สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การลดปริมาณสารคาร์โบฟูรานในถั่วฝักยาวด้วย O_3 / UV

T040050

นางสาวพรหมพร สกุลธนะ
นางสาวยุวดี วงศ์เบี้ยสัจจ์

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2543

เลขหมู่ 2543
เลขทะเบียน 40050
วัน, เดือน, ปี 24 ต.ค. 2544

.b.....
.i.....

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Reduction of Carbofuran on Yard - Long Bean by O_3 / UV

Ms. Promporn Sakulthana

Ms. Yuwadee Wongbiasajj

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

2000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ การลดปริมาณสารคาร์โบฟูรานในถั่วฝักยาวด้วย O_3 / UV

โดย นางสาวพรหมพร สกุลธนะ

นางสาวยุวดี วงศ์เบี้ยสัจจ์

ภาควิชา เคมี

อาจารย์ที่ปรึกษา ดร. ชมพูนุท ไชยรักษ์

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อนุมัติให้นับโครงงานพิเศษฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต

_____ หัวหน้าภาควิชาเคมี

(ผศ. ดร.สมศักดิ์ วรมงคลชัย)

คณะกรรมการโครงงานพิเศษ

_____ ประธานกรรมการ

(ผศ. ดร.สุวรรณ ไชยสิทธิ์)

_____ กรรมการ

(ผศ. คณิตา ตังคณานุรักษ์)

_____ กรรมการ

(ดร.ชมพูนุท ไชยรักษ์)

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพีระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ การลดปริมาณสารคาร์โบฟูรานในถั่วฝักยาวด้วย O_3 / UV

นักศึกษา นางสาวพรหมพร สกุลธนะ
นางสาวยุวดี วงศ์เบี้ยสัจจ์

ภาควิชา เคมี

อาจารย์ที่ปรึกษา ดร. ชมพูนุท ไชยรักษ์

ระดับการศึกษา วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาเคมีทรัพยากรสิ่งแวดล้อม

ปีการศึกษา 2543

บทคัดย่อ

โครงงานพิเศษนี้ ศึกษาการลดปริมาณสารคาร์โบฟูรานในถั่วฝักยาวโดยการใช้ออกซิเจน โอโซน และโอโซนร่วมกับรังสียูวี ที่สภาวะเดียวกัน เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการบำบัดสารคาร์โบฟูรานในถั่วฝักยาว โดยแปรระยะเวลาในการบำบัดเป็น 1 และ 10 นาที ตามลำดับ เครื่องผลิตโอโซนที่ใช้ได้นำมาทดสอบประสิทธิภาพการผลิตโอโซน โดยวิธีการดูดซับด้วยสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ และวิเคราะห์ผลด้วยสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ พบว่าสามารถผลิตโอโซนได้ 49.32 มก./ชม. ทำการทดสอบวิธีการสกัดสารคาร์โบฟูรานจากถั่วฝักยาวโดยใช้อะซิโตนเป็นตัวสกัด พบว่าวิธีนี้สามารถสกัดสารคาร์โบฟูรานได้สูงถึง 100.85 % จากการทดลองการบำบัดสารคาร์โบฟูราน พบว่า การลดปริมาณสารคาร์โบฟูรานในถั่วฝักยาวโดยใช้โอโซน และโอโซนร่วมกับรังสียูวีมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกัน นั่นคือ ประสิทธิภาพในการบำบัดโดยใช้โอโซนที่เวลา 1 และ 10 นาที เท่ากับ 86.64 % และ 83.16 % ตามลำดับ ประสิทธิภาพการบำบัดโดยใช้โอโซนร่วมกับรังสียูวีที่เวลา 1 และ 10 นาที เท่ากับ 87.07% และ 83.89 % ตามลำดับ ส่วนการบำบัดโดยใช้ออกซิเจนนั้นจะมีประสิทธิภาพต่ำสุด คือ ประสิทธิภาพการบำบัดโดยใช้ออกซิเจนที่เวลา 1 และ 10 นาที เท่ากับ 28.42 % และ 38.42 % ตามลำดับ และยังพบว่าการบำบัดสารคาร์โบฟูรานในถั่วฝักยาวที่เวลา 1 และ 10 นาทีนั้นมีประสิทธิภาพที่ใกล้เคียงกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Project Tittle	REDUCTION OF CARBOFURAN ON YARD – LONG BEAN BY O_3 / UV
Name	MissPromporn Sakulthana
	MissYuwadee Wongbiasajj
Special Project Advisor	Dr.Chompoonut Chaiyaraksa
Department	Environmental Resource Chemistry
Acadamic Year	2000

ABSTRACT

In this study, the oxidation efficiency of carbofuran in Long-Yard bean by using O_2 , O_3 and O_3/UV were compared. Time of treatments were 1 and 10 minutes for all method. The efficiency of ozone generator, which was used in this study, were tested by KI absorption and spectrometric analysis. It's efficiency was found 49.32 mg/hr. The carbofuran extraction method by using acetone as an extractant was tested. The efficiency of the method was about 100.85 %. From the experiments, the treatment efficiency of O_3 and O_3/UV were found similar. The treatment efficiency of O_3 at 1 and 10 minutes were 86.64 % and 83.16 % , respectively . The treatment efficiency of O_3/UV at 1 and 10 minutes were 87.07 % and 83.89 % , respectively. The treatments efficiency of O_2 gave the least which for 1 and 10 minutes were 28.42 % and 38.42 % , respectively. For all method, the treatment oxidation efficiency at 1 and 10 minutes were similar.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษนี้สำเร็จได้ด้วยความช่วยเหลือจากบุคคลหลายฝ่าย ที่ผู้จัดทำโครงงานได้รับความอนุเคราะห์จึงใคร่ขอขอบพระคุณทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือ

ขอขอบพระคุณ ดร.ชมพูนุท ไชยรักษ์ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาและคำแนะนำตลอดจนให้ความช่วยเหลือต่างๆในการดำเนินงานโครงงานพิเศษนี้มาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.สุวรรณ ไชยสิทธิ์ ผศ. คณิตา ตังคณานุรักษ์ อาจารย์พัชนี เจริญยิ่ง อาจารย์กรองแก้ว ทิพยศักดิ์ และอาจารย์ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ ทุกท่านที่กรุณาให้คำแนะนำมาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่วิทยาศาสตร์และเจ้าหน้าที่ฝ่ายธุรการ ภาคเคมี คณะวิทยาศาสตร์ ที่ให้ความร่วมมือและอำนวยความสะดวกจนโครงงานพิเศษนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

นอกเหนือจากบุคคลที่ได้กล่าวมาแล้วยังมีบุคคลอีกหลายท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ และให้กำลังใจตลอดจนโครงงานพิเศษนี้สำเร็จ ทางผู้จัดทำโครงงานใคร่ขอขอบคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

พรหมพร สกุลธนะ
ยุวดี วงศ์เบี้ยสัจจ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูปภาพ	ซ
คำย่อและสัญลักษณ์	ฌ
บทที่ 1. บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงงาน	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตการศึกษา	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2. ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง	
2.1 การจำแนกประเภทของสารเคมีกำจัดแมลงศัตรูพืช ตามองค์ประกอบทางเคมี	
2.1.1 ประเภทอินทรีย์สาร	3
2.1.2 ประเภทอนินทรีย์สาร	3
2.2 สารฆ่าแมลงกลุ่มคาร์บาเมท	
2.2.1 คาร์โบฟูราน	7
2.2.2 ปริมาณการนำเข้า	8
2.3 การลดปริมาณสารพิษตกค้างในผักและผลไม้	9
2.4 การลดปริมาณสารคาร์โบฟูรานในน้ำ	10
2.5 การบำบัดสารฆ่าแมลงโดยวิธีออกซิเดชัน	12
2.6 โอโซน	
2.6.1 คุณสมบัติและปฏิกิริยาเคมีของโอโซน	13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.6.2 ผลของโอโซนต่อสิ่งมีชีวิต	15
2.6.3 การผลิตโอโซน	17
2.6.4 การประยุกต์ใช้โอโซน	18
2.7 รังสียูวี	
2.7.1 ประเภทของรังสียูวี	19
2.7.2 แหล่งกำเนิดรังสียูวี	20
2.7.3 คุณสมบัติของรังสียูวี	21
บทที่ 3. การดำเนินการวิจัย	
3.1 สารเคมีและเครื่องมือ	24
3.2 การทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องผลิตโอโซน	25
3.3 การทดสอบประสิทธิภาพการสกัดคาร์โบฟูรานจากถั่วฝักยาว	26
3.4 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการบำบัด สารคาร์โบฟูรานโดยใช้โอโซน	28
3.5 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการบำบัด สารคาร์โบฟูรานโดยใช้โอโซนร่วมกับรังสียูวี	29
บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์	
4.1 การทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องผลิตโอโซน	31
4.2 การทดสอบประสิทธิภาพการสกัดคาร์โบฟูรานจากถั่วฝักยาว	33
4.3 การทดสอบประสิทธิภาพการบำบัด สารคาร์โบฟูรานโดยใช้โอโซน	33
4.4 การทดสอบประสิทธิภาพการบำบัด สารคาร์โบฟูรานโดยใช้โอโซน	35
4.5 ปัญหาที่พบในการทดลอง	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย 38

5.2 ข้อเสนอแนะ 39

บรรณานุกรม

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก การเตรียมสารละลาย ญ

ภาคผนวก ข ข้อมูลผลการวิจัย ฎ

ภาคผนวก ค การทดสอบข้อมูลทางสถิติ ต

ภาคผนวก ง กราฟจากการวิเคราะห์ น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 2.1	แสดงค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์คาร์โบฟูรานที่ลดลง	11
ตารางที่ 4.1	ผลการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องผลิตโอโซน	31
ตารางที่ 4.2	แสดงประสิทธิภาพการสกัดสารคาร์โบฟูรานจากถั่วฝักยาว	33
ตาราง ข-1	ผลการทำกราฟมาตรฐาน	ฎ
ตาราง ข-2	ผลการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องผลิตโอโซน	ฎ
ตาราง ข-3	ปริมาณโอโซนที่ผลิตได้	ฐ
ตาราง ข-4	ประสิทธิภาพการสกัดสารคาร์โบฟูรานจากถั่วฝักยาว	ฑ
ตาราง ข-5	ปริมาณสารคาร์โบฟูรานในถั่วฝักยาวและน้ำที่บำบัดโดยใช้ออกซิเจน	ฑ
ตาราง ข-6	ประสิทธิภาพการบำบัดสารคาร์โบฟูรานโดยใช้ออกซิเจน	ฒ
ตาราง ข-7	ปริมาณสารคาร์โบฟูรานในถั่วฝักยาวและน้ำที่บำบัดโดยใช้โอโซน	ฒ
ตาราง ข-8	ประสิทธิภาพการบำบัดสารคาร์โบฟูรานโดยใช้โอโซน	ณ
ตาราง ข-9	ปริมาณสารคาร์โบฟูรานในถั่วฝักยาวและน้ำที่บำบัดโดยใช้โอโซนร่วมกับรังสียูวี	ณ
ตาราง ข-10	ประสิทธิภาพการบำบัดสารคาร์โบฟูรานโดยใช้โอโซนร่วมกับรังสียูวี	ด
ตาราง ค-1	การทดสอบสมมติฐานการบำบัดโดยใช้ออกซิเจน โอโซน และโอโซนร่วมกับรังสียูวี ที่เวลา 1 และ10นาที	ต
ตาราง ค-2	การทดสอบสมมติฐานการบำบัดโดยใช้ออกซิเจน โอโซน และโอโซนร่วมกับรังสียูวี ที่เวลา 1 นาที	ต
ตาราง ค-3	การทดสอบสมมติฐานการบำบัดโดยใช้ออกซิเจน โอโซน และโอโซนร่วมกับรังสียูวี ที่เวลา 10 นาที	ถ
ตาราง ค-4	ค่าวิกฤตของ t จากตารางการแจกแจงแบบ t	ธ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

		หน้า
รูปที่ 2.1	โครงสร้างพื้นฐานของเครื่องผลิตโอโซน	17
รูปที่ 2.2	แสดงผลที่ได้จากการแปรค่าอัตราการไหลของออกซิเจน	18
รูปที่ 3.1	เครื่องผลิตโอโซน	25
รูปที่ 3.2	การสกัดการคาร์โบฟูรานจากถั่วฝักยาว	27
รูปที่ 3.3	สารละลายที่ได้จากการสกัด	27
รูปที่ 3.4	การบำบัดสารคาร์โบฟูรานโดยใช้ออกซิเจน	28
รูปที่ 3.5	การบำบัดสารคาร์โบฟูรานโดยใช้โอโซน	29
รูปที่ 3.6	การบำบัดสารคาร์โบฟูรานโดยใช้โอโซนร่วมกับรังสียูวี	30
รูปที่ 4.1	กราฟแสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องผลิตโอโซน	32
รูปที่ 4.2	สารละลายที่ผ่านการดักโอโซน	32
รูปที่ 4.3	กราฟเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดสารคาร์โบฟูรานในถั่วฝักยาว ระหว่างการใช้โอโซนและออกซิเจน	34
รูปที่ 4.4	กราฟแสดงประสิทธิภาพการบำบัดสารคาร์โบฟูรานในถั่วฝักยาว โดยใช้โอโซนร่วมกับรังสียูวี	35
รูป ข-1	กราฟมาตรฐาน	ฎ
รูป ข-2	กราฟมาตรฐาน	ฐ
รูป ง-1	กราฟจากการวิเคราะห์สารคาร์โบฟูรานที่สกัดจากถั่วฝักยาว	น
รูป ง-2	กราฟจากการวิเคราะห์สารคาร์โบฟูรานที่สกัดจากน้ำ	บ
รูป ง-3	กราฟจากการวิเคราะห์สารมาตรฐานคาร์โบฟูราน	ป
รูป ง-4	กราฟจากการวิเคราะห์เมทานอล	ผ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญลักษณ์และคำย่อ

คำย่อ	ความหมาย
EOP	Electrochemical oxidation potential
H_2O_2	Hydrogenperoxide
HPLC	High Performance Liquid Chromatography
kg	Kilogram
L	Liter
LC_{50}	Abbreviation of median lethal dose
LD_{50}	Abbreviation of denothing median lethal concentration
mg	Milligram
O_2	Oxygen
O_3	Ozone
ppm	Part per million
TiO_2	Titaniumdioxide
UV	Ultraviolet
µl	micro liter
%	เปอร์เซ็นต์
^oC	องศาเซลเซียส
กก.	กิโลกรัม
ชม.	ชั่วโมง
มก.	มิลลิกรัม
มล.	มิลลิลิตร
ลบ. ซม.	ลูกบาศก์เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงงาน

คาร์โบฟูรานเป็นสารป้องกันและกำจัดแมลงศัตรูพืชที่เกษตรกรนิยมใช้มากชนิดหนึ่ง (ปรีชา,2537) โดยเฉพาะในการปลูกถั่วฝักยาว สารชนิดนี้อยู่ในกลุ่มคาร์บาเมท มีคุณสมบัติกำจัดแมลงโดยออกฤทธิ์ดูดซึม มีความเป็นพิษสูง ค่า LD_{50} (หนู) ทางปาก 8 มก./ กก. และทางผิวหนัง > 3000 มก./ กก. (Sine,1999) จัดเป็นสารพิษชนิดร้ายแรง ในการปลูกถั่วฝักยาวเพื่อการค้านั้นเกษตรกรมีความจำเป็นต้องใช้สารป้องกันและกำจัดศัตรูพืช เพื่อรักษาผลผลิตและคุณภาพของถั่วฝักยาว สารคาร์โบฟูรานมีประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงสูงโดยเฉพาะหนอนแมลงเจาะต้นถั่วซึ่งจัดเป็นศัตรูพืชที่สำคัญต่อการปลูกถั่วฝักยาว (ที.เจ.ซี. เคมีจำกัด,2543) ดังนั้นปัญหาสารพิษตกค้างย่อมเกิดขึ้นได้หากเกษตรกรละเลยต่อการทิ้งระยะเวลาการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม

ทางกองวัตถุมีพิษ กรมวิชาการเกษตร ได้พยายามค้นหาวิธีลดสารพิษตกค้างในผลผลิตทางการเกษตรอย่างต่อเนื่องนับตั้งแต่ปี 2523 (สมนึก,2539) พบว่าการลดปริมาณสารพิษตกค้างในพืชผักสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การล้างด้วยน้ำสะอาด การล้างด้วยน้ำเกลือ การล้างด้วยน้ำผสมสารเคมีต่างๆ (กิ่งแก้ว,2528) มีงานวิจัยที่ศึกษาถึงการลดปริมาณการตกค้างของอะทราซีนในน้ำด้วยโอโซนเพียงอย่างเดียว รังสียูวีเพียงอย่างเดียว โอโซนร่วมกับรังสียูวีและรังสียูวีร่วมกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ พบว่า การใช้โอโซนร่วมกับรังสียูวี มีประสิทธิภาพในการลดอะทราซีนที่ตกค้างในน้ำได้ดีที่สุด (Beltran , 1994) ดังนั้นการใช้โอโซนร่วมกับรังสียูวีจึงเป็นทางเลือกที่น่าสนใจในการนำมาใช้ลดปริมาณสารพิษตกค้างในพืชผัก เนื่องจากเป็นเทคโนโลยีที่ทันสมัย ไม่ยุ่งยาก ค่าใช้จ่ายไม่สูงมากนักและมีประสิทธิภาพสูงในการบำบัดสารพิษ นอกจากนี้ ยังสามารถฆ่าเชื้อโรคที่ปนเปื้อนมากับพืชผักและช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลผลิตได้ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อทดสอบประสิทธิภาพการผลิตโอโซนของเครื่องผลิตโอโซน
2. เพื่อทดสอบประสิทธิภาพการสกัดสารคาร์โบฟูรานจากถั่วฝักยาว
3. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดสารคาร์โบฟูรานในถั่วฝักยาวด้วยการใช้โอโซนเพียงอย่างเดียว
4. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดสารคาร์โบฟูรานในถั่วฝักยาวด้วยการใช้โอโซนร่วมกับรังสียูวี
5. เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดสารคาร์โบฟูรานในถั่วฝักยาวด้วยการใช้โอโซนเพียงอย่างเดียวกับการใช้โอโซนร่วมกับรังสียูวี

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. ทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องผลิตโอโซน โดยใช้ Spectrophotometric method (APHA , 1995) เมื่ออัตราการผลิตโอโซนคงที่ที่เวลา 5 10 15 และ 20 นาที
2. ทดสอบประสิทธิภาพการสกัดสารคาร์โบฟูรานในถั่วฝักยาวโดยใช้อะซิโตนเป็นตัวสกัด
3. บำบัดสารคาร์โบฟูรานด้วยวิธีการใช้โอโซนเพียงอย่างเดียว โดยแปรระยะเวลาในการบำบัดเป็น 1 และ 10 นาที
4. บำบัดสารคาร์โบฟูรานด้วยวิธีการใช้โอโซนร่วมกับรังสียูวี โดยแปรระยะเวลาในการบำบัดเป็น 1 และ 10 นาที
5. เปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดสารคาร์โบฟูรานในถั่วฝักยาวด้วยการใช้โอโซนและการใช้โอโซนร่วมกับรังสียูวี

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อทราบถึงประสิทธิภาพในการผลิตโอโซนของเครื่องผลิตโอโซน
2. เพื่อทราบถึงประสิทธิภาพของการใช้โอโซนเพียงอย่างเดียว และการใช้โอโซนร่วมกับรังสียูวีในการบำบัดสารคาร์โบฟูราน
3. เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาวิจัยการลดปริมาณสารพิษตกค้างในถั่วฝักยาว
4. เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาวิจัยและประยุกต์ใช้ในการบำบัดสารพิษชนิดอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 การจำแนกประเภทของสารเคมีกำจัดแมลงศัตรูพืชตามองค์ประกอบทางเคมี

สารเคมีกำจัดแมลงศัตรูพืชมีองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกัน การแบ่งชนิดของสารเคมีกำจัดแมลงศัตรูพืชด้วยวิธีนี้ จะครอบคลุมสารกำจัดแมลงได้ค่อนข้างมาก และไม่ซ้ำซ้อน ซึ่งแบ่งได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ ดังนี้

2.1.1 ประเภทอนินทรีย์สาร (Inorganic Insecticides)

เป็นสารกำจัดแมลงศัตรูพืชประเภทที่มีธาตุโลหะเป็นองค์ประกอบ และไม่มีคาร์บอนผสม สารเหล่านี้มีความคงทนมาก ไม่ระเหย และมักละลายน้ำได้ดี บางชนิดมีพิษสะสมต่อสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม เช่น สารประกอบของปรอท สารหนู โซเดียมฟลูโอไรด์ ไครโอไลด์ บอแรกซ์ และผงกำมะถัน เป็นต้น

สารฆ่าแมลงประเภทอนินทรีย์สารเป็นสารประเภทกินตาย มีอันตรายน้อยต่อแมลงต้องใช้ในปริมาณมากสำหรับการป้องกันและกำจัดแมลงศัตรูพืช อาจทำให้ใบพืชไหม้ (phytotoxic) ได้ สารในกลุ่มนี้ที่โดดเด่นมีอยู่ 2 ชนิด ได้แก่ สารหนู และฟลูโอรีน

2.1.2 ประเภทอินทรีย์สาร (Organic Insecticides)

เป็นสารเคมีกำจัดศัตรูพืชกลุ่มใหญ่ สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. สารอินทรีย์ที่ได้จากพืช

สารเคมีกำจัดศัตรูพืชประเภทนี้มีหลายชนิด ปัจจุบันมีการค้นพบว่าพืชหลายชนิดมีคุณสมบัติฆ่าแมลงได้ แต่การที่จะนำมาใช้เป็นสารฆ่าแมลงได้ดีนั้นมีจำนวนน้อยเนื่องจากสารฆ่าแมลงจากพืชมีข้อบกพร่องหลายประการ เช่น สลายตัวไวหลังจากการสกัดออกมา มีวิธีการที่ค่อนข้างยุ่งยาก ต้องใช้พืชในปริมาณมากทำให้มีราคาแพง พืชบางชนิดมีพิษต่อคนและสัตว์เลือดอุ่น ฉะนั้นในทางปฏิบัติจึงมีการนำสารฆ่าแมลงจากพืชมาใช้กันน้อยมาก สารฆ่าแมลงจากพืชที่มีการนำมาใช้ประโยชน์ในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืช ได้แก่ ไพรีทรอยด์ นิโคตินอยด์ โรตินอยด์ และสารสกัดจากสะเดา เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. สารอินทรีย์สังเคราะห์ สามารถจำแนกออกได้ดังนี้

ก. สารประกอบอินทรีย์คลอรีน (Organochlorine compounds) ประกอบด้วย คาร์บอน คลอรีน ไฮโดรเจน และบางชนิดจะมีออกซิเจนรวมอยู่ด้วย มักเรียกว่า chlorinated insecticide สารกลุ่มนี้นำมาใช้ประโยชน์ในทางการเกษตรน้อยลง เนื่องจากสามารถคงทนอยู่ในสิ่งแวดล้อมได้นาน สามารถจำแนกตามการเรียงตัวของคาร์บอนในโมเลกุลออกได้เป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มไดฟีนิลอะลิฟาติค (diphenyl aliphatic) กลุ่มเบนซินเฮกซาคลอไรด์ (benzene hexachloride ; BHC) และกลุ่มสารประกอบไซโคลไดอีน (cyclodiene compounds)

ข. สารประกอบอินทรีย์ฟอสฟอรัส (Organophosphorus compounds) สารกลุ่มนี้มีพิษเฉียบพลันต่อสัตว์มีกระดูกสันหลัง สามารถยับยั้งโคลีนเอสเตอเรสซึ่งเป็นเอนไซม์ที่จำเป็นสำหรับการทำงานของระบบประสาทในคนและสัตว์ สารตกค้างที่เหลืออยู่บนพืชจะมีฤทธิ์อยู่ได้ในระยะเวลาสั้น ซึ่งนับเป็นผลดี และเหมาะที่จะฉีดพ่นบนพืชผักที่มีอายุสั้น ข้อเสียคือต้องทำการฉีดพ่นหลายครั้ง สารฟอสเฟตเป็นเอสเตอร์ (ester) ของกรดฟอสฟอริก สามารถ แบ่งออกได้ 3 กลุ่ม คือ กลุ่มอะลิฟาติคออกาโนฟอสเฟต (aliphatic organophosphate) กลุ่มฟีนิลออกาโนฟอสเฟต (phenylorganophosphate) และกลุ่มเฮทเทอโรไซคลิกออกาโนฟอสเฟต (heterocyclic organophosphate)

ค. สารกำจัดแมลงออกาโนซัลเฟอร์ (organosulphur) สารกลุ่มนี้จะมีองค์ประกอบของกำมะถันและวงฟีนิล (phenyl) 2 วง เป็นสารที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดไร แต่มีพิษน้อยต่อแมลง ได้แก่ เตตราไดฟอน (tetradifon)

ง. สารกำจัดแมลงคาร์บาเมท (carbamates) สารกลุ่มนี้เป็นสารประกอบเอสเตอร์ของกรดคาร์บามิค (carbamic acid) มีพิษคล้ายสารในกลุ่มออกาโนฟอสเฟตในด้านการยับยั้งเอนไซม์โคลีนเอสเทอเรส แต่มีฤทธิ์ตกค้างสั้นกว่า ใช้ป้องกันศัตรูพืชได้อย่างกว้างขวาง คือกำจัดได้ทั้งแมลง ไส้เดือน ไร และหอยทาก ตัวอย่างสารในกลุ่มนี้เช่น คาร์บาริล เป็นต้น

จ. สารกลุ่มฟอร์มามิดีน (formamidines) สารกลุ่มนี้มีประสิทธิภาพในการกำจัดไข่ตัวอ่อนของแมลง นอกจากนี้ยังสามารถกำจัดไรและหมัดได้เกือบทุกช่วงวงจรชีวิต สามารถใช้แทนกลุ่มออกาโนฟอสเฟต และคาร์บาเมท เมื่อแมลงต้านทานต่อสาร 2 กลุ่มนี้แล้ว ตัวอย่างสารในกลุ่มนี้ เช่น อะมิทราซ (amitraz)

ฉ. สารกลุ่มไพรีทรอยด์ (pyrethroids) สารกลุ่มนี้สังเคราะห์ขึ้นโดยเลียนแบบสูตรโครงสร้างของไพรีทรินซึ่งสกัดจากดอกไพรีทรัม สารไพรีทรินและสารไพรีทรอยด์มีพิษน้อยต่อสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม แต่มีพิษมากต่อผึ้งและปลา และสารพิษที่ตกค้างบนพืชผลทางการเกษตรไม่ก่อให้เกิดปัญหาใดๆ ตัวอย่างสารในกลุ่มนี้ เช่น เดลต้าเมทริน (deltamethrin)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

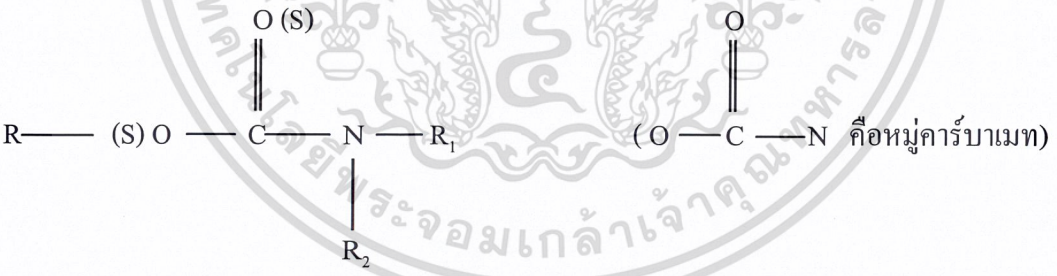
ช. กลุ่มสารรม (fumigants) เป็นสารเดี่ยวๆ หรือสารผสม อยู่ในรูปของเหลว ของแข็ง หรือก๊าซ เมื่ออยู่ในบรรยากาศจะระเหยให้ก๊าซหรือควันเพื่อฆ่าแมลง ไส้เดือน หรือสัตว์ฟันแทะ สารที่เป็นก๊าซมักมีโมเลกุลเล็กและมีคลอรีน โบรมีน หรือฟลูโอรีน เป็นองค์ประกอบ และมีพิษมากน้อยแตกต่างกันไป ตัวอย่างสารในกลุ่มนี้เช่น เมททิลโบรไมด์ (methyl bromide) เป็นต้น

ซ. สารจำพวกน้ำมัน (petroleum oil) จะใช้ในการกำจัดแมลงและไร โดยไม่เป็นอันตรายต่อพืช

ฌ. สารกลุ่มปฏิชีวนะ (antibiotics) เป็นสารเคมีที่ผลิตขึ้นโดยจุลินทรีย์ มีฤทธิ์ในการกำจัดแบคทีเรียและรา ตัวอย่างเช่น อะบาเม็กทิน (abamectin) เป็นต้น (สมนึก,2539)

2.2 สารฆ่าแมลงกลุ่มคาร์บาเมท (Carbamates)

สารกลุ่มนี้เป็นสารอินทรีย์สังเคราะห์กลุ่มใหญ่กลุ่มหนึ่ง และใช้กันอย่างแพร่หลายมาก สามารถเป็นทั้งสารฆ่าหญ้า สารฆ่าแมลง และเชื้อราได้ สูตรเคมีโดยทั่วไป คือ



ในกรณีที่เป็นสารฆ่าแมลงนั้นจะไม่มีอะตอมของกำมะถันเลย และกำมะถันจะไปแทนที่ออกซิเจนในกรณีที่เป็นยาฆ่าหญ้าและเชื้อรา

ในสารฆ่าแมลงหมู่ R จะมีขนาดใหญ่กว่าหมู่ R_1 และ R_2 แต่ในสารฆ่าหญ้าและสารฆ่าเชื้อราหมู่ R_1 และ R_2 ค่อนข้างจะมีขนาดใหญ่ใกล้เคียงกัน หรือใหญ่กว่าหมู่ R จึงมีฤทธิ์ตรงกันข้าม สารฆ่าแมลงกลุ่มนี้เป็นสารสังเคราะห์ที่ค่อนข้างใหม่ มีฤทธิ์ในการกำจัด และสามารถกำจัดแมลงได้กว้างขวาง เนื่องจากมีพิษต่อคนและสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมน้อยกว่าสารฆ่าแมลงประเภทอื่นๆ เพราะว่ามันสลายตัวได้รวดเร็วจึงทำให้มีพิษตกค้างในธรรมชาติน้อย สารฆ่าแมลงในกลุ่มคาร์บาเมทที่นิยมใช้ในปัจจุบัน ได้แก่ เซวิน (Sevin) หรือคาร์บาริล (Carbaryl) ไบกอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Baygon) ฟูราดาน(Furadan) และแลนเนท(Lannate) สารกลุ่มนี้ทุกชนิดจะมีหมู่คาร์บาเมทอยู่ด้วยเสมอ และหมู่ R มักจะเป็นอนุพันธุ์ของเบนซิน แนพธาลีน หรือสารอะโรมาติคอื่นๆ

สารคาร์บาเมทแต่ละชนิดมีพิษแตกต่างกันขึ้นอยู่กับหมู่ R ความเป็นพิษขึ้นอยู่กับสถานะของสาร การละลาย การถูกดูดซึมเข้าไปสู่ร่างกาย สารที่ระเหยได้ง่ายย่อมมีพิษรุนแรงกว่า นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับกลไกการกำจัดพิษของร่างกายอีกด้วย สำหรับผู้ป่วยที่ได้รับสารพิษนี้จะมีอาการกระตุกและหดตัวของกล้ามเนื้ออย่างมากจนเป็นตะคริว อาการอื่นๆ ได้แก่ ปวดศีรษะ คลื่นไส้อาเจียน สายตาพร่า ม่านตาหดเล็กลง เหงื่อออกมาก เจ็บหน้าอกและท้อง มีอาการเกร็ง น้ำลายฟูมปาก ถ้าหากได้รับในปริมาณมากๆ ก็อาจทำให้คนและสัตว์เสียชีวิตได้ (ไมตรี,2531)

ความเป็นพิษของสารฆ่าแมลงกลุ่มคาร์บาเมทนั้น จะเหมือนกันกับกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต (กลุ่มฆ่าเชื้อรา) คือ จะยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โคลีนเอสเทอเรส (Cholinesterase ; ChE) ตรงบริเวณ Esteratic site ของเอนไซม์โมเลกุล ทำให้มีการสะสมของอะเซติลโคลีนที่รอยต่อประสานระหว่างเซลล์ประสาท กระบวนการดังกล่าว เรียกว่า Carbarylation และปฏิกิริยาจะแตกต่างไปจากคุณสมบัติของสารออร์กาโนฟอสเฟต ดังนี้

- สลายตัวได้ง่าย (low stability)
- สารคาร์บาเมทไม่ทำให้เอนไซม์โคลีนเอสเทอเรส เกิดภาวะเสื่อมสภาพ (aging) ฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์จึงเป็นแบบย้อนกลับได้ (reversible effect) และอาการทางคลีนิคที่ปรากฏจะไม่ค่อยรุนแรงนัก
- สารคาร์บาเมทถูกดูดซึมเข้าสู่ประสาทส่วนกลางได้น้อยทำให้อาการทางสมองที่พบไม่ค่อยรุนแรง
- ปริมาณของสารคาร์บาเมทที่เป็นอันตรายต่อร่างกายมีพิสัยกว้างมาก ดังนั้นโอกาสของการเกิดอาการรุนแรงจึงมีน้อย
- การตรวจวัดระดับเอนไซม์โคลีนเอสเทอเรสกระทำได้ยากมากขึ้นอยู่กับชนิด และเวลาที่ใช้สารคาร์บาเมท ทั้งนี้เนื่องจากเอ็นไซม์จะกลับคืนสู่ภาวะปกติได้เร็วมาก

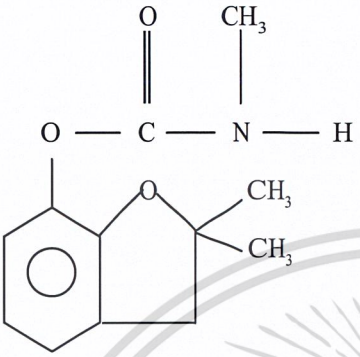
<u>การรักษา</u>

การแก้พิษของสารฆ่าแมลงชนิดคาร์บาเมทนั้น จะใช้หลักการเดียวกันกับสารฆ่าแมลงชนิดออร์กาโนฟอตเฟต คือ การทำให้เอนไซม์โคลีนเอสเทอเรส (ChE) มีฤทธิ์กลับคืนอย่างเดิมอีก โดยใช้สารเคมีที่มีสมบัติเข้าไปแย่งสารฆ่าแมลงดังกล่าว สารเคมีจะไปจับกับเอนไซม์ชั่วคราวและถูกนำมาใช้เป็นการรักษาพิษได้ดี ยาแก้พิษที่ใช้กันมากที่สุด คือ 2 – pyridine aldoxime (PAM) (รพีพัฒน์,2540)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1 คาร์โบฟูราน (Carbofuran)

สูตรโครงสร้าง



ชื่อทางเคมี	2, 3-dihydro-2, 2-dimethylbenzofuran-7-yl-methylcarbamate (IUPAC); 2,3-dihydro-2, 2-dimethyl-7-benzofuranyl methylcarbamate (CA;1563-66-2)
ชื่อสามัญ	carbofuran (BSI, ISO, ANSI, ESA)
สูตรเอ็มไพริกัล	$C_{12}H_{15}NO_3$
น้ำหนักโมเลกุล	221.25 กรัม
ชื่อทางการค้า	Buraon (Sree Ramcide Chemical Pvt. Ltd.), Carbochem (Agrochemical Industries Co. Ltd.), Curaterr (Bayers), Damira (Ladda Co. Ltd.), Diafuran (Calliope S.A.), Dhaal (Searle (India) Ltd.), Furacarb (Aimco Pesticide), Furadan (Rallis India Ltd.), Vitafuran (Asiatic Agricutural Industries Pte. Ltd.), Yaltox (Bayer)
คุณสมบัติทางกายภาพ	ผลึกแข็งสีขาว (White crystalline solid) ไม่มีกลิ่น
จุดหลอมละลาย	153-154°C (pure), 150-152°C (Technical)
การละลาย	ที่ 25°C ละลายในน้ำ 0.7 g/kg ใน Acetone 150 g/kg ใน Acetonitrile 140 g/kg ใน Cyclohexanone 90 g/kg ใน Dimethylformamide 270 g/kg ใน Dimethylsulfoxide 250 g/kg ใน Benzene 40 g/kg
การคงสภาพ	ในสารละลายที่เป็นกรดหรือกลาง แต่ไม่คงสภาพในสารละลายที่เป็นด่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดของผลิตภัณฑ์	ชนิดเม็ด (Granules) ชนิดผง (Wettable powder) ชนิดแขวนลอย (suspension concentrates)
การออกฤทธิ์	เป็นสารกำจัดแมลงและไส้เดือนฝอย คาร์บาเมทประเภทดูดซึมออกฤทธิ์ในทางสัมผัส และกินตาย เป็น cholinesterase inhibitor
ความเป็นพิษ	มีพิษเฉียบพลัน (acute oral) LD_{50} ต่อหนู ทางปาก 8 มก. / กก. และทางผิวหนัง > 3000 มก. / กก. ค่า LC_{50} ในปลา 0.24 มก. / กก. (96 ชม.) ในนก 458 มก. / กก.
แมลงที่กำจัดได้	เพลี้ยจักจั่น เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล เพลี้ยกระโดดหลังขาว เพลี้ยอ่อน เพลี้ยไฟ หนอนม้วนใบข้าว หนอนกระทู้ควายพระอินทร์ หนอนกอลาย หนอนเจาะสมอ หนอนกอสีชมพู หนอนกอสีครี ด้วงดีดและไส้เดือนฝอย
พืชที่ใช้	ข้าว ฝ้าย ยาสูบ ถั่วลิสง มันฝรั่ง ข้าวโพด ข้าวฟ่าง อ้อย ส้ม ถั่วเหลือง กล้วย กาแฟ ฟักทอง แตง องุ่น ผักต่างๆ (Sine,1999)
วิธีการใช้	โดยการหว่านหรือโรยในร่องปลูก
อาการเกิดพิษ	ผู้ที่ได้รับพิษจะมีอาการวิงเวียนและปวดศีรษะ อ่อนเพลีย น้ำลายไหลเหงื่อออกมาก ปวดที่ช่องท้อง ท้องร่วง อาเจียน และหายใจขัดๆ
การแก้พิษ	ถ้าเกิดพิษที่ผิวหนังให้ล้างด้วยน้ำสบู่มากๆ ถ้าเข้าตาให้ล้างด้วยน้ำสะอาด ถ้ากลืนกินเข้าไปต้องทำให้อาเจียนโดยเร็ว ด้วยการล้วงคอหรือดื่มน้ำเกลือแล้วให้ผู้ป่วยกินยาอะโทรปินซัลเฟทขนาด 1 / 1000 เกรน 2 เม็ด นำผู้ป่วยส่งแพทย์ต่อไป สำหรับแพทย์ในรายที่มีอาการหนักให้ใช้อะโทรปินซัลเฟทขนาด 2 - 4 มก. ฉีดเข้าเส้นเลือด หลังจากนั้นให้ฉีดซ้ำ ทุกๆ 10-15 นาที จนผู้ป่วยอาการดีขึ้นแล้วรักษาตามอาการต่อไป (จิราพร,2538)

2.2.2 ปริมาณการนำเข้า

ในปี 2536 สารกำจัดแมลงกลุ่มคาร์บาเมท มีการนำสั่งเข้าในปริมาณรองลงจากสารกำจัดแมลงกลุ่มออกาโนฟอสเฟต คือมีปริมาณทั้งสิ้น 1,385 ตัน สารกำจัดแมลงในกลุ่มนี้มีการนำเข้าทั้งหมด 14 ชนิด สารที่นำเข้ามาในปริมาณมากได้แก่ เมทโธมิล คาร์บาริล คาร์โบฟูรานและ BPMC ตามลำดับ ส่วนชนิดอื่น ๆ มีปริมาณรองลงไป สารกำจัดแมลงคาร์โบฟูรานมีปริมาณการนำเข้า 185,920 กิโลกรัม จัดเป็นอันดับที่ 3 ในสารกำจัดแมลงกลุ่มคาร์บาเมท (สมนึก,2539)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การลดปริมาณสารพิษตกค้างในผักและผลไม้

ปัญหาเรื่องการตกค้างของสารพิษที่ใช้ในการเกษตร นับเป็นปัญหาที่สำคัญมากในปัจจุบัน ทางรัฐบาลโดยกองวัตถุมีพิษ กรมวิชาการเกษตรได้ตระหนักและค้นหาวิธีลดปริมาณสารพิษตกค้างในผลผลิตทางการเกษตรอย่างต่อเนื่องนับตั้งแต่ปี พ.ศ. 2523 สาเหตุสำคัญที่ก่อให้เกิดปัญหานี้เนื่องจาก การใช้สารฆ่าแมลงในอัตราที่เกินคำแนะนำของเกษตรกร และการเก็บเกี่ยวผลผลิตออกจำหน่ายก่อนระยะเวลาอันควร ซึ่งผู้ที่ได้รับผลกระทบนี้โดยตรงก็คือผู้บริโภคซึ่งไม่มีโอกาสได้รับรู้ถึงพฤติกรรมดังกล่าว เพื่อเป็นการลดความเสี่ยงของผู้บริโภคจากการบริโภคผักและผลไม้ที่มีสารพิษตกค้างเข้าสู่ร่างกาย จึงได้มีการนำผักและผลไม้มาผ่านขั้นตอนการทำความสะอาดโดยการล้างด้วยน้ำสะอาด และน้ำผสมสารต่างๆ เช่น ด่างทับทิม น้ำส้มสายชู น้ำซาวข้าว น้ำขี้เถ้าเกลือป่น ผงฟู น้ำยาซันไลต์ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ น้ำปูน น้ำมะนาว และเหล้าโรง เป็นต้น ซึ่งสารแต่ละชนิดมีความสามารถในการลดปริมาณสารพิษแต่ละชนิดต่างกันไป นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับชนิดและคุณสมบัติของสารฆ่าแมลงด้วย เช่น การล้างเอนโดซัลเฟนในผักคะน้าด้วยวิธีการแช่น้ำ 4 ลิตร 2 นาที แล้วล้างออกด้วยน้ำอีก 4 ลิตร 2 นาที สามารถลดปริมาณสารพิษตกค้างได้ถึงร้อยละ 51.2 สำหรับสารกลุ่มไพรีทรอยด์นั้น การล้างด้วยวิธีการแช่น้ำและการล้างด้วยน้ำซาวข้าวเป็นวิธีที่ดีที่สุด สามารถลดปริมาณสารฆ่าแมลงโมโนโครโตฟอสที่ตกค้างในถั่วฝักยาวได้ร้อยละ 54.9 และการลดปริมาณสารฆ่าแมลงโมโนโครโตฟอสที่ตกค้างในถั่วฝักยาวด้วยวิธีการต้มในน้ำเดือดนาน 1 นาที สามารถลดปริมาณการตกค้างได้ถึงร้อยละ 84.8 ซึ่งนับเป็นวิธีที่ดีที่สุด ส่วนการลดปริมาณสารฆ่าแมลงในผลไม้ด้วยวิธีการล้างผ่านน้ำไหลและการปอกเปลือก สามารถลดสารฆ่าแมลงเมทธิลพาราไธออนในชมพู่ได้ถึงร้อยละ 52.9 และ 72.1 ตามลำดับ นอกจากกระบวนการล้างด้วยน้ำสะอาดและสารต่างๆแล้ว กรรมวิธีการปรุงอาหารก็เป็นอีกขั้นตอนหนึ่งที่จะช่วยลดปริมาณสารฆ่าแมลงที่ตกค้างในผักได้มากขึ้น โดยวิธีปรุงอาหารที่ใช้มี 4 วิธีด้วยกัน ได้แก่ การลวก การนึ่ง การต้ม และการผัด ซึ่งจากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ประสิทธิภาพในการลดสารฆ่าแมลงโดยผ่านกรรมวิธีการปรุงอาหารทั้ง 4 วิธีนั้นไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ กล่าวคือ เอ็นโดซัลเฟน สามารถลดปริมาณได้เฉลี่ยร้อยละ 53 ส่วนพาราไธออน ลดได้เฉลี่ยร้อยละ 57 และเด็คคาเมธริน ลดได้เฉลี่ยร้อยละ 47 (บัณฑิต,2539)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 การลดปริมาณสารคาร์โบฟูรานในน้ำ

จากการสำรวจแหล่งน้ำที่เกิดโรคระบาดปลาอย่างรุนแรงในปี 2526 ได้พบวัตถุมีพิษหลายชนิดในตัวอย่างน้ำนั้นๆ วัตถุมีพิษที่พบมากชนิดหนึ่ง คือ คาร์โบฟูราน (carbofuran) ซึ่งพบได้ประมาณ 50% ของตัวอย่าง วิธีการลดปริมาณสารคาร์โบฟูรานในน้ำทำได้โดยการใช้สารดูดซับหลายๆ ชนิดบรรจุลงในคอลัมน์ แล้วผ่านสารคาร์โบฟูรานที่ละลายน้ำโดยมีความเข้มข้นต่างๆกัน ลงไปในคอลัมน์แล้ววิเคราะห์ว่าสารใดจะสามารถดูดซับสารคาร์โบฟูรานได้มากที่สุด สารที่ใช้สำหรับดูดซับ ได้แก่ ทราย ขี้เถ้าแกลบ แอนทราไซด์ และถ่าน บรรจุลงในคอลัมน์โดยบรรจุที่ความสูง 2 ระดับคือ 4 นิ้ว และ 8 นิ้ว ใช้สารคาร์โบฟูรานในความเข้มข้นต่างๆ กันดังนี้ 0.01 0.1 และ 1.0 ppm

ผลการทดลองสรุปได้ คือ ขี้เถ้าแกลบจะสามารถลดปริมาณสารคาร์โบฟูรานได้ดีที่สุด แอนทราไซด์นั้นลดได้น้อยที่สุด ส่วนทรายและถ่านจะลดได้พอๆ กัน สำหรับปริมาณของสารดูดซับนั้นถ้าใช้ในปริมาณมาก คือ ใช้สารดูดซับสูง 8 นิ้ว จะสามารถดูดซับสารคาร์โบฟูรานได้มากกว่าการใช้สารดูดซับสูงเพียง 4 นิ้ว และปริมาณความเข้มข้นของสารคาร์โบฟูรานในอัตราสูง คือ 1.0 ppm จะลดได้น้อยกว่าความเข้มข้นในอัตราที่ต่ำกว่า เช่น บรรจุขี้เถ้าแกลบสูง 8 นิ้ว และความเข้มข้นของสารคาร์โบฟูรานที่ใช้เป็น 0.01 0.1 และ 1.0 ppm จะลดปริมาณได้ตามลำดับ ดังนี้ 98.33% 95.08% และ 92.29% ตามลำดับ ซึ่งค่าเฉลี่ย % ของคาร์โบฟูรานที่ลดลงจะแสดงได้ดังตาราง 2.1 (จิราพร,2538)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 แสดงค่าเฉลี่ยของเปอร์เซนต์คาร์โบฟูรานที่ลดลง

Combination	Materials				ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซนต์คาร์โบฟูรานที่ลดลงในแต่ละ Combination
	ทราย	ขี้เถ้าแกลบ	แอนทราไซด์	ถ่าน	
0.01x4"	19.27	93.63	37.80	38.70	47.35
0.1x4"	55.00	95.30	43.30	35.30	57.23
1.0x4"	46.87	64.25	28.47	49.64	47.31
0.01x8"	40.05	98.33	33.82	41.98	53.55
0.1x8"	44.06	95.08	32.22	35.65	51.75
1.0x8"	32.55	92.29	28.53	35.00	47.09
ค่าเฉลี่ยเปอร์เซนต์คาร์โบฟูรานที่ลดลงในแต่ละ Materials	39.63	89.81	34.02	39.38	
การทดสอบทางสถิติ				ระดับนัยสำคัญ 0.05	ระดับนัยสำคัญ 0.01
1. เปรียบเทียบ	Main Plot mean			3.61%	5.47%
2. เปรียบเทียบ	Sub Plot mean			2.81%	3.76%
3. เปรียบเทียบ	Sub Plot mean ใน Main Plot เดียวกัน			5.62%	7.52%
4. เปรียบเทียบ	Main Plot mean ใน Sub Plot เดียวกัน หรือต่าง Sub Plot			6.26%	8.69%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 การบำบัดสารฆ่าแมลงโดยวิธีออกซิเดชัน

ปัจจุบันได้มีการนำกระบวนการออกซิเดชัน (Advance Oxidation Process ; AOPs) หลายวิธีมาใช้ในการกำจัดสารฆ่าแมลงออกจากน้ำเสีย เช่น กระบวนการโฟโตเคมิคอล (photochemical) กระบวนการโอโซเนชัน (ozonation) และเทคโนโลยีสมัยใหม่ ซึ่งมีพื้นฐานจากการออกซิเดชันโดยอาศัยหลักของไฮดรอกซิลแรดิคอล ($HO^{\cdot}$) ซึ่งเป็นสารมัธยันต์ (intermediate) ที่สำคัญและว่องไวต่อการออกซิเดชันสารอินทรีย์

มีงานวิจัยจำนวนมากที่ศึกษาเกี่ยวกับการย่อยสลายของสารกำจัดศัตรูพืชหลายชนิด โดยใช้วิธีการออกซิเดชันโดยเทคนิคต่างๆ ได้แก่

กระบวนการ UV/TiO_2 ซึ่งเป็นหนึ่งในกระบวนการโฟโตเคมิคอล สามารถย่อยสลายสารได้โดยใช้แสงจากแหล่งกำเนิดต่างๆ ไททาเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) เป็นสารเร่งปฏิกิริยาที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดสำหรับการกำจัดสารฆ่าแมลงในน้ำ กระบวนการ UV/TiO_2 ที่ศึกษาในห้องทดลองเมื่อใช้แหล่งกำเนิดแสงเทียมและปริมาตรน้ำน้อยๆ จะเกิดการสลายอย่างสมบูรณ์ของสารภายใน 1 ชั่วโมง เช่น โมนูรอน อะลาเคลอร์ ไทรอะซีน มาลาไธออน เมทธิลพาราไธออน ฟีไนโทรไธออน สารกำจัดวัชพืชพวกกรดฟีนอกซี และลินเดน

กระบวนการ Photo - FR reagent Fenton's reagent (FR) เป็นสารผสมของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์กับฟอสฟอรัส หรือเฟอริกไอออน จะให้ไฮดรอกซิลแรดิคอลได้ภายใต้สภาวะที่เป็นกรดจะเป็นสารออกซิแดนท์อย่างแรงต่อสารประกอบอินทรีย์ Fenton's reagent จะใช้สำหรับการย่อยสลายสารกำจัดวัชพืชกลุ่มไทรอะซีน กลุ่มคลอโรฟีนอกซีแอซิดอะซิเตท กลุ่มคลอโรอะซิเตนิไลด์ และเมทธิลพาราไธออน โดยปกติการย่อยสลายที่สมบูรณ์จะเกิดขึ้นภายใน 30 นาที

กระบวนการโอโซเนชัน (ozonation) มีงานวิจัยจำนวนมากแสดงให้เห็นว่าสารฆ่าแมลงที่ต่างกันจะมีพฤติกรรมแตกต่างกันในระหว่างกระบวนการโอโซเนชัน กระบวนการนี้สามารถใช้ได้ในการกำจัดสารกำจัดวัชพืชกลุ่มไทรอะซีน สารกำจัดวัชพืชฟีนิลยูเรียฟีนูรอน สารประกอบออกาโนฟอสฟอรัส และกรดฟีนอกซีอะซิติกออกจากน้ำ แต่กระบวนการโอโซเนชันจะไม่มีประสิทธิภาพในการกำจัดลินเดน และดีดีที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในโรงบำบัดขนาดใหญ่ สารฆ่าแมลงอะทราซีน ไซยานาซีน อะลาเคลอร์ เมทโธอะเคลอร์ คาร์โบฟูราน และมาลาไธออน ที่ระดับความเข้มข้น 10 และ 100 มิลลิกรัม/ลิตร สามารถลดลงได้มากกว่า 90 % ในเวลาประมาณ 60 นาที โดยใช้ถังปฏิกรณ์โอโซนร่วมกับรังสียูวี (O_3/UV reactor) และที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 1000 มิลลิกรัม/ลิตร การใช้โอโซนเพียงอย่างเดียวจะมีประสิทธิภาพมากกว่าการใช้โอโซนร่วมกับรังสียูวี เนื่องมาจากจำนวนมากของตัวขัดขวางไฮดรอกซิลแรดิคอล (hydroxyl radical scavengers) ที่มีอยู่ในสารฆ่าแมลงเหล่านั้น

สำหรับเทคโนโลยีสมัยใหม่นั้น มีข้อมูลเพียงเล็กน้อยที่แสดงถึงวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการย่อยสลายสารฆ่าแมลงได้ เช่น กระบวนการอัลตราโซนิคสามารถใช้ได้ในการสลายตัวของพาราไธออน อะทราซีน และอะลาเคลอร์ ส่วนการออกซิเดชันแบบสูญญากาศด้วยรังสียูวีก็สามารถใช้กำจัดอะทราซีนได้ อย่างไรก็ตาม วิธีการเหล่านี้ก็ยังคงมีความยุ่งยากในทางปฏิบัติที่เหมาะสม (Serge,2000)

2.6 โอโซน

2.6.1 คุณสมบัติและปฏิกิริยาเคมีของโอโซน

โอโซนเป็นอัญรูปหนึ่งของออกซิเจน โมเลกุลประกอบด้วยออกซิเจน 3 อะตอม เป็นก๊าซสีฟ้า (bluish) มีคุณสมบัติเป็นออกซิไดซ์ที่แรง มีความไวต่อปฏิกิริยาเคมีสูง ในบรรยากาศทั่วไปที่มีความเข้มข้นต่ำ มักไม่มีสี เมื่ออยู่ในสถานะของเหลวและของแข็งจะมีสีน้ำเงินเข้ม (dark blue) และระเบิดได้ง่าย มีกลิ่นฉุนแสบจมูกคล้ายกระเทียม ระคายเคืองต่อดวงตา ลำคอ และระบบทางเดินหายใจ มาตรฐานขีดจำกัดของโอโซนในปัจจุบันเท่ากับ 0.1 ppm สำหรับการปฏิบัติงาน 8 ชั่วโมง / วัน ซึ่งกำหนดโดย American Conference of Governmental Industrial Hygienists คุณสมบัติอื่นๆของโอโซนมีดังนี้

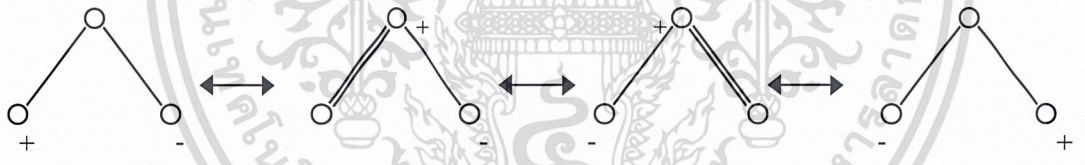
น้ำหนักโมเลกุล	48.0 กรัม
จุดเดือด (760 Torr)	-111.9 ^{o}c
จุดหลอมเหลว (760 Torr)	-192.7 $\pm$0.2 ^{o}c
อุณหภูมิวิกฤต	-12.1 ^{o}c
ความดันวิกฤต	54.6 บรรยากาศ
ปริมาตรวิกฤต	0.147 ลิตร / โมล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความหนาแน่นวิกฤต	0.437 กรัม / ลบ.ซม.
ความหนาแน่น (ก๊าซ 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
เอ็นทาลปีของการระเหย	75.6 แคลลอรี่ / กรัม (-122 °c)
เอ็นทาลปีของการรวมตัว	+34.5 กิโลแคลลอรี่ / โมล (25 °c)

ปรากฏการณ์เรโซแนนซ์

ลักษณะโมเลกุลของโอโซนไม่เป็นเส้นตรง มีการเรียงตัวของโครงสร้างโมเลกุลเป็นรูปสามเหลี่ยม ที่มีแต่ละอะตอมเกาะกันด้วยพันธะเดี่ยวอย่างเดียวหรือเกาะกันด้วยพันธะคู่ร่วมกับพันธะเดี่ยว โครงสร้างแต่ละแบบมีการเคลื่อนไหวเปลี่ยนกันไปมาอยู่ตลอดเวลา ประจุไฟฟ้าบวกและประจุไฟฟ้าลบก็ปรับเปลี่ยนที่ไปด้วย โดยแต่ละเรโซแนนซ์มีมุมพันธะ หรือมุมระหว่างอะตอมเป็น 116° 49′ ถ้าวัดด้วยวิธีไมโครเวฟ หรือ 127° ถ้าวัดด้วยวิธีการกระจายอิเล็คตรอนและมีความยาวพันธะโดยเฉลี่ย 1.278 A°



(1) (2) (3) (4)

โมเลกุลของก๊าซโอโซนทุกเรโซแนนซ์ไม่มีอิเล็กตรอนที่ขาดคู่ ไม่มีคุณสมบัติเป็นสารแม่เหล็กชนิดพาราแมกเนติก จึงไม่มีลักษณะเป็นอนุมูลอิสระที่จะทำปฏิกิริยาโดยตรงกับสารอื่น

การทำปฏิกิริยาเคมีกับสารต่างๆ

ก๊าซโอโซนมีความว่องไวในการทำปฏิกิริยาทั้งในน้ำ สารละลาย และอากาศ โดยตัวเองทำหน้าที่เป็นตัวออกซิไดซ์ (Oxidizer) อย่างแรง ในบรรดาตัวออกซิไดซ์ทางเคมีที่มีอยู่มากมายนับว่าโมเลกุลของโอโซนมีความสามารถสูงเป็นอันดับสอง รองจากโมเลกุลของก๊าซฟลูออรีน (Fluorine) และเป็นอันดับสี่ถ้านับรวมอนุมูลอิสระไฮดรอกซิล (Hydroxyl radical) และอะตอมเดี่ยวของออกซิเจน (Oxygen atom) โดยมีค่าศักย์ไฟฟ้า 2.08 โวล์ท สูงกว่าก๊าซคลอรีน (Chlorine) 1.52 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวออกซิไดซ์	EOP (โวล์ท)	เทียบกับคลอรีน (เท่า)
ก๊าซฟลูออรีน (F_2)	3.06	2.25
อนุมูลไฮดรอกซิล (OH)	2.80	2.05
อะตอมของออกซิเจน (O)	2.42	1.78
โอโซน (O_3)	***2.08***	***1.52***
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2)	1.49	1.30
ก๊าซคลอรีน (Cl_2)	1.36	1.00
ก๊าซออกซิเจน (O_2)	1.23	0.90

(สุรพล ,2543)

2.6.2 ผลของโอโซนต่อสิ่งมีชีวิต

ก๊าซโอโซน จะเร่งปฏิกิริยาของเม็ดเลือดแดงที่มีต่อการรับรังสีเอกซ์เรย์ และทำลายโครโมโซมในลักษณะการที่คล้ายคลึงกับการเอ็กซเรย์ เมื่อเม็ดเลือดขาวในทอนซิลรับก๊าซโอโซน มลพิษนี้จะไปลดการผลิตอินเทอร์เฟอร์รอนซึ่งเป็นแอนติบอดี้ชนิดหนึ่ง และเมื่อโอโซนรวมกับไนโตรเจนไดออกไซด์จะทำให้เกิดความปกติของเลือด นอกจากนี้โอโซนยังมีผลทำให้ระคายตาและสายตาผิดปกติ เมื่อมีระดับประมาณ 200 ไมโครกรัม / ลูกบาศก์เมตร และเมื่อร่างกายรับโอโซนตั้งแต่ระดับ 200 ไมโครกรัม / ลูกบาศก์เมตร เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จะทำให้การทำงานของปอดผิดปกติ (รพีพัฒน์,2540)

จากการศึกษาพิษของโอโซนกับสัตว์ทดลอง พบว่า มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงเนื้อเยื่อในเซลล์ต่างๆ ผลต่อการสร้างภูมิคุ้มกัน นอกจากนี้ยังมีข้อมูลจากการวิจัยซึ่งแสดงคุณสมบัติที่เป็นสารออกซิแดนซ์ที่แรงมาก รองมาจากฟลูโอรีน เช่น อิทธิพลของโอโซนที่จะออกซิไดซ์ไดไฮโดรนิโคตินาไมด์ ไดนิวคลีโอไทด์ รีดิวซ์กลูตาไธออน กลีเซอรอลดีไฮด์-3-ฟอสเฟต อะดีนิน ดีไฮโดรจีเนส และกรดอะมิโนอีกหลายชนิด จากปฏิกิริยาเหล่านี้เป็นสาเหตุที่โอโซนเป็นพิษโดยเฉพาะกับมนุษย์ สัตว์ และพืช อย่างไรก็ตามคาดว่าโอโซนจะมีบทบาทสำคัญมากขึ้นซึ่งควรค่าแก่การศึกษาในอนาคต ถ้าหากมีวิธีการใช้ที่ถูกต้องแล้วโอโซนก็จะให้คุณค่าทางงานวิเคราะห์และด้านอุตสาหกรรมเป็นอย่างมาก (ถวิล,2534)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลดีของโอโซนต่อมนุษย์

มนุษย์ได้มีการใช้ประโยชน์จากโอโซนมานานแล้ว ซึ่งจำแนกได้ดังนี้

1. การใช้โอโซนในการทำลายสีในแม่น้ำที่เกิดจากดินเหนือพืชใต้น้ำเพื่อให้น้ำมีสีตามธรรมชาติ
2. การใช้โอโซนในการทำความสะอาดน้ำซึ่งโดยทั่วไปมี 2 กรรมวิธีคือ การใส่ผงคลอรีนและการใส่โอโซนลงในน้ำ ซึ่งส่วนใหญ่แล้วจะใช้ทั้งสองวิธีร่วมกันเพื่อให้ได้ผลดีที่สุด เนื่องจากทั้งสองวิธีมีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันไป
3. การใช้โอโซนในการทำความสะอาดขวดบรรจุน้ำอัดลม
4. ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารทางการเกษตร โดยการติดตั้งโคมไฟอัลตร้าไวโอเลทในห้องเย็น เพื่อให้เกิดโอโซนซึ่งจะช่วยในการเก็บรักษาพืชผล สำหรับไข่ไก่จะใช้ในการทำลายแบคทีเรีย อย่างไรก็ตามอาหารที่มีไขมันมาก เช่น เนื้อสัตว์หรือเนย จะไม่ได้รับผลดีจากโอโซนเพราะไขมันต่างๆจะเกิดกลิ่นเหม็น
5. การใช้ในกระบวนการผลิตไวน์ น้ำผลไม้ และเหล้า
6. การใช้โอโซนในการทำเครื่องฟอกอากาศให้สะอาด ปราศจากกลิ่นเหม็นต่างๆ

จะเห็นได้ว่าในชีวิตประจำวันมีการใช้ประโยชน์จากโอโซนอย่างมากมาย อย่างไรก็ตาม ปัญหาโอโซนหรือระดับชั้นโอโซนที่กำลังลดลงนั้นเป็นปัญหาที่น่าวิตกอย่างมาก จึงเป็นเรื่องสำคัญในการกำหนดมาตรการที่จะสามารถควบคุมผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นกับสิ่งแวดล้อม ซึ่งจะเกิดกับชั้นโอโซนในบรรยากาศของโลกที่เราอยู่ (Kornsitthikul,1998)

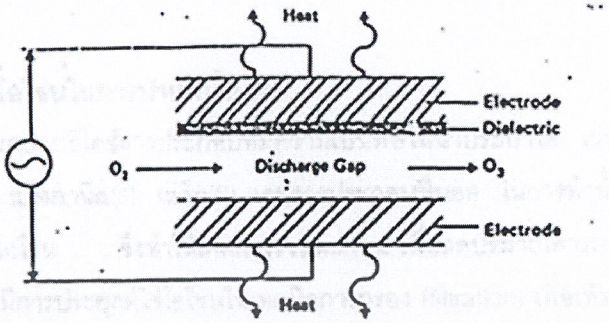
2.6.3 การผลิตโอโซน

จากการที่โอโซนเป็นก๊าซที่ไม่เสถียร สามารถเปลี่ยนรูปไปเป็นออกซิเจนได้อย่างรวดเร็ว ดังนั้นเราจึงต้องผลิตโอโซนในระบบ ปัจจุบันวิธีการผลิตโอโซนที่ให้ประสิทธิภาพสูงสุด คือ การใช้ electrical corona discharge (Metcalf & Eddy,1991)

เครื่องมือที่ใช้ในการผลิตโอโซนแสดงได้ดัง <u>รูปที่ 2.1</u> โดยออกซิเจน (O_2) จะถูกเปลี่ยนไปเป็นโอโซน (O_3) อย่างรวดเร็วตามความเข้มข้นของโอโซนที่เพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



รูปที่ 2.1 โครงสร้างพื้นฐานของเครื่องผลิตโอโซน (Laclair,1978)

โครงสร้างพื้นฐานของเครื่องผลิตโอโซนจะมีการป้อนแรงดันไฟฟ้าให้อิเลคโทรดทั้ง 2 ขั้ว ซึ่งจะมีไดอิเลคโทรดและช่องอากาศคั่นอยู่ อากาศจะถูกดูดผ่านช่องอากาศ และเกิดการแตกตัว เนื่องจากมีความเครียดสนามไฟฟ้าเกิดขึ้นสูงจนอิเล็คโทรดปล่อยอิเล็คตรอนออกมา

ขั้นตอนต่อไปนี้แสดงการเปลี่ยนของออกซิเจนในอากาศไปเป็นโอโซน

1. การเกิดอนุมูลอิสระออกซิเจนจากกระบวนการไอออนิก

$$O_2 + e^- \longrightarrow O_2^+ + 2e^-$$

$$O_2 + e^- \longrightarrow O^+ + O + 2e^-$$

$$O_2 + e^- \longrightarrow O + O + 2e^-$$

$$O_2 + e^- \longrightarrow O^- + O$$

2. การเกิดโอโซนจากอนุมูลอิสระออกซิเจน

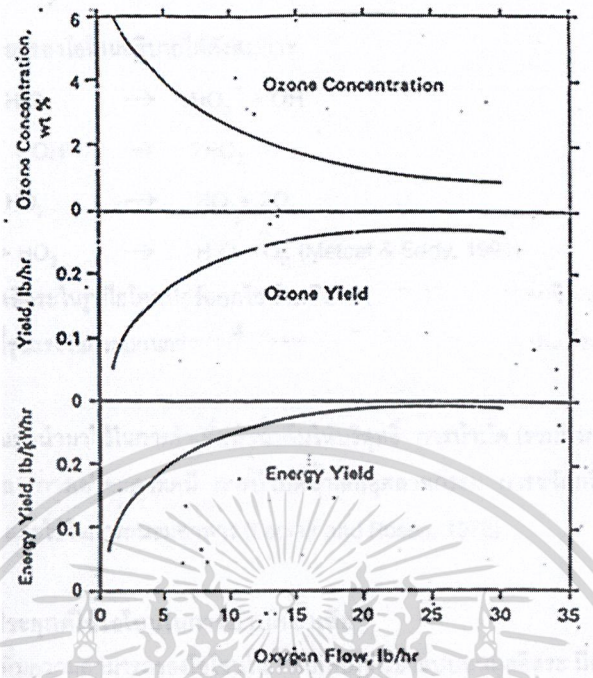
$$O + O_2 + M \longrightarrow O_3 + M$$

โดย M คือ another species (Manahan ,1993)

ปริมาณโอโซนที่เกิดขึ้นในเครื่องผลิตโอโซนจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับกระแสไฟฟ้าใน Discharge space ถ้าความเข้มข้นของโอโซน และอุณหภูมิคงที่ *รูปที่ 2.2* แสดงผลของการไหลของออกซิเจนต่อความเข้มข้นของโอโซน Ozone yield และ Energy yield ของเครื่องผลิตโอโซนที่ใช้ในอุตสาหกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

40050



รูปที่ 2.2 แสดงผลที่ได้จากการแปรค่าอัตราการไหลของออกซิเจน (Laclair, 1978)

2.6.4 การประยุกต์ใช้โอโซน

การประยุกต์ใช้โอโซนร่วมกับเทคนิคอื่นๆ เช่น การบำบัดน้ำเสียโดยใช้โอโซนควบคู่กับการใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลาย การใช้โอโซนร่วมกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ หรือการใช้โอโซนร่วมกับด่างทับทิมในการกำจัดสารพิษในน้ำ จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการบำบัดได้ดีกว่าการใช้โอโซนเพียงอย่างเดียว

- การใช้โอโซนและโอโซนร่วมกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (O_3/H_2O_2) บำบัดยาที่ปนเปื้อนในน้ำ

งานวิจัยนี้ศึกษาถึงพฤติกรรมในการออกซิเดชันของสาร ภายใต้สภาวะที่ใช้ในการบำบัดน้ำดื่มด้วยโอโซน และโอโซนร่วมกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ สารประกอบยาที่เลือกมาใช้ในการวิจัย คือ กรดโคลฟิบริค (clofibric acid) ไอบิวโพรเฟน (ibuprofen) และไดโคลฟีแนค (diclofenac) เนื่องจากมีการสั่งใช้ยาเหล่านี้ในปริมาณสูง และพบการปนเปื้อนในสภาวะแวดล้อมที่เป็นน้ำ เช่น น้ำทิ้งจากโรงบำบัดสิ่งปฏิกูล น้ำในแม่น้ำ และน้ำใต้ดิน ทั้งนี้อาจเกิดจากการกำจัดโดยตรงจากบ้านเรือน การขับถ่ายภายหลังจากการใช้ยาของมนุษย์และสัตว์ การทิ้งน้ำเสียจากฟาร์ม หรือการไหลซึมผ่านชั้นดินจากแหล่งกำจัด เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการทดลอง จะนำตัวอย่างน้ำที่ผ่านการออกซิเดชันจากชุดการทดลองแล้วมาสกัดด้วย solid-phase extraction และนำมาวิเคราะห์โดยใช้ GCQ gas chromatograph ต่อกับ iontrap mass spectrometer (GC/MS) ผลการทดลอง โดยการใช้โอโซนเพียงอย่างเดียวนั้น พบว่า มีเพียงไดโคลฟีแนคที่สามารถย่อยสลายได้อย่างรวดเร็ว คือ ประมาณ 97 % สำหรับการใช้โอโซนร่วมกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ จะให้อัตราส่วนโดยมวลเริ่มต้นของโอโซนต่อไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ($O_3 : H_2O_2$) เป็น 2:1 พบว่าสารประกอบยาทั้ง 3 ชนิด สามารถย่อยสลายได้มากกว่า 90 % ที่ความเข้มข้นโอโซน 3.7 มิลลิกรัม / ลิตร ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 1.4 มิลลิกรัม/ลิตร และสามารถย่อยสลายได้มากกว่า 98% ที่ความเข้มข้นโอโซน 5.0 มิลลิกรัม/ลิตร ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 1.8 มิลลิกรัม/ลิตร (Zwiener,2000) ซึ่งจะเห็นได้ว่าการใช้โอโซนร่วมกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในการบำบัดสารปนเปื้อนในน้ำนั้น มีประสิทธิภาพดีกว่าการใช้โอโซนบำบัดเพียงอย่างเดียว

2.7 รังสียูวี (Ultraviolet Radiation)

รังสียูวีถูกค้นพบในปี ค.ศ. 1801 โดยนักวิทยาศาสตร์ชาวอเมริกาชื่อ โจฮันน์ ริตเตอร์ จากการศึกษาปรากฏการณ์ของรังสีกับเงินคลอไรด์ โดยการสังเกตการเปลี่ยนแปลงของเงินคลอไรด์เป็นสีดำ ทำให้เขาเชื่อว่ารังสียูวีนั้นมีพลังงานแฝงอยู่ รังสียูวีอยู่ในกลุ่มรังสีแม่เหล็กไฟฟ้า มีความยาวคลื่นตั้งแต่ 1.0×10^{-7} ถึง 3.8×10^{-7} เมตร หรือมีความยาวคลื่นตั้งแต่ 100 นาโนเมตร ถึง 380 นาโนเมตร คลื่นนี้เกิดจากการที่กระแสไฟฟ้าเดินทางผ่านตัวนำไฟฟ้า ส่วนใหญ่แสงจะออกมาพร้อมกับแสงอื่นที่เรามองเห็นโดยเฉพาะแสงที่มีสีม่วง เราจึงมักพบว่าแสงต่างๆ ที่มีรังสียูวีออกมานั้นมักมีสีออกไปทางสีม่วง

2.7.1 ประเภทของรังสียูวี

เราสามารถแบ่งรังสียูวีออกได้เป็น 3 กลุ่มดังนี้

1. รังสียูวีเอ (UV – A) หรืออาจเรียกว่ายูวีคลื่นยาว มีความยาวคลื่นตั้งแต่ 3200 – 4000 อังสตรอม หรือ 320 – 400 นาโนเมตร

2. รังสียูวีบี (UV – B) หรืออาจเรียกว่ายูวีช่วงกลาง มีความยาวคลื่นตั้งแต่ 2800 – 3200 อังสตรอม หรือ 280 – 320 นาโนเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. รังสียูวีซี (UV – C) หรืออาจเรียกว่ายูวีคลื่นสั้น มีความยาวคลื่นตั้งแต่ 2200 – 2800 อังสตรอม หรือ 220 – 280 นาโนเมตร

ส่วนรังสียูวีที่มีความยาวคลื่นต่ำกว่า 2000 อังสตรอม หรือ 200 นาโนเมตร เรียกว่า ช่วงยูวีสุญญากาศ

2.7.2 แหล่งกำเนิดรังสียูวี

- แหล่งกำเนิดจากธรรมชาติ

แหล่งกำเนิดจากธรรมชาติที่มีอิทธิพลสูงที่สุดในโลกคือดวงอาทิตย์ เมื่อรังสียูวีจากดวงอาทิตย์มากระทบกับอะตอมของชั้นบรรยากาศ จะเกิดการแตกตัวเป็นไอออนจำนวนมาก และเป็นแหล่งกำเนิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าทั้งหมด ยกเว้นรังสีแกมมา ซึ่งได้จากการสลายตัวของสารกัมมันตรังสีและปฏิกิริยานิวเคลียร์ในดวงอาทิตย์ แม้จะมีปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์ให้รังสีแกมมาแต่จะกลายเป็นรังสีอื่นก่อนมาสู่โลก

- แหล่งกำเนิดที่ผลิตแสงขึ้นมาเองโดยมนุษย์เป็นผู้ผลิตขึ้น

แหล่งกำเนิดแสงที่ผลิตแสงขึ้นมาเอง เช่น หลอดเรืองแสง และหลอดรังสียูวี (Black Light Lamp) ซึ่งเกิดจากอิเล็กตรอนที่หลุดออกจากขั้วอิเล็กโทรดของหลอดวิ่งไปชนอะตอมของก๊าซที่บรรจุอยู่ภายในหลอด เช่นไอปรอท แล้วเกิดรังสียูวีกระจาย สามารถทำได้ 3 วิธี ดังนี้

1. โดยวิธีการอาร์คของคาร์บอนและทังสเตน
2. โดยให้ไส้ทังสเตนทำงานที่อุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิหลอดปกติ
3. โดยการออกแบบมาเป็นพิเศษของหลอดก๊าซ - ดิสชาร์จ

โดยในแต่ละแหล่งกำเนิดรังสียูวี จะมียูวีอยู่ในปริมาณต่างๆกัน ดังนี้

แสงอาทิตย์	มีรังสียูวี 2 – 9%
คาร์บอนอาร์ค	มีรังสียูวี 5%
ทังสเตนอาร์ค	มีรังสียูวี 16%
ตะเกียงเมอร์คิวรี	มีรังสียูวี 28%
เครื่องเชื่อมไฟฟ้า	มีรังสียูวี 10%
เครื่องเชื่อมโดยใช้ก๊าซอะเซทิลีน	มีรังสียูวี 4%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.3 คุณสมบัติของรังสียูวี

1. ทำให้สารเรืองแสงเกิดการเรืองแสงขึ้น
2. ทำให้สารเคมีบางชนิดเกิดการเปลี่ยนแปลง เช่น สารละลายซิลเวอร์คลอไรด์ เมื่อถูกรังสียูวีจะดำ
3. สามารถทะลุผ่านสิ่งกีดขวางได้ เช่น เสื้อผ้าบางๆ แผ่นพลาสติกบางๆ

ประโยชน์ของรังสียูวี

1. การสร้างวิตามินดี การเกิดวิตามินดีเป็นปฏิกิริยาระหว่างรังสียูวีกับสารกำเนิดวิตามินดีที่อยู่ใต้ผิวหนังที่ เรียกว่า 7 – ดีไฮโดรคลอเรสเตอรอล ให้เปลี่ยนเป็นวิตามินดี 3 ซึ่งจะช่วยได้อย่างดีในกรณีที่เด็กได้รับวิตามินจากอาหารที่กินเข้าไปไม่เพียงพอ สำหรับคนในแถบศูนย์สูตรไม่ค่อยมีปัญหา แต่สำหรับคนในแถบหนาว ต้องขวนขวายหารังสียูวีจากหลอดประดิษฐ์ทดแทนการได้รับจากแสงอาทิตย์ สำหรับ 7 – ดีไฮโดรคลอเรสเตอรอลนั้น ถ้าปราศจากรังสียูวีจะเปลี่ยนเป็นคลอเรสเตอรอลสะสมไว้

2. การเกิดรงควัตถุที่ผิวหนัง ผิวหนังชั้นบนสุดของเราคือ ชั้นเอพิเดอร์มิส จะมีเซลล์ที่เรียกว่า เมลาโนไซด์ บางส่วนใช้ทำหน้าที่สร้างเม็ดสีที่เรียกว่า เมลานิน ซึ่งทำให้เรามีผิวเป็นสีน้ำตาล ทุกคนจะมีเซลล์เมลาโนไซด์นี้ ยกเว้นคนที่มีผิวสีผิดปกติ คนที่มีผิวสีดำจะมีเมลานินมากกว่าคนผิวขาว การสร้างเม็ดสีเมลานินจะเกิดขึ้นเมื่อรังสียูวีผ่านผิวหนังทำให้เซลล์เมลาโนไซด์สร้างเมลานินเพิ่มขึ้น ขบวนการดังกล่าวเรียกว่า การสร้างเมลานิน เมลานินที่ถูกสร้างขึ้นมานี้ทำให้ผิวเป็นสีน้ำตาล และเมลานินยังมีประโยชน์ในการดูดกลืนรังสียูวีไว้

3. การฆ่าเชื้อโรค

- การฆ่าเชื้อบนพื้นผิว การฆ่าเชื้อโรคบนพื้นผิวรวมถึงการป้องกันด้านอาหารและผลิตภัณฑ์ยาในระหว่างที่ผ่านขบวนการผลิตและบรรจุหีบห่อ นอกจากนี้ยังใช้รังสียูวีในการฆ่าเชื้อโรคสำหรับผลิตภัณฑ์แก้วน้ำดื่ม จาน และชาม เป็นต้น และถ้าจะให้ผลดีจะต้องมีการทำความสะอาดผิวในขั้นแรกเสียก่อน เพื่อให้ปราศจากฟิล์มและสิ่งสกปรกซึ่งจะเป็นตัวดูดกลืนรังสี และสามารถป้องกันแบคทีเรียได้ ตามโรงพยาบาล ห้องผ่าตัด ห้องสำหรับเด็กแรกเกิดก็จะมีการติดตั้งหลอดยูวีไว้ด้วย

- การฆ่าเชื้อโรคที่แขวนลอยอยู่ในอากาศหรือของเหลว การฆ่าเชื้อโรคในน้ำทำโดยผ่านรังสียูวีคลื่นสั้นไปในน้ำ ข้อดีคือไม่ทำให้รสชาติของน้ำเปลี่ยนแปลงไปเหมือนกับการใช้สารเคมี การฆ่าเชื้อโรคในน้ำจัดเป็นขบวนการทางชีววิทยาเช่นกัน โดยรังสียูวีจะทำให้แบคทีเรียตาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มหาวิทยาลัยแห่งกรุงเบรุต ได้ประสบผลสำเร็จในการวิจัยใช้แสงอาทิตย์ฆ่าเชื้อแบคทีเรียในน้ำเพื่อใช้บริโภค โดยคณะผู้วิจัยได้นำน้ำสกปรกมาบรรจุใส่ถุงใสแล้วนำไปวางในที่ที่มีแสงแดดส่องตรงมายังน้ำ พบว่า แบคทีเรียจำนวน 99.9 % ถูกทำลายในเวลาเพียง 95 นาที แต่ถ้าตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องต้องใช้เวลาถึง 630 นาที ทำให้สามารถสรุปได้ว่าสามารถใช้แสงอาทิตย์ฆ่าเชื้อโรคได้ และต้องมีความยาวคลื่นระหว่าง 3150 – 40000 อังสตรอม ซึ่งก็ตรงกับพลังงานของรังสียูวีนั่นเอง

โทษของรังสียูวี

1. สารอินทรีย์ที่ใช้เคลือบ สำหรับผลกระทบทางด้านนี้เราสามารถพบเห็นได้ในชีวิตประจำวัน เช่น สีที่ใช้ในการก่อสร้าง รังสียูวีอาจก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงบางประการที่เราสามารถมองเห็นได้ คือ สีซีดลง หรือมีคุณสมบัติอื่นๆ เช่น การยึดเกาะ ความยืดหยุ่น ความแข็ง และความเหนียวเกิดการเปลี่ยนแปลงได้ อย่างไรก็ตามผลเสียที่เกิดจากรังสียูวีสามารถแก้ไขโดยการใช้ตัวดูดกลืนรังสียูวีซึ่งจะช่วยดูดกลืนรังสียูวีได้บางส่วน สำหรับตัวดูดกลืนรังสียูวีที่นิยมใช้ เช่น ซาลิซิลิกเอสเทอร์ ไฮดรอกซีเบนโซฟีโนน และเบนโซไตรเอโซล เป็นต้น

2. ผลต่อผิวหนัง แสงแดดหรือแสงอาทิตย์นั้นเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับคนบางกลุ่มที่ต้องการความอบอุ่นจากแสงแดดและต้องการให้ผิวหนังดูสวยงาม เช่น ผู้ที่ชอบอาบแดด ผู้ที่มีอาชีพการประมง ทำการเกษตร หรือผู้ที่เล่นกีฬากลางแจ้ง มีโอกาสที่ได้รังรังสีจากดวงอาทิตย์อย่างเต็มที่ ดร. ไอแซค วิลลิส หัวหน้าฝ่ายโรคผิวหนัง ศูนย์อำนวยการทางการแพทย์ของทหารผ่านศึก สหรัฐอเมริกา กล่าวว่า ผู้ที่ได้รับแสงแดดมากเกินไปจะเกิดอันตรายโดยจะทำให้ผิวหนังเหี่ยวย่นเร็วกว่าปกติได้ ดร.วิลลิส ได้วิจัยเกี่ยวกับรังสียูวีเอ และรังสียูวีบี พบว่าการที่ผิวหนังเหี่ยวย่นเร็วกว่าปกติเนื่องจากเส้นใยคอลลาเจน (ใยโปรตีน) และเส้นใยที่ยืดหยุ่นได้ของผิวหนังถูกทำลาย นอกจากนี้รังสียูวียังทำลายเซลล์ผิวหนัง และเซลล์เม็ดโลหิตขาวที่เรียกว่า ที – ลิมโฟไซต์อ่อนแอลง ทำให้ติดเชื้อโรคได้ง่ายขึ้น และบางครั้งผิวหนังที่ถูกทำลายจะมีการเปลี่ยนแปลงของเซลล์ ทำให้เซลล์แบ่งตัวมากกว่าปกติเกิดการผิดปกติและเป็นมะเร็งผิวหนังได้ ถึงแม้ว่าผิวหนังจะมีเมลานินช่วยดูดกลืนรังสียูวีไว้ แต่ไม่สามารถดูดกลืนไว้ได้ทั้งหมด เพราะเซลล์เมลาโนไซต์ต้องใช้เวลาในการสร้างเมลานิน ดังนั้นจึงไม่ควรถูกแสงนานเกินไปและพบว่าชาวคอเคเชี่ยน (Caucasian) ซึ่งมีผิวขาวจะได้รับผลนี้มากกว่าชาวนิโกรที่มีผิวดำ

มะเร็งผิวหนังที่เกิดขึ้นมีหลายแบบ เช่น Squamous cell carcinoma , Basal cell cacinoma และ Malignant melanoma พบว่าทั้ง 3 ชนิดรวมกันมีประมาณ 4% ของชาวคอเคเชี่ยน นอกจากมะเร็งที่ผิวหนังแล้ว การสัมผัสกับรังสียูวีที่มีความยาวคลื่นต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นเวลานาน ก็อาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่ผิวหนังได้หลายอย่าง เช่น ตกกระ ผิวหนังเหี่ยวแก่ก่อนวัย ผลที่เกิดขึ้นนี้จะพบมากในบุคคลที่มีลักษณะทางกรรมพันธุ์ที่ขาดเม็ดสีชนิดเมลานิน ซึ่งมีคุณสมบัติช่วยป้องกันอันตรายที่เกิดจากแสงอาทิตย์ให้กับผิวหนัง รังสีจากดวงอาทิตย์ที่มีความยาวคลื่นมากกว่า 320 นาโนเมตร ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีระวิทยาของผิวหนังได้ เมื่อรวมกับความยาวคลื่นแสง หรืออาจเกิดจากสารเคมีที่อยู่ในยา สบู่ เครื่องสำอาง หรือผงซักฟอก ซึ่งสารเคมีเหล่านี้จะทำให้ผิวหนังมีปฏิกิริยาตอบสนองต่อแสงเร็วกว่าปกติซึ่งเป็นปัญหาต่อไปในอนาคต

3. ผลต่อสิ่งแวดล้อม รังสียูวีอาจก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสิ่งแวดล้อมได้ เช่น ไฟโตแพลงตอนในทะเลหรือมหาสมุทร เมื่อได้รับอิทธิพลจากรังสียูวี อาจทำให้ตายหรือไม่สามารถสังเคราะห์แสงได้ตามปกติ เมื่อไฟโตแพลงตอนซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของวงจรอาหารในทะเลถูกทำลายไป ย่อมทำให้สัตว์ที่ใช้ไฟโตแพลงตอนเป็นอาหารหมดไปด้วยในที่สุดสัตว์น้ำที่เป็นอาหารของมนุษย์ก็จะลดลง นอกจากนี้ มหาสมุทรยังเป็นแหล่งผลิตออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ เมื่อไฟโตแพลงตอนหรือพืชน้ำพวกสาหร่ายสังเคราะห์แสงไม่ได้ย่อมมีผลกระทบต่อวัฏจักรของคาร์บอนและออกซิเจนบนโลกด้วย ดังนั้น การที่ไฟโตแพลงตอนต้องอยู่ในทะเลลึกๆที่แสงส่องไปไม่ถึงก็เพื่อเป็นการป้องกันตัวเองจากรังสียูวีนั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 สารเคมีและเครื่องมือ

สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

1. สารมาตรฐานคาร์โบฟูราน ยี่ห้อChem Service
2. โซเดียมคลอไรด์เกรดวิเคราะห์ ยี่ห้อJ.T.Baker
3. เฮกเซนเกรดวิเคราะห์ ยี่ห้อSollcheme
4. เมทานอลเกรดHPLC ยี่ห้อLabscan
5. อะซิโตนเกรดวิเคราะห์ ยี่ห้อSollcheme
6. โพแทสเซียมไอโอไดด์ ยี่ห้อJ.T.Baker
7. โพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต ยี่ห้อBDH Laboratory
9. โซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต ยี่ห้อBDH Laboratory
10. เกล็ดไอโอดีน ยี่ห้อBDH Laboratory
11. โซเดียมซัลเฟตแอนไฮไดด์ ยี่ห้อJ.T.Baker
12. โซเดียมไทโอซัลเฟตเกรดวิเคราะห์ ยี่ห้อ MERCK
13. น้ำแป้ง
14. น้ำที่ผ่านการกลั่นสองครั้ง

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1. เครื่องผลิตโอโซน ยี่ห้อOZZON 735
2. เครื่องระเหย Rotary evaporater
3. สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ยี่ห้อ JENWAY MODEL 6405
4. เครื่อง HPLC ยี่ห้อ Millipore Water 486 Tunable Absorbance Detector
5. ถังปฏิกรณ์
6. พีเอชมิเตอร์
7. Sonicator bath
8. ฮีทเตอร์/สเตอเรอร์
9. เครื่องบดยี่ห้อImarflex IF-308
10. เครื่องชั่งละเอียดแบบ 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Precisa 205A
11. หลอดยูวี ขนาด 8 วัตต์ ความยาวคลื่น 256 นาโนเมตร
12. เครื่องผลิตออกซิเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องผลิตโอโซน

ทำการติดตั้งอุปกรณ์การผลิตโอโซนประกอบด้วยเครื่องผลิตโอโซนจากก๊าซออกซิเจน ตัวกระจายอากาศ และภาชนะบรรจุสารละลาย KI 1% ขนาด 20 ลิตร สำหรับดักโอโซน

ทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องผลิตโอโซน โดยการดักโอโซนลงในสารละลาย KI 1% ในสารละลายบัฟเฟอร์ฟอสเฟต ซึ่งบรรจุในภาชนะขนาด 20 ลิตร ดำเนินการตาม SPECTROPHOTOMETRIC METHOD แปรค่าระยะเวลาเป็น 5 10 15 20 25 และ 30 นาที ตามลำดับ วิเคราะห์หาปริมาณโอโซนที่ผลิตได้ โดยทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 352 นาโนเมตร

รูปที่ 3.1 เครื่องผลิตโอโซน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การทดสอบประสิทธิภาพการสกัดสารคาร์โบฟูรานจากถั่วฝักยาว

นำถั่วฝักยาวมาแบ่งเป็น 2 ส่วนๆละ 50 กรัม ส่วนที่ 1 ฉีดสารละลายคาร์โบฟูรานเข้มข้น 300 ppm 0.231 มิลลิลิตร ทิ้งไว้นาน 5 ชั่วโมง นำมาทำการสกัด โดยหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ และปั่นให้ละเอียดด้วยเครื่องบดนาน 2 นาที ใส่ลงในบีกเกอร์ ล้าง homogenizer ด้วยอะซิโตน 50 มิลลิลิตร กรองผ่าน Buchner porcelain funnel ล้างบีกเกอร์และกากตัวอย่างใน Buchner porcelain funnel ด้วยอะซิโตน ถ่ายสารละลายที่ได้ผ่านกรวยกรองลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยอะซิโตนเขย่าขวดให้สารละลายเข้ากัน ถ่ายสารละลายลงในกรวยแยกที่มีโซเดียมคลอไรด์ 10 กรัม น้ำ 50 มิลลิลิตรและเฮกเซน 50 มิลลิลิตร เขย่านาน 2 นาทีทิ้งให้แยกชั้น ถ่ายชั้นบนซึ่งเป็นชั้นเฮกเซนผ่านกรวยกรอง ที่บรรจุโซเดียมซัลเฟต 1 กรัม ส่วนชั้นล่างซึ่งเป็นชั้นน้ำให้นำมาสกัดอีก 2 ครั้ง ด้วยเฮกเซนครั้งละ 25 มิลลิลิตร เก็บชั้นเฮกเซนทั้งหมดที่ได้จากการสกัดลงในขวดรูปชมพู่ เติมโซเดียมซัลเฟต 5 กรัม แช่ไว้ 30 นาที กรองโซเดียมซัลเฟตออกโดยใช้กระดาษกรอง ล้างกระดาษกรองและขวดรูปชมพู่ด้วยเฮกเซน 20 มิลลิลิตร รองสารละลายที่กรองได้ด้วยขวดก้นกลมขนาด 250 มิลลิลิตร นำไปลดปริมาตรจนแห้ง เติมเมทานอล 3 มิลลิลิตร นำสารละลายที่ได้ มาตรวจวิเคราะห์หาปริมาณคาร์โบฟูรานด้วยเครื่อง HPLC สำหรับส่วนที่ 2 ไม่มีการฉีดพ่นสารละลายคาร์โบฟูราน นำมาทำการสกัดด้วยวิธีเดียวกัน ทำการทดลอง 4 ซ้ำ

การตรวจวิเคราะห์ CARBOFURAN ด้วยเครื่อง HPLC

Millipore Water 486 Tunable Absorbance Detector ปรับเครื่องเพื่อใช้การงาน ดังนี้

Mobile phase : methanol / water 60 : 40 (V/ V)

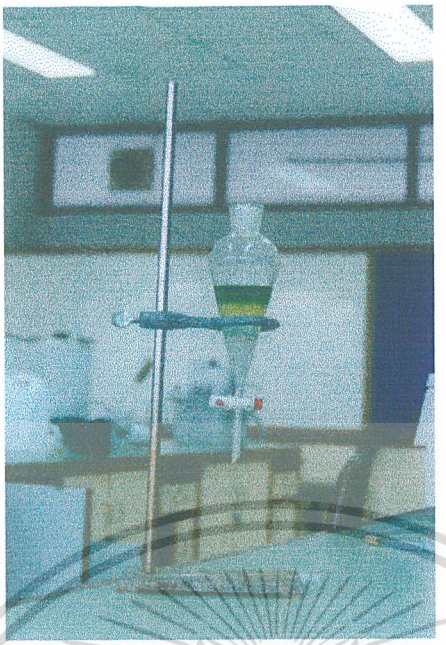
Flow rate : 1.1 ml. / min.

Wave length : 256 nm.

Injection : 10 µL.

Stop time : 20 min.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 การสกัดสารคาร์โบฟูรานจากถั่วฝักยาว

รูปที่ 3.3 สารละลายที่ได้จากการสกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

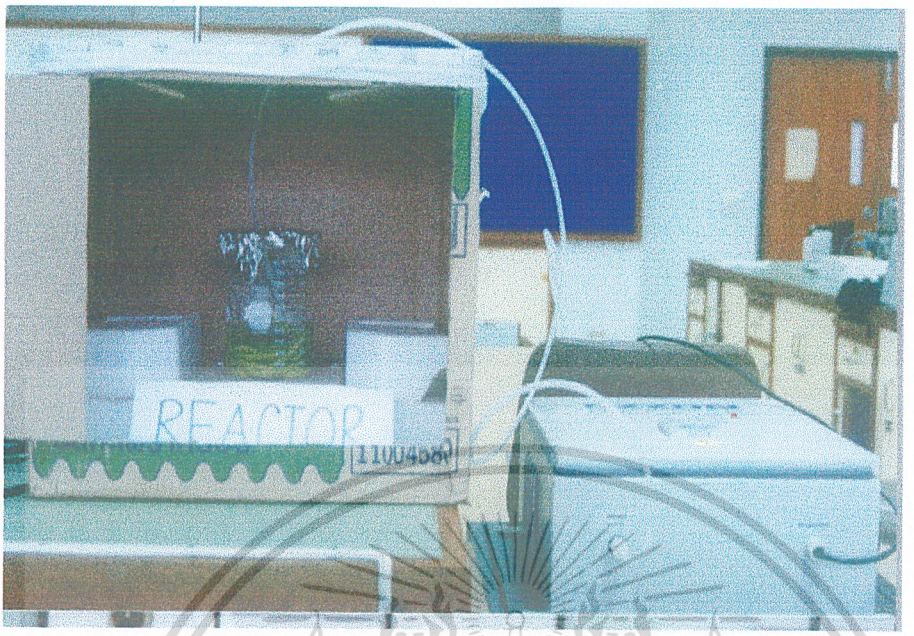
3.4 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการบำบัดสารคาร์โบฟูรานโดยใช้โอโซน

นำถั่วฝักยาวแบ่งเป็น 2 ส่วนๆละ 50 กรัม ส่วนที่ 1 ฉีดสารละลายคาร์โบฟูรานเข้มข้น 300 ppm 0.231 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ 5 ชั่วโมง นำมาแช่ในน้ำปราศจากไอออนที่อุณหภูมิห้อง ปริมาณ 300 มิลลิลิตร เติมโอโซนโดยแปรระยะเวลาเป็น 1 และ 10 นาที ตามลำดับ จากนั้นนำถั่วฝักยาวและน้ำที่ผ่านการบำบัดมาทำการสกัดหาปริมาณสารคาร์โบฟูราน ตามวิธีการสกัดในข้อ 3.3 วิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC เพื่อศึกษาว่าสภาวะใดที่เหมาะสมในการบำบัดมากที่สุด สำหรับส่วนที่ 2 ไม่มีการฉีดสารละลายคาร์โบฟูรานดำเนินการทดลองเช่นเดียวกัน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

ทำการทดลองเช่นเดิม โดยเปลี่ยนให้สภาวะในการบำบัดจากการเติมโอโซนเป็นการเติมออกซิเจนแทน

รูป 3.4 การบำบัดสารคาร์โบฟูรานโดยใช้ออกซิเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

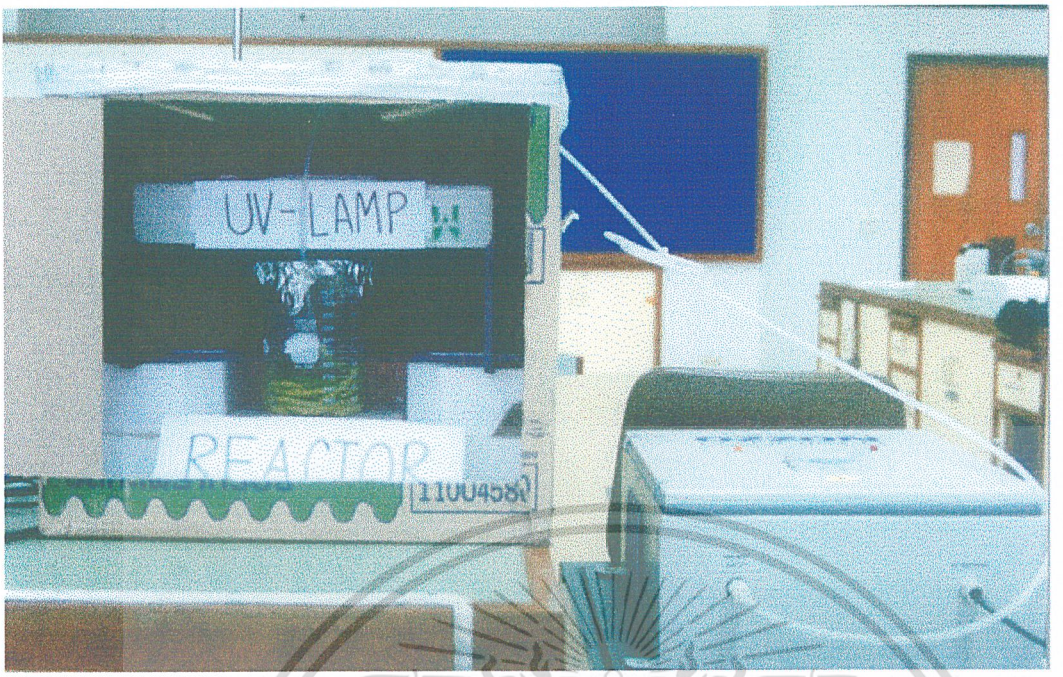


รูป 3.5 การบำบัดสารคาร์โบฟูรานโดยใช้โอโซน

3.5 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการบำบัดสารคาร์โบฟูรานโดยใช้โอโซนร่วมกับรังสียูวี

นำถั่วฝักยาวแบ่งเป็น 2 ส่วนๆละ 50 กรัม โดยส่วนที่ 1 ฉีดสารละลายคาร์โบฟูรานเข้มข้น 300 ppm 0.231 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ 5 ชั่วโมง นำมาแช่ในน้ำปราศจากไอออนที่อุณหภูมิห้องปริมาตร 300 มิลลิลิตรทำการเติมโอโซนและให้แสงยูวี โดยแปรระยะเวลาเป็น 1 และ 10 นาทีตามลำดับ จากนั้นนำถั่วฝักยาวและน้ำที่ผ่านการบำบัดมาทำการสกัดหาปริมาณสารคาร์โบฟูรานตามวิธีการสกัดในข้อ 3.3 วิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC เพื่อศึกษาว่าสภาวะใดที่เหมาะสมในการบำบัดมากที่สุด สำหรับส่วนที่ 2 ไม่มีการฉีดสารละลายคาร์โบฟูรานดำเนินการทดลองเช่นเดียวกัน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 การบำบัดสารคาร์โบฟูรานในถั่วฝักยาวด้วยโอโซนร่วมกับยูวี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิจัยและวิจารณ์

4.1 การทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องผลิตโอโซน

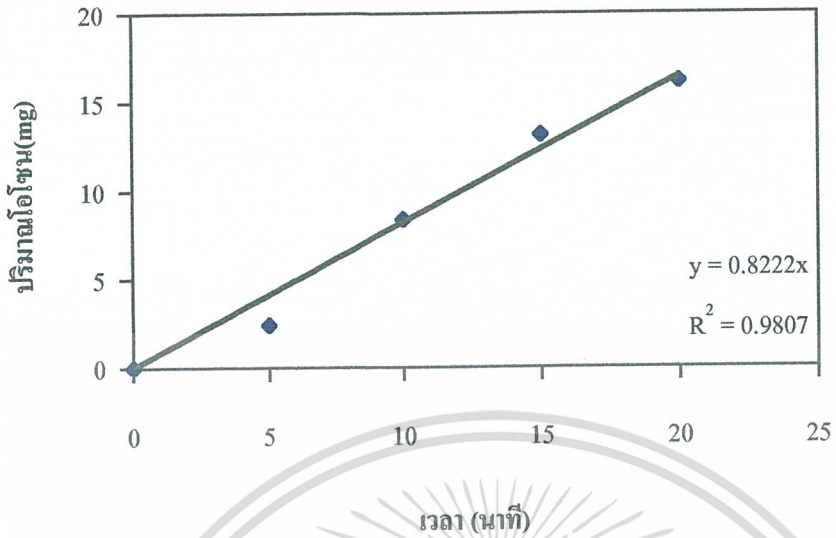
จากการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องผลิตโอโซน โดยผ่านโอโซนลงในสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ แปรระยะเวลาเป็น 5 10 15 20 25 และ 30 นาที ตามลำดับ นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง และเทียบกับกราฟมาตรฐานจะสามารถทราบปริมาณโอโซนที่ผลิตได้โดยการคำนวณ ดังแสดงในภาคผนวก ข *ตารางที่ 4-1*

ตารางที่ 4-1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องผลิตโอโซน

เวลา (นาที)	ปริมาณ O_3 ที่ผลิตได้ (mg)
5	2.419
10	8.382
15	13.156
20	16.171
25	16.673
30	16.910

จาก *ตาราง 4-1* แสดงให้เห็นว่าปริมาณโอโซนที่ผลิตได้จะแปรตามระยะเวลานั่นคือ เมื่อใช้เวลาเพิ่มขึ้นปริมาณโอโซนที่ผลิตได้ก็จะเพิ่มขึ้นด้วย และจะสังเกตได้ว่าที่เวลา 25 และ 30 นาที ปริมาณโอโซนที่ผลิตได้มีค่าใกล้เคียงกันและมีแนวโน้มคงที่ ทั้งนี้เนื่องมาจากสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ ที่ใช้ดูดกลืนโอโซน ทำปฏิกิริยากับโอโซนจนถึงจุดสมดุลแล้ว จึงไม่นำค่าปริมาณโอโซนที่ผลิตได้ ณ เวลา 25 และ 30 นาที มาใช้สร้างกราฟมาตรฐาน เพราะจะทำให้ลักษณะของกราฟที่ได้ไม่เป็นเส้นตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องผลิตโอโซน

จากกราฟจะเห็นว่าค่า R^2 มีค่าเข้าใกล้ 1.00 นั่นคือ ปริมาณโอโซนที่เพิ่มขึ้นมีความสัมพันธ์กับเวลา และจากสมการเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ $y = 0.8222x$ สามารถคำนวณหาอัตราการผลิตโอโซนต่อชั่วโมงได้ โดยแทนค่า x เท่ากับ 60 นาที ดังนั้นปริมาณการผลิตโอโซนต่อชั่วโมงเท่ากับ 49.332 มิลลิกรัมต่อชั่วโมง

รูปที่ 4.2 สารละลายที่ผ่านการดักโอโซน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การทดสอบประสิทธิภาพการสกัดสารคาร์โบฟูรานจากถั่วฝักยาว

จากการทดลองทำการสกัดสารคาร์โบฟูรานออกจากถั่วฝักยาวโดยใช้อะซิโตนเป็นตัวสกัด สามารถคำนวณประสิทธิภาพในการสกัดได้ดัง *ตารางที่ 4.2*

ตารางที่ 4.2 แสดงประสิทธิภาพในการสกัดสารคาร์โบฟูรานจากถั่วฝักยาว

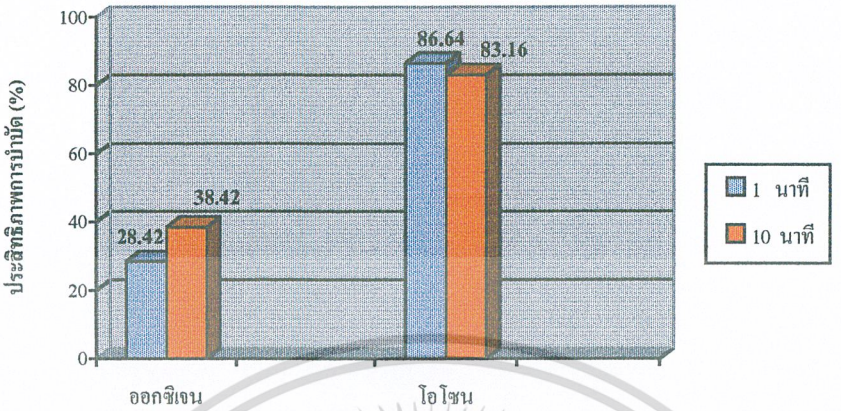
ครั้งที่	ประสิทธิภาพ (%)
1	98.32
2	96.17
3	103.98
4	104.91
เฉลี่ย	100.85

จากการทดลองพบว่าประสิทธิภาพในการสกัดแต่ละครั้งมีค่าแตกต่างกัน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากความสามารถของผู้ทำการทดลองและความแรงในระหว่างขั้นตอนการสกัด

4. 3 การทดสอบประสิทธิภาพการบำบัดสารคาร์โบฟูรานในถั่วฝักยาวโดยใช้โอโซน

จากการทดลองเพื่อศึกษาปริมาณสารคาร์โบฟูรานที่ลดลง โดยการผ่านโอโซนลงในน้ำที่แช่ถั่วฝักยาว แปรค่าเวลาในการบำบัดเป็น 1 และ 10 นาที นอกจากนี้ยังได้ทำการบำบัดโดยผ่านออกซิเจนลงในน้ำที่แช่ถั่วฝักยาวที่สภาวะเดียวกัน เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการบำบัดสารคาร์โบฟูรานในถั่วฝักยาว ระหว่างการใช้โอโซนและออกซิเจนที่สภาวะเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่4.3 กราฟเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดสารคาร์โบฟูรานในถั่วฝักยาวระหว่างการใช้ โอโซนและออกซิเจนที่เวลาในการบำบัด 1 และ 10 นาที ตามลำดับ

จากกราฟการแสดงประสิทธิภาพการบำบัดสารคาร์โบฟูรานในถั่วฝักยาวจะใช้ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ ทั้งในการบำบัดโดยใช้โอโซนและออกซิเจนที่สภาวะเดียวกันพบว่า ที่เวลา 1 นาที ประสิทธิภาพในการบำบัดสารคาร์โบฟูรานโดยใช้โอโซนและออกซิเจน เท่ากับ 86.64 % และ 28.42 % ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.56 และ 23.57 ตามลำดับและที่เวลา 10 นาที ประสิทธิภาพในการบำบัดสารคาร์โบฟูรานโดยใช้โอโซนและออกซิเจน เท่ากับ 83.16 % และ 38.42 % ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 20.35 และ 3.79 ตามลำดับ

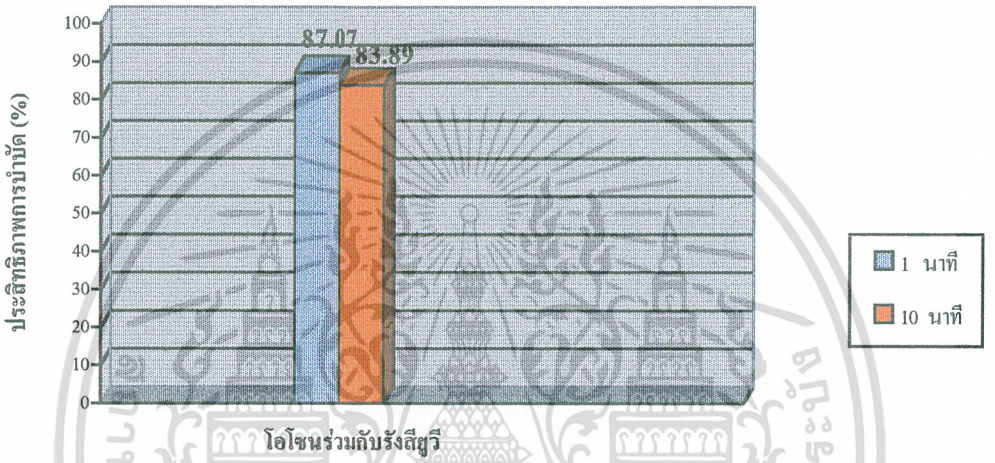
จากผลการทดลองสังเกตได้ว่าการบำบัดโดยใช้โอโซนสามารถลดปริมาณสารคาร์โบฟูรานในถั่วฝักยาวได้ดีกว่าการบำบัดโดยใช้ออกซิเจน ทั้งที่เวลา 1 และ 10 นาที ซึ่งประสิทธิภาพการบำบัดสารคาร์โบฟูรานโดยการใช้โอโซนดีกว่าการใช้ออกซิเจนอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (ภาคผนวก ค)

เมื่อเปรียบเทียบการบำบัดสารคาร์โบฟูรานในถั่วฝักยาวโดยใช้ออกซิเจนที่เวลา 1 และ 10 นาที พบว่าสามารถลดปริมาณสารคาร์โบฟูรานในถั่วฝักยาวได้ใกล้เคียงกัน ซึ่งประสิทธิภาพในการบำบัดด้วยออกซิเจนที่เวลา 1 และ 10 นาที ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมัน 95% (ภาคผนวก ค) สำหรับการบำบัดสารคาร์โบฟูรานในถั่วฝักยาวโดยใช้โอโซนที่เวลา 1 และ 10 นาที ก็สามารถลดปริมาณสารคาร์โบฟูรานในถั่วฝักยาวได้ใกล้เคียงกัน ซึ่งประสิทธิภาพในการบำบัดโดยใช้โอโซนที่เวลา 1 และ 10 นาที ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (ภาคผนวก ค)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การทดสอบประสิทธิภาพการบำบัดสารคาร์โบฟูรานในถั่วฝักยาวโดยใช้โอโซนร่วมกับรังสียูวี

จากการทดลอง ศึกษาการบำบัดสารคาร์โบฟูรานในถั่วฝักยาวโดยใช้โอโซนร่วมกับรังสียูวี ที่สภาวะเดียวกันกับการบำบัดโดยใช้โอโซนและออกซิเจน แปรค่าเวลาในการบำบัดเป็น 1 และ 10 นาที เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดสารคาร์โบฟูรานในถั่วฝักยาวระหว่างการบำบัดโดยใช้โอโซนเพียงอย่างเดียว กับการบำบัดโดยใช้โอโซนร่วมกับรังสียูวี



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงประสิทธิภาพในการบำบัดสาร คาร์โบฟูรานในถั่วฝักยาวโดยใช้โอโซนร่วมกับรังสียูวี

จากกราฟ การแสดงประสิทธิภาพการบำบัดสารคาร์โบฟูรานในถั่วฝักยาวใช้ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 2 ซ้ำ พบว่า ประสิทธิภาพในการบำบัดสารคาร์โบฟูรานโดยใช้โอโซนร่วมกับรังสียูวี ที่เวลา 1 และ 10 นาที เท่ากับ 87.07 % และ 83.89 % มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 6.85 และ 8.76 ตามลำดับ จากการทดลองพบว่าสามารถลดปริมาณสารคาร์โบฟูรานในถั่วฝักยาวได้ใกล้เคียงกัน ซึ่งประสิทธิภาพในการบำบัดสารคาร์โบฟูรานโดยใช้โอโซนร่วมกับรังสียูวี ที่เวลา 1 และ 10 นาที ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (ภาคผนวก ค)

นอกจากนี้การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดสารคาร์โบฟูรานในถั่วฝักยาวโดยใช้ออกซิเจนและโอโซน กับโอโซนควบคู่รังสียูวี ทั้งที่เวลา 1 และ 10 นาที พบว่า ประสิทธิภาพในการบำบัดสารคาร์โบฟูรานโดยการใช้โอโซนร่วมกับรังสียูวีดีกว่าการใช้ออกซิเจน อย่างมีนัยสำคัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % (ภาคผนวก ค) แต่ประสิทธิภาพการบำบัดสารคาร์โบฟูรานระหว่างการใช้โอโซน กับการใช้โอโซนร่วมกับรังสียูวีนั้นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (ภาคผนวก ค)

ทั้งนี้ในการบำบัดโดยใช้โอโซนร่วมกับรังสียูวีควรจะมีประสิทธิภาพดีที่สุด เนื่องมาจากการทำปฏิกริยาระหว่างโอโซนกับรังสียูวี เกิดเป็นไฮดรอกซิลแรดิคัล ($^{\bullet}OH$) ดังสมการ ซึ่งไฮดรอกซิลแรดิคัล เป็นตัวออกซิไดซ์ที่แรง ทำให้เกิดปฏิกริยาออกซิเดชันได้ดี (สุรพล, 2543)

$$O_3 + H_2O \xrightarrow{h\nu} H_2O_2 + O_2 \qquad (4.1)$$

$$H_2O_2 \xrightarrow{h\nu} 2\,{}^{\bullet}OH \qquad (4.2)$$

แต่จากการทดลองประสิทธิภาพในการบำบัดสารคาร์โบฟูรานในถั่วฝักยาวโดยใช้โอโซนร่วมกับรังสียูวีและการบำบัดโดยใช้โอโซนไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (ภาคผนวก ค) อาจเนื่องมาจากหลอดยูวีที่นำมาใช้ในการบำบัดมีกำลัง 8 วัตต์ ซึ่งอาจไม่เพียงพอที่จะทำปฏิกริยากับโอโซนเกิดเป็นไฮดรอกซิลแรดิคัลได้มาก จึงทำให้ประสิทธิภาพที่ได้จากการบำบัดโดยใช้โอโซนร่วมกับรังสียูวีและการบำบัดโดยใช้โอโซนมีค่าที่ใกล้เคียงกัน

สำหรับการสกัดน้ำที่แช่ถั่วฝักยาวซึ่งดำเนินการสกัดเช่นเดียวกัน จากการวิเคราะห์ไม่พบปริมาณสารคาร์โบฟูรานในชุดการทดลอง ดังแสดงในภาคผนวก ข. และภาคผนวก ง.

4.5 ปัญหาที่พบในการทดลอง

1. ในการทดลองเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องผลิตโอโซนเครื่องผลิตโอโซนที่ใช้มีประสิทธิภาพในการผลิตโอโซนสูง ทำให้ปริมาณสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ที่ใช้ในการดักโอโซนอาจมีปริมาณไม่เพียงพอที่จะดักโอโซนได้ จึงทำให้ปริมาณโอโซนที่คำนวณได้คาดเคลื่อนไปจากค่าความเป็นจริง

2. เครื่องระเหยไม่สามารถใช้ได้ทันทีทำให้บางครั้งต้องเก็บสารละลายที่ได้จากการสกัดไว้ใน ตู้เย็นก่อน (มีเฮกเซนเป็นตัวทำละลาย) อาจมีผลทำให้สารคาร์โบฟูรานที่วิเคราะห์ได้คลาดเคลื่อนไปจากความเป็นจริง

3. ในการทดลองต้องมีการกรองสารตัวอย่างก่อนนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC จึงอาจเกิดการตกค้างของสารคาร์โบฟูราน ในภาชนะที่ใช้กรองหรือ อาจเกิดการปนเปื้อนของสารคาร์โบฟูราน ทำให้ผลการวิเคราะห์คลาดเคลื่อนไปจากค่าความเป็นจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ในการทดลองตัวอย่างที่ทำการสกัดได้แต่ละครั้งมีจำนวนมาก และต้องใช้เวลาในการวิเคราะห์ตัวอย่างด้วยเครื่อง HPLC นานถึงตัวอย่างละ 20 นาที จึงไม่สามารถวิเคราะห์ตัวอย่างทั้งหมดที่สกัดได้ภายในวันเดียวได้ทำให้ผลการวิเคราะห์อาจคลาดเคลื่อนไปจากค่าความจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาการบำบัดสารคาร์โบฟูรานในถั่วฝักยาวโดยใช้โอโซนและโอโซนร่วมกับรังสียูวี โดยทดสอบหาปริมาณโอโซนที่ผลิตได้จากเครื่องผลิดโอโซนและเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการบำบัดสารคาร์โบฟูรานในถั่วฝักยาวโดยใช้โอโซนและโอโซนร่วมกับรังสียูวี สามารถสรุปได้ดังนี้

1. อัตราการผลิตโอโซนที่วิเคราะห์ได้จากการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องผลิตโอโซนมีค่าเท่ากับ 49.33 มิลลิกรัมต่อชั่วโมง นั่นคือ ณ เวลาในการบำบัด 1 และ 10 นาที ปริมาณโอโซนที่ใช้มีค่าเป็น 0.822 มิลลิกรัม และ 8.220 มิลลิกรัม ตามลำดับ

2. ประสิทธิภาพในการสกัดสารคาร์โบฟูรานจากถั่วฝักยาวโดยใช้อะซิโตนเป็นตัวสกัดเท่ากับ 100.85%

3. ประสิทธิภาพในการบำบัดสารคาร์โบฟูรานในถั่วฝักยาวโดยใช้โอโซนที่เวลา 1 และ 10 นาที พบว่าสามารถบำบัดปริมาณสารคาร์โบฟูรานได้ถึง 86.64% และ 83.16% ตามลำดับ

4. ประสิทธิภาพในการบำบัดสารคาร์โบฟูรานในถั่วฝักยาวโดยใช้โอโซนร่วมกับรังสียูวีที่เวลา 1 และ 10 นาที พบว่าสามารถบำบัดปริมาณสารคาร์โบฟูรานได้ถึง 87.07% และ 83.89% ตามลำดับ

5. จากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการบำบัดสารคาร์โบฟูรานในถั่วฝักยาวโดยใช้โอโซนและโอโซนร่วมกับยูวี พบว่ามีประสิทธิภาพใกล้เคียงกัน นั่นคือไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

6. จากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการบำบัดสารคาร์โบฟูรานในถั่วฝักยาวโดยใช้ออกซิเจนกับโอโซน พบว่าประสิทธิภาพในการบำบัดสารคาร์โบฟูรานในถั่วฝักยาวโดยใช้โอโซนดีกว่าการใช้ออกซิเจนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. หลอดยูวีที่ใช้ในการทดลองมีกำลังน้อยเกินไปทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัดใกล้เคียงกับการใช้โอโซนเพียงอย่างเดียว ดังนั้นหากทำการศึกษาต่อไป ควรจะใช้หลอดยูวีที่มีกำลังมากกว่าที่ใช้ในการทดลองนี้

2. ศึกษาการลดปริมาณสารคาร์โบฟูรานในถั่วฝักยาวโดยใช้เทคนิคอื่น ๆ เช่น การใช้โอโซนร่วมกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์หรือการใช้โอโซนร่วมกับรังสียูวีและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เป็นต้น เพื่อเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้กับสารพิษชนิดอื่น ๆ ต่อไป

3. ควรศึกษาวิธีการที่เหมาะสมในการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องผลิตโอโซนที่มีอัตราการผลิตโอโซนสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

(1) Cunniff, P.; **Official Method of Analysis of AOAC International.** 16th Edition , 1(89),Gaitherburg, MD, 1995.

(2) Francis, L.; **Ozone in Water and Wastewater Treatment.** ,Ann Abor Scient Publishers: 102-104,1972.

(3) Hoigne, J.; Bader, H.; The role of hydroxyl radical reactions in ozonation processes in aqueos solutions. **Wat.Res.**1976. 10(8),377-386.

(4) James, P.; Lodge, Jr.; **Methods of Air Sampling and Analysis .** 3rd Edition.,Lewis Publishers, Inc.: 427-439, 1991.

(5) Kornsitthikul, C.; **Alternative Treatment of Petrol Station Wastewater.** ,Thesis .AIT,1998.

(6) Langlais, B.; Reckhow, D.A; Brink,Deborah R.; **Ozone in Water Treatment.** 2nd Edition , USA, 1991.

(7) Lawrence, J.F.; Leduc R.; Direct analysis of Carbofuran and two nonconjugated metabolites in crops by HPLC with UV absorption detection. **J. Agric.Food.Chem.** 1977. 25(6), 1362-1365.

(8) Laclair, L.M.; Roesen, H.M. ; **Ozonation application : the use of high – purity oxygen in the activated sludge process.**USA., 1978.

(9) Manahan, S.E.; **Fundamentals of Environmental Chemistry.** USA, 1993.

(10)Metcalf & Eddy. ; **Wastewater Engineering : Treatmant, Disposal, Reuse .** New York., 1991.

(11)Saltzman, B.I.; Warburg, A.F.; Absorption Tube for Removal of Interfering sulfur dioxide in Analysis of Atmospheric Oxidant . **Anal. Chem.**1965. 37:779.

(12)Serge, C. ; Fernadez- Alba, A. ; Rodriguez, A.; Garcid- Calvo, E.; Pesticide chemical oxidation : state of the art. **Wat.Res.** 2000. 34(2),366-377.

(13)Sine, C.; **Farm Chemical handbook ' 99.** New York , 1999.

(14) Zwiener, C. ; Frimmel ,F.H.; **Wat. Res.**2000. 34(6), 1881-1885.

(15) กิ่งแก้ว ปานต้อย และคนอื่นๆ.“ การลดปริมาณสารมีพิษตกค้างใน / บน ผลไม้,”. **ข่าวสารวัตถุมีพิษ**.12(2):44-50;มีนาคม-เมษายน,2528.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(16) จันทิพย์ ธำรงค์ศรีสกุล และคนอื่นๆ." การลดปริมาณสารมีพิษชนิดคาร์โบฟูแรนในน้ำ , ". **ข่าวสารวัตถุมีพิษ**.11(3):94-98;พฤษภาคม-มิถุนายน,2527.

(17) จิราพร ศรีพลากิจและถาวร ท้วมเจริญ." การวิเคราะห์ cabofuran โดยวิธี HPLC,". **ข่าวสารวัตถุมีพิษ**. 22(2):เมษายน-มิถุนายน,2538.

(18) ถวิล จอมเมือง." ประโยชน์ของโอโซน,".**วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ**ฉบับที่125: มกราคม,2534.

(19) ที.เจ.ซี. เคมี จำกัด, บริษัท. **คู่มือการใช้ผลิตภัณฑ์ของบริษัทที.เจ.ซี.เคมี จำกัด** กรุงเทพฯ ,2543.

(20) บัณฑิต ดำรักษ์และศิรพันธ์ สุขมาก." วิจัยชนิด และปริมาณสารพิษตกค้างกลุ่มออร์แกโนฟอสเฟต และคาร์บาเมตในพืชผัก,".**ข่าวสารวัตถุมีพิษ**. 23(2):51-52;เมษายน-มิถุนายน,2539.

(21) ปรีชา พุทธิปรีชาพงศ์.**สารกำจัดศัตรูพืชในประเทศไทย .** กรุงเทพฯ : กองควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร กรมวิชาการเกษตร, 2537.

(22) พนิดา ไชยยันต์บรูณ์และคนอื่นๆ."การสลายตัวของคาร์โบฟูแรนที่ใช้กับข้าวซึ่งปลูกจากดินชนิดต่างๆ,".**ข่าวสารวัตถุมีพิษ**. 20(1):15-22; มกราคม-มีนาคม,2536.

(23) พิสิฏฐ์ สินทราภัย. " เรื่องของโอโซน,". **วารสารข่าวพปส**.6(2):5-7;มีนาคม,2534.

(24) ไมตรี สุทธิจิตต์**สารพิษรอบตัวเรา.** เชียงใหม่:ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2531.

(25) รพีพัฒน์ ชคัตประกาศ.**คู่มือการอบรมการใช้สารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์อย่างปลอดภัย.** กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,2540.

(26) วงศ์พันธ์ ลิมปเสนีย์และคนอื่นๆ . **มลภาวะอากาศ.**กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์ ,2538.

(27) ศิริพันธ์ สุขมากและสุวิมล เลิศวีระศิริกุล. "วิจัยเพื่อลดปริมาณสารพิษตกค้างคาร์โบซัลแฟนในถั่วฝักยาวเพื่อกำหนดค่าปามาณสูงสุดของสารพิษตกค้าง,". **ข่าวสารวัตถุมีพิษ** . 249(3): 127-132; กรกฎาคม-กันยายน,2540.

(28) สมนึก วงศ์ทอง.**สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช.**กรุงเทพฯ:ภาควิชากีฏวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,2539.

(29) สุรพล รักปทุม, นายแพทย์. **โอโซนเพื่อชีวิตและสังคม.** กรุงเทพฯ: ชนนิยม,2543.

(30) สุวรรณ ไชยสิทธิ์, ผู้ช่วยศาสตราจารย์. , **ปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์.** กรุงเทพฯ : ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2539.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(31)อภิชัย คาวรายและคนอื่นๆ. " ผลของยาฆ่าแมลงพวกออร์แกโนฟอสเฟตและคาร์บาเมตที่มีผลต่อแมลงศัตรูถั่วเขียว,แมลงศัตรูธรรมชาติและสัตว์อื่นๆในระบบนิเวศ,".**ข่าวงานวิจัยและเทคโนโลยี.** 2(6) :1-2 ;มีนาคม ,2526.

(32)อุมาพร จันทศร. **สถิติเบื้องต้น**. กรุงเทพฯ : ภาควิชาสถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2537.

(33)อำนาจ ตันติวานิช. "โอโซน,".**วารสารวิทยาศาสตร์** .33(5):39-41;พฤษภาคม, 2522.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

การเตรียมสารละลาย

1. การเตรียมสารละลายสำหรับการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องผลิตโอโซน

1.1 เตรียมสารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟตเข้มข้น 0.025 นอร์มัล

ชั่งโซเดียมไทโอซัลเฟต 3.9526 กรัมใส่ในบีกเกอร์ ละลายด้วยน้ำที่ปราศจากไอออน ถ่ายสารละลายผ่านกรวยกรองใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 1000 มิลลิลิตร ล้างกรวยและบีกเกอร์ด้วยน้ำที่ปราศจากไอออนลงสู่ขวดวัดปริมาตรแล้วเจือจางด้วยน้ำที่ปราศจากไอออนจนถึงขีดบอกปริมาตร เขย่าขวดให้สารละลายเข้ากัน เติมโซเดียมไบคาร์บอเนต 0.1 กรัม เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องอย่างน้อย 1 วัน ก่อนใช้หาความเข้มข้นที่แน่นอนโดยการไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไอโอเดตเข้มข้น 0.025 นอร์มัล

1.2 เตรียมสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไอโอเดตเข้มข้น 0.025 นอร์มัล

ชั่งโพแทสเซียมไอโอเดต 0.5350 กรัมใส่ในบีกเกอร์ ละลายด้วยน้ำที่ปราศจากไอออน ถ่ายผ่านสารละลายผ่านกรวยกรองใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร ล้างกรวยและบีกเกอร์ด้วยน้ำที่ปราศจากไอออนลงสู่ขวดวัดปริมาตรแล้วเจือจางด้วยน้ำที่ปราศจากไอออนจนถึงขีดบอกปริมาตร เขย่าขวดให้สารละลายเข้ากัน

1.3 เตรียมสารละลายสตอคไอโอดีนเข้มข้น 0.025 โมลาร์

ชั่งโพแทสเซียมไอโอไดด์ 16 กรัม และเกล็ดไอโอดีน 3.173 กรัม ละลายด้วยน้ำที่ปราศจากไอออน ถ่ายผ่านสารละลายผ่านกรวยกรองใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 500 มิลลิลิตร ล้างกรวยและบีกเกอร์ด้วยน้ำที่ปราศจากไอออน ลงสู่ขวดวัดปริมาตรแล้วเจือจางด้วยน้ำที่ปราศจากไอออนจนถึงขีดบอกปริมาตร เขย่าขวดให้สารละลายเข้ากันเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องอย่างน้อย 1 วัน ก่อนใช้หาความเข้มข้นที่แน่นอน ด้วยการไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟตเข้มข้น 0.025 นอร์มัล

1.4 เตรียมสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ 1% โดยมวล ในบัฟเฟอร์ฟอสเฟต 0.1 โมลาร์

ชั่งสารโพแทสเซียมไอโอไดด์ 200 กรัม โพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต 272 กรัม และ โซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต 284 กรัม ละลายด้วยน้ำที่ปราศจากไอออน ปรับปริมาตรเป็น 20 ลิตร ด้วยน้ำที่ปราศจากไอออน แล้วนำไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องอย่างน้อย 1 วัน โดยมิให้ถูกแสงแดดส่องโดยตรง ก่อนใช้วัดค่าพีเอชและปรับให้เป็น 6.8 ± 0.2 ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 0.1 โมลาร์ หรือโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตเข้มข้น 0.1 โมลาร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

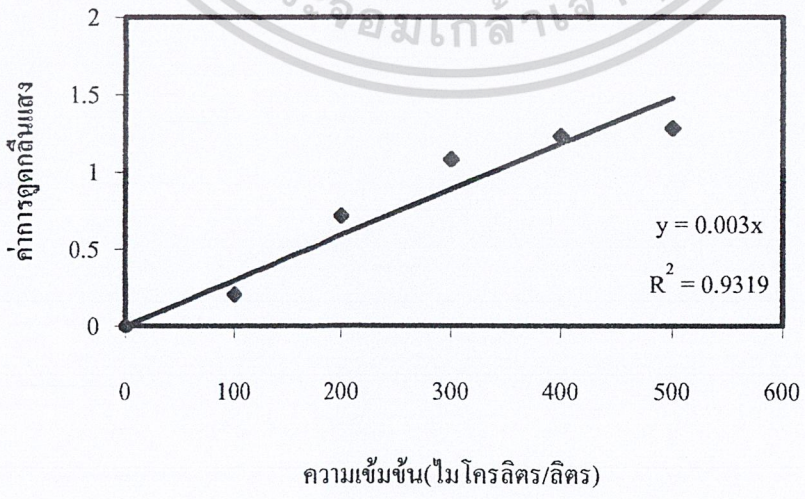
ข้อมูลผลการวิจัย

1. การทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องผลิตโอโซน

ตาราง ข-1 ผลการทำกราฟมาตรฐาน

ความเข้มข้น O_3 (ไมโครลิตร / ลิตร)	ค่าการดูดกลืนแสง
0	0.00
100	0.208
200	0.715
300	1.082
400	1.231
500	1.284

รูป ข-1 กราฟมาตรฐาน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ข-2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องผลิตโอโซน

เวลา(นาที)	ค่าการดูดกลืนแสง	ปริมาตร O_3(ml.)	ปริมาณ O_3(mg.)
0	0.000	0.000	0.000
5	0.185	1.233	2.419
10	0.639	4.261	8.382
15	1.003	6.688	13.156
20	1.233	8.220	16.171

คำนวณหาปริมาณโอโซนที่ผลิตได้ในเวลา 5 นาที

จากกราฟมาตรฐาน

$y = 0.003x$

$x = 0.185/0.003 = 61.667\ \mu L/L$

สารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ที่ใช้ในการดักโอโซนมีปริมาตร 20 ลิตร

ดังนั้น ปริมาตรโอโซนที่ผลิตได้ในเวลา 5 นาที $= (61.667\ \mu L/L)(20\ L)$

$= 1.233$ ml.

โดยอุณหภูมิขณะทำการทดลอง 25 องศาเซลเซียส ความดัน 1 บรรยากาศ

ที่สภาวะมาตรฐาน โอโซน 1 โมล มีปริมาตร 24.4 ลิตร

ดังนั้น ปริมาณโอโซนที่ผลิตได้ในเวลา 5 นาที ที่สภาวะมาตรฐาน

$$= 1.233\ ml \times \frac{1\ mol\ O_3}{24.4\ L} \times \frac{48.00\ gO_3}{1\ mol\ O_3}$$

$= 2.419$ mg.

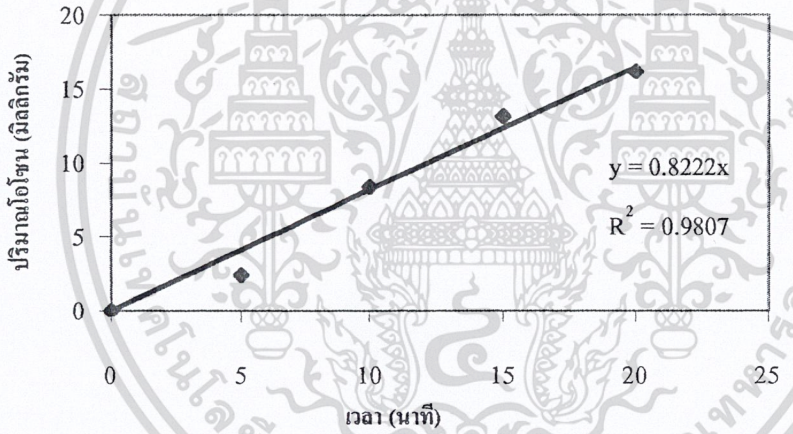
สำหรับ ปริมาณโอโซนที่ผลิตได้ ณ เวลา 10 15 และ 20 นาที สามารถคำนวณได้โดยวิธีเช่นเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ข-3 ปริมาณโอโซนที่ผลิตได้

เวลา (นาที)	ปริมาณโอโซนที่ผลิตได้ (มก.)
0	0.000
5	2.419
10	8.382
15	13.156
20	16.171

รูป ข-2 กราฟมาตรฐาน



อัตราการผลิตโอโซนของเครื่องผลิตโอโซน = 0.8222 (60)

= 49.332 mg/hour

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การทดสอบประสิทธิภาพการสกัดสารคาร์โบฟูรานจากถั่วฝักยาว

ตาราง ข-4 ประสิทธิภาพในการสกัดสารคาร์โบฟูรานจากถั่วฝักยาว

ครั้งที่	ปริมาณสารคาร์โบฟูราน (mg/L)		ประสิทธิภาพการสกัด (%)
	ในถั่วฝักยาวที่ไม่มีการฉีดพ่นสารคาร์โบฟูราน	ในถั่วฝักยาวที่มีการฉีดพ่นสารคาร์โบฟูราน	
1	33.97	56.68	98.32
2	39.39	61.61	96.17
3	23.24	47.26	103.96
4	27.53	51.77	104.91
เฉลี่ย			100.85

หมายเหตุ -ฉีดพ่นสารคาร์โบฟูราน 23.1 มิลลิกรัมต่อลิตร

3. การบำบัดสารคาร์โบฟูรานในถั่วฝักยาวโดยใช้ออกซิเจน

ตาราง ข-5 แสดงปริมาณสารคาร์โบฟูรานในถั่วฝักยาวและน้ำที่บำบัดโดยใช้ออกซิเจน

เวลา (นาที)	ครั้งที่	ปริมาณสารคาร์โบฟูราน (mg/L)			
		ในถั่วฝักยาวที่ไม่มีการฉีดพ่นสารคาร์โบฟูราน	ในน้ำ	ในถั่วฝักยาวที่มีการฉีดพ่นสารคาร์โบฟูราน	ในน้ำ
1	1	19.36	-	41.34	-
	2	22.14	-	33.25	-
	3	18.18*	-	28.33	-
10	1	18.73	-	34.00	-
	2	22.82	-	4.39*	-
	3	11.61	-	24.96	-

หมายเหตุ * ไม่นำมาใช้ในการคำนวณเนื่องจากพืดที่ได้จากการวิเคราะห์มีความผิดพลาด

-ฉีดพ่นสารคาร์โบฟูราน 23.1 มิลลิกรัมต่อลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ข-6 ประสิทธิภาพในการบำบัดสารคาร์โบฟูรานโดยใช้ออกซิเจน

เวลา (นาที)	ครั้งที่	ประสิทธิภาพการบำบัดสารคาร์โบฟูราน (%)
1	1	4.85
	2	51.98
	3	56.06*
	เฉลี่ย	**28.42**
10	1	34.63
	2	179.80*
	3	42.21
	เฉลี่ย	**38.42**

หมายเหตุ * ไม่นำมาใช้ในการคำนวณเนื่องจากพีคที่ได้จากการวิเคราะห์มีความผิดพลาด

4. การบำบัดสารคาร์โบฟูรานในถั่วฝักยาวโดยใช้โอโซน

ตาราง ข-7 ปริมาณสารคาร์โบฟูรานในถั่วฝักยาวและน้ำที่มีการบำบัดโดยใช้โอโซน

เวลา (นาที)	ครั้งที่	ปริมาณสารคาร์โบฟูราน (mg/L)			
		ในถั่วฝักยาวที่ไม่มีการฉีดพ่นสารคาร์โบฟูราน	ในน้ำ	ในถั่วฝักยาวที่มีการฉีดพ่นสารคาร์โบฟูราน	ในน้ำ
1	1	16.96	-	19.45	-
	2	17.56	-	21.81	-
	3	11.83	-	14.34	-
10	1	14.56	-	13.75	-
	2	15.81	-	24.40	-
	3	12.04	-	19.80*	-

หมายเหตุ - ฉีดพ่นสารคาร์โบฟูราน 23.1 มิลลิกรัมต่อลิตร

* ไม่นำมาใช้ในการคำนวณเนื่องจากพีคที่ได้จากการวิเคราะห์มีความผิดพลาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ข-8 ประสิทธิภาพในการบำบัดสารคาร์โบฟูรานโดยใช้โอโซน

เวลา (นาที)	ครั้งที่	ประสิทธิภาพการบำบัดสารคาร์โบฟูราน (%)
1	1	89.22
	2	81.60
	3	89.11
	เฉลี่ย	**86.64**
10	1	103.51
	2	62.81
	3	66.47*
	เฉลี่ย	**83.16**

หมายเหตุ * ไม่นำมาใช้ในการคำนวณเนื่องจากพีคที่ได้จากการวิเคราะห์มีความผิดพลาด

5. การบำบัดสารคาร์โบฟูรานในถั่วฝักยาวโดยใช้โอโซนร่วมกับรังสียูวี

ตาราง ข-9 ปริมาณสารคาร์โบฟูรานในถั่วฝักยาวและน้ำที่มีการบำบัดโดยใช้โอโซนร่วมกับรังสียูวี

เวลา (นาที)	ครั้งที่	ปริมาณสารคาร์โบฟูราน (mg/L)			
		ในถั่วฝักยาวที่ไม่มีการฉีดพ่นสารคาร์โบฟูราน	ในน้ำ	ในถั่วฝักยาวที่มีการฉีดพ่นสารคาร์โบฟูราน	ในน้ำ
1	1	-	-	-	-
	2	15.06	-	16.51	-
	3	8.93	-	13.50	-
10	1	-	-	-	-
	2	15.25	-	16.94	-
	3	9.76	-	15.51	-

หมายเหตุ - ฉีดพ่นสารคาร์โบฟูราน 23.1 มิลลิกรัมต่อลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ข-10 ประสิทธิภาพในการบำบัดสารคาร์โบฟูรานโดยใช้โอโซนร่วมกับรังสียูวี

เวลา (นาที)	ครั้งที่	ประสิทธิภาพการบำบัดสารคาร์โบฟูราน (%)
1	1	-
	2	93.92
	3	80.22
	เฉลี่ย	**87.07**
10	1	-
	2	92.68
	3	75.11
	เฉลี่ย	**83.89**

คำนวณหาประสิทธิภาพในการบำบัดสารคาร์โบฟูราน (%)

ที่การบำบัดโดยใช้ออกซิเจน 1 นาที ครั้งที่ 1

จาก *ตาราง ข –5*

ปริมาณสารคาร์โบฟูรานที่พบในถั่วฝักยาวที่ไม่มีการฉีดพ่นสารคาร์โบฟูราน = 19.36 mg/l

ปริมาณสารคาร์โบฟูรานที่พบในถั่วฝักยาวที่มีการฉีดพ่นสารคาร์โบฟูราน = 41.34 mg/l

ปริมาณสารคาร์โบฟูรานที่พบในถั่วฝักยาว = 41.34 - 19.36 = 21.98 mg/l

= 0.06594 mg / 3 ml

เนื้อสารเริ่มต้น (300 mg / l)(0.231 ml) = 0.0693 mg หลังการบำบัดตรวจพบ 0.06594 mg

ถ้าเนื้อสารเริ่มต้น 100 mg หลังการบำบัดจะตรวจพบ (0.06594)(100) / (0.0693) = 95.15

ดังนั้นประสิทธิภาพในการบำบัดสารคาร์โบฟูราน = 100.00 - 95.15 = 4.85 %

สำหรับประสิทธิภาพในการบำบัดสารคาร์โบฟูรานโดยใช้ออกซิเจน โอโซน และโอโซนร่วมกับรังสียูวี ที่เวลา 1 และ 10 นาที สามารถคำนวณได้โดยวิธีเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

การทดสอบข้อมูลทางสถิติ

ตาราง ค-1 การทดสอบสมมติฐานการบำบัดโดยการใช้ออกซิเจน โอโซนและโอโซนควบคู่รังสียูวี ที่เวลา 1 และ 10 นาที

วิธีการบำบัด	คู่เปรียบเทียบ	ระดับความเชื่อมั่น (%)	df	t (cal.)	t (table)	ผลการทดสอบสมมติฐาน
ออกซิเจน	1 นาที กับ 10 นาที	95	2	0.593	2.920	ไม่แตกต่าง
โอโซน	1 นาที กับ 10 นาที	95	2	0.239	2.920	ไม่แตกต่าง
โอโซนร่วมกับรังสียูวี	1 นาที กับ 10 นาที	95	2	0.403	2.920	ไม่แตกต่าง

ตาราง ค-2 การทดสอบสมมติฐานการบำบัดโดยการใช้ออกซิเจนเพียงอย่างเดียว โอโซนเพียงอย่างเดียว และ โอโซนควบคู่รังสียูวี ที่เวลา 1 นาที

คู่เปรียบเทียบ	ระดับความเชื่อมั่น (%)	df	t (cal.)	t (table)	ผลการทดสอบสมมติฐาน
โอโซนกับออกซิเจน	95	2	3.468	2.920	โอโซนดีกว่าออกซิเจน
โอโซนควบคู่รังสียูวีกับออกซิเจน	95	2	3.380	2.920	โอโซนควบคู่รังสียูวีดีกว่าออกซิเจน
โอโซนกับโอโซนควบคู่รังสียูวี	95	2	0.081	2.920	ไม่แตกต่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ค-3 การทดสอบสมมติฐานการบำบัดโดยใช้ออกซิเจนเพียงอย่างเดียว โอโซนเพียงอย่างเดียว และ โอโซนควบคู่รังสียูวี ที่เวลา 10 นาที

คู่เปรียบเทียบ	ระดับความเชื่อมั่น (%)	df	t (cal.)	t (table)	ผลการทดสอบสมมติฐาน
โอโซนกับออกซิเจน	95	2	3.056	2.920	โอโซนดีกว่าออกซิเจน
โอโซนควบคู่รังสียูวีกับออกซิเจน	95	2	6.722	2.920	โอโซนควบคู่รังสียูวีดีกว่าออกซิเจน
โอโซนกับโอโซนควบคู่รังสียูวี	95	2	0.047	2.920	ไม่แตกต่าง

หมายเหตุ – สถิติที่ใช้ทดสอบคือ t- test

ตัวอย่างการคำนวณการทดสอบทางสถิติ

จากสูตร $$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}}$$

และ $$df = \frac{\left(\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}\right)^2}{\frac{\left(\frac{S_1^2}{n_1}\right)^2}{n_1 - 1} + \frac{\left(\frac{S_2^2}{n_2}\right)^2}{n_2 - 1}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างการคำนวณ t- test ที่การเปรียบเทียบระหว่างการใช้โอโซน 1 และ 10 นาที ;

สมมติฐาน

H_0 = ประสิทธิภาพในการบำบัดสารคาร์โบฟูรานด้วยโอโซนที่เวลา 1 และ 10 นาทีไม่แตกต่างกัน

H_1 = ประสิทธิภาพในการบำบัดสารคาร์โบฟูรานด้วยโอโซนที่เวลา 1 ดีกว่าประสิทธิภาพ ในการบำบัดสารคาร์โบฟูรานด้วยโอโซนที่เวลา 10 นาที

$$t = \frac{86.64 - 83.16}{\sqrt{\frac{12.7196}{3} + \frac{414.1225}{2}}} = \frac{3.48}{14.5362} = 0.2396$$

$$df = \frac{\left(\frac{12.7196}{3} + \frac{414.1225}{2}\right)^2}{\frac{\left(\frac{12.7196}{3}\right)^2}{2} + \frac{\left(\frac{414.1225}{2}\right)^2}{1}} = \frac{44648.16192}{42883.34948} = 1.0400$$

เปิดค่าวิกฤตของ t จากตาราง การแจกแจงแบบ t

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 , df = 2 ค่า t เท่ากับ 2.920

0.2396 < 2.920

ค่า t จากการคำนวณ < ค่า t จาก*ตาราง ค-4*

ยอมรับ H_0 ปฏิเสธ H_1

นั่นคือประสิทธิภาพในการบำบัดสารคาร์โบฟูรานด้วยโอโซนที่เวลา 1 และ 10 นาทีไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

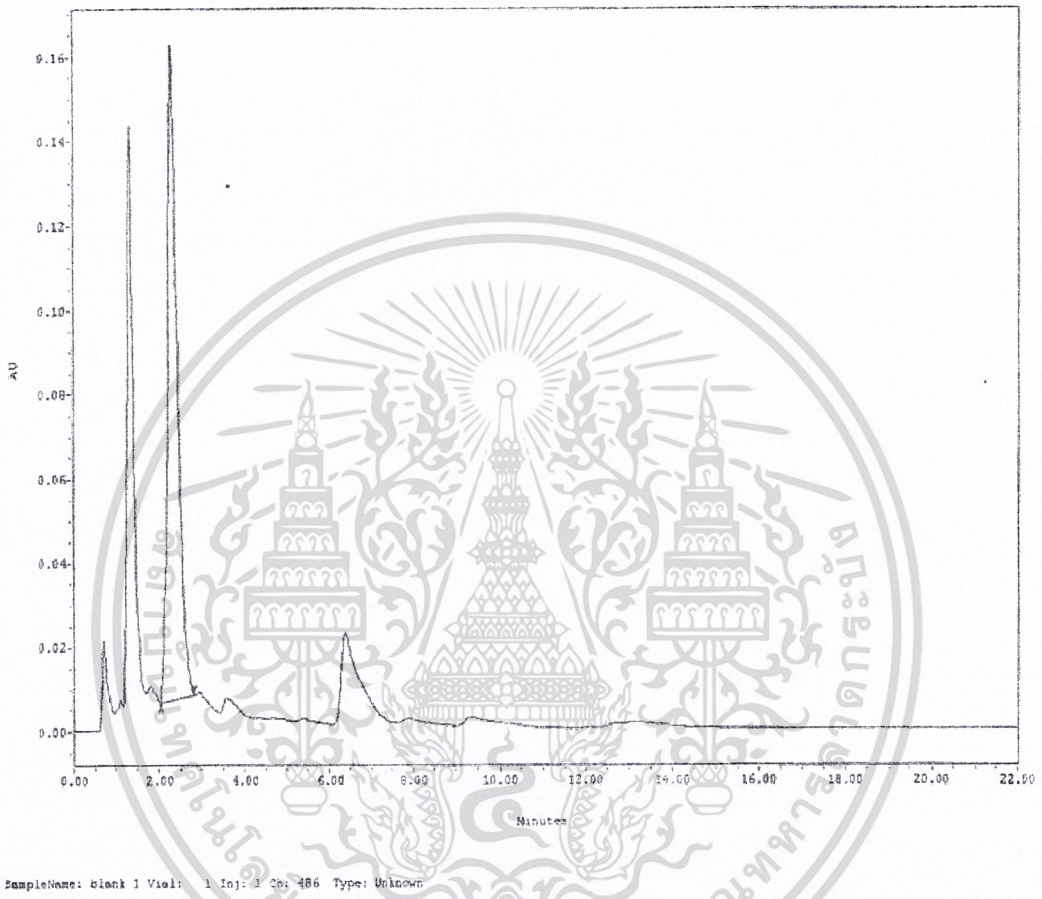
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางค-4 ค่าวิกฤตของ t จากตารางการแจกแจงแบบ t

df	ระดับนัยสำคัญ					
	0.10	**0.05**	**0.025**	**0.01**	**0.005**	**0.0005**
1	3.078	66.314	12.706	31.821	63.657	636.619
2	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925	31.598
3	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841	12.941
4	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604	8.610
5	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032	6.859
6	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707	5.959
7	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499	5.405
8	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355	5.041
9	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250	4.781
10	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169	4.587
11	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106	4.437
12	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055	4.318
13	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012	4.221
14	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977	4.140
15	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947	4.073
16	1.337	1.746	2.120	2.583	2.021	4.015
17	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898	3.965
18	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878	3.922
19	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861	3.883
20	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845	3.850

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง
กราฟจากการวิเคราะห์



รูปที่ ง- 1 กราฟจากการวิเคราะห์สารคาร์โบฟูรานที่สกัดจากตัวอย่างถั่วฝักยาวด้วยเครื่อง HPLC

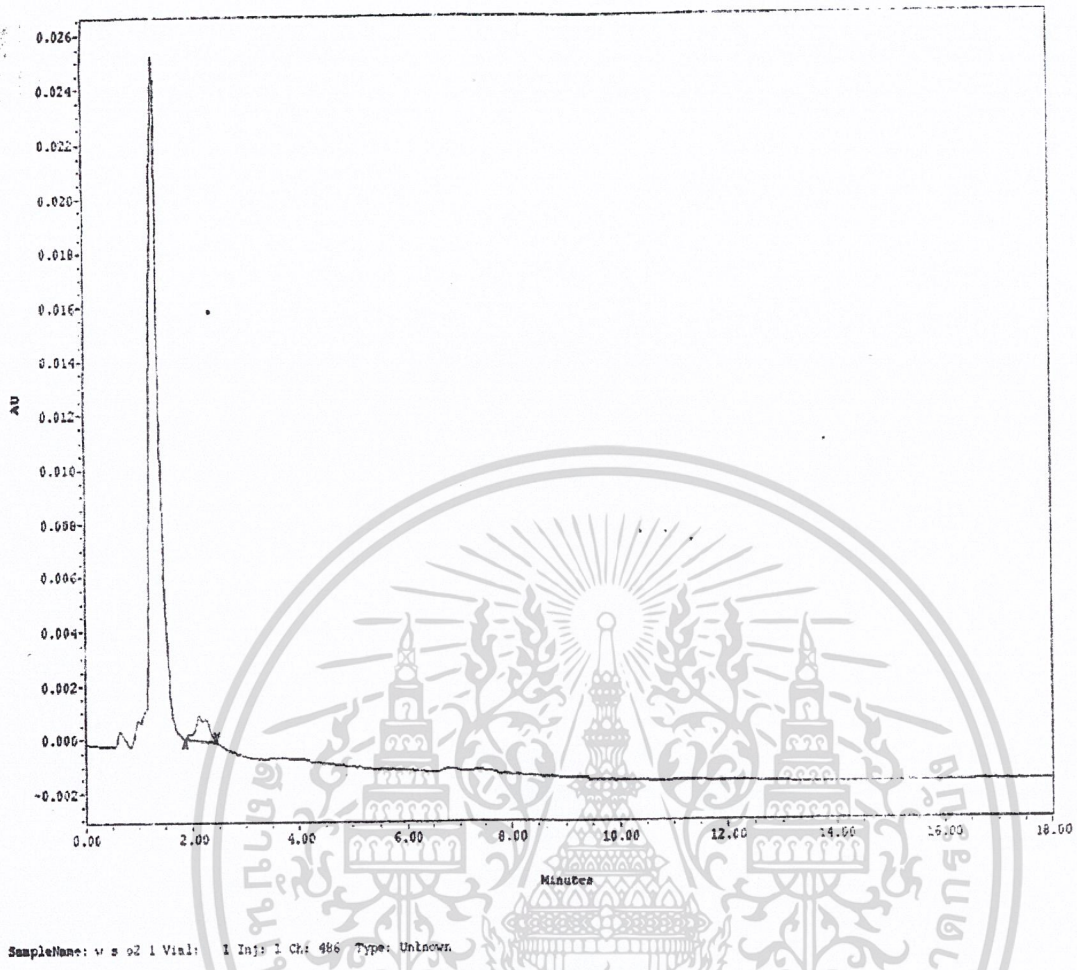
ปรับเครื่อง HPLC เพื่อใช้งาน ดังนี้

Mobile phase : Methanol / Water 60 / 40

Flow rate : 1.1 ml. / min.

Injection : 10 µl.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง- 2 กราฟจากการวิเคราะห์สารคาร์โบฟูรานที่สกัดจากน้ำผ่านการบำบัด

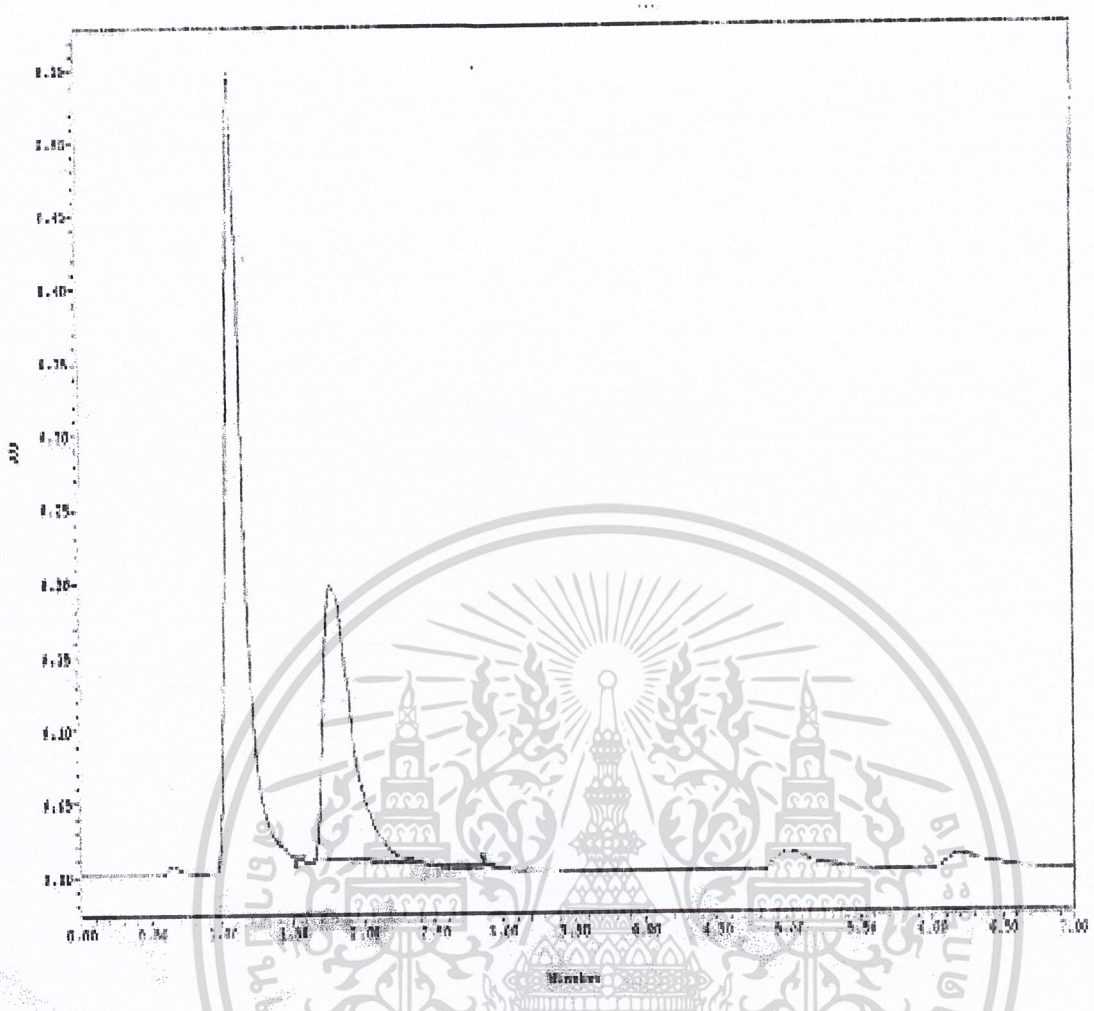
ปรับเครื่อง HPLC เพื่อใช้งาน ดังนี้

Mobile phase : Methanol / Water 60 / 40

Flow rate : 1.1 ml. / min.

Injection : 10 µl.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง- 3 กราฟจากการวิเคราะห์สารมาตรฐานคาร์โบฟูราน

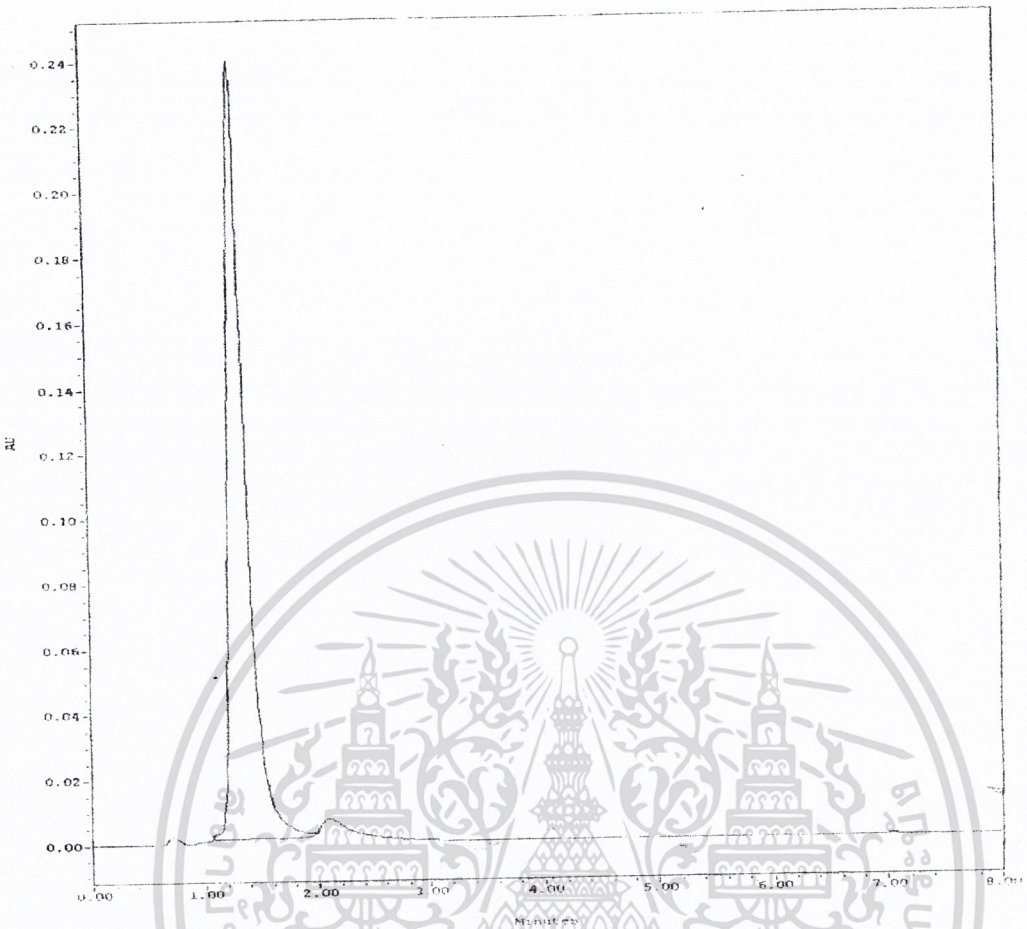
ปรับเครื่อง HPLC เพื่อใช้งาน ดังนี้

Mobile phase : Methanol / Water 60 / 40

Flow rate : 1.1 ml. / min.

Injection : 10 µl.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง- 4 กราฟจากการวิเคราะห์เมทานอลด้วยเครื่อง HPLC

ปรับเครื่อง HPLC เพื่อใช้งาน ดังนี้

Mobile phase : Methanol / Water 60 / 40

Flow rate : 1.1 ml. / min.

Injection : 10 µl.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้