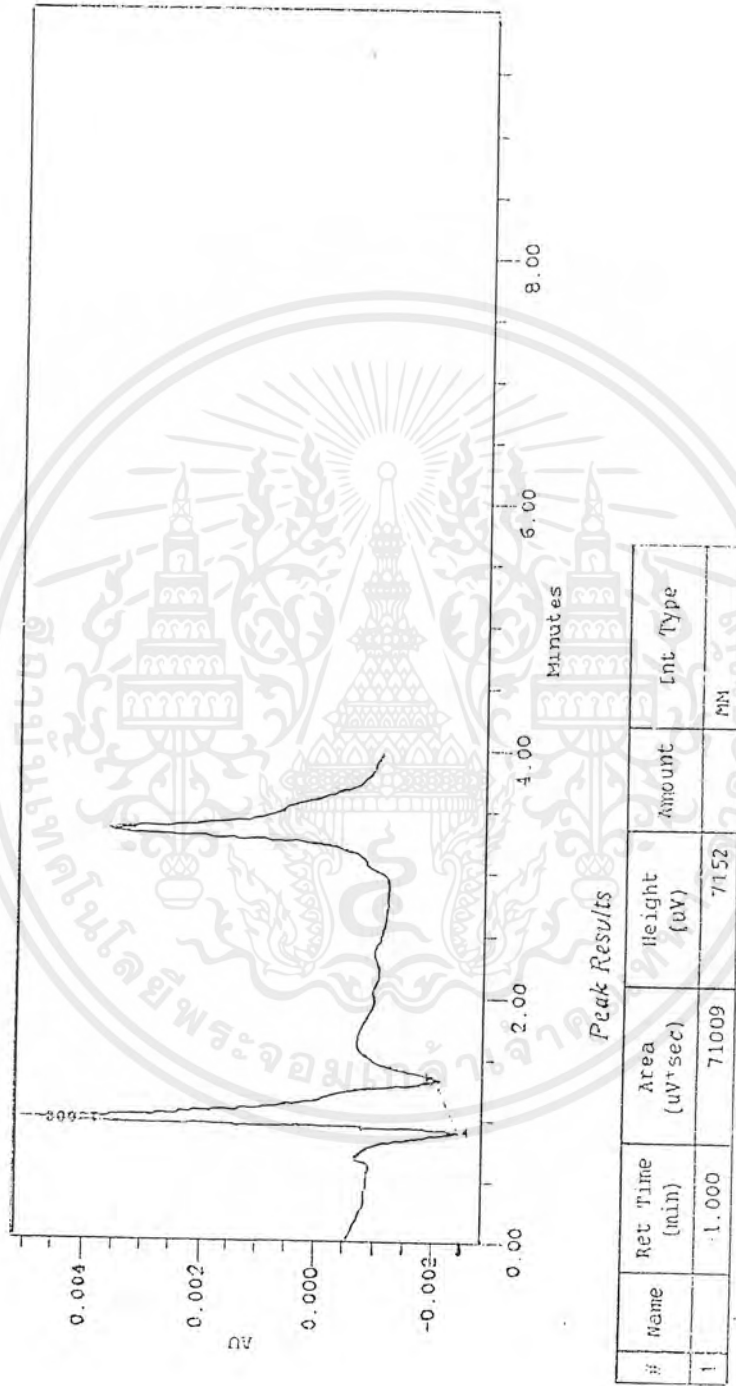
รูปที่ 4 แสดงกราฟและพื้นที่ใต้กราฟของเมทิลโบรไมด์พอสหลังการสกัดครั้งที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



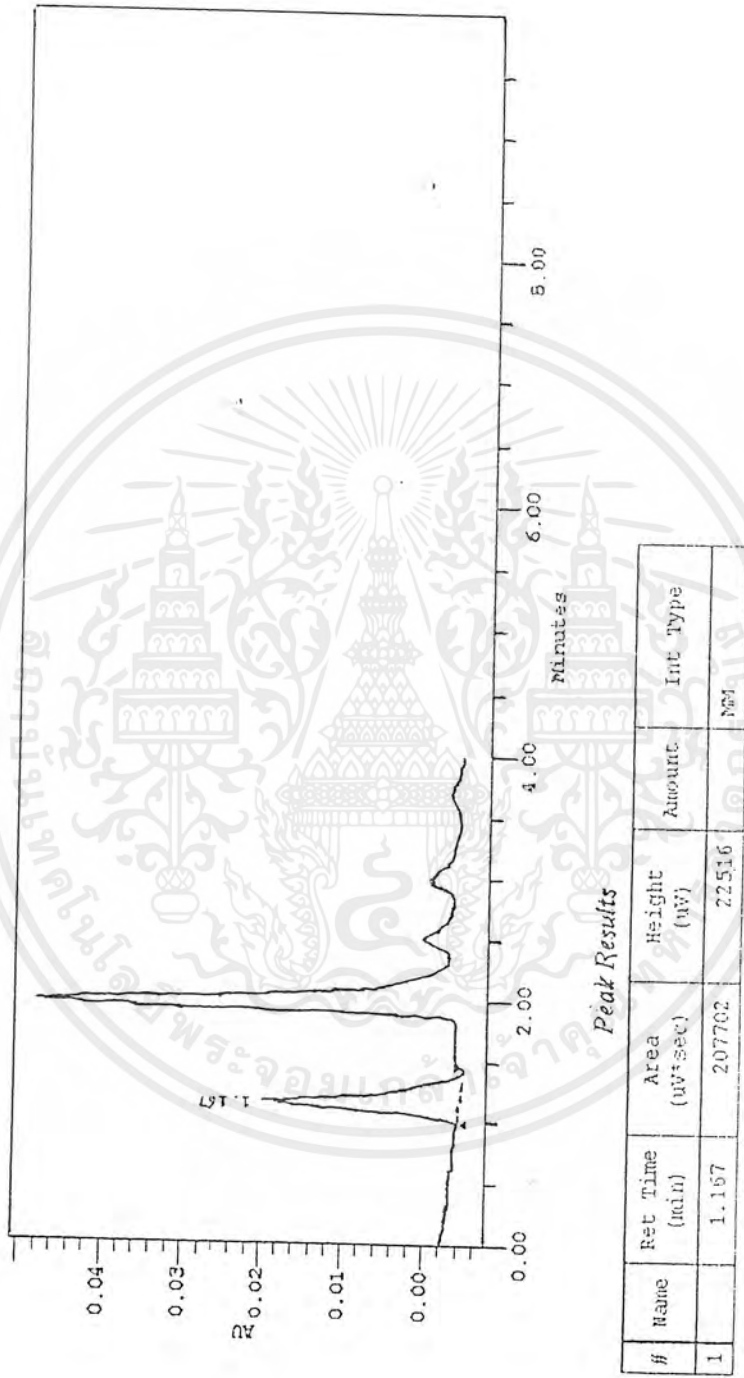
รูปที่ 5 แสดงกราฟและพื้นที่ใต้กราฟของเมทามิโดฟอสก่อนการสกัดครั้งที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

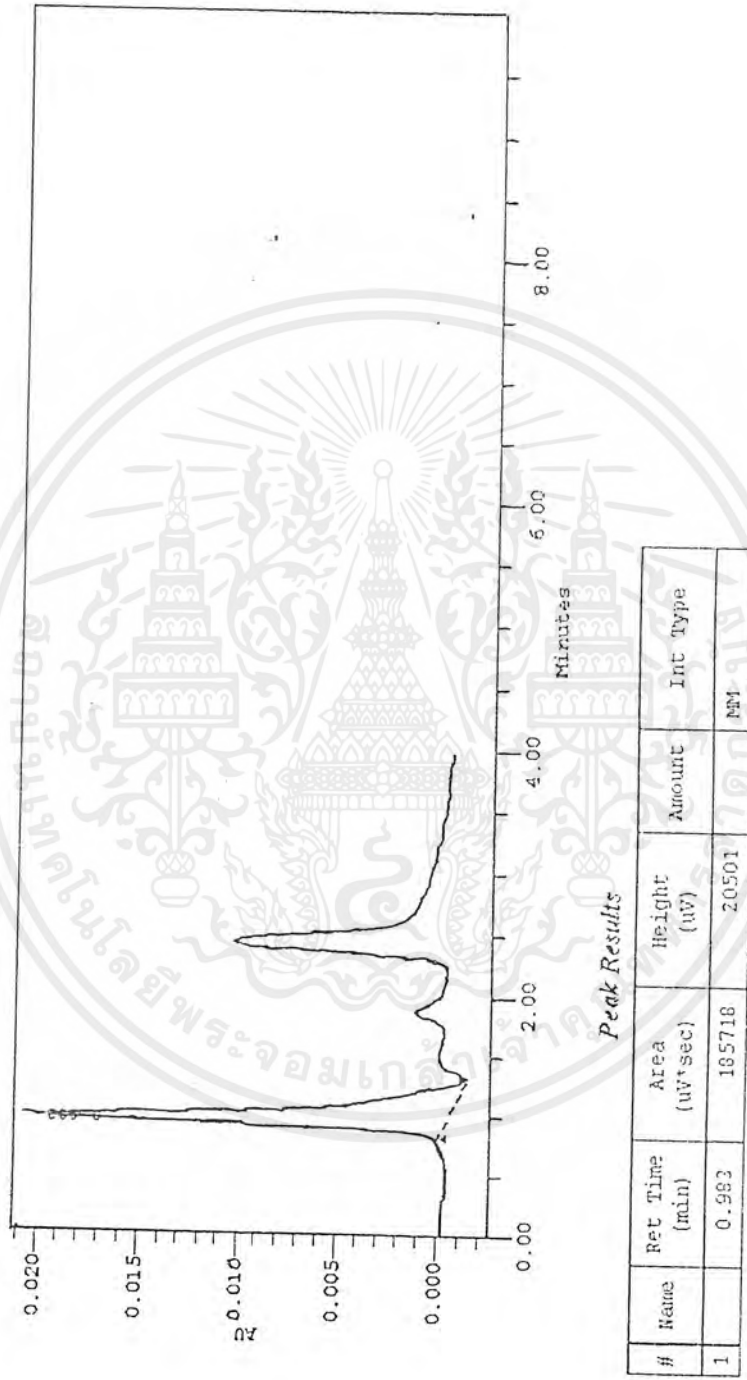


รูปที่ 6 แสดงกราฟและพื้นที่ใต้กราฟของเมทธานิโดฟอสหลังการสกัดครั้งที่ 3

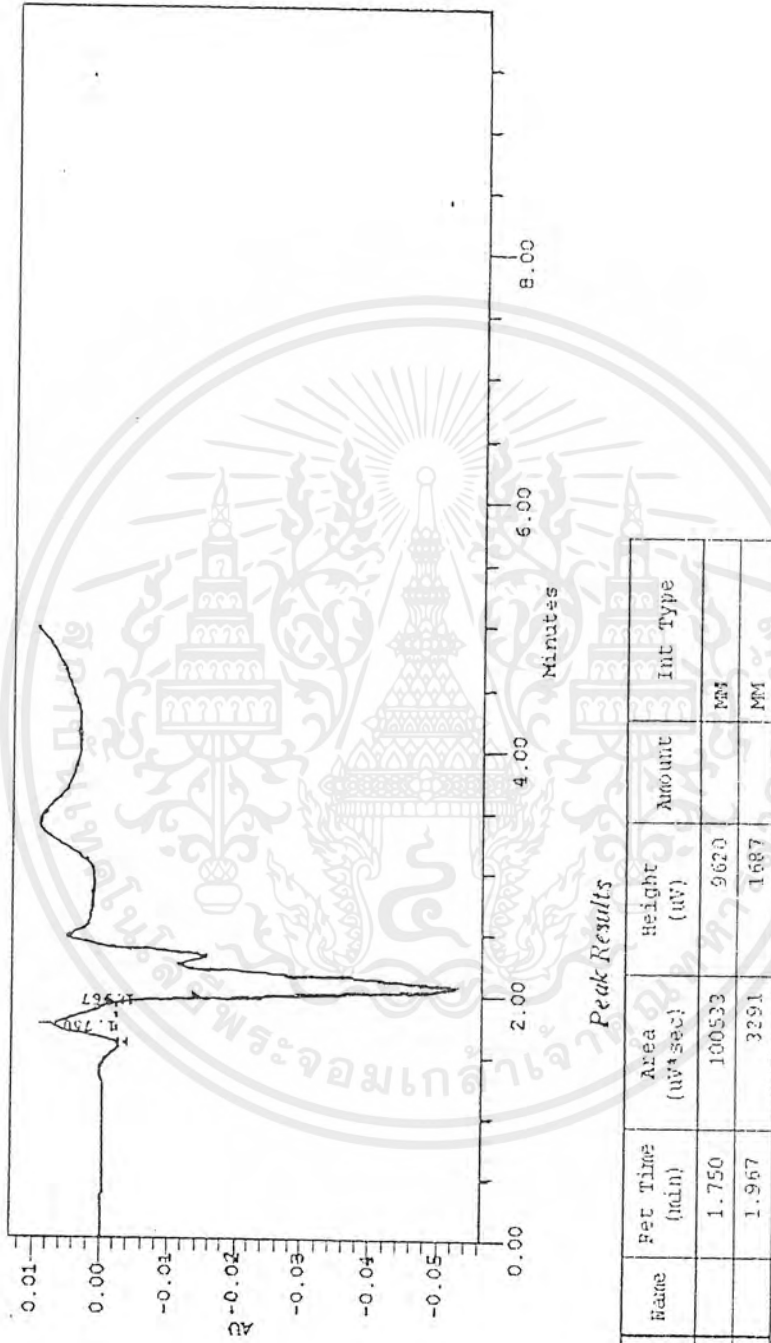
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาแต่ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



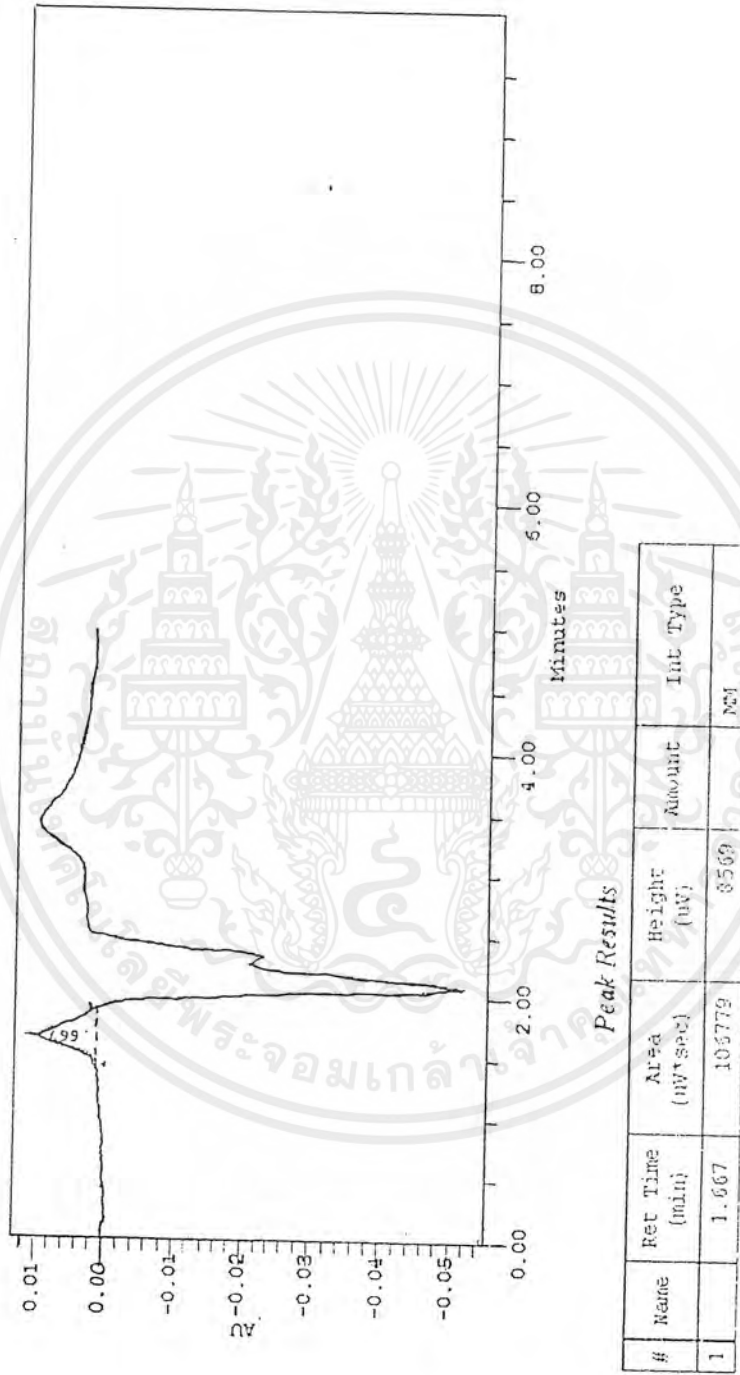
รูปที่ 7 แสดงกราฟและพื้นที่ใต้กราฟของเมทริกซ์โพลีเอทิลีนออกไซด์ครั้งที่ 4



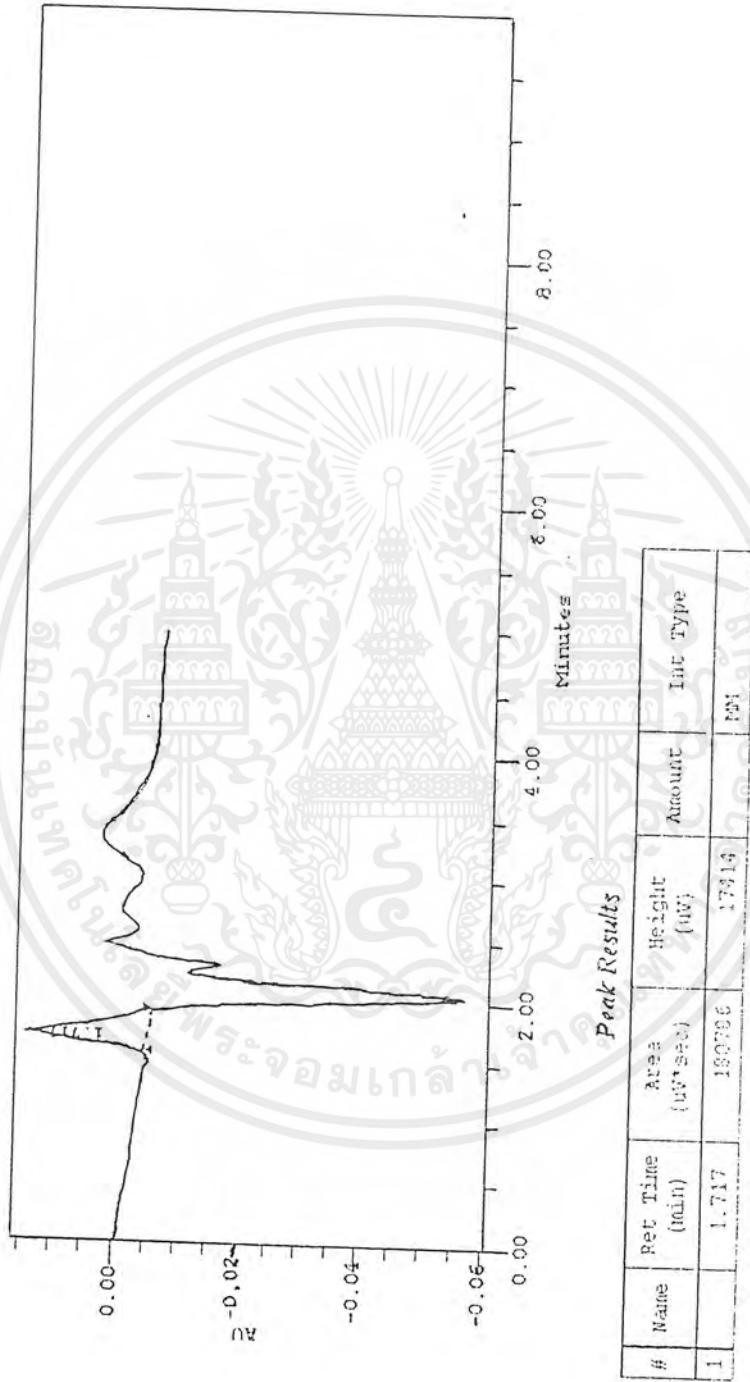
รูปที่ 8 แสดงกราฟและพื้นที่ใต้กราฟของเมทิลโดพอสหลังการสกัดครั้งที่ 4



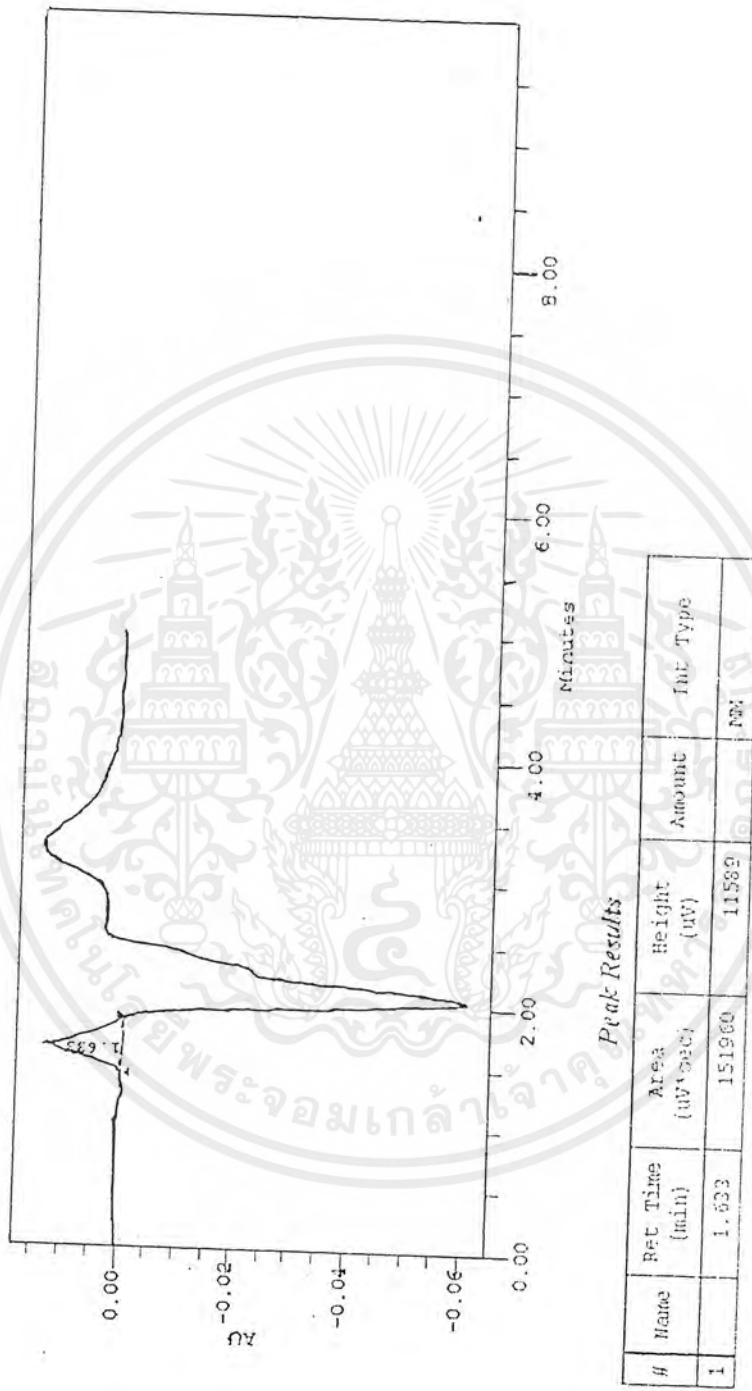
รูปที่ 9 แสดงกราฟและพื้นที่ใต้กราฟของเมทริกซ์โอดีฟอสก่อนการสกัดครั้งที่ 5



รูปที่ 10 แสดงกราฟและพื้นที่ใต้กราฟของเมทามิโดฟอลหลังการสกัดครั้งที่ 5

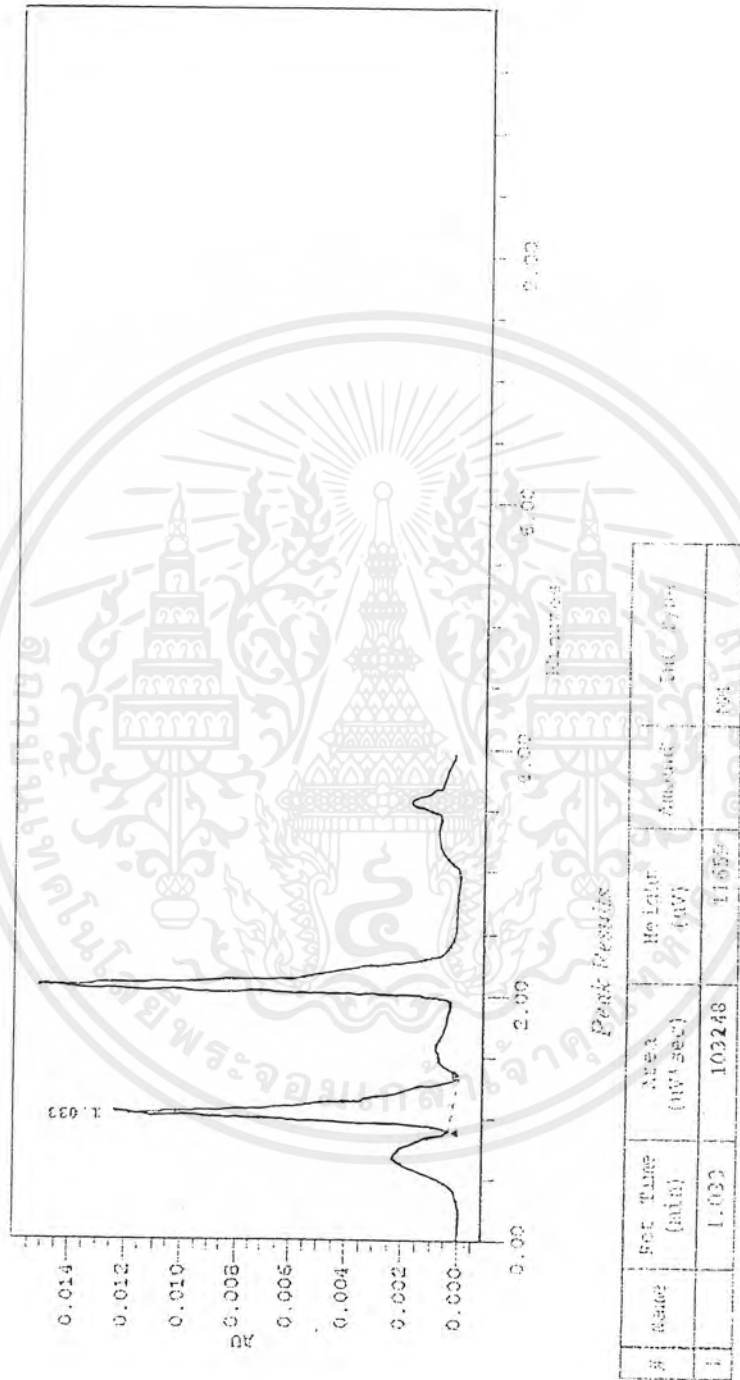


รูปที่ 11 แสดงกราฟและพื้นที่ใต้กราฟของเมทิลโดพอก่อนการสกัดครั้งที่ 6



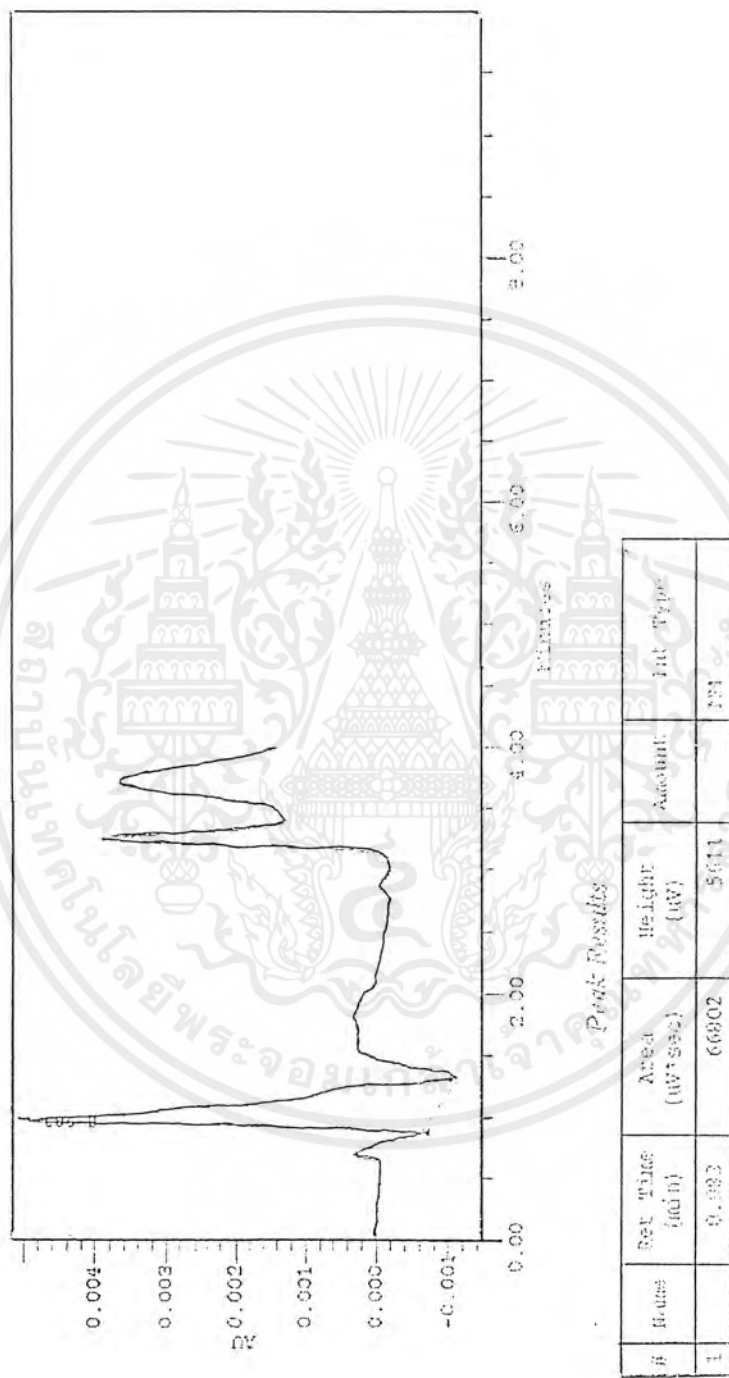
รูปที่ 12 แสดงกราฟและพื้นที่ใต้กราฟของเมทธานิโดฟอสหลังการสกัดครั้งที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

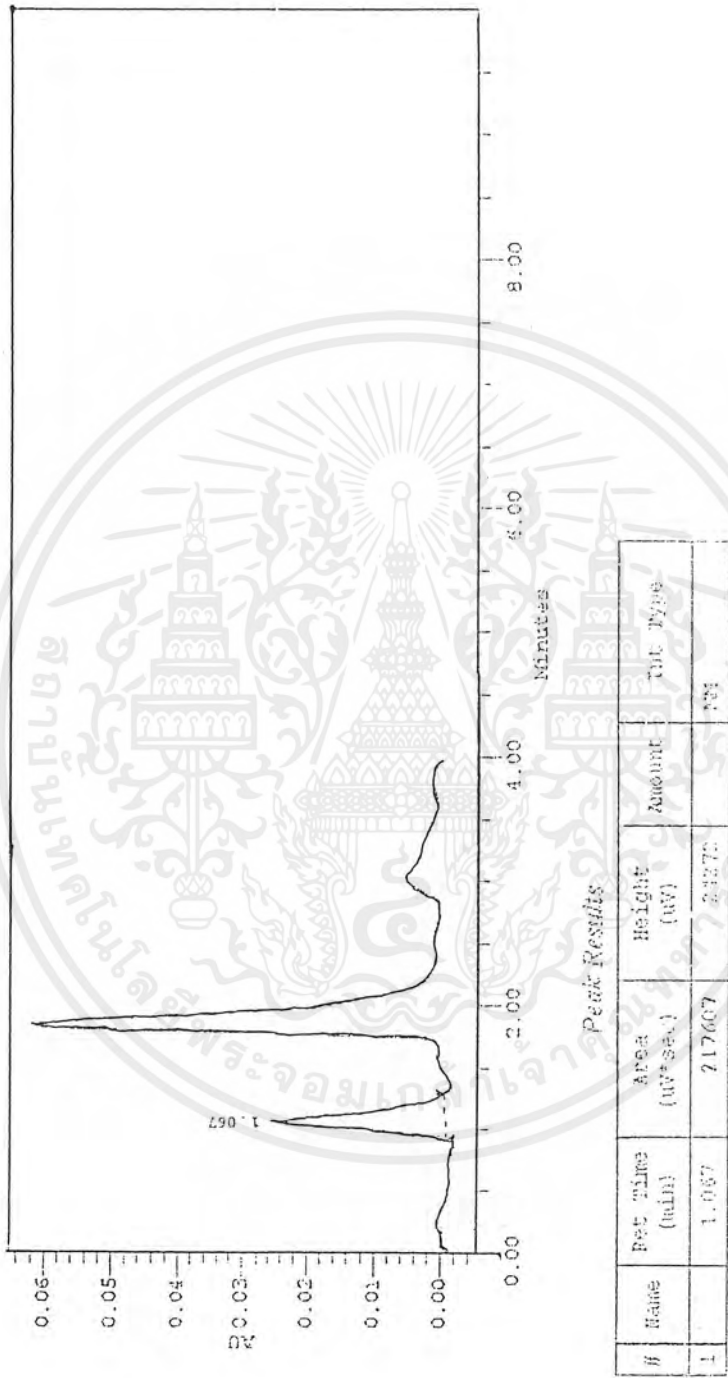


รูปที่ 13 แสดงกราฟและพื้นที่ใต้กราฟของเมทริกซ์โอดีฟอสเฟตก่อนการสกัดครั้งที่ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

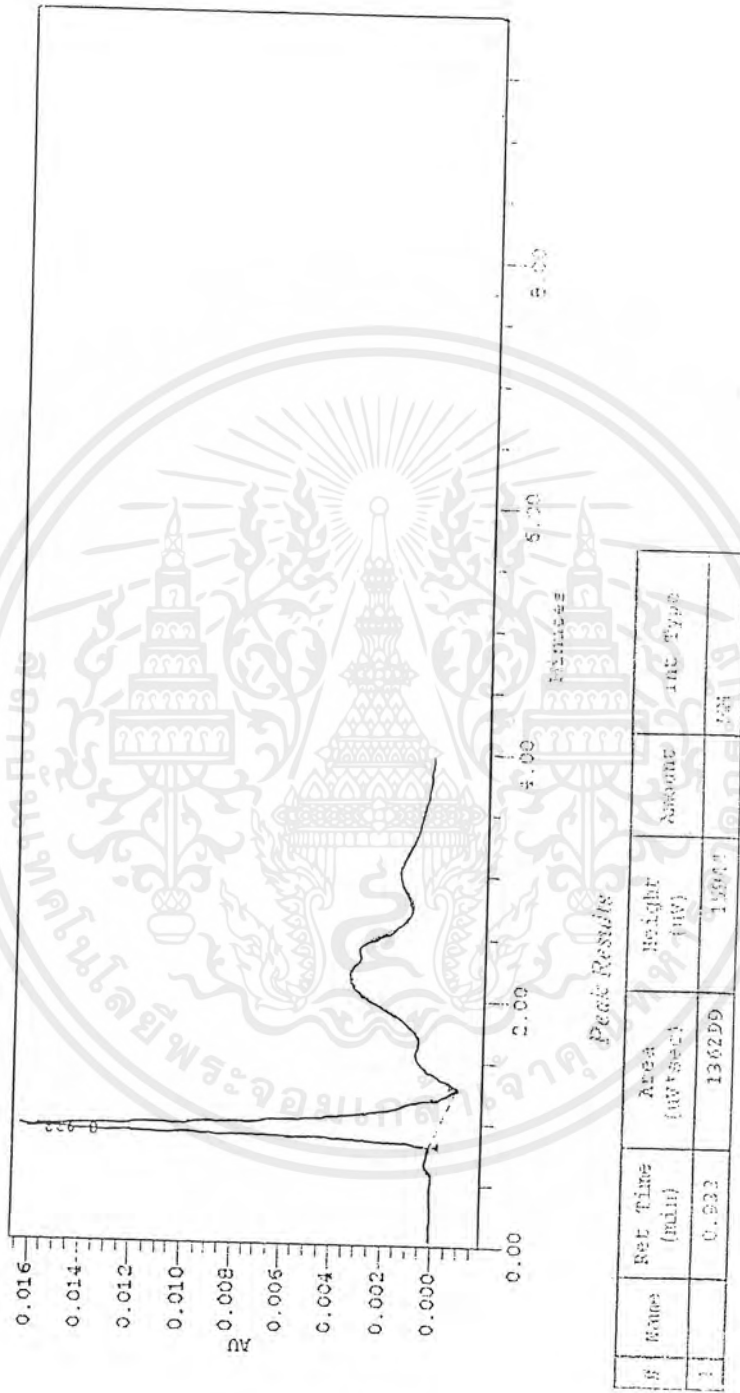


รูปที่ 14 แสดงกราฟและพื้นที่ใต้กราฟของเมทราไมโดพอสหลังการสกัดครั้งที่ 7



รูปที่ 15 แสดงกราฟและพื้นที่ใต้กราฟของเมทิลเอทิลไดโพลก่อนการสกัดครั้งที่ 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 16 แสดงกราฟและพื้นที่ใต้กราฟของเมทราโมโดฟอสหลังจากการสกัดครั้งที่ 8

ภาคผนวก ค.

แสดงผลที่ได้จากการลดปริมาณเมทามิโดฟอส
ตารางแสดงพื้นที่ได้กราฟและเปอร์เซ็นต์การลดลงของเมทามิโดฟอสที่สภาวะต่าง ๆ

สภาวะ	โอโซน			ออกซิเจน		
	เวลา	พื้นที่ได้กราฟ	%ที่ลดลง	เวลา	พื้นที่ได้กราฟ	%ที่ลดลง
สภาวะกรด	00	158460	0	00	366033	0
	30	132745	16.23	30	339886	7.14
	120	122005	23.01	60	333923	8.77
	150	105478	33.43	90	318198	13.07
สภาวะกลาง	00	330965	0	00	330965	0
	30	287925	13.00	30	296718	10.35
	60	257380	22.23	60	306468	7.40
				120	254328	23.16
สภาวะเบส	00	496500	0	00	1994077	0
	30	455986	8.16	30	1958836	1.77
	75	283236	42.95	60	1744392	12.52
				90	1816183	8.92
				120	1693358	15.08
20-30°C	00	203435	0	00	297953	0
	60	157172	22.70	45	290812	2.39
	105	106461	47.70	60	289585	2.81
				105	286965	3.69
30-40°C	00	646132	0	00	270028	0
	30	534662	17.25	30	252411	6.52
	75	504838	21.87	90	264343	2.10
				120	250919	7.22
40-50°C	00	285864	-	00	242040	0
	30	931115	-	30	220558	8.88
	90	1318647	-	90	204247	15.61
	120	1885981	-	120	204869	15.36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

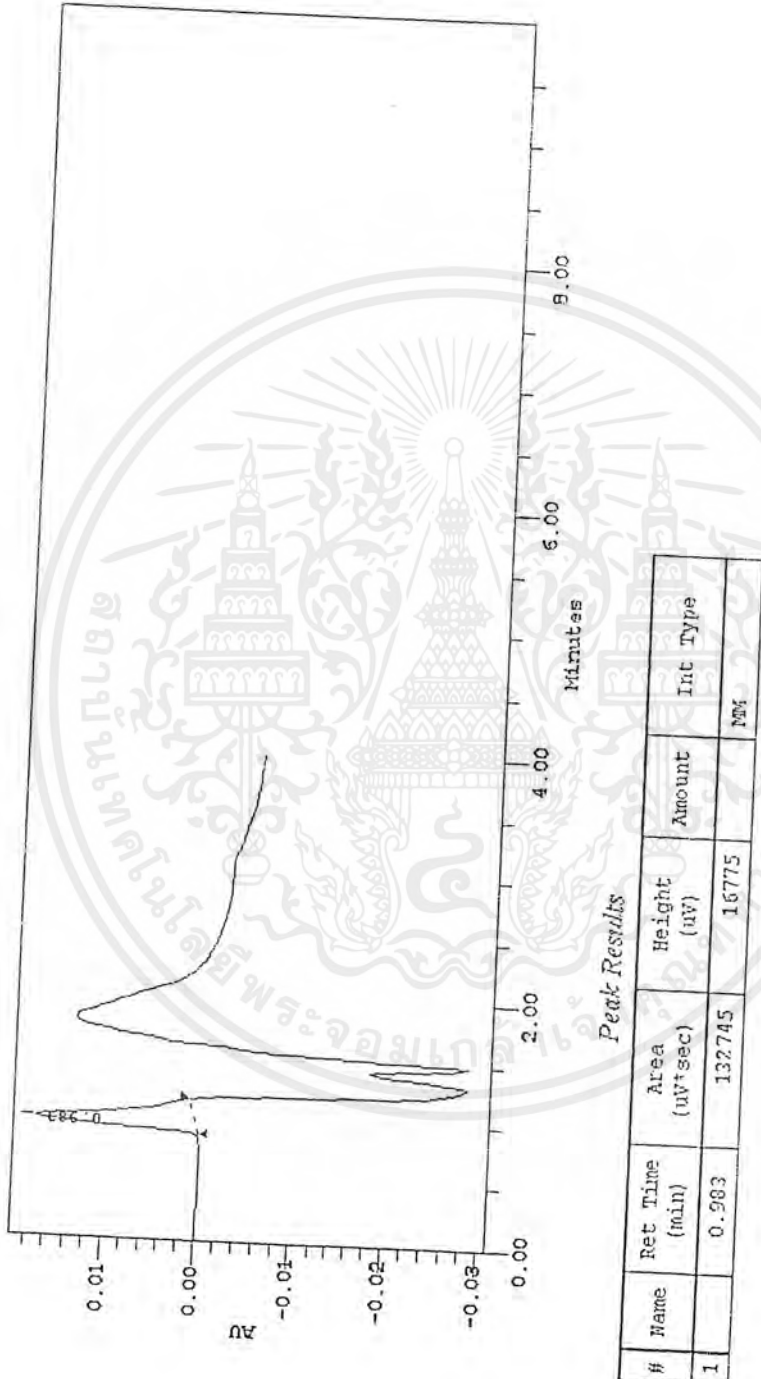


Peak Results

#	Ret Time (min)	Area (uv*sec)	Height (uv)	Amount	Int Type
1	0.983	158460	23253		NI

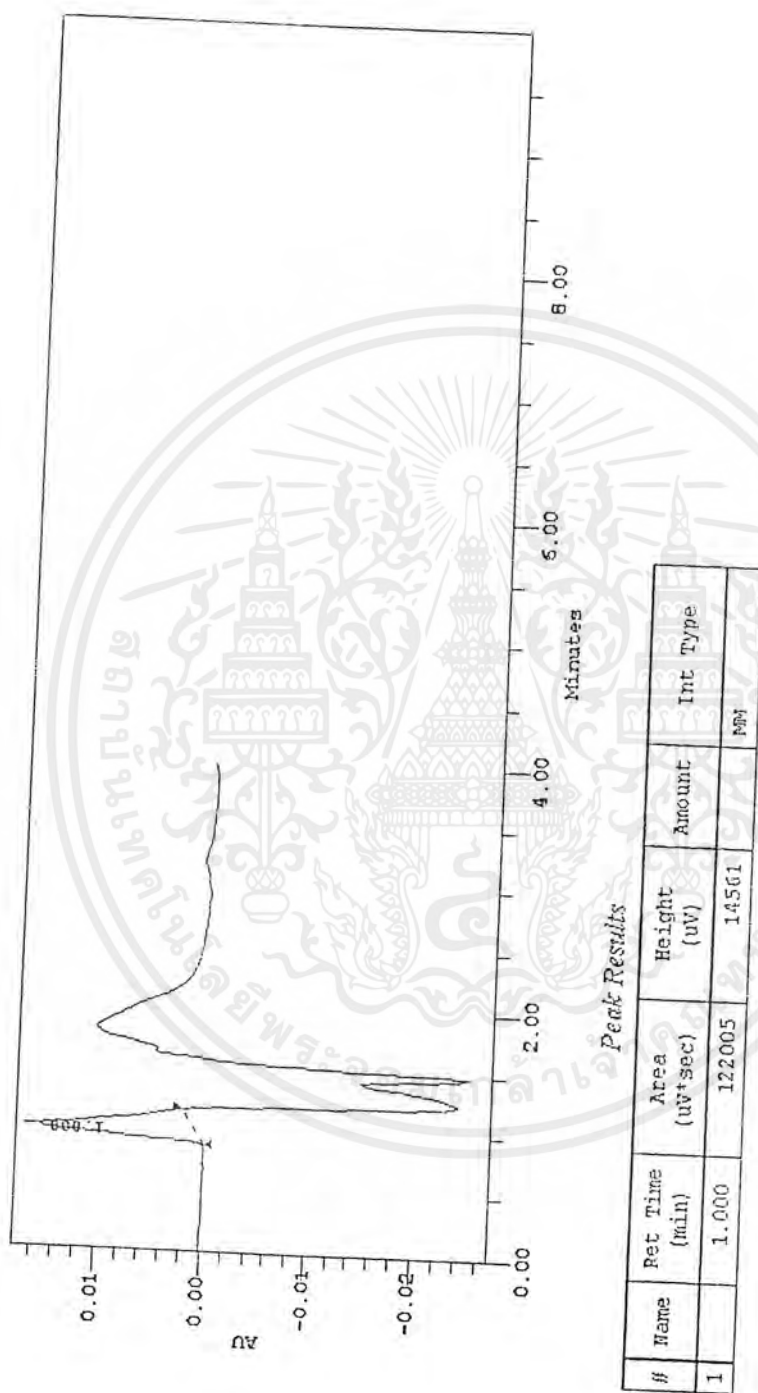
รูปที่ 1 แสดงกราฟและพื้นที่ใต้กราฟของเมทริกซ์โพลีเอทิลีนที่ pH 4.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



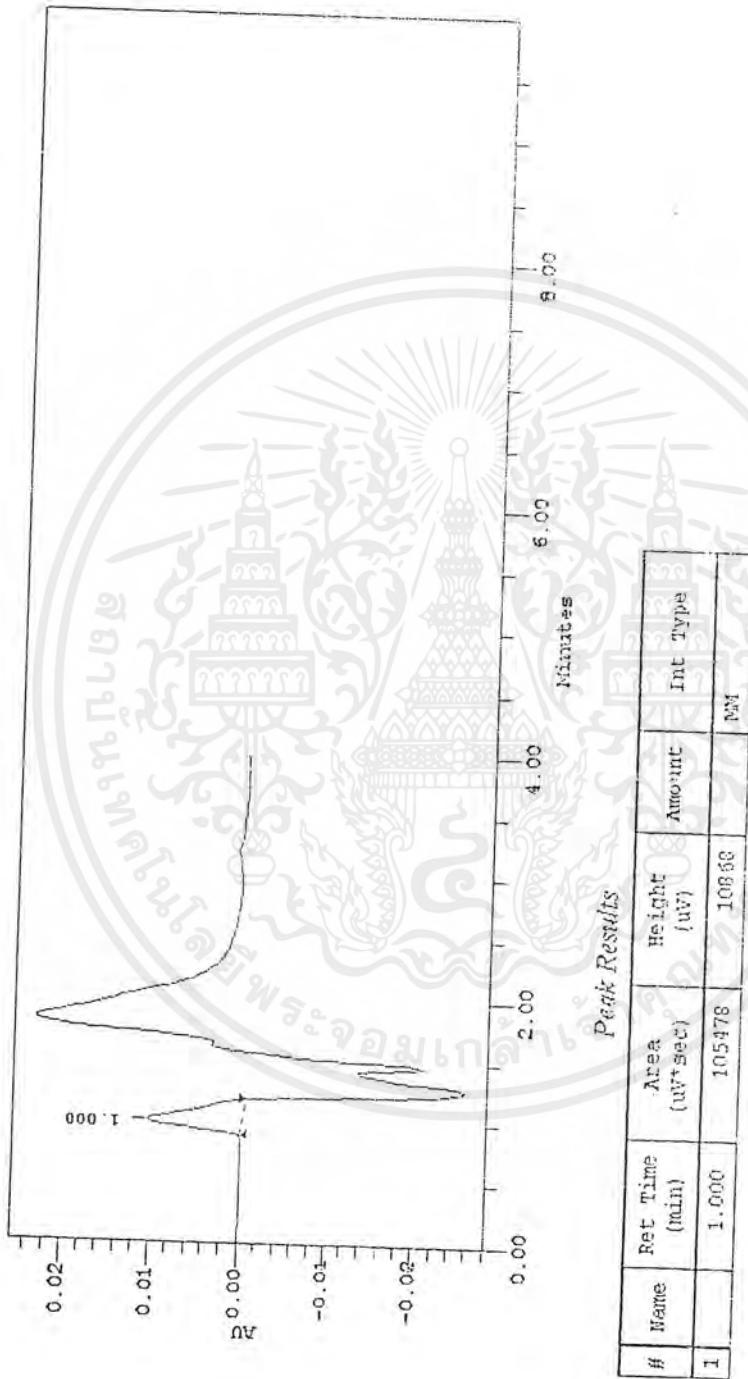
รูปที่ 2 แสดงกราฟและพื้นที่ใต้กราฟของเมทริกซ์โพลีฟอสเฟตหลังเติมไอโซนที่ pH 4.5 เป็นเวลานาน 30 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



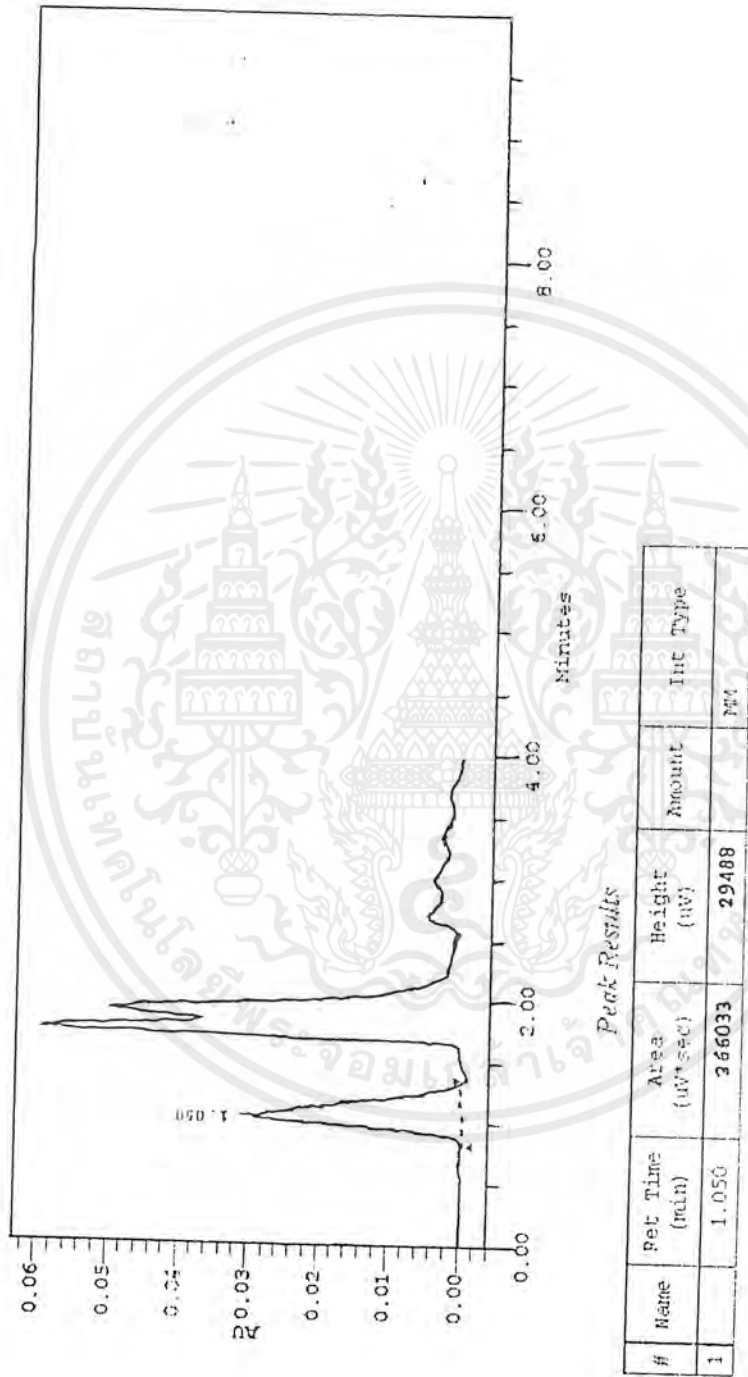
รูปที่ 3 แสดงกราฟและพื้นที่ใต้กราฟของเมทริกซ์โพลีเอทิลีนไดออกไซด์ที่ pH 4.5 เป็นเวลานาน 120 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



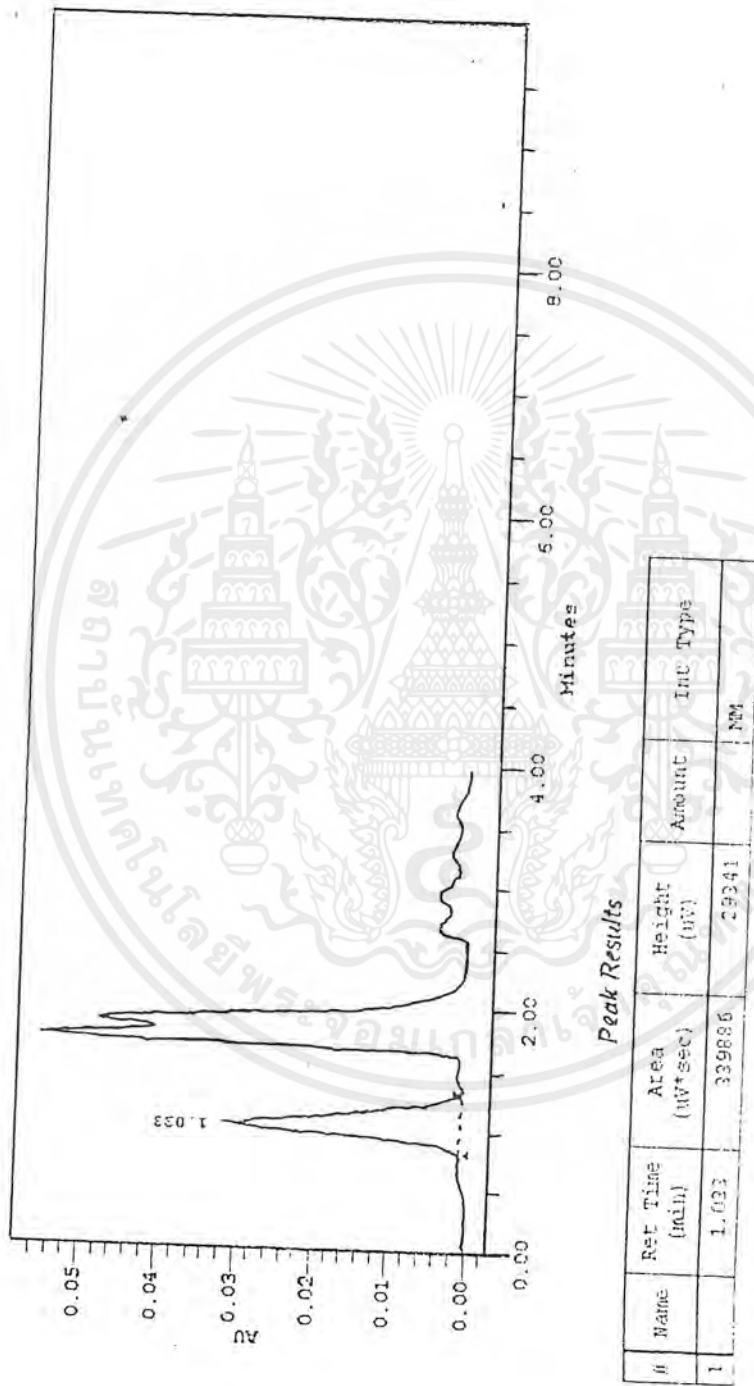
รูปที่ 4 แสดงกราฟและพื้นที่ใต้กราฟของเมทิลโบรไมด์ที่ pH 4.5 เป็นเวลานาน 150 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



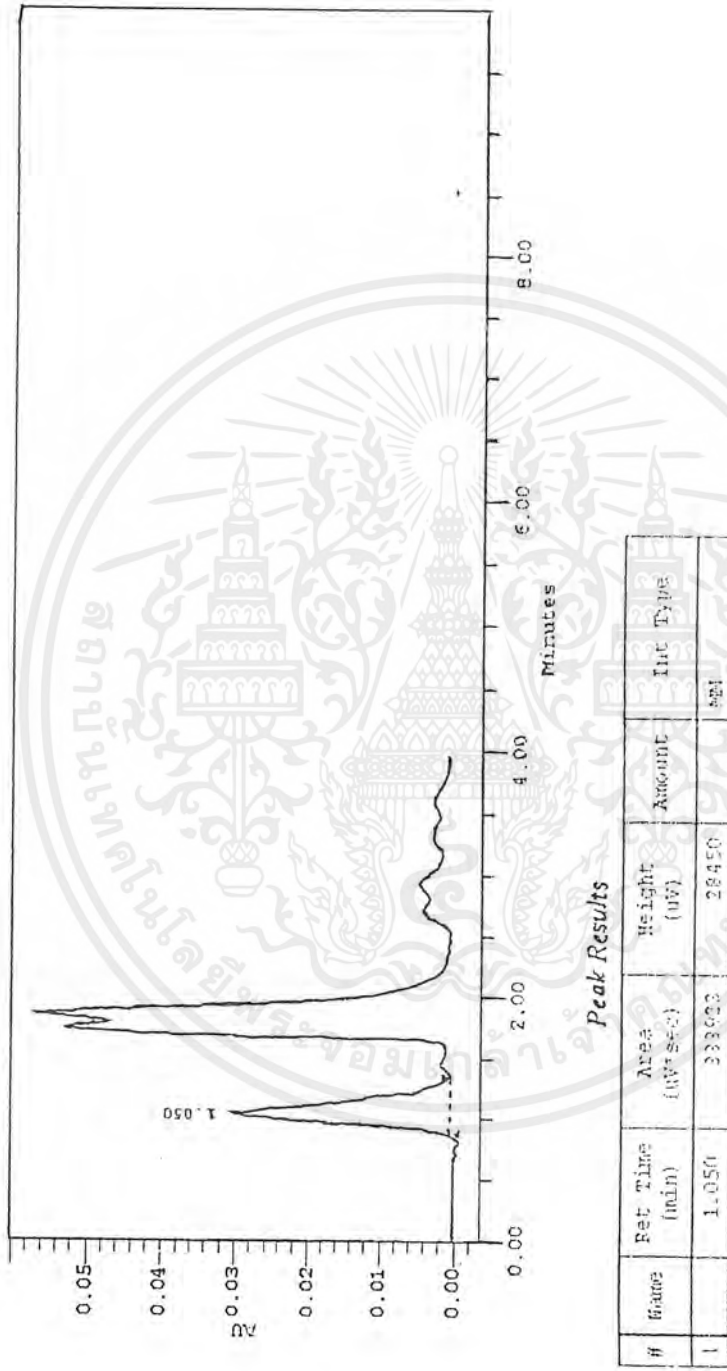
รูปที่ 5 แสดงกราฟและพื้นที่ใต้กราฟของเมทิลโบดีพอสก่อนเติมออกซิเจนที่ pH 4.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา 78 ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



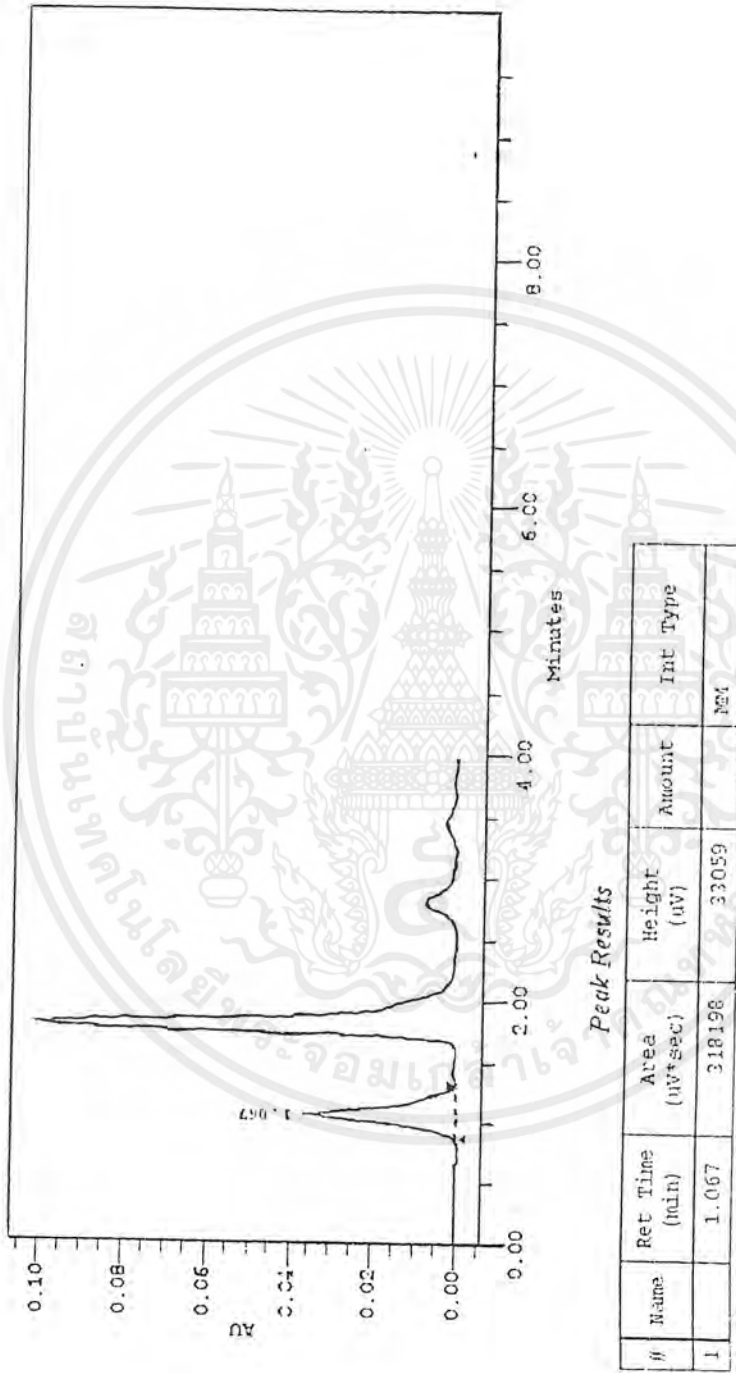
รูปที่ 6 แสดงกราฟและพื้นที่ใต้กราฟของเมทริกซ์ไดฟอสฟอรัสเดิมออกซิเจนที่ pH 4.5 เป็นเวลานาน 30 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา 79 ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



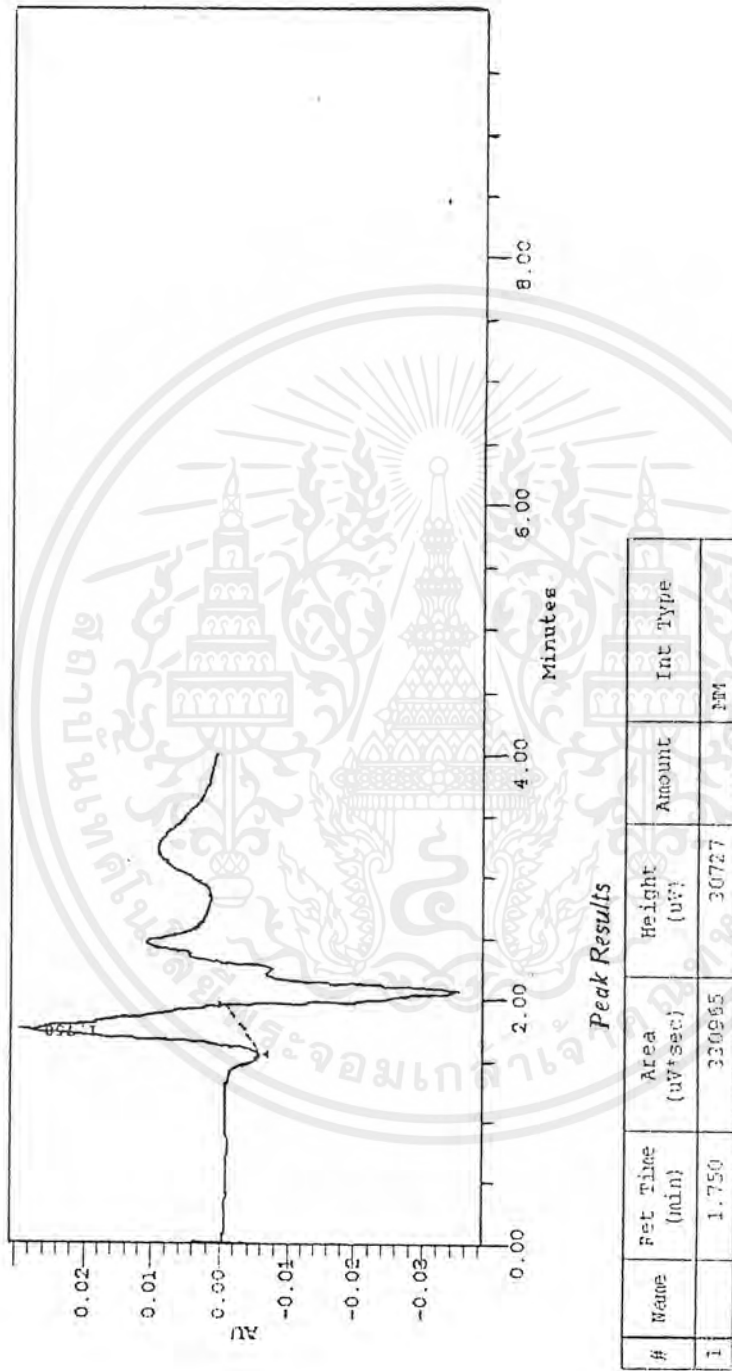
รูปที่ 7 แสดงกราฟและพื้นที่ใต้กราฟของเมทิลโดพอสหลังเติมออกติเจนที่ pH 4.5 เป็นเวลานาน 60 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา 80 ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



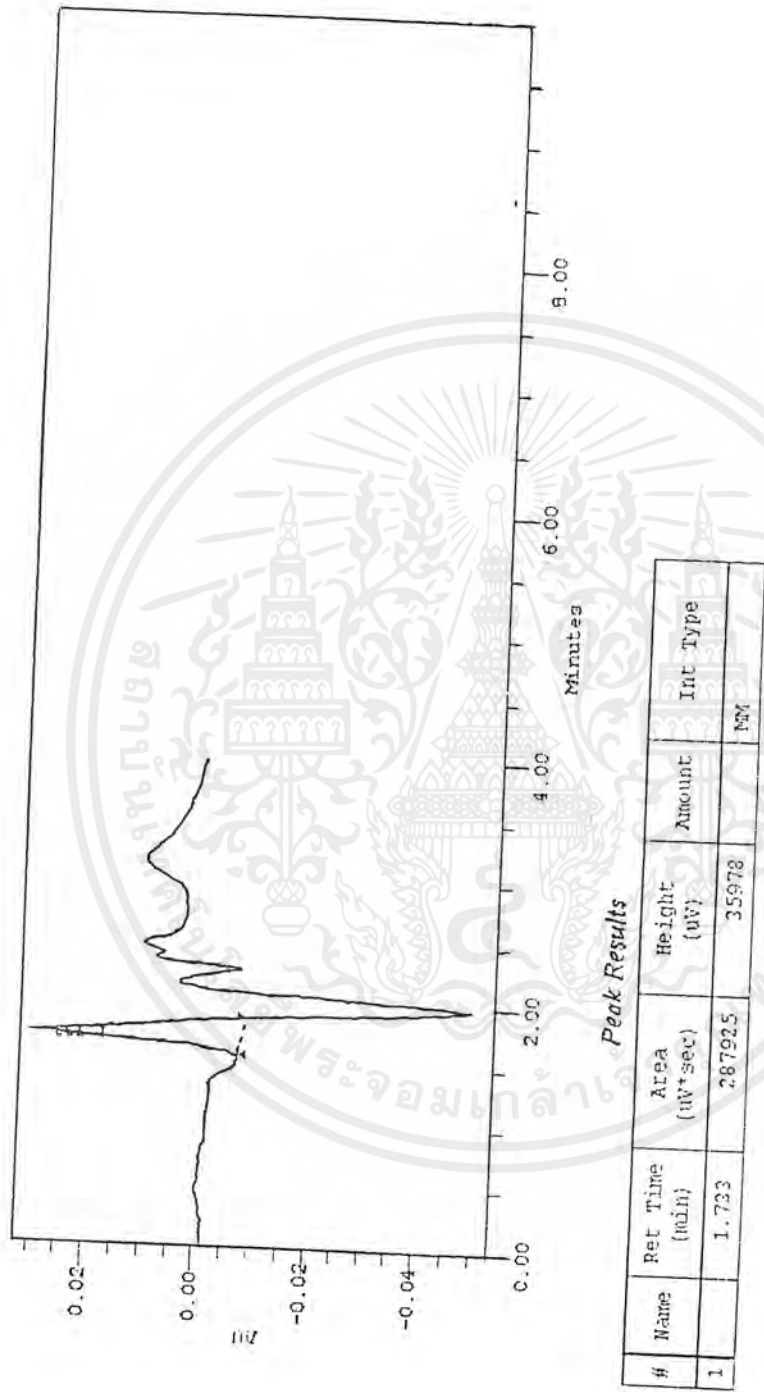
รูปที่ 8 แสดงกราฟและพีคที่ได้กราฟของเมทริกซ์ของเมทริกซ์โพลีเอทิลีนไดออกไซด์ที่ pH 4.5 เป็นเวลานาน 90 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

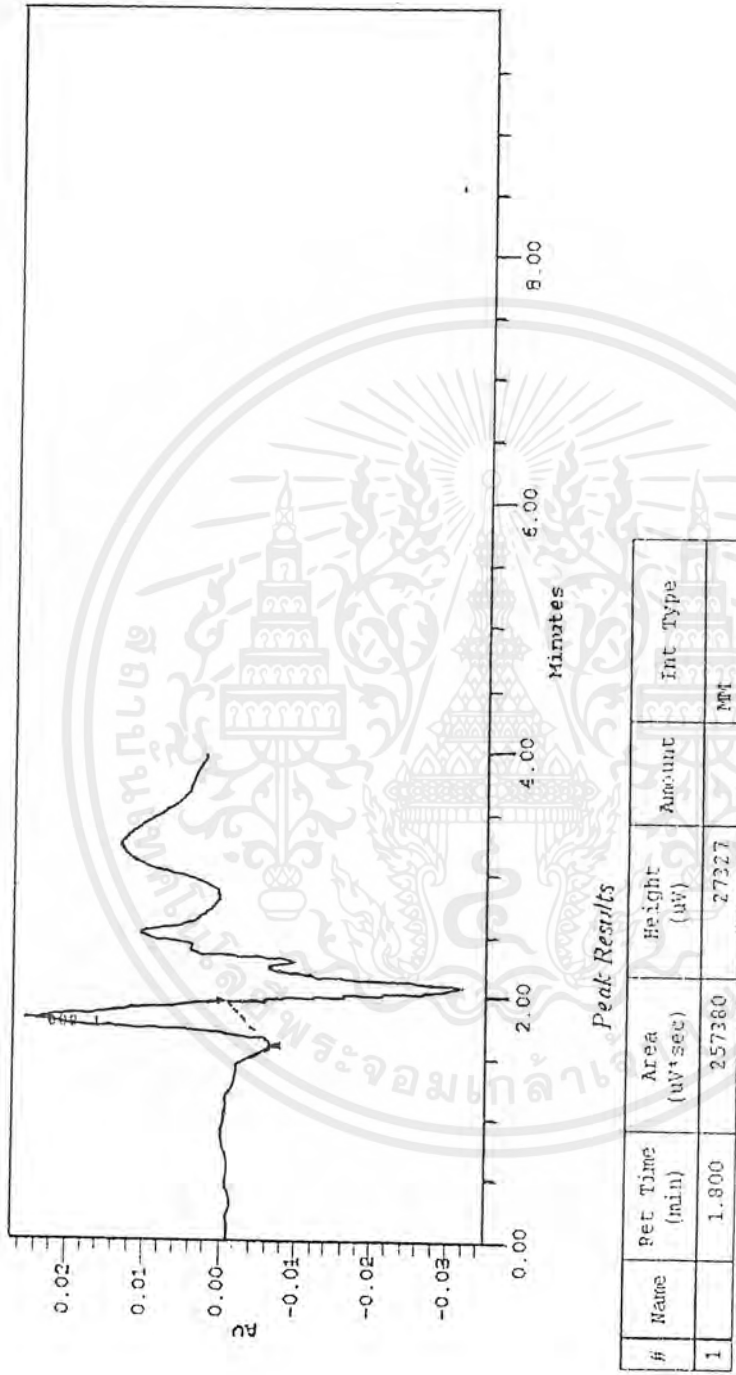


รูปที่ 9 แสดงกราฟและพื้นที่ใต้กราฟของเมทริกซ์ของเมทริกซ์ไดโพลก่อนเติมไอโซนที่ pH 7

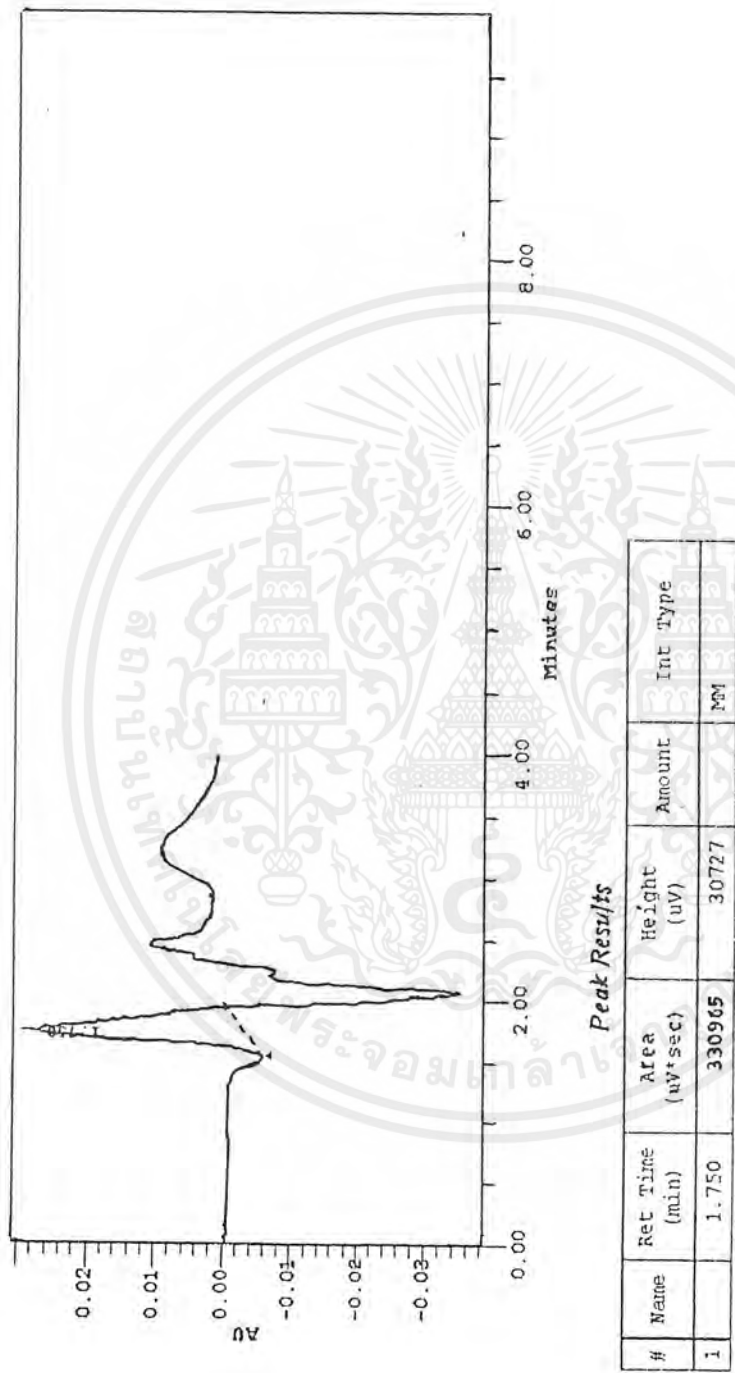
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 10 แสดงกราฟและพื้นที่ใต้กราฟของเมทามิโดฟอสหลังจากเติมไอโตนที่ pH 7 เป็นเวลานาน 30 นาที

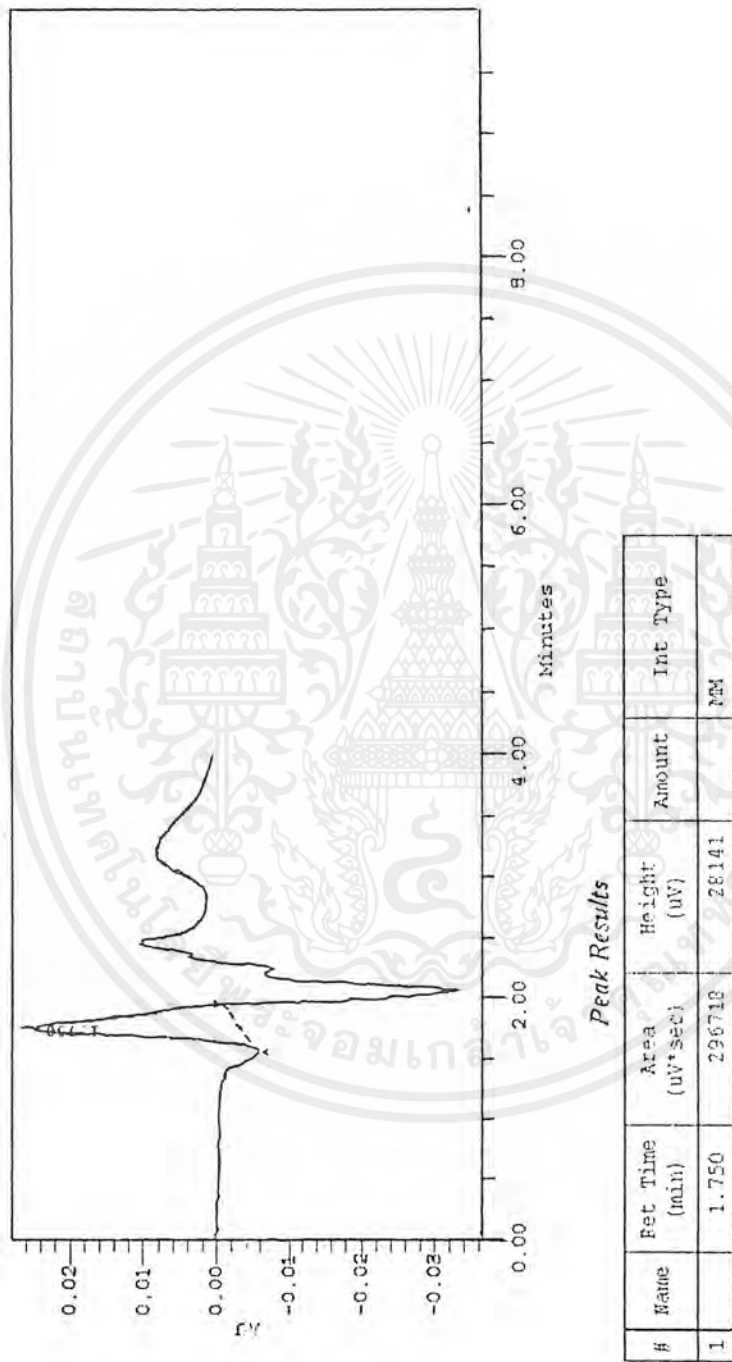


รูปที่ 11 แสดงกราฟและพื้นที่ใต้กราฟของเมทรามิโดฟอสฟอรัสดีมิดิโอสที่ pH 7 เป็นเวลานาน 60 นาที



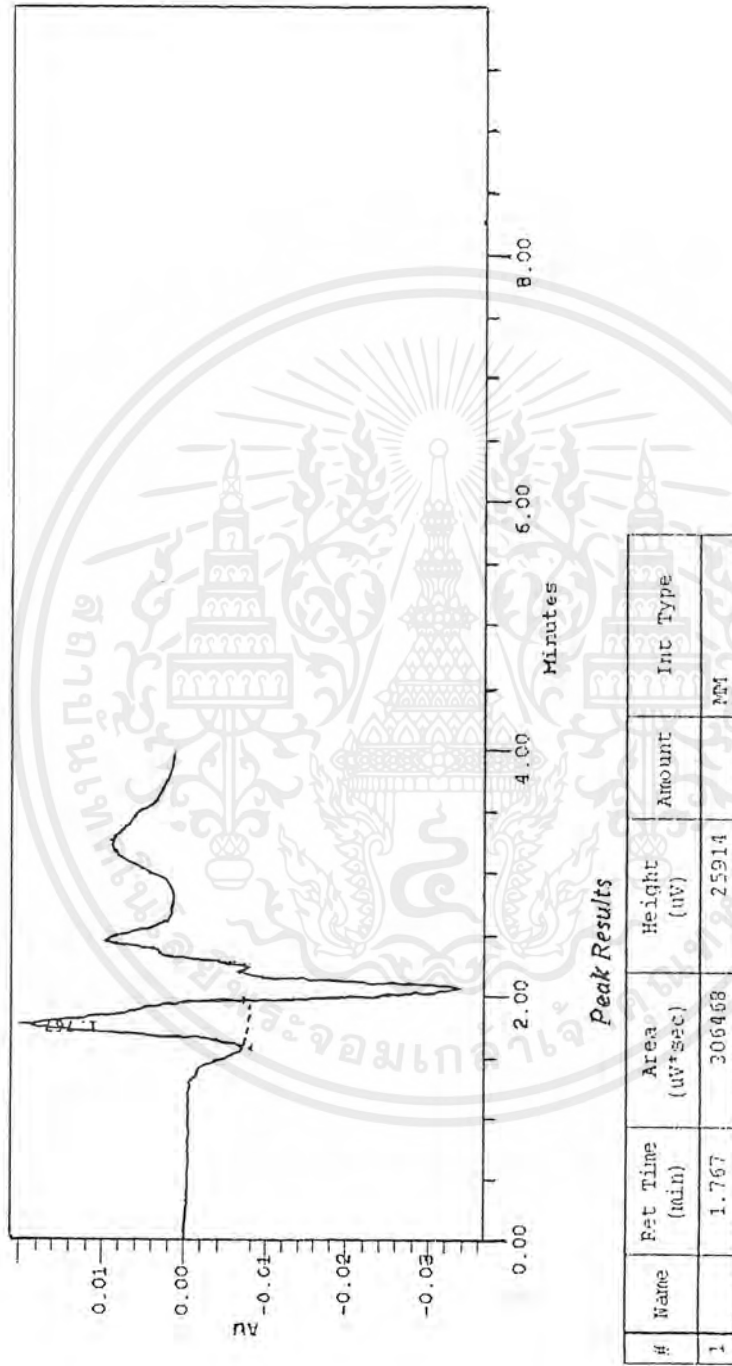
รูปที่ 12 แสดงกราฟและพื้นที่ใต้กราฟของเมทริกซ์ของเมทริกซ์อินทรีย์ที่เจือปนที่ pH 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและข้อมูลอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



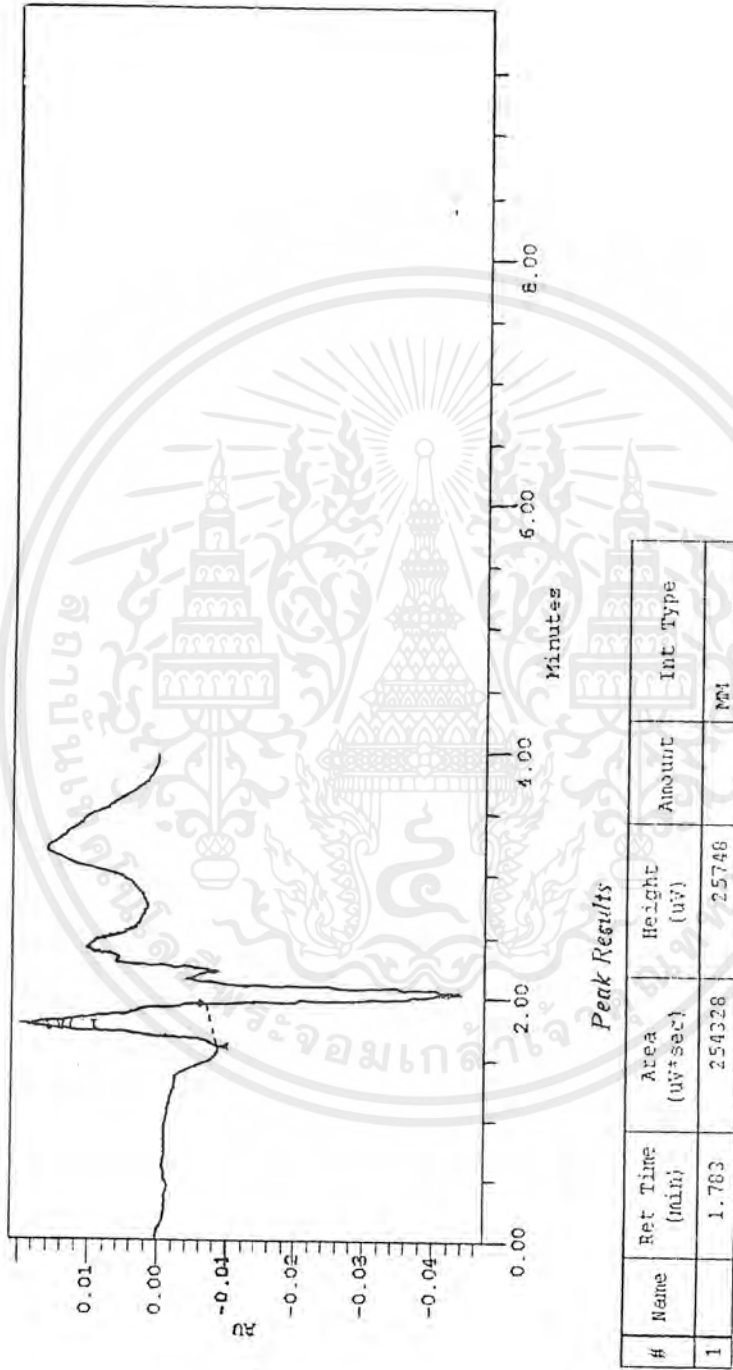
รูปที่ 13 แสดงกราฟและพื้นที่ใต้กราฟของเมทริกซ์โพลีเอทิลีนออกไซด์ที่ pH 7 เป็นเวลานาน 30 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

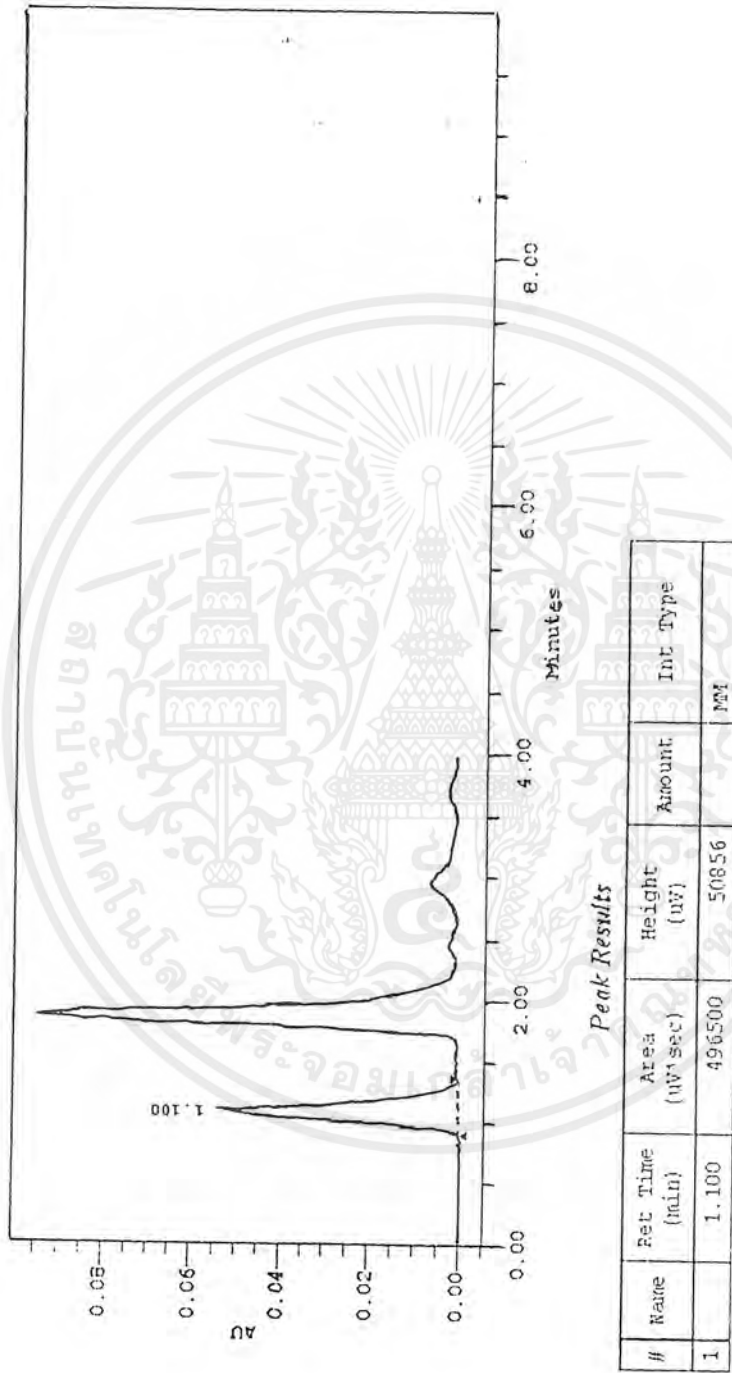


รูปที่ 14 แสดงกราฟและพื้นที่ใต้กราฟของเมทริกซ์ไดโพลหลังจากเติมออกซิเจนที่ pH 7 เป็นเวลานาน 60 นาที

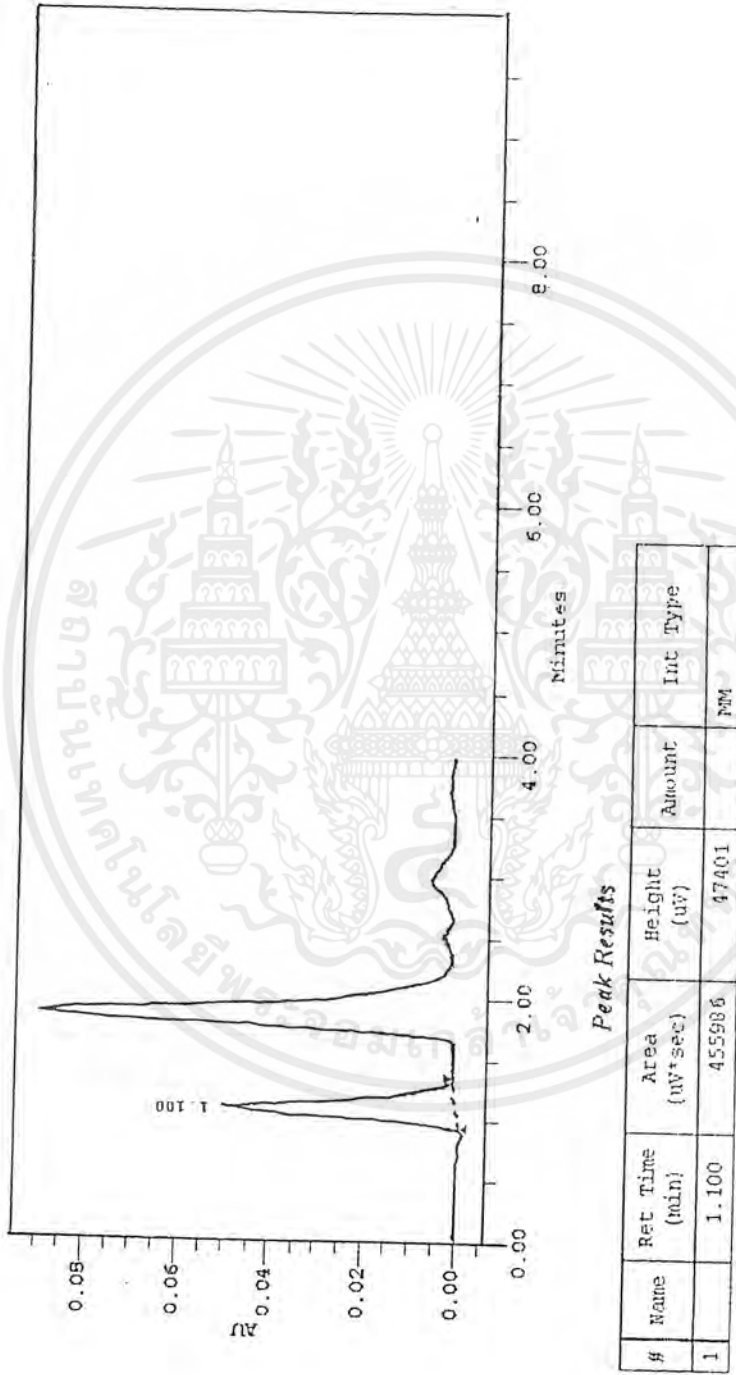
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและข้อมูลอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 15 แสดงกราฟและพื้นที่ใต้กราฟของเมทริกซ์ไดฟอสฟอรัสเติมออกซิเจนที่ pH 7 เป็นเวลานาน 120 นาที

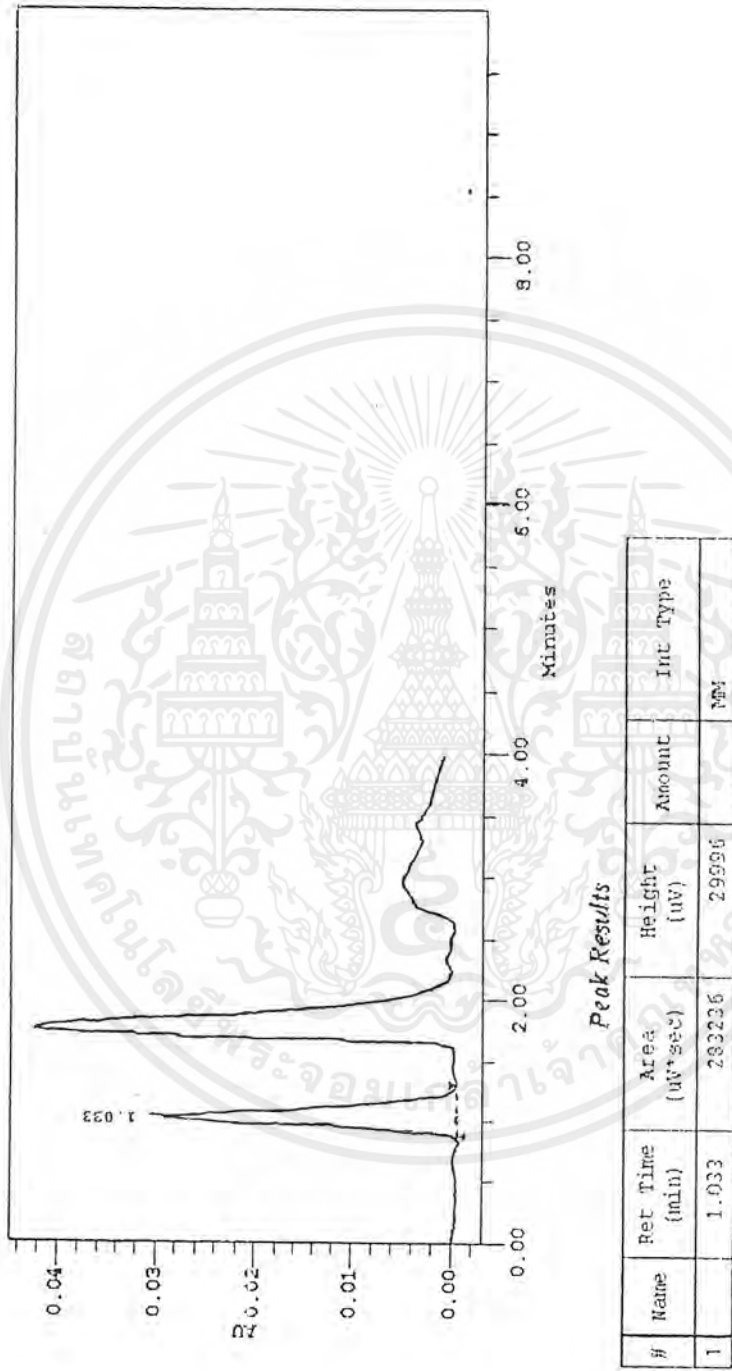


รูปที่ 16 แสดงกราฟและพื้นที่ใต้กราฟของเมทริกซ์ไดฟอสฟอริกก่อนเติมไอโตนที่ pH 9

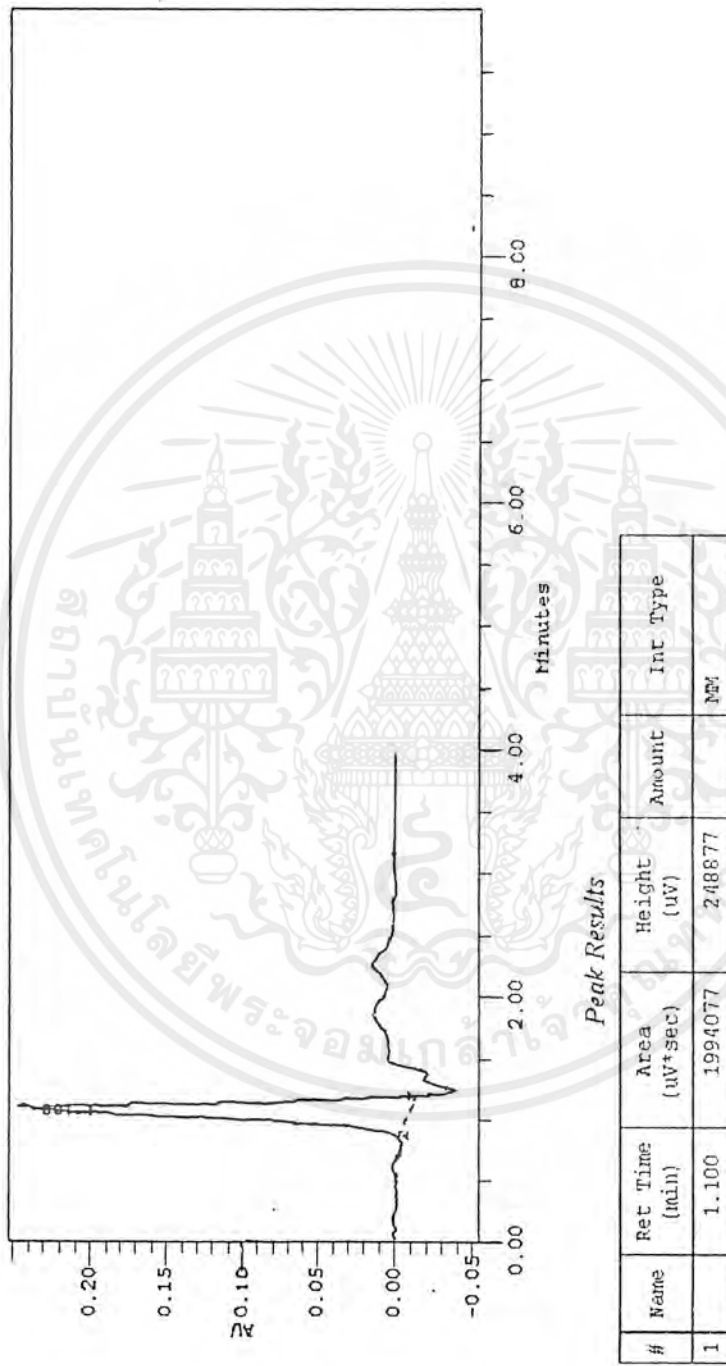


รูปที่ 17 แสดงกราฟและพื้นที่ใต้กราฟของเมทริกซ์ของเมทริกซ์โพลีเอทิลีนไดออกไซด์ที่ pH 9 เป็นเวลานาน 30 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

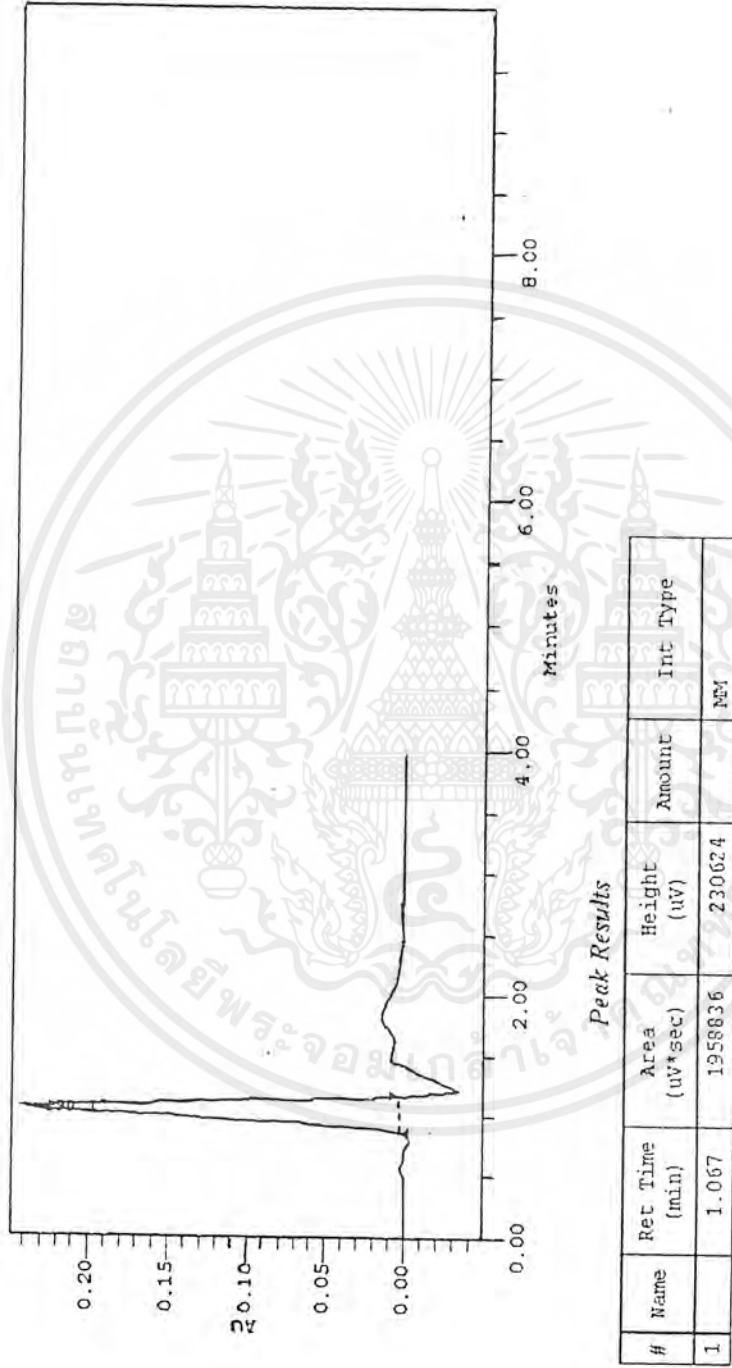


รูปที่ 18 แสดงกราฟและพื้นที่ใต้กราฟของเมทริกซ์โพลีเอทิลีนไดออกไซด์ที่ pH 9 เป็นเวลานาน 75 นาที



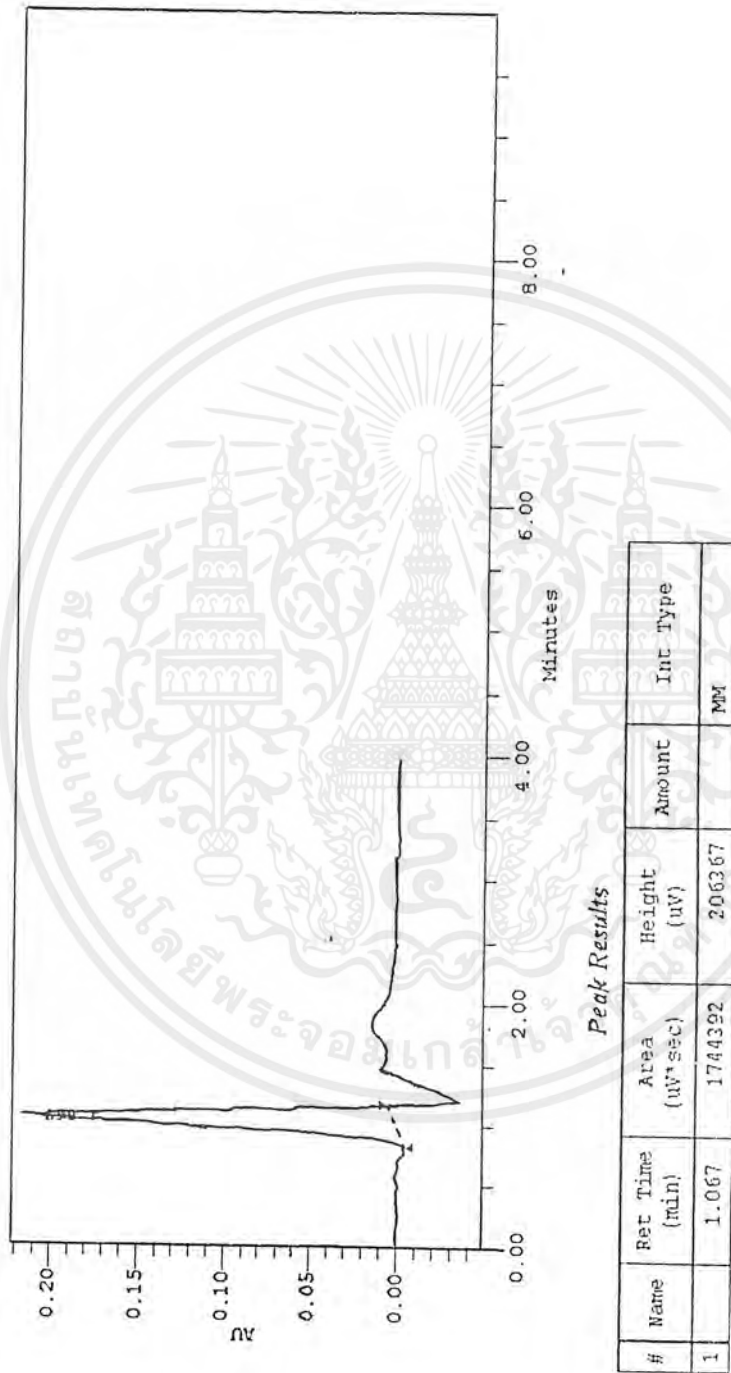
รูปที่ 19 แสดงกราฟและพื้นที่ใต้กราฟของเมทริกซ์โพลีเอทิลีนออกไซด์ที่ pH 9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและข้อมูลอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

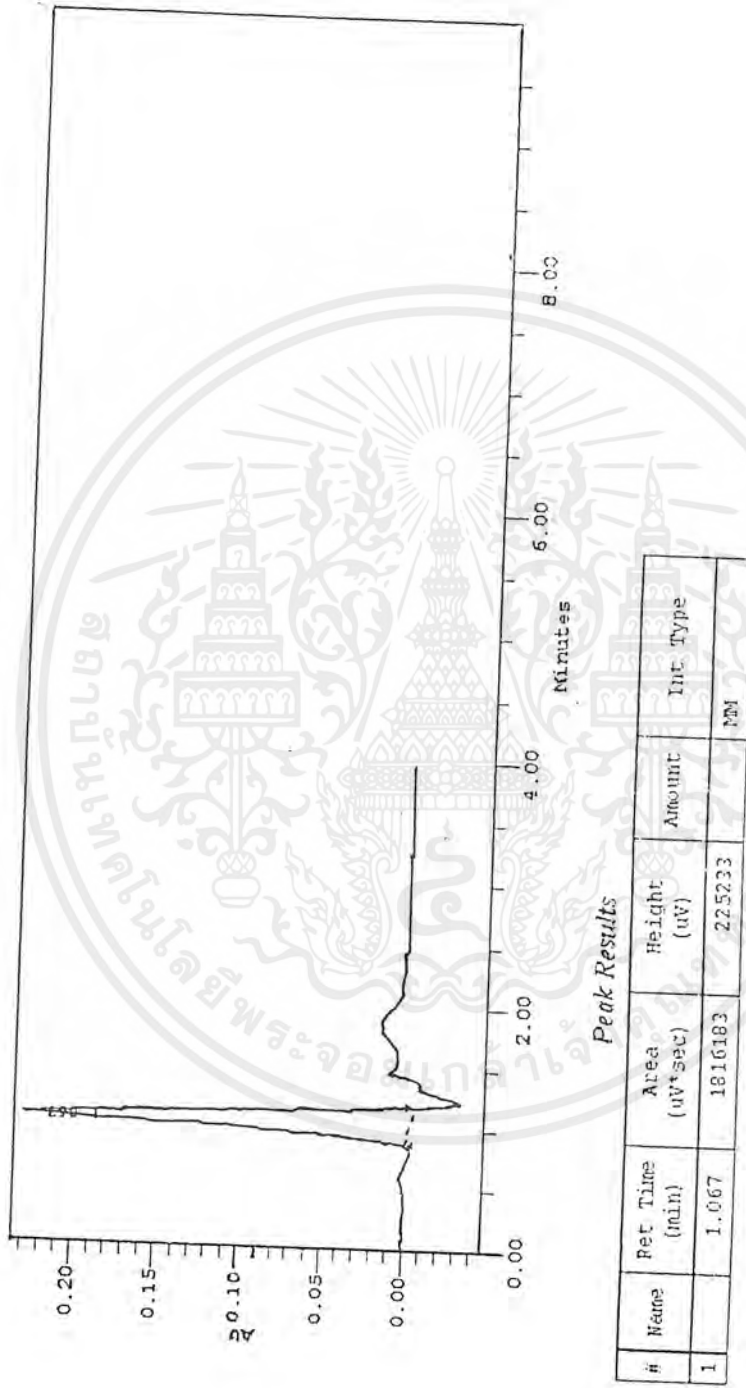


รูปที่ 20 แสดงกราฟและพื้นที่ใต้กราฟของเมทริกซ์โพตหลังเติมออกซิเจนที่ pH 9 เป็นเวลานาน 30 นาที

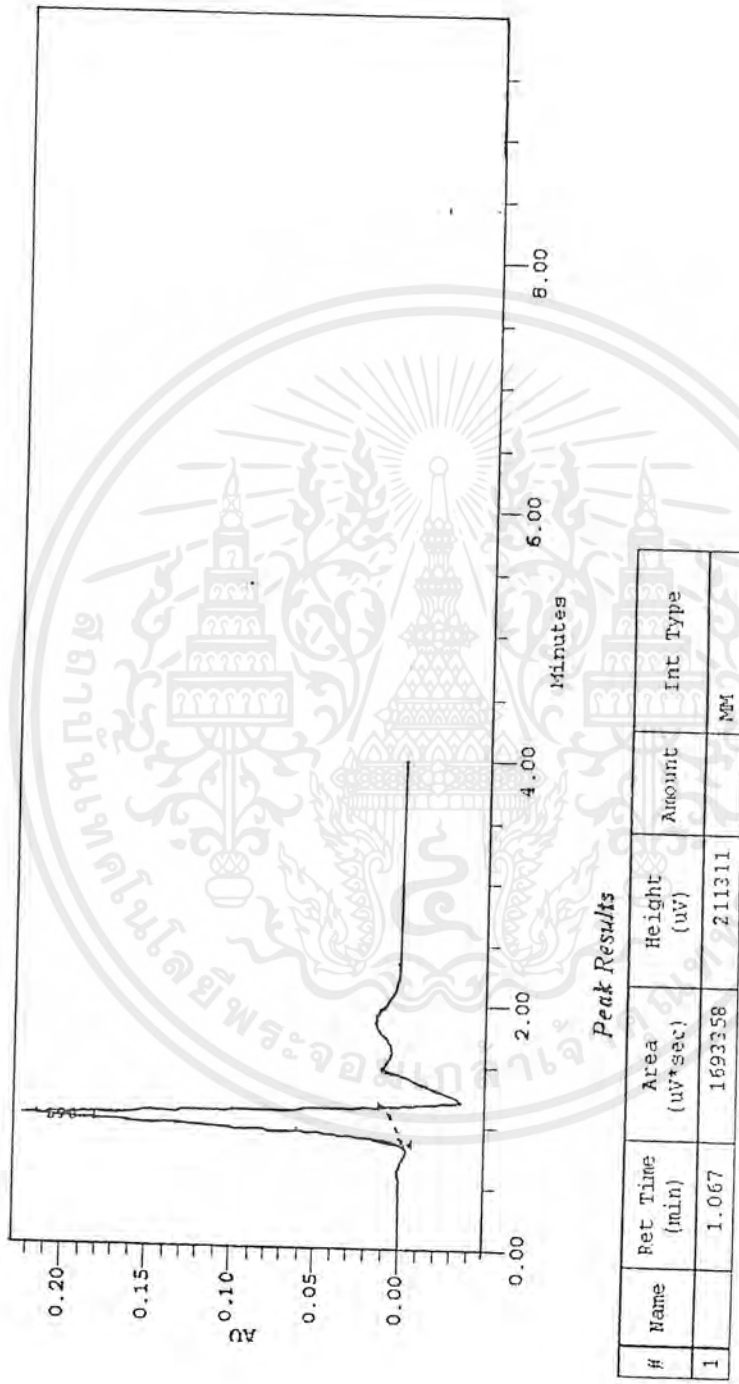
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาแล93องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



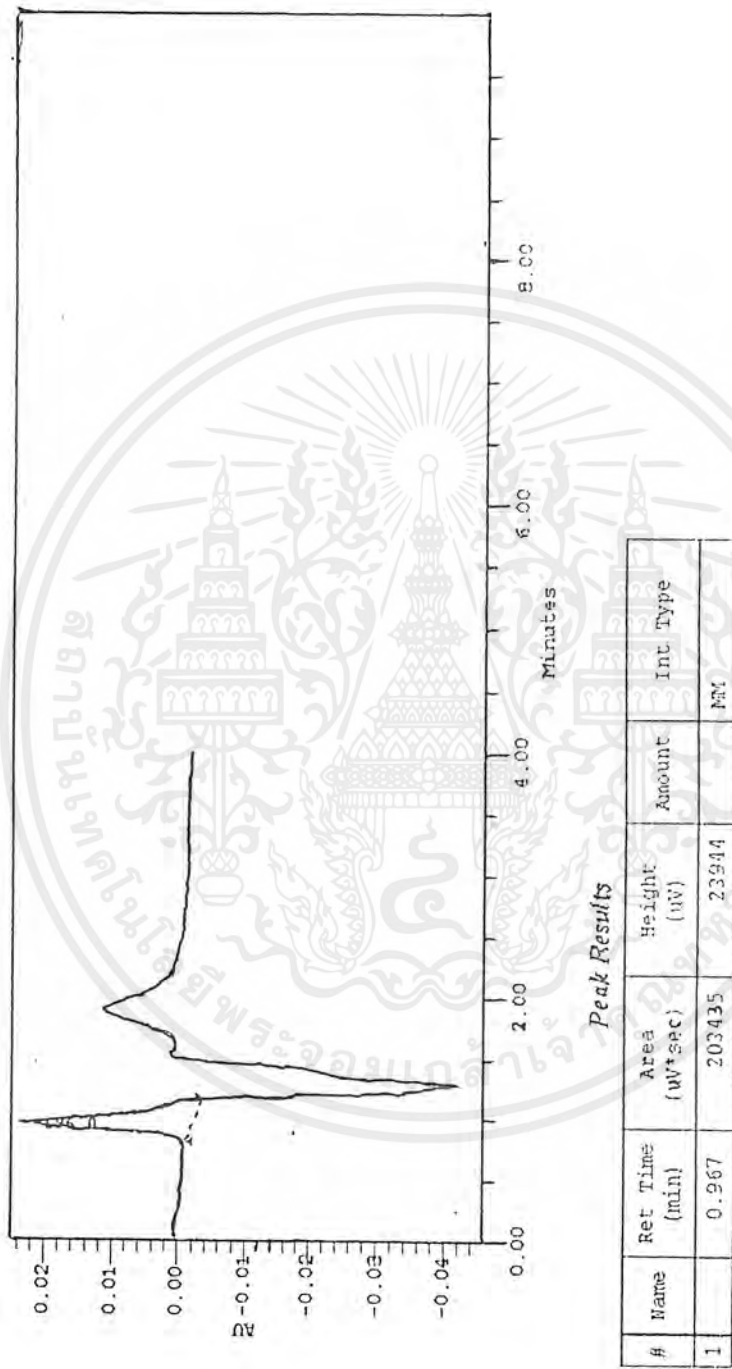
รูปที่ 21 แสดงกราฟและพื้นที่ใต้กราฟของเมทามาโดฟอสฟอรัสที่ pH 9 เป็นเวลานาน 60 นาที



รูปที่ 22 แสดงกราฟและพื้นที่ใต้กราฟของเมทธานิโดฟอสฟอรัสที่ pH 9 เป็นเวลานาน 90 นาที

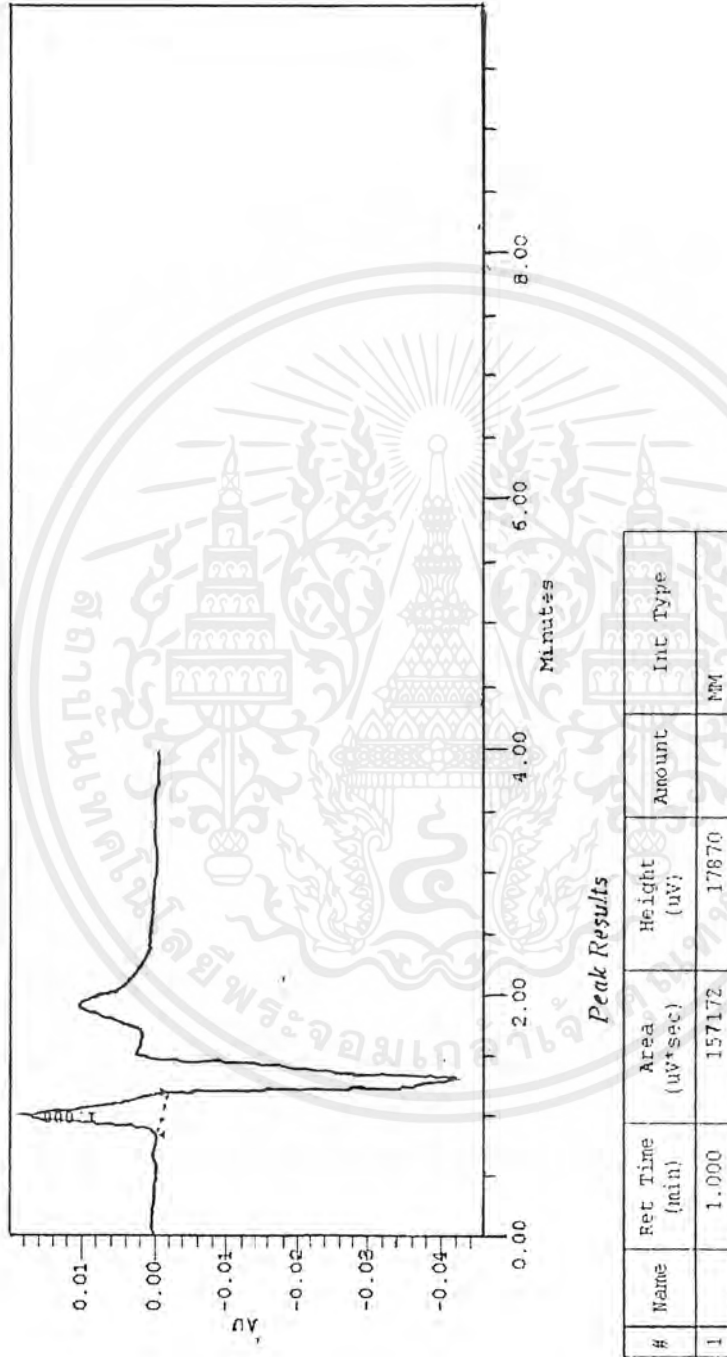


รูปที่ 23 แสดงกราฟและพื้นที่ใต้กราฟของเมทามิโดฟอสหลังเติมออกซิเจนที่ pH 9 เป็นเวลานาน 120 นาที

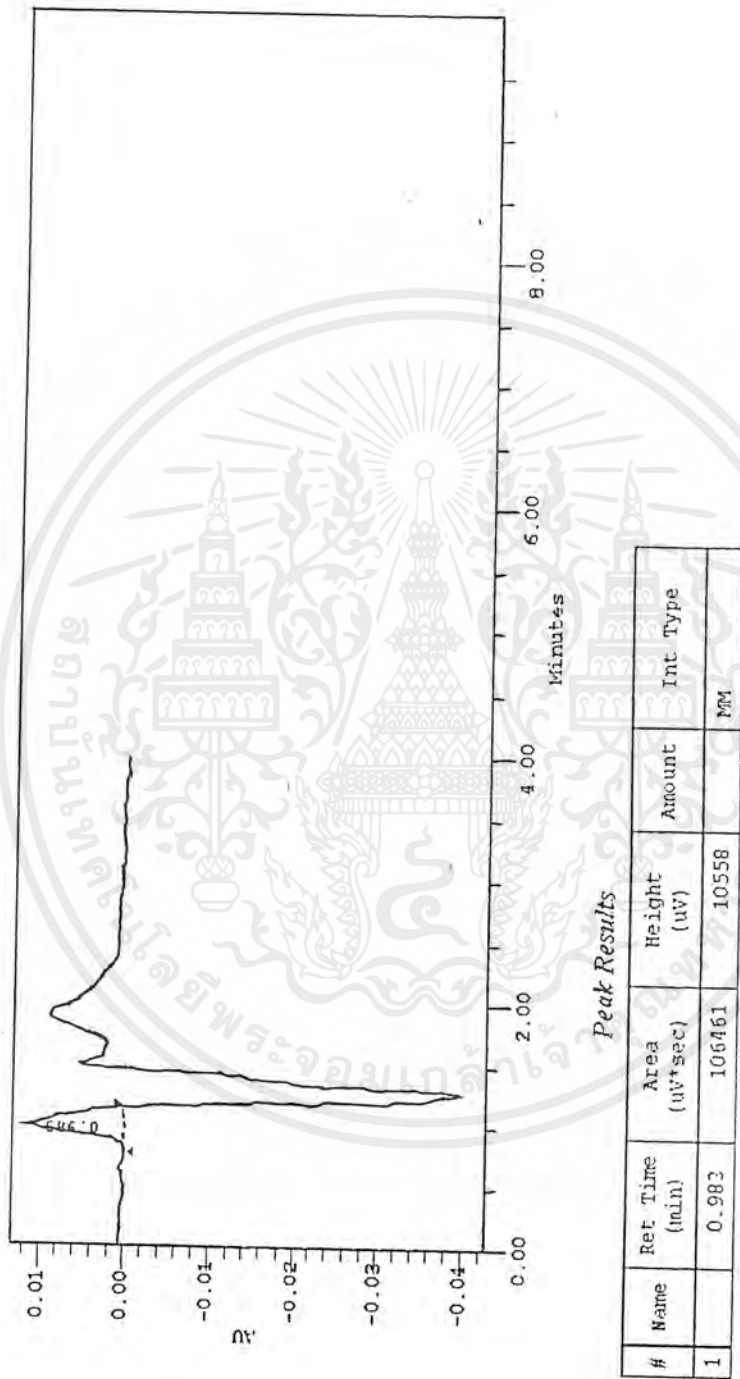


รูปที่ 24 แสดงกราฟและพื้นที่ใต้กราฟของเมททรามิโดฟอสก่อนเติมไอโซโทปอุณหภูมิ 20-30°C.

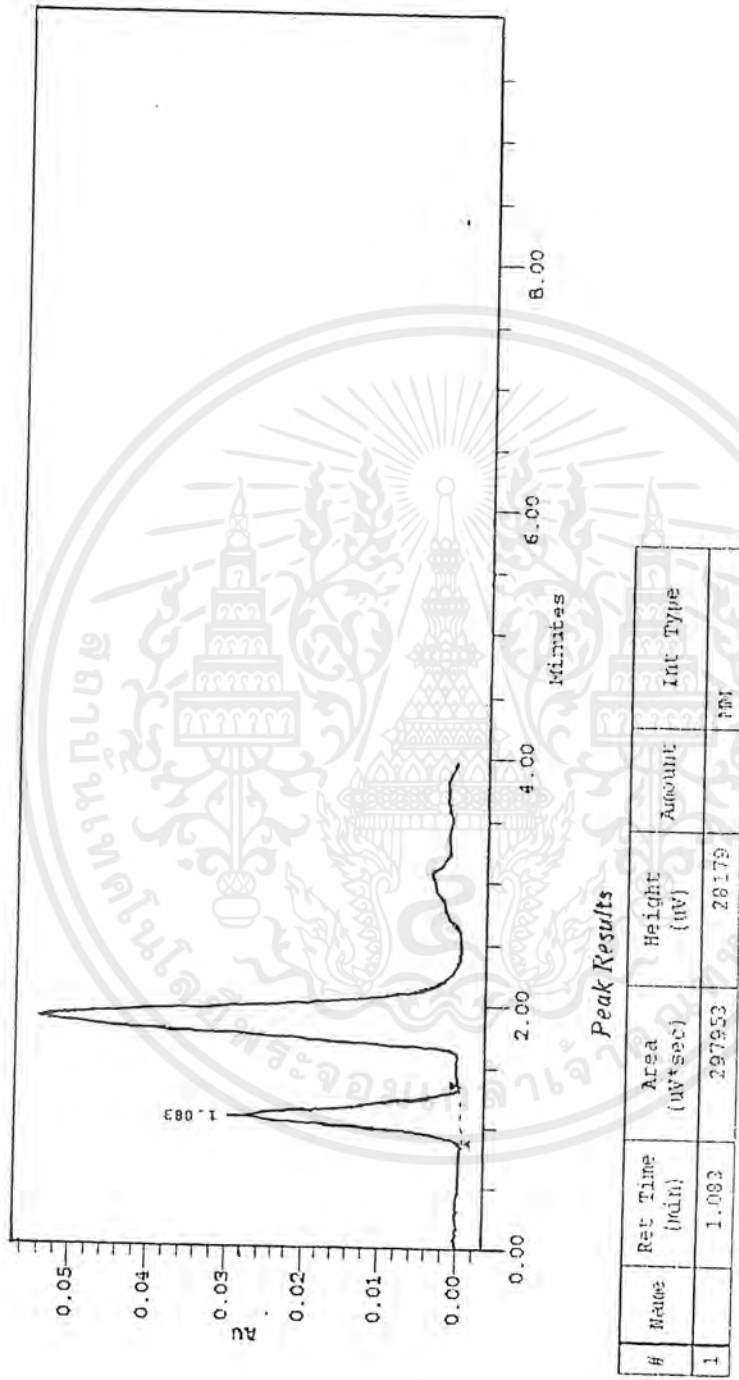
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 25 แสดงกราฟและพื้นที่ใต้กราฟของเมทธานิโตพอสหลังเติมไอโซนที่อุณหภูมิ 20-30°C เป็นเวลานาน 60 นาที

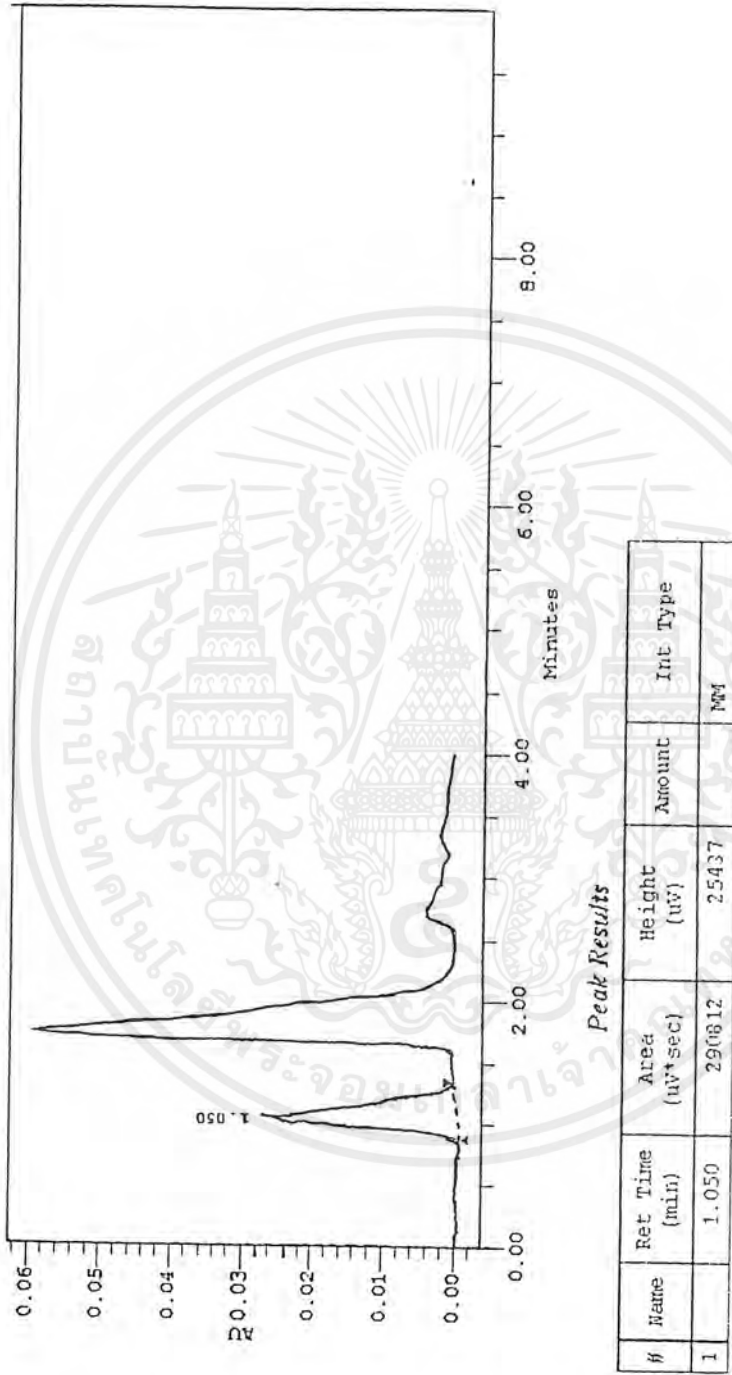


รูปที่ 26 แสดงกราฟและพื้นที่ใต้กราฟของเมทริกซ์โพลีเอทิลีนที่อุณหภูมิ 20-30°C เป็นเวลานาน 105 นาที

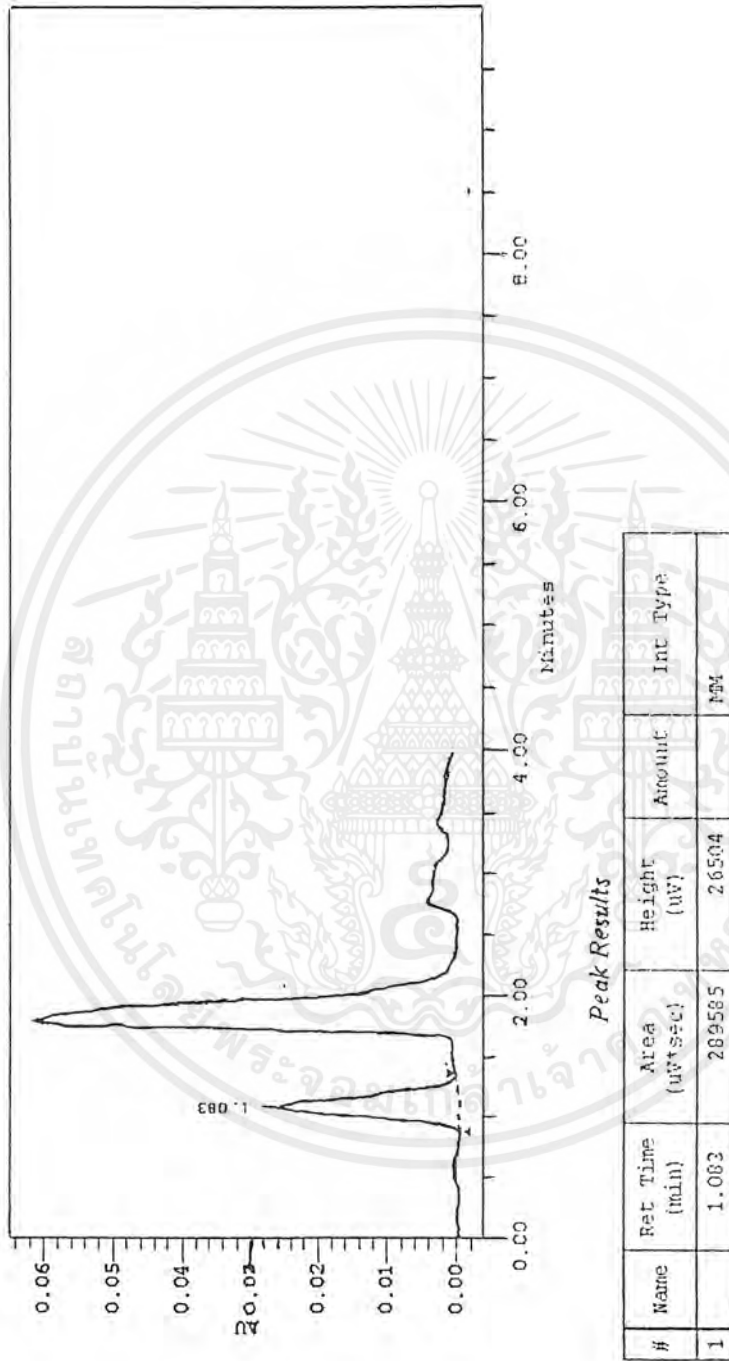


รูปที่ 27 แสดงกราฟและพื้นที่ใต้กราฟของเมทิลโดพอก่อนเติมออกซิเจนที่อุณหภูมิ 20-30°C

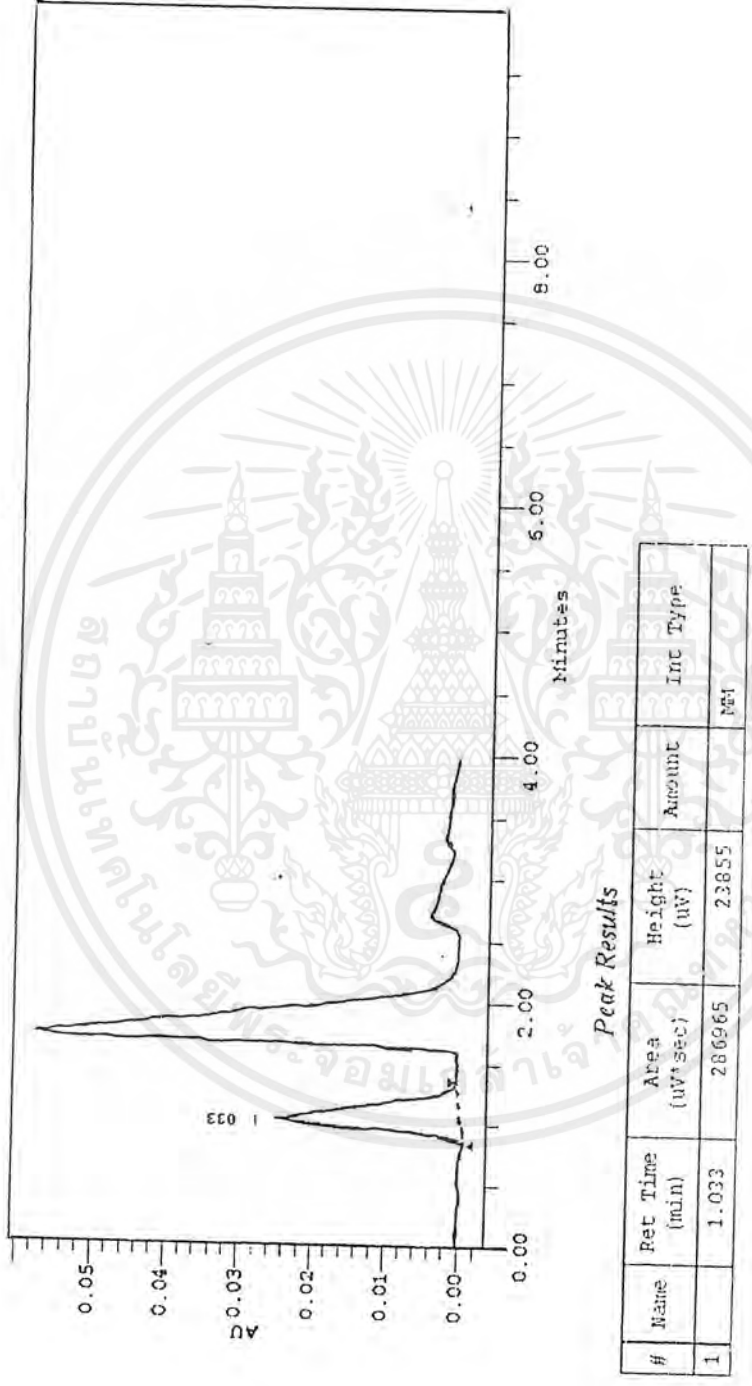
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและข้อมูลอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 28 แสดงกราฟและพื้นที่ใต้กราฟของเมทิลไมโดพอสหลังเดิมออกซิเจนที่อุณหภูมิ 20-30°C เป็นเวลานาน 45 นาที

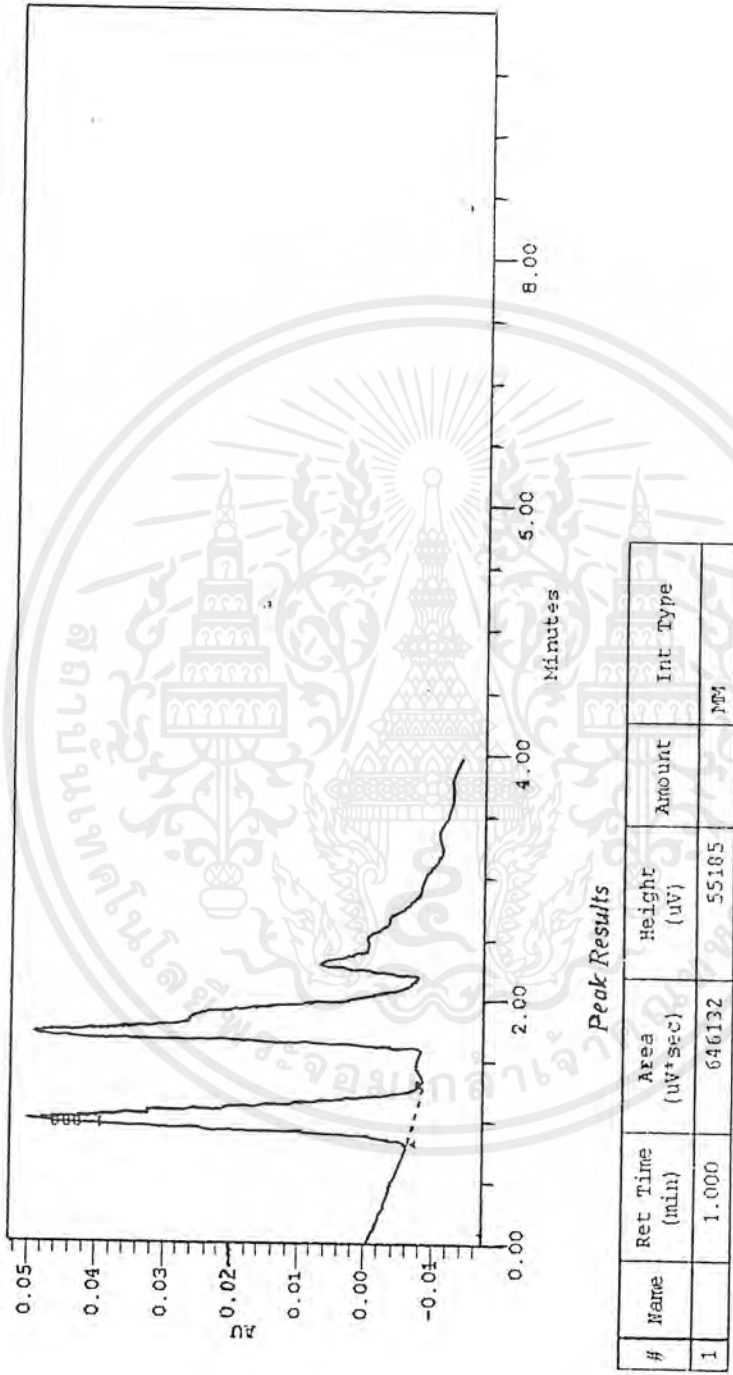


รูปที่ 29 แสดงกราฟและพีคที่ได้กราฟของเมทราไมโดฟอสหลังเติมออกซิเจนที่อุณหภูมิ 20-30°C เป็นเวลานาน 60 นาที

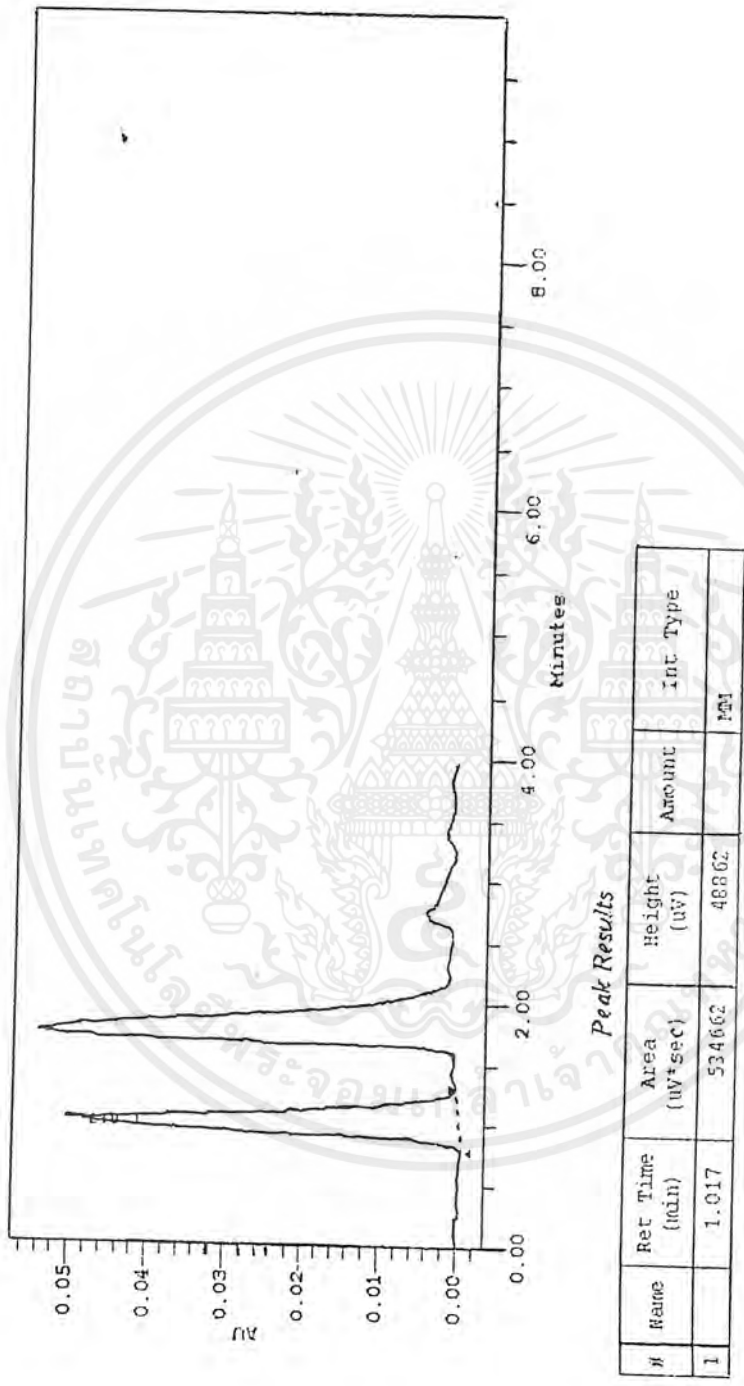


รูปที่ 30 แสดงกราฟและพื้นที่ใต้กราฟของเมทิลโดพอสหลังเติมออกซิเจนที่อุณหภูมิ 20-30°C เป็นเวลานาน 105 นาที

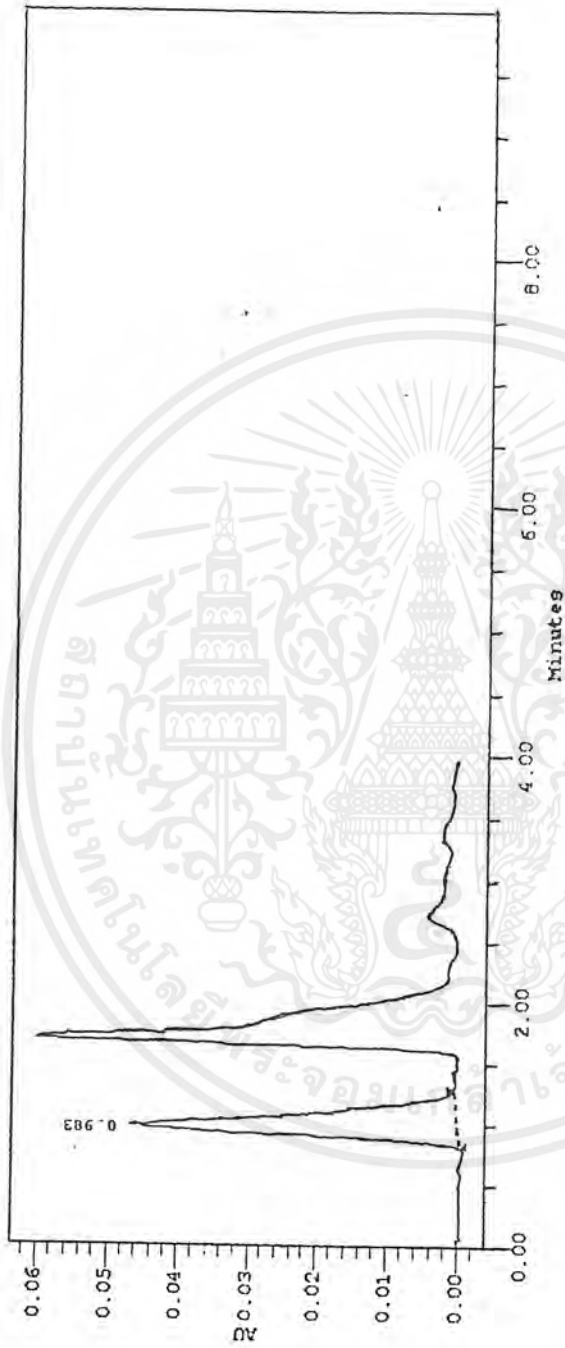
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา 103 อ่างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 31 แสดงกราฟและพื้นที่ใต้กราฟของเมทิลไอโอดอก่อนเติมไอโซนที่อุณหภูมิ 30-40°C



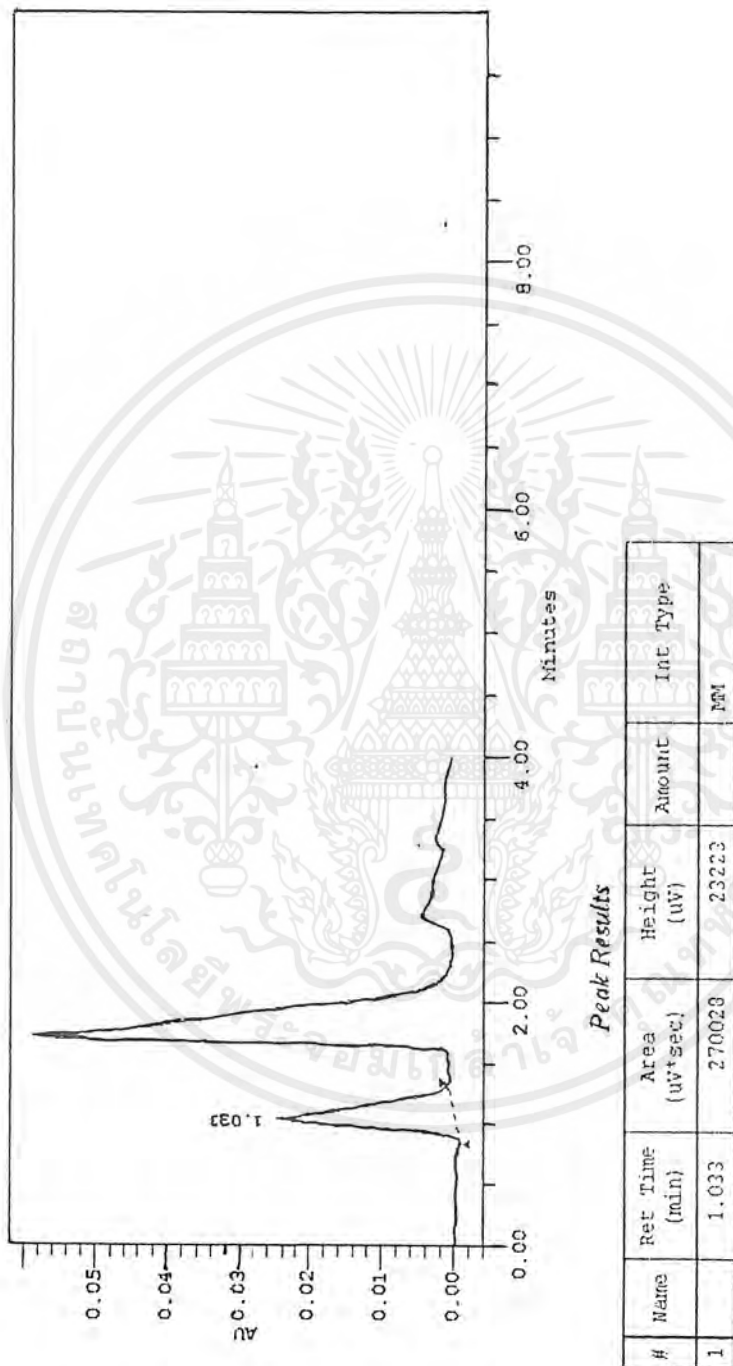
รูปที่ 32 แสดงกราฟและพื้นที่ใต้กราฟของเมทราไมโดพอสหลังเติมไอโซนที่อุณหภูมิ 30-40°C เป็นเวลานาน 30 นาที



Peak Results

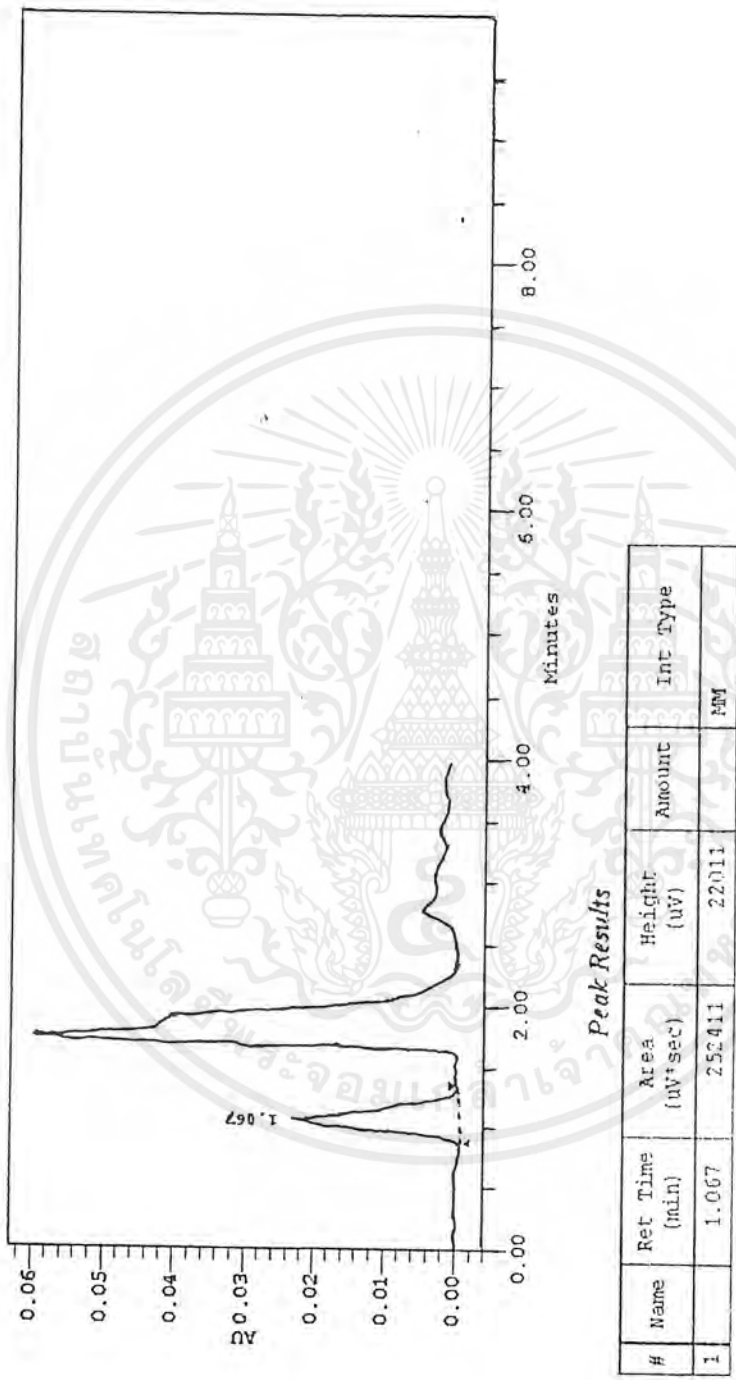
#	Ret Time (min)	Area (uV*sec)	Height (uV)	Amount	Inc Type
1	0.983	504838	44600		Net

รูปที่ 33 แสดงกราฟและพื้นที่ใต้กราฟของเมทามาโดพอสหลังเติมไอโซนที่อุณหภูมิ 30-40°C เป็นเวลานาน 75 นาที

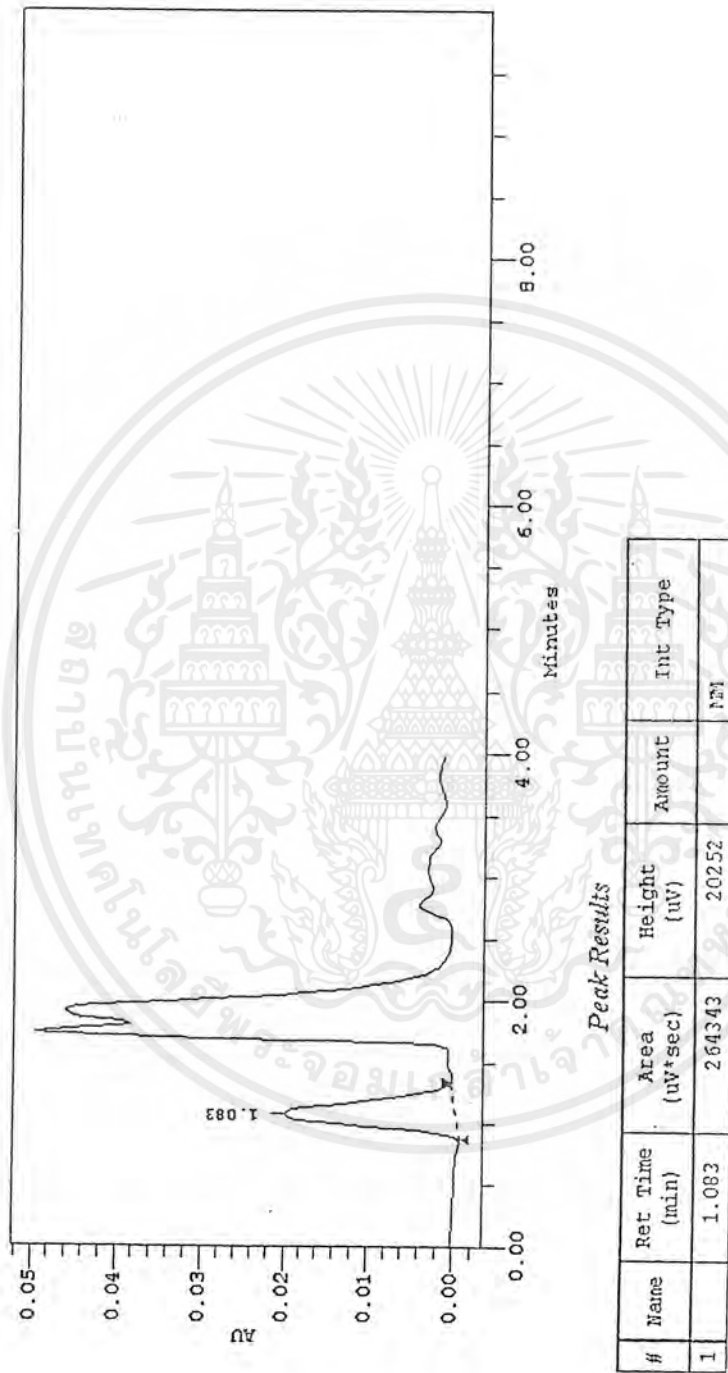


รูปที่ 34 แสดงกราฟและพื้นที่ใต้กราฟของเมทราโมดิฟอสก่อนเติมออกซิเจนที่อุณหภูมิ 30-40°C

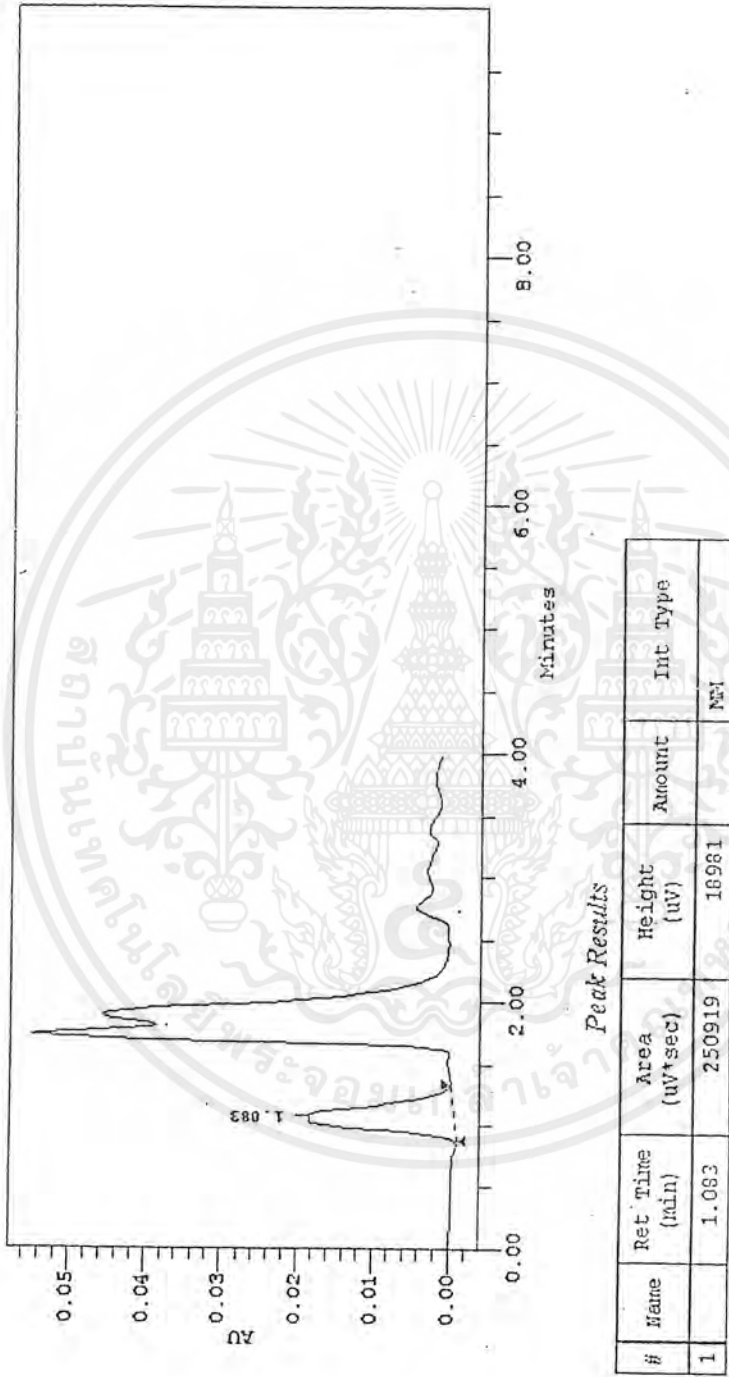
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและ 107 ให้อ่างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 35 แสดงกราฟและพื้นที่ใต้กราฟของเมทราไมโดฟอสหลังเติมออกซิเจนที่อุณหภูมิ 30-40°C เป็นเวลานาน 30 นาที



รูปที่ 36 แสดงกราฟและพื้นที่ใต้กราฟของเมทธานิโดฟอสฟอรัสที่อุณหภูมิ 30-40°C เป็นเวลานาน 90 นาที



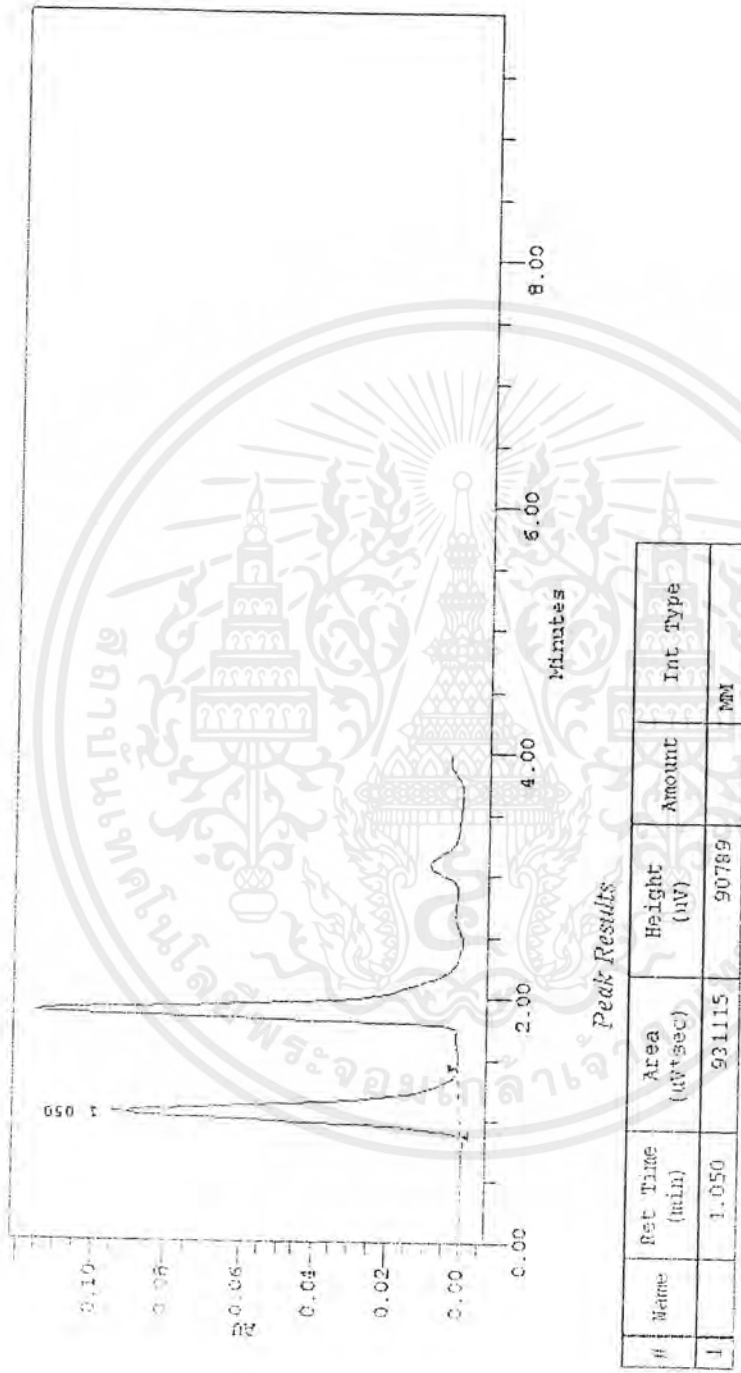
รูปที่ 37 แสดงกราฟและพื้นที่ใต้กราฟของเมทธานิโดฟอสฟอรัสเดิมออกซิเจนที่อุณหภูมิ 30-40°C เป็นเวลานาน 120 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา 110 อังอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



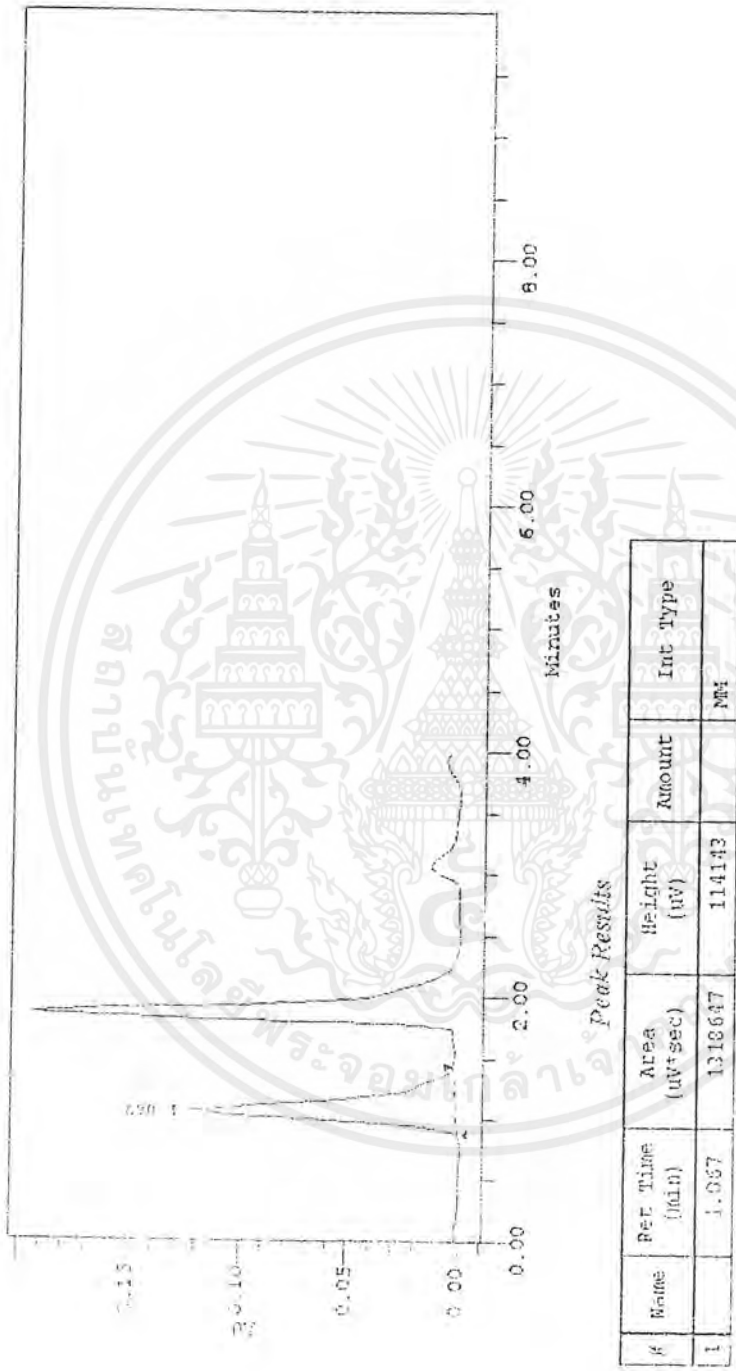
รูปที่ 38 แสดงกราฟและพื้นที่ใต้กราฟของเมทราไมโดฟอสก่อนเติมไอโซนโทลูอีนหุณหภูมิ 40-50°C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและนำข้อมูลอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

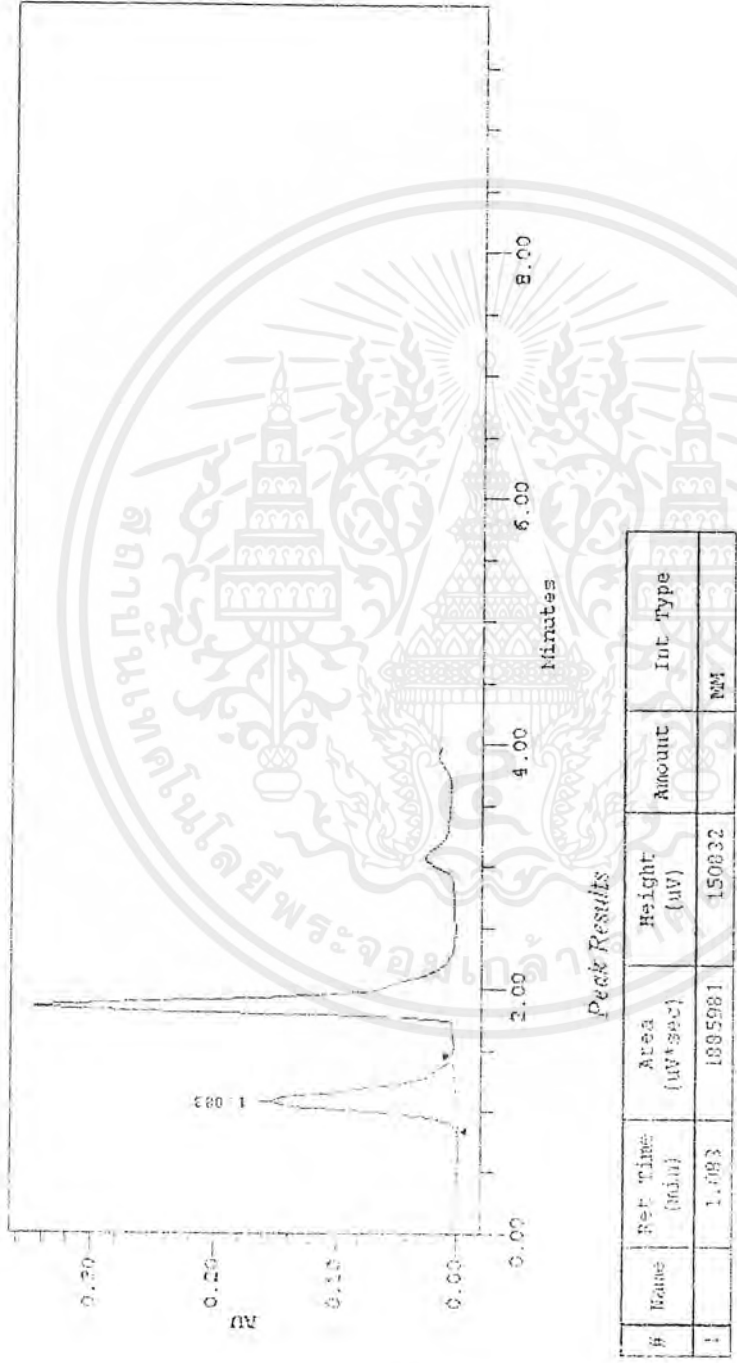


รูปที่ 39 แสดงกราฟและพื้นที่ใต้กราฟของเมทิลโดพอสหลังเติมโดโซนที่อุณหภูมิ 40-50°C เป็นเวลานาน 30 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา 112 อ่างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

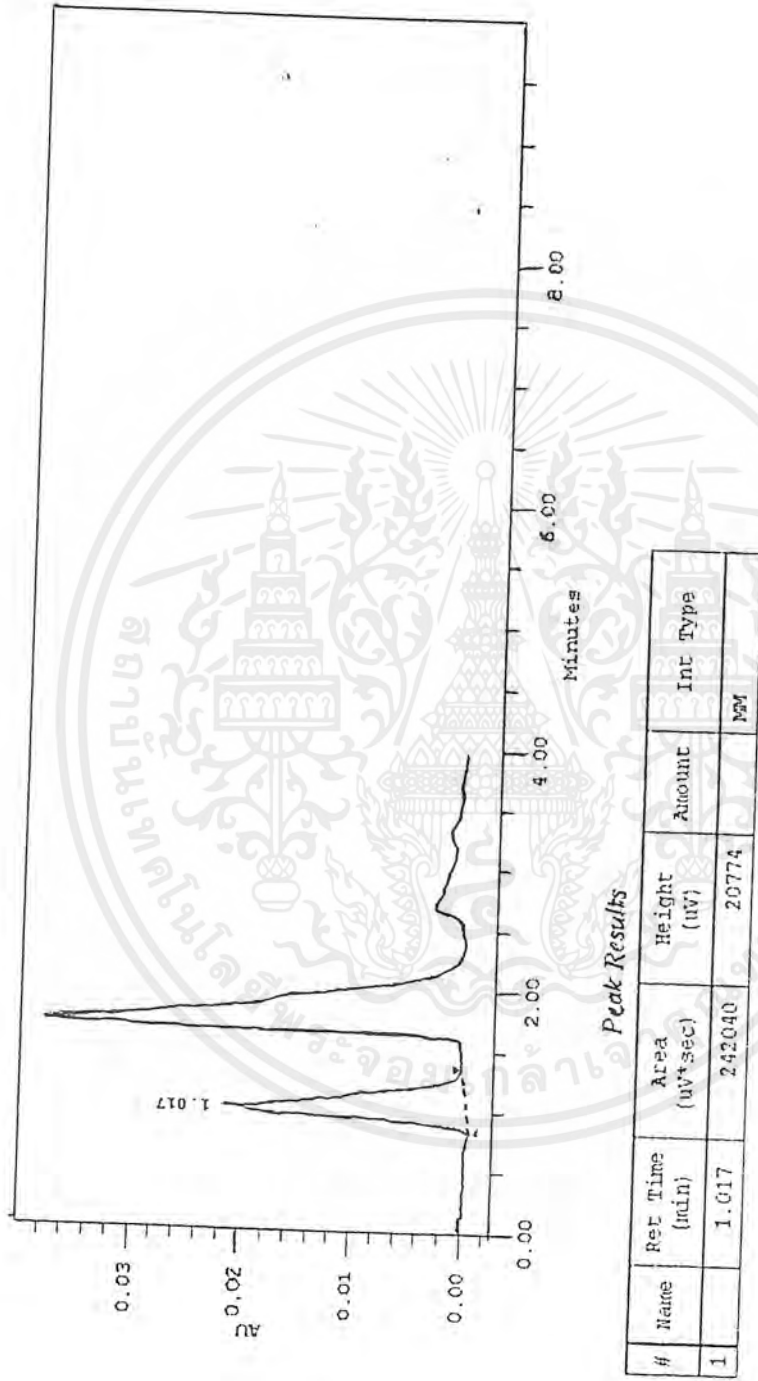


รูปที่ 40 แสดงกราฟและพื้นที่ใต้กราฟของเมททามิโดฟอสหลังจากเติมไอโซนที่อุณหภูมิ 40-50°C เป็นเวลานาน 90 นาที



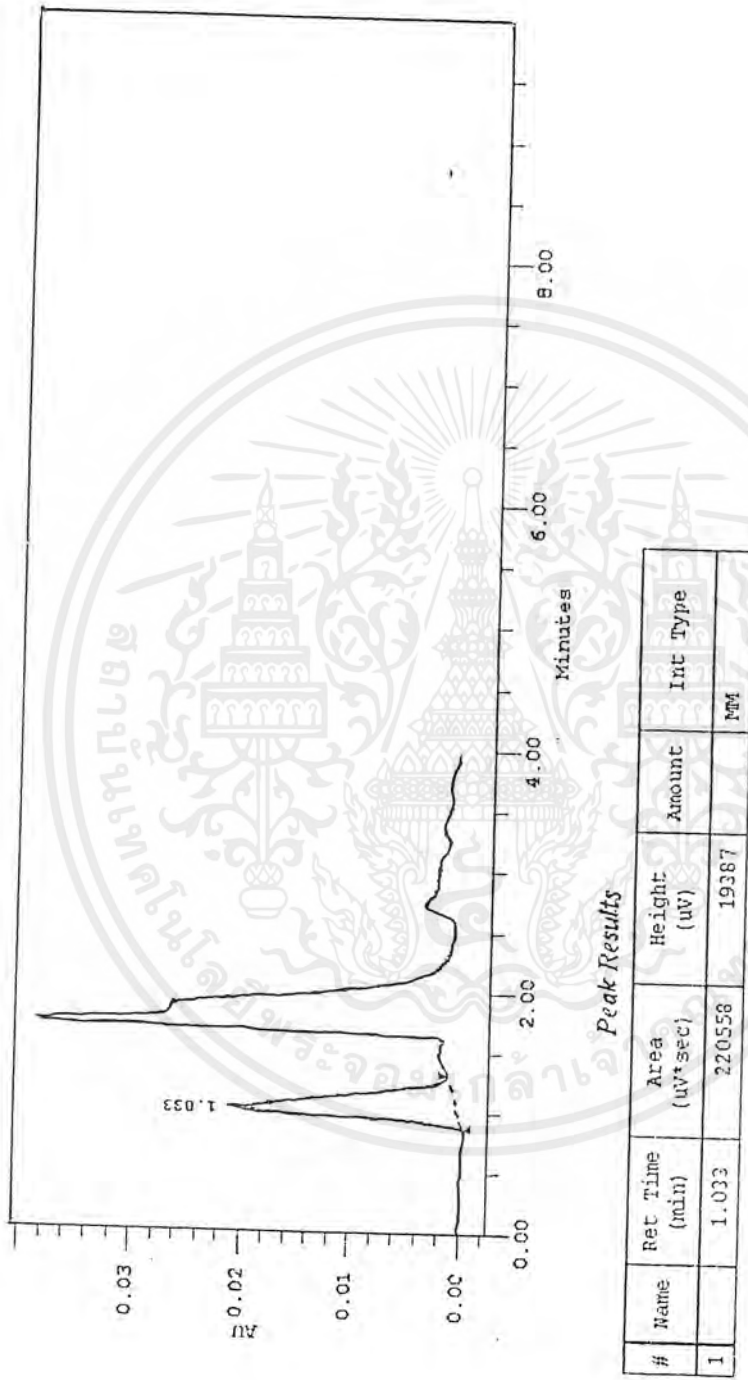
รูปที่ 41 แสดงกราฟและพื้นที่ใต้กราฟของเมทิลโดพอสตลิ่งเดิมโอโซนที่อุณหภูมิ 40-50°C เป็นเวลานาน 120 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 114 อ่างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



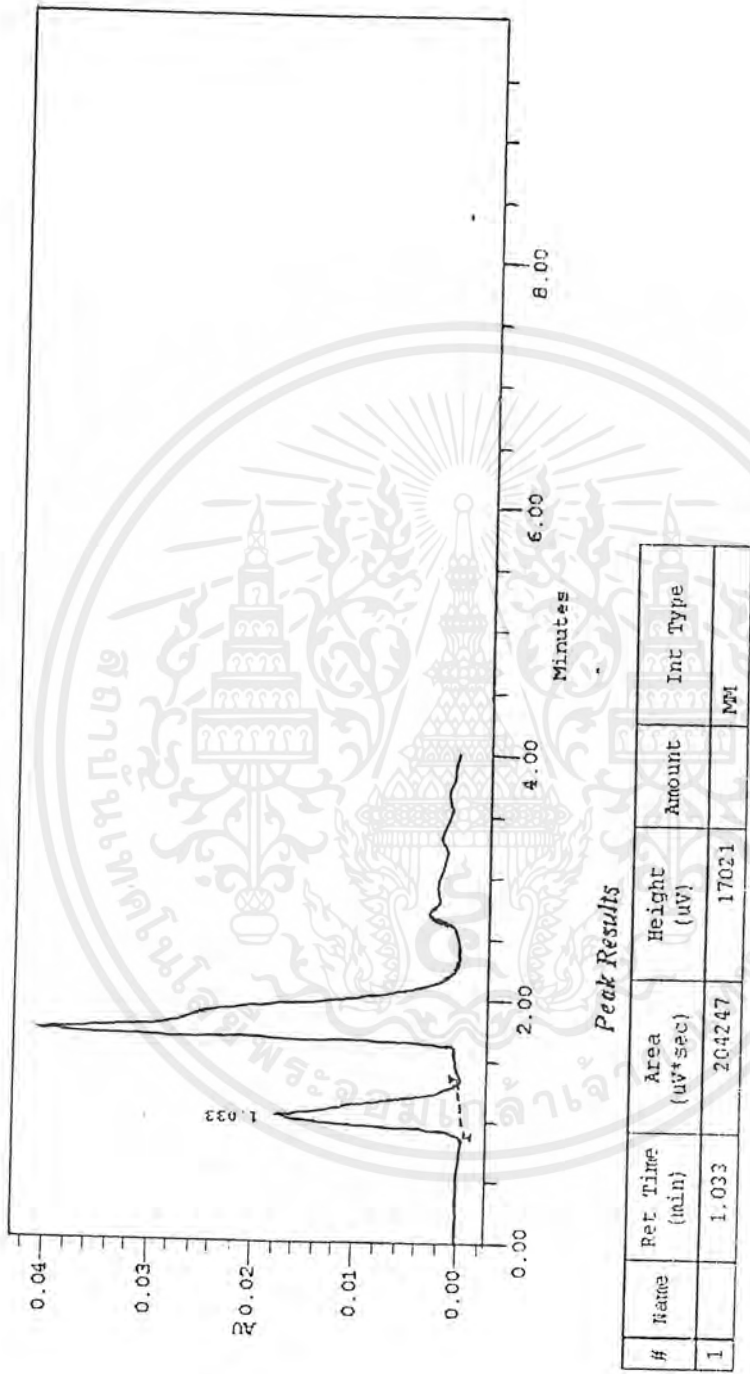
รูปที่ 42 แสดงกราฟและพื้นที่ใต้กราฟของเมทิลโดพอสก่อนเติมออกซิเจนที่อุณหภูมิ 40-50°C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาใน 115 อย่างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



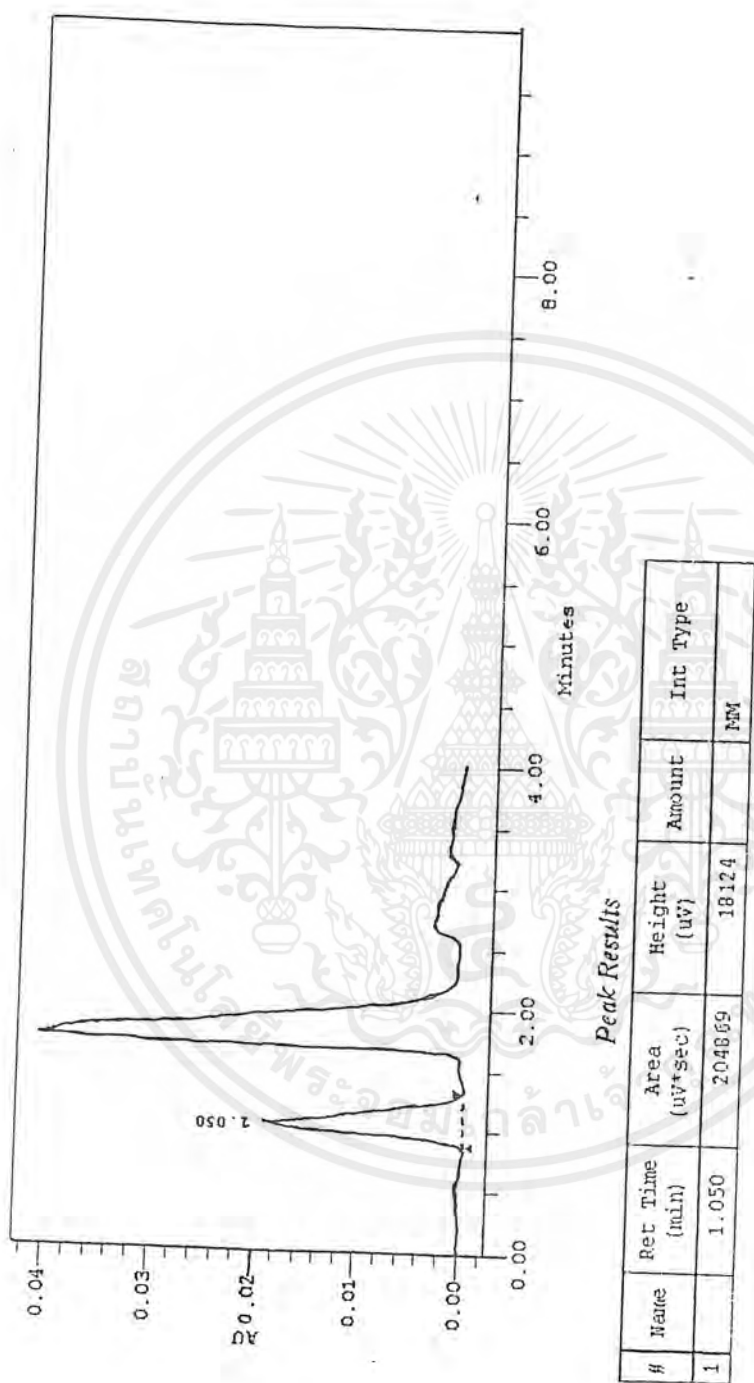
รูปที่ 43 แสดงกราฟและพื้นที่ใต้กราฟของเมทราไมโดฟอสหลังเติมออกซิเจนที่อุณหภูมิ 40-50°C เป็นเวลานาน 30 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา 116 อ่างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 44 แสดงกราฟและพื้นที่ใต้กราฟของเมทามิโดฟอสฟอรัสที่อุณหภูมิ 40-50°C เป็นเวลานาน 90 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา 117 อย่างยิ่งถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 45 แสดงกราฟและพื้นที่ใต้กราฟของเมทริกซ์โพลีเอทิลีนออกไซด์ที่อุณหภูมิ 40-50°C เป็นเวลานาน 120 นาที

ภาคผนวก ง.

1. เปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างไอโซนกับออกซิเจนที่ pH 4.5

ก. T-Test

เวลา(นาที)	ปริมาณเมทรามิโดพอลที่ลดลง (%)		ผลต่าง(D)
	ไอโซน	ออกซิเจน	
00	0.00	0.00	0.00
30	6.56	4.56	2.00
60	13.12	9.13	3.99
90	19.67	13.69	5.98
120	26.23	18.25	7.98
sum			19.95

n	5
Dave	3.99
Std deviation	3.15
V	4
$T_{0.05,4}$	2.132
T	2.53
Result	แตกต่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างไอโซนกับออกซิเจนที่ pH 7

ข. *T-Test*

เวลา(นาที)	ปริมาณเมทามิโดฟอสที่ลดลง (%)		ผลต่าง(D)
	ไอโซน	ออกซิเจน	
00	0.00	0.00	0.00
30	11.44	5.61	5.83
60	22.88	11.22	11.66
90	34.32	16.83	17.49
120	45.76	22.44	23.32
sum			58.30

n	5
Dave	11.66
Std deviation	9.22
V	4
$T_{0.05,4}$	2.132
T	2.53
Result	แตกต่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและข้อมูลอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างไอโซนกับออกซิเจนที่ pH 9

ค. *T-Test*

เวลา(นาที)	ปริมาณเมทามิโดฟอสที่ลดลง (%)		ผลต่าง(D)
	ไอโซน	ออกซิเจน	
00	0.00	0.00	0.00
30	15.94	3.79	12.15
60	31.87	7.59	24.28
90	47.81	11.38	36.43
120	63.74	15.18	48.56
sum			121.42

n	5
Dave	24.28
Std deviation	19.19
V	4
$T_{0.05,4}$	2.132
T	2.53
Result	แตกต่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและ121อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. เปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างไอโซนกับออกซิเจนที่อุณหภูมิ 20-30°C

ง. *T-Test*

เวลา(นาที)	ปริมาณเมททามิโดฟอสที่ลดลง (%)		ผลต่าง(D)
	ไอโซน	ออกซิเจน	
00	0.00	0.00	0.00
30	13.07	1.20	11.87
60	26.14	2.39	23.87
90	39.20	3.59	35.61
120	52.27	4.79	47.48
sum			118.71

n	5
Dave	23.74
Std deviation	18.77
V	4
$T_{0.05,4}$	2.132
T	2.53
Result	แตกต่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. เปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างไอโซนกับออกซิเจนที่อุณหภูมิ 30-40°C

จ. T-Test

เวลา(นาที)	ปริมาณเมททามิโดฟอสที่ลดลง (%)		ผลต่าง(D)
	ไอโซน	ออกซิเจน	
00	0.00	0.00	0.00
30	9.92	1.60	8.32
60	19.84	3.21	16.63
90	29.76	4.81	24.95
120	39.68	6.42	33.26
sum			83.16

n	5
Dave	16.63
Std deviation	13.15
V	4
$T_{0.05,4}$	2.132
T	2.53
Result	แตกต่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและข้อมูลอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. เปรียบเทียบประสิทธิภาพเมื่อใช้ออกซิเจนระหว่าง pH 4.5 และ pH7

ฉ. *T-Test*

เวลา(นาที)	ปริมาณเมทรามิโดฟอสที่ลดลง (%)		ผลต่าง(D)
	pH 4.5	pH 7	
00	0.00	0.00	0.00
30	4.56	5.61	1.05
60	9.13	11.22	2.09
90	13.69	16.83	3.14
120	18.25	22.44	4.19
sum			10.47

n	5
Dave	2.09
Std deviation	1.66
V	4
$T_{0.05,4}$	2.132
T	2.53
Result	แตกต่าง

7. เปรียบเทียบประสิทธิภาพเมื่อใช้ออกซิเจนระหว่าง pH 4.5 และ pH9

ข. *T-Test*

เวลา(นาที)	ปริมาณเมทามิโดฟอสที่ลดลง (%)		ผลต่าง(D)
	pH 4.5	pH 9	
00	0.00	0.00	0.00
30	4.56	3.79	0.77
60	9.13	7.59	1.54
90	13.69	11.38	2.31
120	18.25	15.18	3.07
sum			7.69

n	5
Dave	1.54
Std deviation	1.21
V	4
$T_{0.05,4}$	2.132
T	2.53
Result	แตกต่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและ 125 อ่างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. เปรียบเทียบประสิทธิภาพเมื่อใช้ออกซิเจนระหว่าง pH 7 และ pH9

ซี. *T-Test*

เวลา(นาที)	ปริมาณเมทามิโดฟอสที่ลดลง (%)		ผลต่าง(D)
	pH 7	pH 9	
00	0.00	0.00	0.00
30	5.61	3.79	1.82
60	11.22	7.59	3.63
90	16.83	11.38	5.45
120	22.44	15.18	7.26
sum			18.16

n	5
Dave	3.63
Std deviation	2.87
V	4
$T_{0.05,4}$	2.132
T	2.53
Result	แตกต่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและตัวอักษรอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. รศ.ดร.สมนึก วงศ์ทอง "สารเคมี" ป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืช หน้า 11 ภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 2539.
2. อำนวย แสงโนรี "ผลกระทบสิ่งแวดล้อมและสุขภาพอนามัยของเกษตรกรจากการใช้สารพิษกำจัดศัตรูพืชในการผลิตทางการเกษตร : กรณีศึกษาเกษตรกรชาวสวนอำเภอดำเนินสะดวก จังหวัด ราชบุรี " หน้า23 ภาควิชาบริหารธุรกิจเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ, 2535.
3. Foster D.M., Rachwal and White S.L., "Advanced treatment for the removal of atrazine and other pesticide" Water Supply, 10(1992) :133-146.
4. Ganda Glinsorn , "Treatment of Pesticide wastewater by Activated Carbon." Master's Thesis, Asian Institute of Technology Thesis, 1982.
5. Young Ku , Jay Lin Chang , Young-Shuen Shen and Shi-Yow Lin , "Deconposition of Diazinon in Aqueous Solution by Ozonation" Wat. Res. 32(6). (1998) :1957-1963.
6. Ramjee Subramanian "Tertiary Treatment of Pulp and Paper Mill Wastewater by Ozone." Master's Thesis, Asian Institute of Technology, 1997.
7. Linda K. Weavers, Frank H., Ling, and Michael R. Hoffmann, " Aromatic Compound Degradation in Water Using a Combination of Sonolysis and Ozonolysis" Environ Sci. Technol. 32(1998) : 2727-2733.
8. Lang.P.S., Ching W.K., Williberg D.M.,and Hoffmann M.R., "Oxidative Gegradation of 2,4,6 - Trinitrotoluene by Ozone in an Electrohydraulic Discharge Reactor" Environ. Sci. Technol. 32(1998) : 3142-3148.
9. ปรีชา พุทธิปรีชาพงศ์ สารกำจัดศัตรูพืชในประเทศไทย พิมพ์ครั้งที่3 หน้า 168-169 ฝ่ายสารวัตรเกษตร กองควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ, 2537.
10. สุภาณี พิมพ์สมาน สารฆ่าแมลง หน้า 7,33 คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, กรุงเทพฯ, 2537.

บรรณานุกรม(ต่อ)

11. สมสมัย ปาลกุล ศิริพันธ์ สุขมาก และบัณฑิต ดำรักษ์ "การศึกษาสารพิษตกค้างของวัตถุมีพิษในผักและผลไม้" การประชุมวิชาการกองวัตถุมีพิษทางการเกษตร ครั้งที่ 1 23-25 สิงหาคม 2538 กองวัตถุมีพิษการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ หน้า 99-102.
12. สมชัย ภัทรธนานันท์ 12สารเคมีอันตรายต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม พิมพ์ครั้งที่ 2 หน้า 37 พิมพ์ ดี, กรุงเทพฯ, 2539.
13. อำนวย ตันตวินิช "โอโซน" วารสารวิทยาศาสตร์ ปีที่ 33 ฉบับที่ 5 พ.ศ. 2522 : 39-41.
14. พิสิฐรัฐ ลินทราวัย "เรื่องของโอโซน" วารสารข่าว พปส ปีที่ 6 ฉบับที่ 2 มี.ค. 2534 : 5-7.
15. วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ ฉบับที่ 125 ม.ค. 2534 หน้า 34.
16. Chiraphorn Kornsitthikul , "Alternative Treatment of Petrol Station Wastewater." Master's Thesis Asian Institute of Technology Thesis, 1998.
17. Bruno Langlais, David A. Reckhow, Deborah R. Brink. in Ozone in Water Treatment 2nd Edition pp.15 Lewis Publishers, 1991.
18. Evans , Francis L Ozone in water and wastewater treatment ann Arbor,Mich.,Ann Arbor Science Publishers, 1972 pp 102-104.
19. Patricia Cunniff in Official Methods of Analysis of AOAC International 16 th Edition pp. 89, vol 1, Gaitherburg, MD, 1995.