

การลดปริมาณการตกค้างของสารฆ่าแมลงเมทาไมโดฟอสในผักคะน้าโดยการ
ใช้ไอโซนร่วมกับรังสียูวี



นางสาวกนกวรรณ ศิริวรรณดี
นายสรายุทธ เรืองพงษ์สาร



เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 40041
วัน, เดือน, ปี 24 ก.ค. 2544

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

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Reduction of Methamidophos Residue in Chinese Kale by
Ozone Combined with Ultraviolet Radiation



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

การลดปริมาณการตกค้างของสารฆ่าแมลงเมทาไมโดฟอสในผักคะน้าโดยการใช้องค์ชีวร่วมกับรังสียูวี

นางสาวกนกวรรณ ศิริวรรณดี
นายสรายทอ เรืองพงษ์สาร

เคมี

ดร.ชมพูนท ไชยรักษ์

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อนุมัติให้นับโครงการพิเศษฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตร
บัณฑิต

หัวหน้าภาควิชาเคมี

ประธานกรรมการ

กรรมการ

กรรมการ

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาเคมี

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

หัวข้อโครงการพิเศษ	การลดปริมาณการตกค้างของสารฆ่าแมลงเมทาไมโดฟอสในผักคะน้าโดยการใช้ไอโซนร่วมกับรังสียูวี
นักศึกษา	นางสาวกนกวรรณ ศิริวรรณดี นายสรายุทธ เรืองพงษ์สาร
ระดับการศึกษา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต
ภาควิชา	เคมี
สาขา	เคมีทรัพยากรสิ่งแวดล้อม
ปีการศึกษา	2543
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.ชมพูนุท ไชยรักษ์

บทคัดย่อ

โครงการพิเศษนี้เป็นการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดปริมาณการตกค้างของสารฆ่าแมลงเมทาไมโดฟอสในผักคะน้าโดยการใช้ออกซิเจน ไอโซนและไอโซนร่วมกับรังสียูวี ซึ่งทำการแปรค่าเวลาที่ใช้ในการบำบัดเป็น 1 นาที และ 10 นาทีตามลำดับ จากการทดลองที่เวลา 1 นาที และ 10 นาที พบว่าเปอร์เซ็นต์การกำจัดสารฆ่าแมลงที่ได้จากวิธีการบำบัดโดยการใช้ออกซิเจนจะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับเปอร์เซ็นต์การกำจัดสารฆ่าแมลงที่ได้จากวิธีการใช้ไอโซนที่ระดับความเชื่อมั่น 99% กล่าวคือ วิธีการใช้ออกซิเจนจะให้เปอร์เซ็นต์การกำจัดสารฆ่าแมลงเพียง 7.60% และ 29.80% ตามลำดับ ในขณะที่วิธีการใช้ไอโซนจะให้เปอร์เซ็นต์การกำจัดสารฆ่าแมลงสูงถึง 45.45% และ 59.04% ตามลำดับ แต่เปอร์เซ็นต์การกำจัดสารฆ่าแมลงที่ได้จากวิธีการใช้ไอโซนไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับเปอร์เซ็นต์การกำจัดสารฆ่าแมลงที่ได้จากวิธีการใช้ไอโซนร่วมกับรังสียูวีที่ระดับความเชื่อมั่น 99% กล่าวคือวิธีการใช้ไอโซนร่วมกับรังสียูวีนั้นให้เปอร์เซ็นต์การกำจัดสารฆ่าแมลงเพียง 47.06% และ 62.99% ตามลำดับเท่านั้น และเมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างการบำบัดด้วยออกซิเจนที่เวลา 1 นาที และ 10 นาที พบว่า ที่เวลา 10 นาที จะให้เปอร์เซ็นต์การกำจัดสารฆ่าแมลงสูงกว่าเปอร์เซ็นต์การกำจัดสารฆ่าแมลงด้วยออกซิเจนที่เวลา 1 นาที ประมาณ 292.00% หรือประมาณ 4 เท่า และในการบำบัดด้วยไอโซนและไอโซนร่วมกับรังสียูวี ที่เวลา 10 นาที จะให้เปอร์เซ็นต์การกำจัดสารฆ่าแมลงสูงกว่าเปอร์เซ็นต์การกำจัดสารฆ่าแมลงของไอโซนและไอโซนร่วมกับรังสียูวีที่เวลา 1 นาทีในปริมาณที่ใกล้เคียงกันคือประมาณ 29.90% หรือประมาณ 3 เท่า ซึ่งจะเห็นว่า เมื่อเวลาที่ใช้ในการบำบัดเพิ่มขึ้นหรือเทียบได้กับปริมาณของออกซิเจนหรือไอโซนที่ใช้ในการบำบัดที่เพิ่มขึ้น จะมีผลต่อเปอร์เซ็นต์การกำจัดสารฆ่าแมลงในการบำบัดด้วยเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Project Title	Reduction of Methamidophos Residue in Chinese Kale By Ozone Combined with Ultraviolet Radiation
Name	Miss Kanogwan Siriwandee Mr. Sarayuth Ruengpongsarn
Major	Chemistry
Department	Environmental Resource Chemistry
Academic Year	2000
Special Project Advisor	Dr. Chompoonut Chaiyaraksa

Abstract

In this study , the efficiency of methamidophos reduction by O_2 , O_3 and O_3/UV were compared . Time of treatments were 1 and 10 minutes for all methods. It was found that the treatment efficiency of O_3 and O_3/UV were similar . The O_3 treatment efficiency for 1 and 10 minutes were 45.45 % and 59.04% , respectively. The O_3/UV treatment efficiency for 1 and 10 minutes were 47.06 % and 62.99% , respectively. Oxygen gave the least efficiency which were 7.60% and 29.80% for 1 minute and 10 minutes, respectively. The treatment efficiency by O_2 at 10 minutes was about 292.00% or 4 time higher than at 1 minute . The treatment efficiency of O_2 , O_3 / UV at 10 minutes was about 29.90% or 3 time higher than at 1 minute .

กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษเล่มนี้ สำเร็จลุล่วงได้ดี เนื่องจากได้รับคำแนะนำและข้อมูลที่มีประโยชน์จาก ดร.ชมพูนุท ไชยรักษ์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการพิเศษ ซึ่งผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ รศ. อรุณี คงศักดิ์ไพศาล และ อาจารย์อำนาจ เพิ่มทรัพย์สกุล เป็นอย่างสูง ที่กรุณาเป็นกรรมการในการสอบโครงการพิเศษ ตลอดจนคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ในการวิจัยนี้

ขอกราบขอบพระคุณ ดร.พัชนี เจริญยิ่ง เป็นอย่างสูง ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องระเหย

ขอขอบคุณคุณกัญญา มงคลโกชน์ ที่ให้คำแนะนำและความช่วยเหลือในการใช้เครื่อง HPLC

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อและคุณแม่ ที่คอยให้กำลังใจตลอดมา และขอบคุณเพื่อนๆ ที่คอยให้ความช่วยเหลือจนงานสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ผู้จัดทำ

กนกวรรณ ศิริวรรณดี
สราวุธ เรืองพงษ์สาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญรูป	ช
สารบัญตาราง	ฅ
สัญลักษณ์และคำย่อ	ญ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 การจำแนกประเภทของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตามองค์ประกอบทางเคมี	4
2.2 ลักษณะทางเคมีของยาฆ่าแมลงสูตรโครงสร้างออกาโนฟอสเฟต	6
2.3 การเปลี่ยนแปลงยาฆ่าแมลงสูตรโครงสร้างออกาโนฟอสเฟตในพืชและสัตว์	7
2.4 เมทนามิโดฟอส	11
2.5 สถิติการนำเข้าและปริมาณการตกค้าง	12
2.6 การลดปริมาณสารพิษตกค้างในผักและผลไม้	13
2.7 ชนิดและปริมาณสารพิษตกค้างกลุ่มออกาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมทในพืชผัก	14
2.8 การสกัดสารพิษตกค้างในผักคะน้า	15
2.9 การศึกษาความคงทนและระดับของเมทนามิโดฟอสในดินที่มีความเป็นพืชต่อคะน้า	15
2.10 ไอโซน	18
2.11 รังสียูวี	35
2.12 การลดสารพิษโดยวิธีอื่นๆ	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	43
3.1 อุปกรณ์และสารเคมี	43
3.2 ปริมาณไอโซนที่ได้จากเครื่องผลิตไอโซน	44
3.3 การทดสอบประสิทธิภาพการสกัดเมทามิโดฟอสออกจากผักคะน้า	45
3.4 การศึกษาปริมาณออกซิเจนที่เหมาะสมในการสลายเมทามิโดฟอสในผักคะน้า	45
3.5 การศึกษาปริมาณไอโซนที่เหมาะสมในการสลายเมทามิโดฟอสในผักคะน้า	46
3.6 การศึกษาปริมาณไอโซนที่เหมาะสมที่ใช้ร่วมกับรังสียูวีในการสลายเมทามิโดฟอสในผักคะน้า	47
บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์	49
4.1 การทดสอบประสิทธิภาพในการผลิตไอโซนของเครื่องผลิตไอโซน	49
4.2 การทดสอบประสิทธิภาพการสกัดสารฆ่าแมลงเมทามิโดฟอสออกจากผักคะน้า	50
4.3 การทดสอบประสิทธิภาพในการลดปริมาณการตกค้างของสารฆ่าแมลงเมทามิโดฟอสในผักคะน้าโดยการใช้ไอโซนเพียงอย่างเดียว และโดยการใช้ไอโซนร่วมกับรังสียูวี	51
4.4 ปัญหาที่พบในการทดลอง	54
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	55
5.1 สรุปผลการทดลอง	55
5.2 ข้อเสนอแนะ	56
บรรณานุกรม	57
ภาคผนวก ก. การเตรียมการทดลอง	60
ภาคผนวก ข. การทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องผลิตไอโซน	62
ภาคผนวก ค. การทดสอบประสิทธิภาพการสกัดสารฆ่าแมลงเมทามิโดฟอสออกจากผักคะน้า	65
ภาคผนวก ง. การทดสอบประสิทธิภาพในการลดปริมาณการตกค้างของสารฆ่าแมลงเมทามิโดฟอสในผักคะน้าโดยการใช้ไอโซนเพียงอย่างเดียว และโดยการใช้ไอโซนร่วมกับรังสียูวี	66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

71

ภาคผนวก จ. สารมาตรฐานเมต้ามิดโฟส



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1	แสดงพื้นฐานในการผลิตโอโซน	21
รูปที่ 2.2	กราฟแสดงอัตราการไหลของออกซิเจนที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงพลังงาน ปริมาณ และความเข้มข้นของโอโซน	24
รูปที่ 2.3	แสดงกระบวนการย่อยสลายของโอโซน	26
รูปที่ 2.4	แสดงปฏิกิริยาของสารตั้งต้นกับโอโซนและปฏิกิริยาการย่อยสลายโอโซน	27
รูปที่ 2.5	การเพิ่มขึ้นของการย่อยสลายเมื่อเชื่อมกันระหว่างโอโซนและโอโซนไลซิส ที่ความถี่ 20 และ 500 kHz	30
รูปที่ 2.6	แสดงการย่อยสลายของสารตั้งต้นและปฏิกิริยาร่วมกันระหว่างโอโซนและ โอโซนไลซิส	30
รูปที่ 2.7	กราฟแสดงการย่อยสลาย TNT ปริมาตร 3.5 ลิตร 170 ไมโครโมล ที่ pH 4.7 ด้วยพลังงาน 3007 กิโลจูล	31
รูปที่ 2.8	แสดงรูปแบบการย่อยสลายไดอะซินอนด้วยโอโซน	32
รูปที่ 2.9	แสดงการกระจายของอนุพันธ์ต่างๆในการย่อยสลายไดอะซินอน	33
รูปที่ 2.10	แสดงแรงดึงดูดผิวของสารละลายเมื่อเติมไดอะซินอนและสารอินทรีย์ที่เกิด จากการย่อยสลายของไดอะซินอนด้วยโอโซน	33
รูปที่ 2.11	กราฟแสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดปริมาณอะทราซีน ในน้ำด้วย O_3 เพียงอย่างเดียว รังสียูวีเพียงเดียว รังสียูวีร่วมกับ H_2O_2 และรังสียูวีร่วมกับ O_3	34
รูปที่ 2.12	การบำบัดโดยใช้สารเคมีในการตกตะกอนในการบำบัดด้วยโอโซนและ คาร์บอนกัมมันต์	39
รูปที่ 2.13	การใช้โอโซนและคาร์บอนกัมมันต์ช่วยในการกรอง	40
รูปที่ 2.14	กราฟแสดงประสิทธิภาพในการกำจัดเอ็นโดริน ดีดีที และดีดีอี เมื่อใช้ คาร์บอนชนิดเม็ดยี่ห้อ MCRIT ในปริมาณที่ต่างกัน	42
รูปที่ 2.15	กราฟแสดงประสิทธิภาพการกำจัดออกาโนคลอรีนเมื่อใช้คาร์บอนชนิด เม็ดยี่ห้อ CALGON ในปริมาณที่ต่างกัน	42
รูปที่ 3.1	แสดงการเก็บโอโซนด้วยสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์เข้มข้น 1%	44
รูปที่ 3.2	แสดงการย่อยสลายด้วยออกซิเจน	46
รูปที่ 3.3	แสดงการย่อยสลายด้วยโอโซนเพียงอย่างเดียวที่เวลาต่างๆกัน	47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.4 แสดงการย่อยสลายด้วยไอโซนร่วมกับยวี่ที่เวลาต่างๆกัน	48
รูปที่ 4.1 แสดงปริมาณไอโซนที่เก็บได้ในแต่ละช่วงเวลา	49
รูปที่ 4.2 แสดงประสิทธิภาพในการลดปริมาณการตกค้างของสารฆ่าแมลงเมทามิโดฟอสในผักคะน้าที่ไม่ได้ฉีดพ่นสารละลายเมทามิโดฟอส (Blank) โดยการใช้ออกซิเจน ไอโซนเพียงอย่างเดียว และไอโซนร่วมกับรังสียูวีเป็นเวลา 1 นาที	51
รูปที่ 4.3 แสดงประสิทธิภาพในการลดปริมาณการตกค้างของสารฆ่าแมลงเมทามิโดฟอสในผักคะน้าที่ไม่ได้ฉีดพ่นสารละลายเมทามิโดฟอส (Blank) โดยการใช้ออกซิเจน ไอโซนเพียงอย่างเดียว และไอโซนร่วมกับรังสียูวีเป็นเวลา 10 นาที	52



สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 แสดงรายชื่อชีวสารซึ่งทำปฏิกิริยาควบจูนกับสารแปลกปลอม	10
ตารางที่ 2.2 แสดงระดับต่างๆของเมทามิโดฟอสในดินที่มีผลต่อการเจริญเติบโต และคุณภาพของคะน้า	16
ตารางที่ 2.3 แสดงความเป็นพิษของการฉีดพ่นเมทามิโดฟอสทางใบที่มีต่อระดับ อายุของคะน้า	17
ตารางที่ 4.1 แสดงปริมาณไอโซนที่เก็บได้ในช่วงเวลาต่างๆ	49



สัญลักษณ์และคำย่อ

คำย่อ	ความหมาย
GAC	คาร์บอนกัมมันต์ชนิดเม็ด (Granular Activated Carbon)
THM	ไตรฮาโลมีเทน
PAC	คาร์บอนกัมมันต์ชนิดผง (Powder Activated Carbon)
H	เอ็นทาลปี
GVB	Generalized Valence Bond
CI	Configuration interaction
AS	Activated Sludge
TNT	ไตรไนโตรโทลูอีน
SL	เป็นของเหลวผสมเนื้อเดียวกัน สารออกฤทธิ์ละลายน้ำหรือแอลกอฮอล์ได้ดี (Soluble Liquid)
Ld ₅₀	ขนาดหรือปริมาณที่ให้แก่วัตถุทดลองโดยเฉลี่ยแล้วทำให้สัตว์ตาย 50% (Median Lethal Dose)
MRL	เป็นค่าของสารพิษตกค้างที่ทาง FAO ยอมให้มีได้มากที่สุดในพื้นที่แต่ละชนิด (Maximum Residue Limit)
HPLC	High Pressure Liquid Chromatography

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย

ในช่วง 10 ปีที่ผ่านมาเกษตรกรผู้ปลูกพืชได้หันมาใช้สารพิษป้องกันและกำจัดศัตรูพืชเพิ่มมากขึ้น โดยสารฆ่าแมลงกลุ่มออกาโนฟอสฟอรัสเป็นสารฆ่าแมลงที่ใช้กันอย่างแพร่หลายที่สุดในประเทศไทย ซึ่งสามารถดูได้จากสถิติการนำเข้าวัตถุดิบพิษการเกษตรในไทย ที่กรมวิชาการเกษตรได้รวบรวมไว้ พบว่าในปี พ.ศ. 2536 มีการนำเข้าสารกำจัดแมลงกลุ่มออกาโนฟอสฟอรัสสูงถึง 95% ของปริมาณการนำเข้าสารฆ่าแมลงทั้งหมด ทั้งนี้เนื่องจากสารฆ่าแมลงกลุ่มออกาโนฟอสฟอรัสสามารถสลายตัวได้รวดเร็วหลังจากฉีดพ่นและไม่มีการตกค้างทางชีวภาพ (Young Ku, 1997) อย่างไรก็ตามยังพบว่าการตกค้างของสารฆ่าแมลงกลุ่มนี้ในแหล่งน้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน ทั้งนี้เนื่องจากสารฆ่าแมลงกลุ่มดังกล่าวสามารถละลายน้ำได้ ในปี พ.ศ. 2539 ได้มีผู้ทำการศึกษาชนิดและปริมาณสารพิษตกค้างกลุ่มออกาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมต ซึ่งจากการศึกษาพบว่าการตกค้างของสารเมทาไมโดฟอสในตัวอย่างผักคะน้าสูงเกินค่า MRL ที่กำหนดให้มีได้ไม่เกิน 1 ppm โดยมีค่าสูงถึง 2.948 และ 7.254 ppm (ศิริพันธ์, 2539)

จากข้อมูลข้างต้น จะเห็นได้ว่าในปัจจุบัน ปัญหาเรื่องการตกค้างของสารพิษในผลิตผลทางการเกษตรนับว่าเป็นปัญหาที่สำคัญมาก จึงได้มีการศึกษาเกี่ยวกับวิธีการลดปริมาณสารพิษตกค้างในผลิตผลทางการเกษตร (รพีพัฒน์, 2540) ซึ่งสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การล้างด้วยน้ำเกลือ ต้ม ทับทิม ผงฟู น้ำมะนาว วิธีการออกซิเดชันก็เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ใช้ในการลดปริมาณสารพิษตกค้างได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น การออกซิเดชันด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ H_2O_2 หรือรังสียูวี (Young Ku, 1998) จากงานวิจัยที่มีผู้ทำการศึกษาลดปริมาณการตกค้างของอะทราซีนในน้ำโดยวิธีการออกซิเดชันด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ รังสียูวี รังสียูวีร่วมกับ H_2O_2 และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร่วมกับรังสียูวี พบว่า การใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร่วมกับรังสียูวี จะให้ประสิทธิภาพในการลดการตกค้างของอะทราซีนในน้ำได้ดีที่สุด (Beltran, 1994) จากที่กล่าวมา ทางผู้จัดทำจึงมีความสนใจที่จะนำวิธีการใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร่วมกับรังสียูวีมาเป็นแนวทางในการศึกษาลดปริมาณสารเมทาไมโดฟอสที่ตกค้างในผักคะน้า โดยหวังว่าจะให้ประสิทธิภาพในการลดปริมาณการตกค้างของสารเมทาไมโดฟอสได้ดีเช่นเดียวกัน และเพื่อที่จะเป็นประโยชน์แก่ผู้ที่สนใจที่จะนำไปประยุกต์ใช้ต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องผลิตโอโซน
2. เพื่อทดสอบประสิทธิภาพการสกัดเมทามิโดฟอสออกจากผักคะน้า
3. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการลดปริมาณการตกค้างของสารฆ่าแมลงเมทามิโดฟอสในผักคะน้าโดยการใช้โอโซนและโอโซนร่วมกับรังสียูวี
4. เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดปริมาณการตกค้างของสารฆ่าแมลงเมทามิโดฟอสในผักคะน้าโดยวิธีการใช้ออกซิเจนเทียบกับวิธีการใช้โอโซน และวิธีการใช้โอโซนเทียบกับวิธีการใช้โอโซนร่วมกับรังสียูวี

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1. ทำการเก็บโอโซนจากเครื่องผลิตโอโซน และหาความเข้มข้นของโอโซนที่เก็บได้โดยวิธี KI absorption เมื่ออัตราการผลิตโอโซนคงที่ที่เวลา 5 10 15 และ 20 นาที
2. ทำการฉีดพ่นสารฆ่าแมลงเมทามิโดฟอสปริมาณ 25 ไมโครกรัมลงไปในผักคะน้า จากนั้นทำการสกัดสารฆ่าแมลงดังกล่าวออกจากผักคะน้า แล้วนำไปหาปริมาณของเมทามิโดฟอสที่สกัดได้
3. ทำการสร้างถังปฏิกรณ์เพื่อใช้ในการทดลองย่อยสลายเมทามิโดฟอสที่ตกค้างในผักคะน้าในถังปฏิกรณ์โดยใช้โอโซน ทำการทดลองโดยแปรค่าเวลาที่ทำการเติมโอโซนเป็น 1 นาที และ 10 นาที ตามลำดับ เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการลดปริมาณการตกค้างของเมทามิโดฟอสในผักคะน้าโดยใช้โอโซน
4. ทำการสร้างถังปฏิกรณ์เพื่อใช้ในการทดลองย่อยสลายเมทามิโดฟอสที่ตกค้างในผักคะน้าในถังปฏิกรณ์โดยใช้โอโซนร่วมกับรังสียูวี ทำการทดลองโดยแปรค่าเวลาที่ทำการเติมโอโซนเป็น 1 นาที และ 10 นาที ตามลำดับ เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการลดปริมาณการตกค้างของเมทามิโดฟอสในผักคะน้าโดยใช้โอโซนร่วมกับรังสียูวี
5. ทำการสร้างถังปฏิกรณ์เพื่อใช้ในการทดลองย่อยสลายเมทามิโดฟอสที่ตกค้างในผักคะน้าในถังปฏิกรณ์โดยใช้ออกซิเจน ทำการทดลองโดยแปรค่าเวลาที่ทำการเติมออกซิเจนเป็น 1 นาที และ 10 นาที ตามลำดับ เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการลดปริมาณการตกค้างของเมทามิโดฟอสในผักคะน้าโดยใช้ออกซิเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อทราบถึงประสิทธิภาพของเครื่องผลิตโอโซนในการผลิตโอโซน
2. เพื่อทราบถึงเทคนิคและวิธีการที่เหมาะสมในการสกัดเมทามิโดฟอสออกจากผักคะน้า
3. เพื่อทราบถึงประสิทธิภาพในการลดปริมาณการตกค้างของสารฆ่าแมลงเมทามิโดฟอสในผักคะน้าโดยการใช้โอโซนและโอโซนร่วมกับรังสียูวี
4. เพื่อเป็นแนวทางในการนำไปประยุกต์ใช้กับการกำจัดสารฆ่าแมลงที่ตกค้างในผักชนิดอื่นๆต่อไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 การจำแนกประเภทของสารเคมีกำจัดแมลงศัตรูพืชตามองค์ประกอบทางเคมี

สารเคมีกำจัดแมลงศัตรูพืชมีองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกัน การแบ่งชนิดของสารเคมีกำจัดแมลงศัตรูพืชด้วยวิธีนี้ จะครอบคลุมสารกำจัดแมลงได้ค่อนข้างละเอียดไม่ซ้ำซ้อน ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ ดังนี้

2.1.1 ประเภทอนินทรีย์สาร (Inorganic Insecticides)

เป็นสารกำจัดแมลงศัตรูพืชที่มีธาตุโลหะเป็นองค์ประกอบและไม่มีคาร์บอนผสม สารเหล่านี้มีความคงทนมาก ไม่ระเหย และมักละลายน้ำได้ดี สารบางชนิดมีพิษสะสมต่อสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม เช่น สารประกอบของปรอท สารหนู โซเดียมฟลูออไรด์ ไครโอไลต์ บอแรกซ์ และผงกำมะถัน เป็นต้น

สารฆ่าแมลงประเภทอนินทรีย์สารเป็นสารประเภทกินตาย มีอันตรายน้อยต่อแมลง ต้องใช้ในปริมาณมากในการป้องกันกำจัดและอาจทำให้ใบพืชไหม้ (phytotoxic) สารในกลุ่มนี้มีที่โดดเด่นอยู่ 2 ชนิดได้แก่ สารหนูและฟลูออรีน

2.1.2 ประเภทอินทรีย์สาร (Organic Insecticides)

เป็นสารเคมีกำจัดศัตรูพืชกลุ่มใหญ่ สามารถแบ่งได้ 2 ประเภทดังนี้

2.1.2.1 สารอินทรีย์ที่ได้จากพืช

สารเคมีกำจัดศัตรูพืชประเภทนี้มีหลายชนิด ปัจจุบันมีการค้นพบว่าพืชหลายชนิดมีคุณสมบัติฆ่าแมลงได้ แต่การที่จะนำมาใช้เป็นสารฆ่าแมลงได้นั้น มีจำนวนน้อยเนื่องจากสารฆ่าแมลงจากพืชมีข้อบกพร่องหลายประการ เช่น สลายตัวไวหลังจากสกัดออกมา วิธีการที่จะให้ได้สารฆ่าแมลงจากพืชยุ่งยาก ต้องใช้พืชในปริมาณมากทำให้มีราคาแพง พืชบางชนิดมีพิษต่อคนและสัตว์เลื้อยคลานสูง เป็นต้น ฉะนั้นในทางปฏิบัติจึงมีการนำสารฆ่าแมลงจากพืชมาใช้กันน้อยมาก

สารฆ่าแมลงที่ได้จากพืชที่มีการนำมาใช้ประโยชน์ในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชได้แก่ ไพรีทรอยด์ นิโคตินอยด์ โรตินอยด์ และสารสกัดจากสะเดา เป็นต้น

จ. สารกลุ่มไพรีทรอยด์ (pyrethroids) สารกลุ่มนี้สังเคราะห์ขึ้นโดยเลียนแบบสูตรโครงสร้างของไพรีทรินซึ่งสกัดจากดอกไพรีทรัม สารไพรีทรินและสารไพรีทรอยด์มีพิษน้อยต่อสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม แต่มีพิษมากต่อผึ้งและปลา และสารพิษตกค้างบนพืชผลทางการเกษตรไม่ก่อให้เกิดปัญหาใดๆ ตัวอย่างสารในกลุ่มนี้เช่น เดลต้าเมทริน (deltamethrin) เป็นต้น

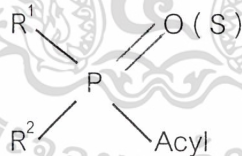
ข. กลุ่มสารรม (fumigants) เป็นสารเดี่ยวๆหรือสารผสม มักอยู่ในรูปของเหลว ของแข็งหรือก๊าซ เมื่ออยู่ในบรรยากาศจะระเหยให้ก๊าซหรือควันเพื่อฆ่าแมลง ไข่เห็บ หรือสัตว์ฟันแทะ สารที่เป็นก๊าซมักมีโมเลกุลเล็กและมีคลอรีน โบรมีน หรือฟลูออรีนเป็นองค์ประกอบ และมีพิษมากน้อยแตกต่างกัน ตัวอย่างสารในกลุ่มนี้เช่น เมทิลโบรมายด์ (methyl bromide) เป็นต้น

ข. สารจำพวกน้ำมัน (petroleum oil) ใช้ในการกำจัดแมลงและไร โดยไม่เป็นอันตรายต่อพืช

ฉ. สารกลุ่มปฏิชีวนะ (antibiotics) เป็นสารเคมีที่ผลิตขึ้นโดยจุลินทรีย์ มีฤทธิ์ในการกำจัดแบคทีเรียและรา ตัวอย่างเช่น อะบาเม็กทิน (abamectin) เป็นต้น

2.2 ลักษณะทางเคมีของยาฆ่าแมลงสูตรโครงสร้างออกาโนฟอสเฟต

ยาฆ่าแมลงสูตรโครงสร้างออกาโนฟอสเฟต ได้แก่สารอินทรีย์ที่มีฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบสำคัญ โดยมีสูตรโครงสร้างทั่วไป (general structure) ดังนี้ (Buchel , 1983)



เชรเดอร์ (Schrader) เป็นผู้ค้นพบฤทธิ์ในการฆ่าแมลงของยาฆ่าแมลงกลุ่มออกาโนฟอสเฟต ตั้งแต่ ค.ศ. 1930 ได้อธิบายว่า สารฟอสเฟตซึ่งจะมีฤทธิ์ฆ่าแมลงได้นั้นจำเป็นต้องมีคุณสมบัติดังนี้

* ซัลเฟอร์หรือออกซิเจนต้องเชื่อมต่อกับฟอสฟอรัส ซึ่งมีวาเลนซ์เป็น 5 (pentavalent phosphorus)

* R^1 และ R^2 ต้องเป็นกลุ่มอัลคอกซี (alkoxy) อัลคิล (alkyl) หรืออะมิโน (amino)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

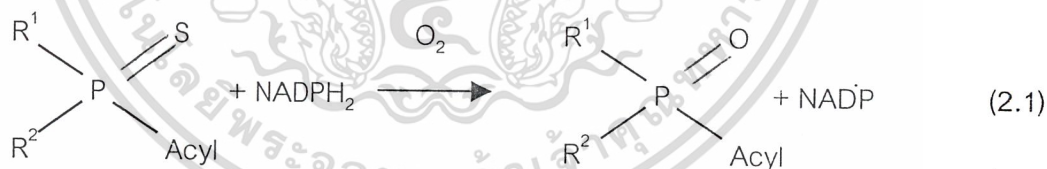
* กลุ่มเอซิล (acyl) ต้องเป็นกลุ่มที่มีประจุลบในกรดอินทรีย์หรืออนินทรีย์ เช่น ฟลูออรีน (fluorine) ไซยาเนท (cyanate) ไธโอไซยาเนท (thiocyanate) หรือต้องเป็นส่วนหนึ่งของกรด เช่น ส่วนอินอล (enol) เมอร์แคปโต (mercapto) เป็นต้น ยาฆ่าแมลงกลุ่มออกาโนฟอสเฟตที่ใช้ในปัจจุบันมักจัดแบ่งได้ 2 กลุ่มใหญ่คือ กลุ่มไดเมท็อกซี (dimethoxy) และกลุ่มไดเอท็อกซี (diethoxy)

2.3 การเปลี่ยนแปลงยาฆ่าแมลงสูตรโครงสร้างออกาโนฟอสเฟตในพืชและสัตว์

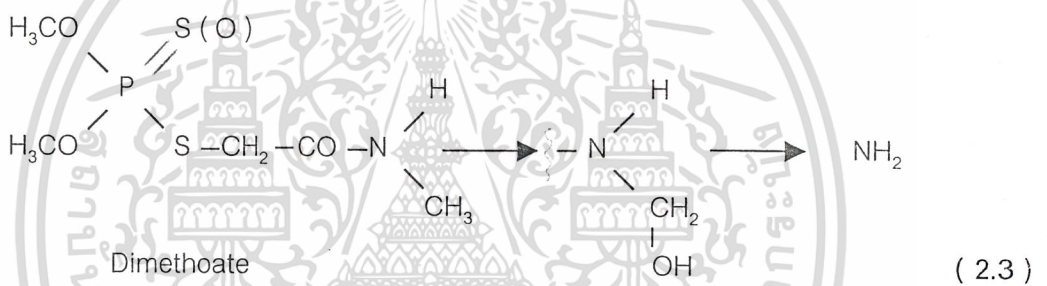
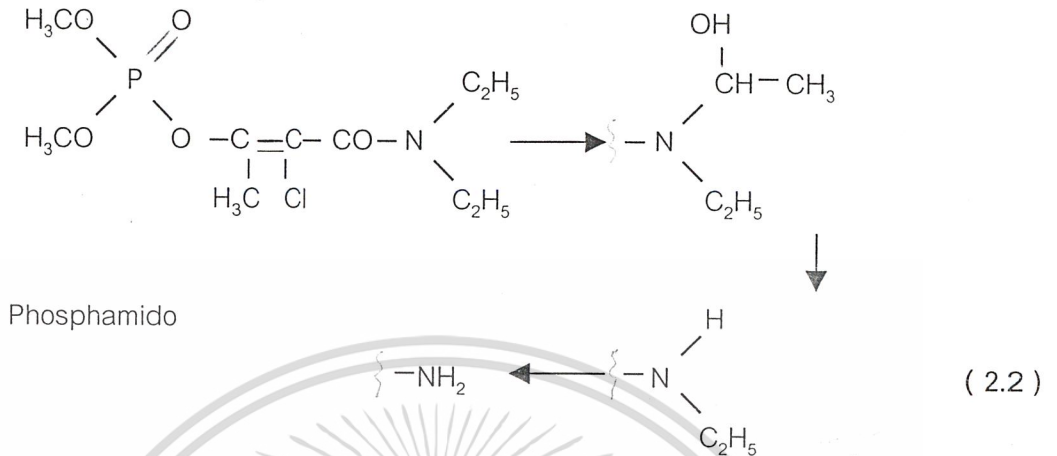
ในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม การเปลี่ยนแปลงส่วนใหญ่เกิดขึ้นที่ตับ ซึ่งจะมีเอนไซม์เอสเตอเรส (esterase) อยู่จำนวนมาก ยาฆ่าแมลงกลุ่มออกาโนฟอสเฟตมีสูตรโครงสร้างเป็นเอสเตอเรส โดยปกติจึงสามารถถูกเปลี่ยนแปลงโครงสร้างได้ง่าย ปฏิกริยาลำคัญที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงยาฆ่าแมลงสูตรโครงสร้างออกาโนฟอสเฟต ได้แก่

2.3.1 ออกซิเดชัน (Oxidation)

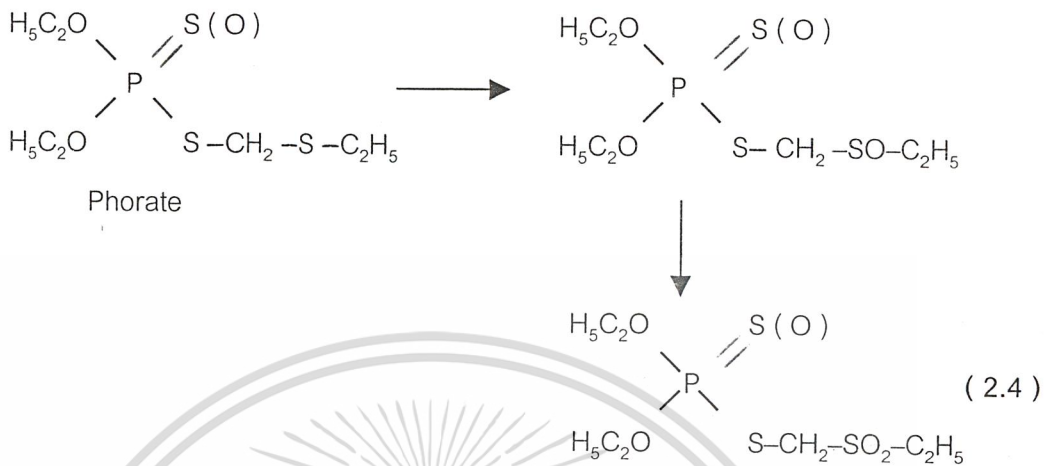
2.3.1.1 ปฏิกริยาการเปลี่ยนกลุ่มไธโอน (thiono) เป็นกลุ่มออกโซ (oxo) ปฏิกริยาการเกิดออกซิเดชันของซัลเฟอร์จะเปลี่ยนสารฟอสฟอโรไธโอเนตส์ (phosphorothionates) เป็นฟอสเฟต (phosphate) ปฏิกริยาดังกล่าวทำให้ได้สารที่มีฤทธิ์เกิดขึ้นที่ส่วนไมโครโซมส์ (microsomes) ของตับโดยมี NADPH_2 และออกซิเจน ดังสมการที่ 2.1



2.3.1.2 ออกซิเดทีฟ ดีอัลคิเลชัน (Oxidative dealkylation) เป็นปฏิกริยาซึ่งกลุ่มอัลคิลเชื่อมต่อกับกลุ่มไนโตรเจน จะถูกกำจัดออกโดยปฏิกริยาออกซิเดทีฟ ดีอัลคิเลชัน เช่น การที่ยาฆ่าแมลงไดเมทอเอต (dimethoate) และฟอสฟามิดอน (phosphamidon) (ดังสมการที่ 2.2 และ 2.3) และยาฆ่าแมลง เช่น ไดโครโทฟอส (dicrotophos) โอเอ็มพีเอ (OMPA) และเอโซดริน (azodrin) สลายตัวได้เอไมด์ที่ไม่มีการแทนที่

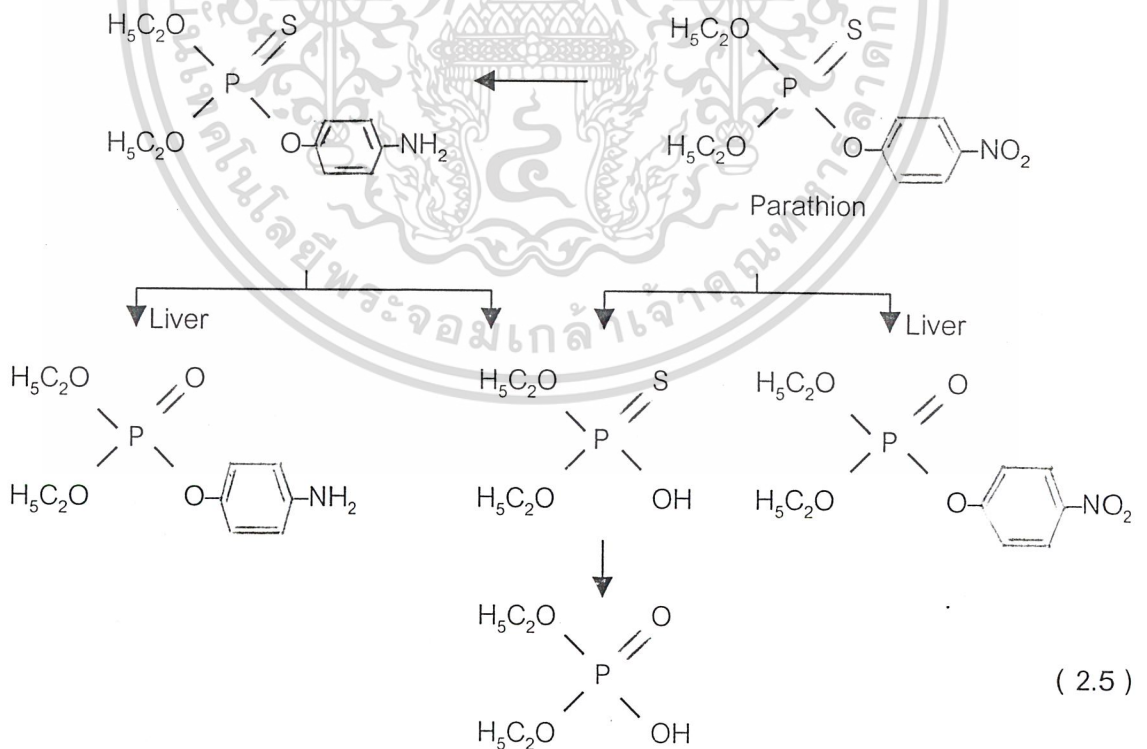


2.3.1.3 ออกซิเดชันของไธโออีเธอร์ส (Oxidation of thioethers) เป็นปฏิกิริยาการสลายตัวที่มีความสำคัญปฏิกิริยาหนึ่ง เป็นการเปลี่ยนยาฆ่าแมลงออกาโนฟอสเฟตที่เป็นไธโออีเธอร์สให้เป็นสารซัลฟอกไซด์ (sulfoxides) และซัลโฟน (sulfones) เช่น การสลายตัวของยาฆ่าแมลงโฟเรต (phorate) (ดังสมการที่ 2.4) ไทรไธออน (trithion) ซิสทอกซ์ (systox) ไดซิสตอน (disyston) เฟนไธออน (fenthion) และเฟนามิฟอส (phenamiphos) เป็นต้น



2.3.2 รีดักชัน (Reduction)

เช่น การเกิดปฏิกิริยารีดักชันโดยใช้เอนไซม์ ซึ่งเปลี่ยนแปลงกลุ่มไนโตรของพาราไรดอน (parathion) เป็นกลุ่มอะมิโน (ดังสมการที่ 2.5) ปฏิกิริยาดังกล่าวเกิดขึ้นพร้อมกับปฏิกิริยาออกซิเดชันของไฮโดรไนลเฟออร์และปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3 ไฮโดรไลซิส (Hydrolysis)

เป็นปฏิกิริยาที่เกิดร่วมกับปฏิกิริยาการสลายตัวอื่นแทบทุกแบบ เอนไซม์ที่ใช้ในปฏิกิริยานี้เรียกว่า ฟอสฟาเทส (phosphatase) หรืออาจเรียกตามชื่อของสารที่ถูกเปลี่ยนแปลง เช่น พาราออกซอนเนส (paraoxonase) เป็นต้น

ไฮโดรไลซิสโดยเอนไซม์เป็นปฏิกิริยาที่สำคัญที่สุดในการทำให้ออกาโนฟอสเฟตหมดฤทธิ์ ในขณะที่ปฏิกิริยาการเกิดพิษจะเกิดขึ้น เมื่อกลุ่มฟอสฟอริลถูกย้ายไปให้แก่กลุ่มซีรีน - แอลกอฮอล์ (serine alcohol group) ในเอนไซม์โคลิโนเอสเทอเรส ปฏิกิริยาทั้งสองจะแข่งขันกันฤทธิ์ของยาฆ่าแมลงออกาโนฟอสเฟตจะสูงสุดเมื่อยาฆ่าแมลงเข้าสู่ร่างกาย และขนส่งภายในร่างกายในรูปที่ไม่ไวต่อการเกิดไฮโดรไลซิสที่ทำให้หมดฤทธิ์ และยาฆ่าแมลงในรูปที่ถูกขนส่งจะถูกเปลี่ยนแปลงเป็นรูปที่ออกฤทธิ์ที่จุดออกฤทธิ์ (site of action)

2.3.4 คอนจูเกชัน (Conjugation)

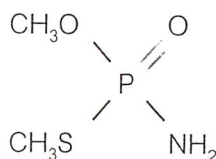
เป็นปฏิกิริยาที่นำไปสู่การเกิดสารไร้พิษซึ่งละลายน้ำได้และจะถูกกำจัดออกจากสัตว์หรือสะสมไว้ในพืช รายชื่อสารซึ่งเป็นชีวสารในพืชและสัตว์ซึ่งอาจทำปฏิกิริยาคอนจูเกชันกับสารแปลกปลอม ได้แสดงไว้ในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงรายชื่อชีวสารซึ่งทำปฏิกิริยาคอนจูเกชันกับสารแปลกปลอม

ชีวสารซึ่งทำปฏิกิริยาคอนจูเกชัน (Conjugating agent)	พบใน
กรดกลูคิวโรนิก (Glucuronic acid)	สัตว์มีกระดูกสันหลัง
กรดซัลฟิวริก (Sulfuric acid)	สัตว์มีกระดูกสันหลัง
กลูโคส (Glucose)	พืช แมลง
กลูตาไธออน (Glutathione)	สัตว์ พืช
กรดฟอสฟอริก (Phosphoric acid)	แมลง
กรดอะมิโนไกลซีน (Amino acid (glycine))	สัตว์ พืช
กลุ่มเมทิล (Methyl groups)	สัตว์ พืช
กลุ่มอะซิติล (Acetyl groups)	สัตว์ พืช

2.4 เมททามิโดฟอส

สูตรโครงสร้าง



ชื่อทางเคมี

O, S – dimethyl phosphoramidothioate (สุภาณี , 2537)

กลุ่มเคมี

ออกาโนฟอสฟอรัส

การออกฤทธิ์

เป็นสารกำจัดแมลงออกาโนฟอสฟอรัสประเภทดูดซึม 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 แมลงหีวขาว ตัวม้วนฝรัง และอื่น ๆ

พืชที่ใช้

กะหล่ำปลี กะหล่ำดอก คื่นฉ่าย และผักอื่น ๆ ฝ้าย มะเขือ หอม ยาสูบ องุ่น มันฝรั่ง ไม้ผล และไม้ดอก ไม่ประดับทั่วไป

สูตรผสม

60 % SL

อัตราการใช้

กำจัดแมลงทั่วไป ใช้อัตรา 20 - 40 ลบ.ซม. ผสมน้ำ 20 ลิตร

วิธีใช้

ผสมกับน้ำกรนให้เข้ากันดี แล้วฉีดที่ใบและต้นพืชให้ทั่ว ฉีดพ่นซ้ำได้ตามความจำเป็น

อาการเกิดพิษ

เหงื่อออกมาก วิงเวียนและปวดศีรษะ อ่อนเพลีย คลื่นไส้ แน่นหน้าอก และมีอาการท้องร่วง

การแก้พิษ

ถ้าถูกผิวหนังให้ล้างด้วยน้ำกับสบู่หลายๆ ถ้าเข้าตาให้ล้างตาด้วยน้ำสะอาดนานๆ ถ้าเข้าปากหรือกลืนกินเข้าไปต้องทำให้คนไข้อาเจียนด้วยการล้วงคอหรือให้ดื่มน้ำเกลืออุ่น แล้วให้คนไข้ กินยาอะโทรปีนซัลเฟตขนาด 1 / 100 เกรน 2 เม็ด แล้วนำส่งแพทย์ ถ้ามีอาการเกิดพิษห้ามรับประทานยาแก้พิษก่อน (ปรีชา , 2537)

ข้อควรรู้

- ระยะเวลาที่ใช้ก่อนการเก็บเกี่ยว 21 วัน

- ผสมได้กับสารกำจัดศัตรูพืชอื่น ๆ
- เป็นพิษต่อปลา และผึ้ง
- ห้ามผสมกับสารเคมีที่มีสภาพเป็นด่าง

2.5 สถิติการนำเข้าและปริมาณการตกค้าง

จากสถิติการนำเข้าสารพิษฆ่าแมลงกลุ่มออกแกโนฟอสเฟต 10 อันดับแรกในปี พ.ศ. 2538 (สมชัย , 2539) แสดงได้ดังนี้

อันดับ 1	Methamidophos	ปริมาณการนำเข้า	1,192,535 กิโลกรัม
อันดับ 2	Monocrotophos	ปริมาณการนำเข้า	842,957 กิโลกรัม
อันดับ 3	Methylparathion	ปริมาณการนำเข้า	755,500 กิโลกรัม
อันดับ 4	Dimethoate	ปริมาณการนำเข้า	371,450 กิโลกรัม
อันดับ 5	Profenofos	ปริมาณการนำเข้า	224,993 กิโลกรัม
อันดับ 6	Mevinphos	ปริมาณการนำเข้า	184,260 กิโลกรัม
อันดับ 7	Malathion	ปริมาณการนำเข้า	175,915 กิโลกรัม
อันดับ 8	Dichloruos	ปริมาณการนำเข้า	175,552 กิโลกรัม
อันดับ 9	Trichlorfon	ปริมาณการนำเข้า	109,250 กิโลกรัม
อันดับ 10	Triazophos	ปริมาณการนำเข้า	53,832 กิโลกรัม

จากการศึกษาสารพิษตกค้างโดยกลุ่มสารพิษตกค้างและพิษวิทยา กองวัตถุมีพิษทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร พบเมทามิโดฟอสตกค้างในไม้ผล ผักและผลไม้ ปริมาณตั้งแต่ > 0.01 – 7.25 มก. / ลิตร (สมชัย , 2538) นอกจากนี้ยังพบเมทามิโดฟอสในอาหารจำหน่วยในประเทศจำพวก ผลไม้ตระกูลส้ม ตระกูลเบอร์รี่ ผลไม้ลูกเล็ก ผลไม้เมืองร้อน ที่รับประทานทั้งเปลือก และพืชผักตระกูลแตง ที่มีค่าเกินมาตรฐาน 3.8 – 48.9 % ของจำนวนตัวอย่างทั้งหมด (สมชัย , 2539)

2.6 การลดปริมาณสารพิษตกค้างในผักและผลไม้

ปัญหาเรื่องสารพิษตกค้างในผลิตผลทางการเกษตร ในปัจจุบันนับว่าเป็นปัญหาสำคัญ ปัญหาหนึ่งที่ทางรัฐบาลโดยกองวัตถุมีพิษการเกษตร กรมวิชาการเกษตร ได้ตระหนักและได้ค้นหาวิธีลดปริมาณสารพิษตกค้างในผลิตผลทางการเกษตรอย่างต่อเนื่อง นับตั้งแต่ปี พ.ศ. 2523 สาเหตุประการสำคัญที่ทำให้เกิดปัญหานี้ก็เนื่องจาก เกษตรกรบางรายยังใช้สารฆ่าแมลงในอัตราที่เกินคำแนะนำ และเก็บเกี่ยวผลผลิตออกจำหน่ายก่อนระยะเวลาอันควร ผู้ที่ได้รับผลกระทบโดยตรงคือ ผู้บริโภค ซึ่งไม่มีโอกาสได้รู้เห็นพฤติกรรมดังกล่าว เพื่อเป็นการลดอัตราเสี่ยงในขั้นตอนของผู้บริโภคจากการบริโภคสารพิษตกค้างในผักและผลไม้ที่เข้าสู่ร่างกาย โดยการล้างด้วยน้ำสะอาดและน้ำผสมสารต่าง ๆ เช่น ด่างทับทิม น้ำส้มสายชู น้ำขาวขำว น้ำซี้เถ้า เกือบปน ผงฟู น้ำยาซักล้าง H_2O_2 น้ำปูน น้ำมะนาว และเหล้าโรง เป็นต้น ซึ่งสารแต่ละชนิดมีความสามารถในการลดปริมาณสารพิษแต่ละชนิดได้แตกต่างกัน นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับชนิดและคุณสมบัติของสารฆ่าแมลง เช่น การล้างเอ็นโดซัลแฟนในผักคะน้าด้วยวิธีการแช่น้ำ 4 ลิตร นาน 2 นาที แล้วล้างออกด้วยน้ำอีก 4 ลิตร นาน 2 นาที สามารถลดได้ดีที่สุดถึง 51.2% ส่วนสารกลุ่มไพรีทรอยด์ การล้างด้วยวิธีแช่น้ำ และการล้างด้วยน้ำขาวขำวดีที่สุด สามารถลดปริมาณสารฆ่าแมลงตกค้าง โมโนโครโตฟอสในถั่วฝักยาวได้ 54.9% และการลดปริมาณโมโนโครโตฟอสในถั่วฝักยาวด้วยวิธีการต้มในน้ำเดือดนาน 1 นาที สามารถลดได้ถึง 84.8% ซึ่งนับว่าเป็นวิธีการที่ดีที่สุด ส่วนการลดปริมาณสารฆ่าแมลงในผลไม้ด้วยวิธีการล้างในน้ำไหล และการปอกเปลือก สามารถลดเมทิลพาราไรออน ในชมพูได้ถึง 52.9% และ 72.1% ตามลำดับ นอกจากขบวนการล้างด้วยน้ำสะอาดและสารต่างๆ แล้ว กรรมวิธีการปรุงอาหารเป็นอีกขั้นตอนหนึ่งที่จะช่วยลดปริมาณสารฆ่าแมลงได้มากยิ่งขึ้น โดยวิธีการปรุงอาหารที่ใช้มี 4 วิธี คือ การลวก การนึ่ง การต้ม และการผัด ซึ่งจากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ประสิทธิภาพในการลดปริมาณสารฆ่าแมลงโดยกรรมวิธีการปรุงอาหารทั้ง 4 วิธี ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ คือ เอ็นโดซัลแฟน สามารถลดปริมาณได้เฉลี่ย 53% ส่วนพาราไรออน ลดได้เฉลี่ย 57% และเด็คคามิธริน เฉลี่ย 47% (สมนึก , 2539)

2.7 ชนิดและปริมาณสารพิษตกค้างกลุ่มออกาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมตในพืชผัก

ได้มีการวิจัยเพื่อศึกษาชนิดและปริมาณสารพิษตกค้างกลุ่มออกาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมตในพืชผักต่างๆ จำนวน 10 ชนิด ได้แก่ ผักคะน้า ผักกาดขาว ผักบุ้งจีน กะหล่ำดอก ถั่วฝักยาว แตงกวา เห็ดฟาง มะเขือเทศ ข้าวโพดฝักอ่อน และกะหล่ำปลีจำนวน 235 ตัวอย่างจากจังหวัดนนทบุรี ปทุมธานี นครปฐม ราชบุรี สมุทรสาคร สมุทรสงคราม สุพรรณบุรี อ่างทอง และกรุงเทพมหานคร (บัณฑิต , 2539) ซึ่งผลการตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้างในพืชผักเหล่านี้ พบว่ามีผักที่มีสารพิษตกค้างอยู่ 73 ตัวอย่างคิดเป็น 31% ของตัวอย่างทั้งหมด อย่างไรก็ตามสารพิษตกค้างที่พบในผักเหล่านี้มีปริมาณน้อยและมีค่าต่ำกว่าค่า Maximum Residue Limit (MRL) ที่ FAO กำหนดไว้ ยกเว้นผัก

คะน้า	ในจำนวน 46 ตัวอย่าง พบคะน้าที่มีสารพิษตกค้าง 19 ตัวอย่าง และมีคะน้า 3 ตัวอย่างที่พบว่ามีสารพิษตกค้างในปริมาณที่เกินค่า MRL โดยพบว่ามีคะน้า 2 ตัวอย่างพบเมทาไมโดฟอส 2.948 ppm และ 7.254 ppm ซึ่งค่า MRL ระบุไว้ไม่เกิน 1 ppm และคะน้าอีก 1 ตัวอย่างพบว่ามีโมโนโครโทฟอส (monocrotophos) 0.865 ppm ซึ่งค่า MRL ระบุไว้ไม่เกิน 0.2 ppm
ผักบุ้งจีน	ในจำนวน 16 ตัวอย่าง พบมีสารพิษตกค้าง 5 ตัวอย่าง และมีอยู่ 1 ตัวอย่างที่พบเมวินฟอส (mevinphos) 2.846 ppm ซึ่งค่า MRL ระบุไว้ไม่เกิน 0.5 ppm
ถั่วฝักยาว	ในจำนวน 30 ตัวอย่าง พบถั่วฝักยาวที่มีสารพิษตกค้าง 8 ตัวอย่าง และมีอยู่ 3 ตัวอย่างที่พบโมโนโครโทฟอส (monocrotophos) อยู่ในช่วง 0.559 - 0.825 ppm ซึ่งค่า MRL ระบุไว้ไม่เกิน 0.1 ppm
แตงกวา	ในจำนวน 20 ตัวอย่าง พบว่ามีสารพิษตกค้าง 8 ตัวอย่าง และมี 1 ตัวอย่างที่พบเมวินฟอส (mevinphos) 0.104 ppm ซึ่งค่า MRL ระบุไว้ไม่เกิน 0.05 ppm

จากผลการวิจัยดังกล่าวทำให้ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้ทำวิจัยจึงตัดสินใจใช้ผักคะน้าเป็นตัวอย่างในการทดลอง เนื่องจากมีปริมาณสารพิษตกค้างเมทาไมโดฟอสเกินค่า MRL ที่ทาง FAO กำหนดไว้ดังได้กล่าวมา

ตารางที่ 2.2 แสดงระดับต่างๆของเมทามิโดฟอสในดินที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของคะน้า

อัตราที่ใช้	ลักษณะอาการที่สังเกตได้	การเจริญเติบโต			
		%การงอก	ความยาว ลำต้น(ซม.)	น้ำหนักสด (กรัม)	น้ำหนักแห้ง (กรัม)
ไม่ใช้	ปกติ	78	25.4a	2.9a	0.38a
แนะนำ	ปกติ	86	24.4a	3.4a	0.44a
<10%	ปกติ	95	23.9a	2.1ab	0.28a
<25%	ปกติ	81	20.0ab	1.5ab	0.23a
<50%	ปกติ	83	21.1ab	1.6ab	0.23a
>25%	ใบเล็ก,แกรน,เจริญปกติ	86	16.8a	1.0ab	0.16a
>50%	ใบเล็ก,แกรน,เจริญปกติ	91	23.8a	2.4ab	0.31a
>100%	ใบเล็ก,แกรน,เจริญปกติ	78	20.3ab	1.3ab	0.22a

หมายเหตุ : ข้อมูลที่ตามด้วยอักษรภาษาอังกฤษเหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับ 95%

จากผลการทดลองพบว่าคะน้าที่ปลูกในดินที่ไม่คลุกเมทามิโดฟอส และคลุกในอัตราแนะนำ รวมทั้งอัตราต่ำกว่าอัตราแนะนำ 10% , 25% และ 50% ไม่มีลักษณะอาการผิดปกติใดๆ แต่คะน้าที่ปลูกในดินที่คลุกเมทามิโดฟอสสูงกว่าอัตราแนะนำ 25% , 50% และ 100% พบว่าใบจะเล็ก มีอาการแกรนเล็กน้อยในช่วงอายุน้อยๆ หลังจากนั้นเจริญเติบโตได้ตามปกติ สำหรับเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดคะน้า ไม่มีผลกระทบเกิดขึ้น คะน้ายังคงงอกได้ตามปกติทั้งในดินที่คลุกและไม่คลุกเมทามิโดฟอส หลังจากนั้น เมื่อคะน้าเจริญเติบโตหลังการงอกแล้วเมื่อเปรียบเทียบความยาวลำต้นของคะน้าที่ปลูกในดินคลุกเมทามิโดฟอสสูงกว่าอัตราแนะนำ 25% มีความแตกต่างทางสถิติกับระดับอื่นๆแม้แต่ว่าระดับที่คลุกเมทามิโดฟอสในอัตราที่สูงกว่า ทั้งนี้เนื่องจากการทดลองมีหนอนใบผักเข้า

ทำลายใบคะน้ำทำให้เกิดความเสียหายมากกว่า รวมทั้งทำให้น้ำหนักสดของต้นคะน้ำลดลง แต่เมื่อเปรียบเทียบน้ำหนักแห้งแล้วไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

จากนั้นได้ทำการทดลองอีกครั้งโดยใช้วิธีฉีดพ่นเมทรามิโดฟอสในอัตราแนะนำกับกล้าคะน้ำที่มีอายุตั้งแต่ 1 - 8 สัปดาห์ ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 แสดงความเป็นพิษของการฉีดพ่นเมทรามิโดฟอสทางใบที่มีต่อ ระดับอายุของคะน้ำ
คุณภาพของคะน้ำและดินปลูก

อายุหลังแยกกล้า (สัปดาห์)	ลักษณะอาการที่สังเกตได้	การเจริญเติบโต	
		ความยาวลำต้น (ซม.)	น้ำหนักสด (กรัม)
1	ปกติ	10.7a	24.1a
2	ปกติ	10.9a	24.6a
3	ปกติ	10.4a	23.8a
4	ปกติ	13.7a	26.4a
5	ปกติ	11.6a	27.4a
6	ปกติ	12.0a	23.2a
7	ปกติ	7.9b	23.5a
8	ปกติ	11.3a	23.4a

หมายเหตุ : ข้อมูลที่ตามด้วยอักษรภาษาอังกฤษเหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับ 95%

จากผลการทดลองพบว่าคะน้ำหลังแยกกล้าทุกอายุไม่ได้แสดงอาการผิดปกติใดๆให้เห็น มีการเจริญเติบโตตามปกติทั้งในด้านความยาวลำต้นและน้ำหนักสดของคะน้ำ ยกเว้นคะน้ำหลังแยกกล้าอายุ 7 สัปดาห์ที่มีความยาวลำต้นต่างไปเนื่องจากการทำลายของหนอนใยผัก

2.10 ไอโซน

2.10.1 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
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
เอนทัลปีของการระเหย	75.6 แคลลอรี่/กรัม (-122 °C)
เอนทัลปีของการรวมตัว	+ 34.5 กิโลแคลลอรี่ / โมล (25 °C)
การดูดกลืนรังสียูวี	ดูดกลืนรังสียูวีได้ดีที่สุดที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร (Gary , 1982)

ลักษณะโมเลกุลไอโซนพบว่าไม่เป็นเส้นตรง มีค่าของมุมเท่ากับ 116 ° 45 ' และมีโครงสร้างเรโซแนนซ์จัดได้ 4 แบบ การทดลองเพื่อพิสูจน์กลไกการเกิดปฏิกิริยากับสารอินทรีย์ทั้งหลายให้ผลสอดคล้องสนับสนุนกับคุณสมบัติของการที่ไอโซนเป็นโมเลกุลที่มีขั้วเป็นประจุบวก และลบที่ออกซิเจนตำแหน่งที่ 1 และ 3 อย่างไรก็ตาม การศึกษาทางคว้นดัมเมคเคนิกส์โดยอาศัยหลักการเกิดพันธะทั่วไป และการคำนวณ Configuration Interaction (CI) แสดงสถานะพื้น (ground state) ของไอโซนเป็นอนุมูลอิสระ (อานาจ , 2522)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

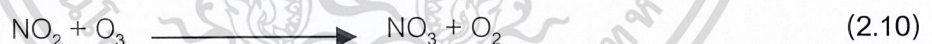
โอโซนเป็นอีกรูปหนึ่งของออกซิเจน มีโมเลกุลประกอบด้วยออกซิเจน 3 อะตอม มีคุณสมบัติเป็นสารออกซิไดซ์ที่แรง มีความว่องไวต่อปฏิกิริยาเคมีสูง มีกลิ่นฉุนแสบจมูก ก่อให้เกิดความระคายเคืองต่อดวงตา ลำคอ และระบบทางเดินหายใจ ปัจจุบันมาตรฐานขีดจำกัดของโอโซนเท่ากับ 0.1 ppm สำหรับการปฏิบัติงาน 8 ชั่วโมงต่อวัน ซึ่งกำหนดโดย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

ในการดำเนินการฉายรังสีแกมมา จะมีผลพลอยได้ที่ไม่ต้องการเกิดขึ้นอย่างหนึ่ง คือ โอโซน ซึ่งเกิดจากการที่ออกซิเจนในอากาศดูดกลืนพลังงานบางส่วนจากรังสีแกมมาเกิดเป็นออกซิเจนอะตอม (O) ซึ่งจะเกิดปฏิกิริยาต่อไปกลายเป็นโอโซน (O₃) ดังสมการ



(M คือ ธาตุ หรือสารประกอบที่ช่วยในการกระจายพลังงานส่วนเกิน เช่น O₂, N₂, NO₂)

โอโซนสลายตัวได้อย่างรวดเร็วโดยทำปฏิกิริยากับตัวรีดิวซ์ต่าง ๆ เช่น CO, H₂S, CH₄, NO₂ นอกจากนี้ยังสลายตัวโดยทำปฏิกิริยากับแสงในช่วงอุลตราไวโอเล็ต (2000 – 3200 อังสตรอม หรือ 200 – 320 นาโนเมตร) และช่วงวิสิเบิล (4500 – 7000 อังสตรอม หรือ 450 – 700 นาโนเมตร) ดังสมการ



([•] คือ สภาวะเร้า หรือ Excited State)

ด้วยเหตุที่โอโซนเป็นตัวออกซิไดซ์ที่แรง และมีความว่องไวต่อปฏิกิริยาเคมีสูง ซึ่งจะมีผลต่อชีวเคมีโมเลกุลของสิ่งมีชีวิต

2.10.2 ความเป็นพิษของโอโซนในมนุษย์

พบว่าอาการตอบสนองต่อพิษของโอโซนในมนุษย์มีความรุนแรงต่ำกว่าในสัตว์ทดลอง คือ ก่อให้เกิดความรู้สึกไม่สบายมากกว่า ตามประสบการณ์ของบุคคลซึ่งเคยได้รับโอโซนมีเพียงอาการปวดศีรษะ ระคายเคืองต่อดวงตา ลำคอ และระบบทางเดินหายใจ มักเกิดขึ้นต่อเมื่อได้รับโอโซนอย่างต่อเนื่อง

เนื่องในระดับที่สูงกว่า 0.1 ppm ขึ้นไป ในกรณีความเข้มข้นต่ำกว่า 0.1 ppm พบว่าอาการดังกล่าวจะเกิดขึ้นกับเฉพาะบางบุคคลซึ่งมีประสาทสัมผัสที่ไวเท่านั้น อย่างไรก็ตามกลิ่นอันไม่พึงปรารถนาของโอโซน คือ จุน และ แสบจมูก ซึ่งบุคคลส่วนใหญ่ทั่วไปยังคงสามารถรับรู้ได้ในระดับที่ต่ำถึง 0.02 - 0.03 ppm

ในบางประเทศ เช่น สหรัฐอเมริกา ได้นำโอโซนมาใช้แก้ปัญหาน้ำทิ้งที่ปล่อยจากโรงงานอุตสาหกรรมซึ่งได้ผลดีมาแล้ว นอกจากนี้ยังมีการเปรียบเทียบผลจากการใช้คลอรีนและโอโซน พบว่าโอโซนสามารถทำลายเชื้อโรคและจุลินทรีย์ ทั้งยังสามารถจะเปลี่ยนสารอินทรีย์บางชนิดที่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต เช่น ฟีนอล หรือสารอินทรีย์ที่มีโลหะหนักเป็นองค์ประกอบให้เป็นสารที่มีพิษลดลง นับว่าเป็นข้อดีในการที่จะคลี่คลายปัญหาสภาพแวดล้อม แต่อย่างไรก็ตาม ควรตระหนักถึงขอบเขตการใช้โอโซน เนื่องจากมีผลงานวิจัยที่บ่งชี้ว่านอกจากจะมีประโยชน์แล้ว ก็ยังมีโทษต่อมนุษย์ สัตว์ และพืชด้วยเช่นกัน การศึกษาพิษของโอโซนกับสัตว์ทดลอง พบว่ามีผลการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมี เป็นต้นว่า การบีบรัดของหลอดเลือดและปอด การทำลายเม็ดเลือดแดง การเปลี่ยนแปลงเนื้อเยื่อในเซลล์ต่าง ๆ ผลต่อการสร้างภูมิคุ้มกัน นอกจากนี้ยังมีข้อมูลจากการวิจัย แสดงคุณสมบัติ ที่เป็นสารออกซิแดนท์ที่แรงมากรองลงมาจากฟลูออรีน ตัวอย่างเช่น อิทธิพลของโอโซนที่จะออกซิไดซ์ ไดไฮโดรนิโคตินาไมด์ อะดีนีน ไดนิวคลีโอไทด์ หรือรีดิวซ์กลูตาไรออน กลีเซอรอลดีไฮด์ - 3 - ฟอสเฟต ดีไฮโดรจีเนส และกรดอะมิโนอีกหลายชนิด ปฏิกริยาเหล่านี้เป็นสาเหตุที่ทำให้โอโซนเป็นพิษโดยเฉพาะกับมนุษย์ สัตว์ และพืช อย่างไรก็ตามคิดว่าโอโซนคงมีบทบาทสำคัญเพิ่มขึ้น ซึ่งควรแก่การศึกษาในอนาคต ถ้าหากมีวิธีการใช้ที่ถูกต้องก็จะให้คุณค่าทางงานวิเคราะห์และด้านอุตสาหกรรม (พิสิฐฐ์, 2534)

2.10.3 ผลดีของโอโซนต่อมนุษย์

1. การใช้โอโซนในการทำความสะอาดน้ำ ซึ่งโดยทั่วไปมี 2 กรรมวิธี คือ การใส่ผงคลอรีนและการใส่โอโซนลงไปในน้ำ ซึ่งส่วนใหญ่แล้วจะใช้ทั้งสองวิธีร่วมกัน ร่วมกันเพื่อให้ได้ผลดีที่สุดเพราะเหตุว่าทั้งสองวิธีจะมีผลดีและผลเสียที่ต่างกัน ดังนั้นจึงนำวิธีทั้งสองมาใช้
2. การใช้โอโซนในการทำลายสีในแม่น้ำ ที่เกิดจากดินหรือ พืชไถ่น้ำเพื่อให้น้ำมีสีตามธรรมชาติ
3. บรรดาอุตสาหกรรมอาหารทางการเกษตรก็ได้ใช้ประโยชน์จากโอโซนโดยการติดตั้งโคมไฟอุลตราไวโอเล็ตในห้องเย็น เพื่อให้เกิดโอโซนจากแสงอุลตราไวโอเล็ตที่จะช่วยในการเก็บรักษา

พืชผล สำหรับไข่ไก่เราสามารถใช้ออโซนในการทำลายแบคทีเรีย อย่างไรก็ตามอาหารที่มีมันมาก เช่น เนื้อสัตว์ หรือ เนย จะไม่ได้รับผลดีจากออโซนเพราะมันต่างๆ จะเกิดกลิ่นเหม็น

4. การใช้ออโซนในการทำความสะดวกสะอาดขวดบรรจุน้ำอัดลม

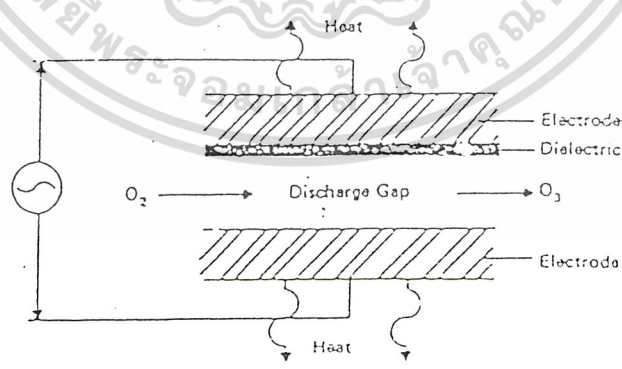
5. การใช้ออโซนในการทำอากาศให้สะอาดปราศจากกลิ่นเหม็นต่าง ๆ

6. ใช้ออโซนในกระบวนการผลิตไวน์ น้ำผลไม้ และเหล้า จะเห็นได้ว่าในชีวิตประจำวัน เราได้ใช้ประโยชน์มากมายจากก๊าซออโซน อย่างไรก็ตามปัญหาของออโซน หรือระดับชั้นออโซนที่กำลังลดระดับลงนั้นได้กลายเป็นปัญหาที่น่าหวาดกลัวต่อมวลมนุษยชาติ จึงเป็นเรื่องสำคัญเร่งด่วนในการกำหนดมาตรการที่จะสามารถควบคุมผลกระทบต่องีงแวดล้อม อันจะเกิดกับชั้นออโซนในบรรยากาศที่ปกคลุมโลกเราอยู่ (วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ , 2534)

2.10.4 การผลิตออโซน

เนื่องจากออโซนเป็นสารเคมีที่ไม่เสถียรเพราะมันสามารถเปลี่ยนไปเป็นออกซิเจนได้อย่างรวดเร็วหลังจากที่ผลิตขึ้น ดังนั้นเราจึงต้องผลิตออโซนและใช้งานทันที วิธีผลิตออโซนในปัจจุบันคือ การใช้ electrical corona discharge

เครื่องมือที่ออกแบบมาในการผลิตออโซนโดยใช้ corona charge แสดงได้ดังรูปที่ 2.1 แสดงการย่อยสลายออโซนจะขึ้นอยู่กับความร้อน และความเข้มข้นของออโซนที่เพิ่มขึ้น เพราะอิเล็กตรอนในช่องว่างจะสัมผัสกับโมเลกุลของออโซนดีฟอ ๆ กับสัมผัสกับโมเลกุลของออกซิเจน ดังนั้น จะต้องผ่านอากาศหรือออกซิเจนเข้าไปอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ออโซนที่เกิดขึ้นแล้วออกไป (Chiraphorn , 1998)



รูปที่ 2.1 แสดงพื้นฐานในการผลิตออโซน

เมื่อไฟฟ้าแรงสูงกระแสลับเคลื่อนที่ผ่านช่องว่าง (discharge gap) ที่ประกอบด้วย ออกซิเจน โอโซนจะถูกผลิตขึ้นมาดังรูปที่ 2.1

วิธีการขั้นพื้นฐานในการผลิตนี้ก็คือ ความไม่มีประสิทธิภาพในตัวของมันเองของออกซิเจน พลังงานที่ให้ไปเพียงแค่ 10 % ถูกใช้ในการสร้างโอโซน พลังงานส่วนใหญ่ที่สูญเสียไปในรูปของแสง เสียง และความร้อน ถ้าความร้อนไม่สามารถออกมาได้อย่างมีประสิทธิภาพ เครื่องผลิตโอโซนก็จะเป็นเหมือนกับเตาอบนั่นเอง และจะทำให้เกิดความร้อนขึ้นในช่องว่างอาจทำให้ผิวของฉนวนละลายได้ ถ้าอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเมื่อใดจะทำให้โอโซนได้รับความร้อน และอาจสลายไปได้ในที่สุด

เมื่อใดที่ออกซิเจนที่สะอาด และแห้งมากเกินไปยังเครื่องผลิตโอโซน และมีวิธีการวัด ความร้อนที่มีประสิทธิภาพ เมื่อนั้นการผลิตโอโซนจาก corona ภายใต้สภาวะที่เหมาะสมจะสามารถ แสดงได้โดยความสัมพันธ์นี้

$$V \propto pg$$

(2.13)

$$(Y/A) \propto \frac{geV^2}{d}$$

(2.14)

เมื่อ (Y / A) คือ ปริมาณโอโซนที่ผลิตได้ต่อพื้นที่ผิวของอิเล็กโทรดภายใต้สภาวะที่เหมาะสม

V คือ ความต่างศักย์ที่ผ่านช่องว่าง (โวลต์)

p คือ ความดันของอากาศในช่องว่าง (psia)

f คือ ความถี่

g คือ ความกว้างของฉนวน

e คือ ค่าคงที่ของฉนวน

d คือ ความหนาของฉนวน

ดังนั้นเพื่อให้ปริมาณโอโซนเหมาะสม ควรปรับสภาวะ ดังนี้

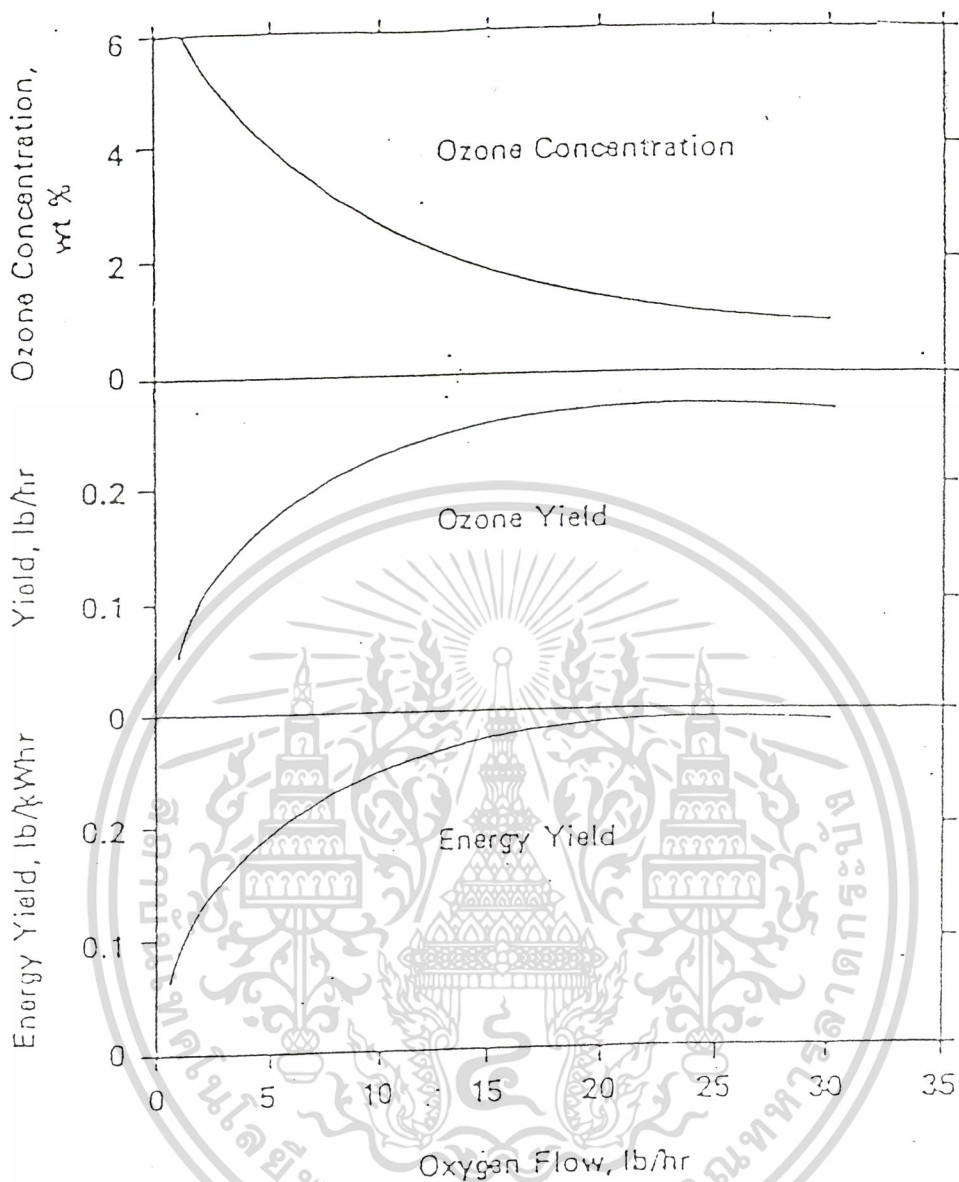
1. ช่องว่างควรเหมาะสมเพื่อรักษาความต่างศักย์ให้ต่ำกว่าการทำ เพราะการรักษาความต่างศักย์ไว้ที่ระดับต่ำจะป้องกันผิวของฉนวนและอิเล็กโทรดได้ การทำที่ความดัน 10 - 15 psia นั้น เหมาะกับการบำบัดน้ำเสีย เพราะถ้าโอโซนผ่านเข้าทางด้านล่างของถังบำบัดน้ำเสียจำเป็นต้องมีพลังงานบางส่วนเพื่อทำให้น้ำและอากาศสัมผัสกัน ดังนั้นการผลิตโอโซนที่ความดันระดับนี้ พลังงานส่วนนี้จะช่วยในการทำให้น้ำและอากาศสัมผัสกัน

2. ควรใช้ฉนวนบางๆ และค่าคงที่สูงๆ จากสมการที่ 2.14 แสดงให้เห็นว่าคุณสมบัติของฉนวนจะมีผลต่อปริมาณโอโซนที่ผลิตได้ เพราะฉะนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องคงไว้ซึ่งค่าคงที่สูงๆ ของฉนวน ทั้งนี้ก็เพื่อลดการยุบตัวของฉนวนและเพื่อการขจัดความร้อนที่เหมาะสม

3. ควรใช้ไฟฟ้ากระแสสลับความถี่สูง เพราะความถี่สูง ๆ จะทำให้ผิวของฉนวนถูกทำลายน้อยลง ซึ่งจะเป็นการยืดอายุการใช้งานของเครื่อง ในทางทฤษฎีและในทางปฏิบัตินั้นจะรักษาฉนวนให้เล็กเท่าที่จะทำได้ เพื่อสร้างเครื่องผลิตโอโซนและเพื่อป้องกันการยุบตัวของฉนวน ที่ความต่างศักย์ขณะดำเนินการ

4. ถ้าต้องการความเข้มข้นโอโซนสูง ๆ จำเป็นต้องทำให้เครื่องเย็นลงดังนั้น จุดสำคัญในการหาสภาวะที่เหมาะสมของขบวนการคือ การกำจัดความร้อนออกจากระบบเท่าที่เป็นไปได้ ความต่างศักย์ หรือ ความถี่สามารถเพิ่มขึ้นได้เพื่อการผลิตโอโซน (Evans , 1972)

ปริมาณของโอโซนในเครื่องผลิตนี้เป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณกระแสที่เคลื่อนที่ผ่านช่องว่างระหว่างฉนวน ถ้าความเข้มข้นของโอโซนและอุณหภูมิคงที่ ในรูปที่ 2.2 แสดงผลของออกซิเจนต่อความเข้มข้นของโอโซน ปริมาณโอโซน และปริมาณพลังงานที่ใช้ในเครื่องผลิตโอโซนในโรงงานทั่วไป



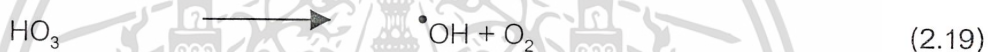
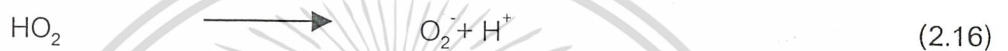
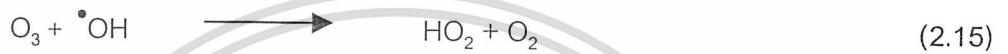
รูปที่ 2.2 กราฟแสดงอัตราการไหลของออกซิเจนที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงพลังงาน ปริมาณและความเข้มข้นของโอโซน

2.10.5 จลนศาสตร์ของโอโซนในน้ำ

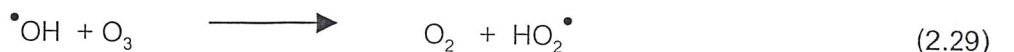
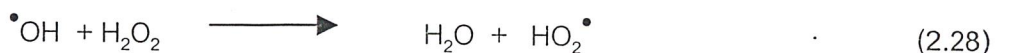
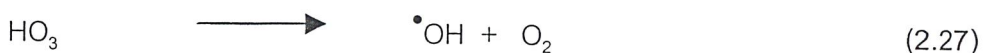
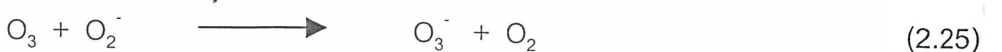
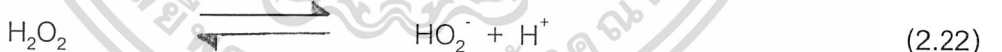
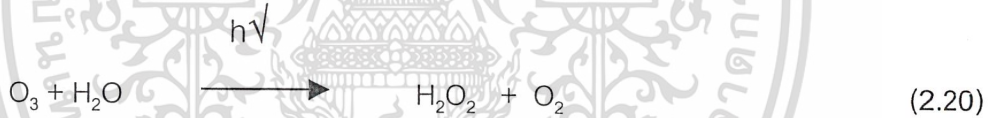
การเกิดปฏิกิริยาของโอโซนโดยทั่วไปมีด้วยกัน 2 ทาง ทางแรกโอโซนสามารถทำปฏิกิริยาได้โดยตรงกับสารอินทรีย์ และ การเกิดปฏิกิริยาทางอ้อมโดยอยู่ในรูปของอนุมูลอิสระ เช่น $\cdot\text{OH}$ และ $\text{HO}_2\cdot$ การเกิดปฏิกิริยาทางตรงนี้มีความจำเพาะสูง ในทางกลับกันปฏิกิริยาทางอ้อมนั้นไม่

จำเพาะเจาะจงและมีแนวโน้มว่าจะมีประสิทธิภาพสูงกว่าปฏิกิริยาในทางตรงในการกำจัดสารอินทรีย์ รูปที่ 2.3 แสดงกระบวนการย่อยสลายของโอโซน รูปที่ 2.4 แสดงการเกิดปฏิกิริยาระหว่างโอโซนและสารตั้งต้นโดยที่สารอินทรีย์ เช่น อะลิฟาติกแอซิก อัลดีไฮด์ คีโตน และ พวอะโรมาติกที่ไม่ว่องไวจะเกิดปฏิกิริยาอย่างช้า ๆ กับโมเลกุลของโอโซนและโอกาสที่จะทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระสูง

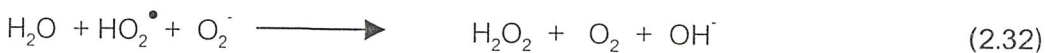
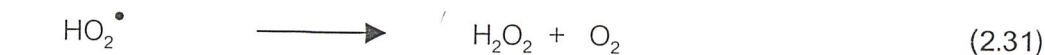
คุณสมบัติของโอโซนสามารถอธิบายได้โดยปฏิกิริยาย่อยสลายของโอโซนดังนี้



ปฏิกิริยาการย่อยสลายของโอโซนร่วมกับรังสียูวี



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

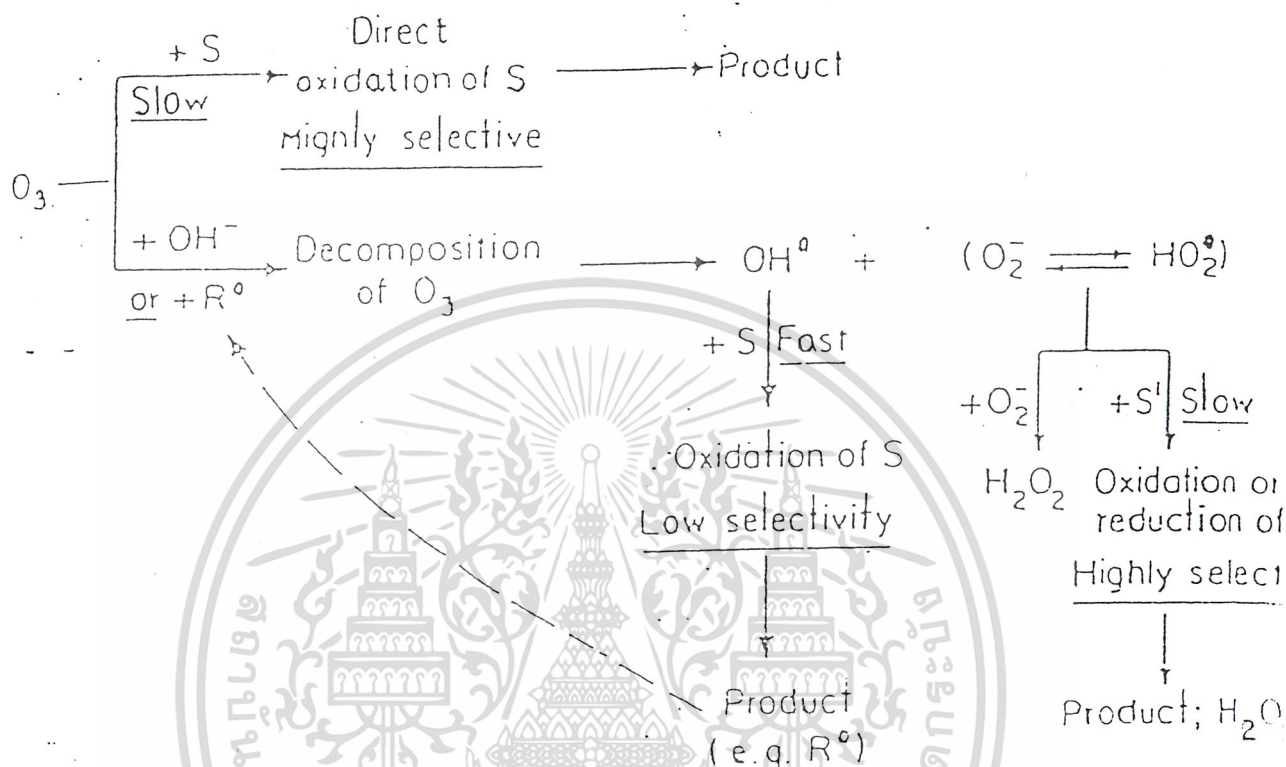


(Gary R.,1982)



รูปที่ 2.3 แสดงกระบวนการย่อยสลายของโอโซน (Bruno , 1991)

อนุมูลอิสระของ $\text{HO}_2^\bullet$ และ $\text{HO}^\bullet$ มีความสามารถในการออกซิไดซ์ได้ดี และบางครั้งยังเป็นรูปแบบที่เกิดขึ้นในขบวนการฆ่าเชื้อโรค อนุมูลอิสระเหล่านี้จะเป็นตัวออกซิไดซ์ที่ทำปฏิกิริยากับสารปนเปื้อนต่างๆ ในน้ำได้ (Chiraphorn , 1998)



รูปที่ 2.4 แสดงปฏิกิริยาของสารตั้งต้นกับโอโซนและปฏิกิริยาการย่อยสลายโอโซน

ในกรณีฆ่าเชื้อโรค Shukairy และ Summers (1992) ได้ระบุว่า โอโซนที่ผลิตขึ้นจะไม่มีผลต่อสารอินทรีย์จำพวกแฮไลด์ หลังจากการเติมโอโซนพบว่าปริมาณผลิตภัณฑ์ของสารประกอบฮาโลเจนจะฟอร์มตัวขึ้นเมื่อคลอรีนที่ใช้ในการฆ่าเชื้อโรคลดลง แต่จะไม่มีผลกระทบ อย่างเด่นชัดต่อสารอินทรีย์จำพวกแฮไลด์เมื่อใช้คลอรีน

โอโซนเป็นสารออกซิแดนท์สามารถทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์ เช่น เมกานีส เหล็ก และซัลไฟด์ ส่วนไบคาร์บอเนตและโบรไมด์เป็นสารอินทรีย์ที่น่าสนใจในการทำโอโซนขึ้นในน้ำดื่ม โดยที่ไฮดรอกไซด์เรดิคัลจะถูกใช้โดยอนุมูลอิสระของคาร์บอเนตและไบคาร์บอเนต (Chiraphorn, 1998)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10.6 การประยุกต์ใช้โอโซน

ก. ใช้เป็นตัวช่วยในการรวมตัวของสาร

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

ข. ใช้ในการกำจัดตะกอนที่มากเกินไป

วิธีการที่ใช้ในการกำจัดตะกอน ทำโดยการหมุนเวียนตะกอนผ่านโอโซน ในระบบตะกอนเร่ง (activated sludge ; AS) จากการทดลองพบว่าปริมาณสลัดจ์ลดลงจนไม่ต้องการกำจัด นอกจากนี้ยังพบว่าไม่มีตะกอนของสารอินทรีย์สะสมอยู่ในถังเติมอากาศซึ่งตะกอนอินทรีย์ส่วนใหญ่จะถูกปล่อยออกมาอยู่ในเฟสที่สามารถละลายได้ และเมื่ออัตราการหมุนเวียนตะกอนเพิ่มขึ้น ปริมาณ TOC จะเพิ่มขึ้น

ค. ใช้ควบคุมปริมาณตะกอน

Leeuwen (1988 ,1989) สรุปว่าโอโซนสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตจุลินทรีย์จำพวกเส้นใย ที่ทำให้การจับตัวของตะกอนไม่ดีในระบบ AS การให้โอโซนในปริมาณที่สูงจะมีผลต่อการจับตัวของตะกอนมากกว่าการให้โอโซนน้อย ๆ ในระยะยาว โอโซนในระบบ AS นี้ไม่สามารถยับยั้งปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันและกำจัดฟอสเฟต นอกจากนี้ยังสามารถปรับปรุงการกำจัดสารอินทรีย์ สีและสารที่แขวนลอยอยู่ได้ ทำให้คุณภาพของน้ำทิ้งดีขึ้น ปริมาณของแข็งที่หายไปก็ลดลงจาก 437 เหลือ 194 มก. / ลิตร และการใช้โอโซนในถังเติมอากาศนั้นจะมีประสิทธิภาพดีกว่าการหมุนเวียนสลัดจ์ (Chiraphorn , 1998)

2.10.7 การบำบัดด้วยโอโซน

ก. การบำบัดน้ำเสียจากโรงงานทำกระดาษด้วยโอโซน

การทดสอบประสิทธิภาพของการใช้โอโซนและสารเคมีเป็นตัวช่วยในการรวมตัว ในการกำจัดสี และซีไอดีจากน้ำทิ้งของโรงงานทำกระดาษ โดยใช้น้ำทิ้ง 3 ชนิด คือ น้ำทิ้งครั้งสุดท้าย น้ำทิ้งจากขั้นตอนการกรองคลอรีน และน้ำทิ้งจากขั้นตอนการกรองจากการสกัดอัลคาไลน์

พบว่า โอโซนนั้นมีประสิทธิภาพสูงในการกำจัดสีและซีไอดี ในน้ำทิ้งครั้งสุดท้าย แต่ในขั้นตอนของการกรองคลอรีนและการสกัดอัลคาไลน์นั้นจะไม่ค่อยมีประสิทธิภาพในการลดสีและซีไอดี (Ramjee ,1997)

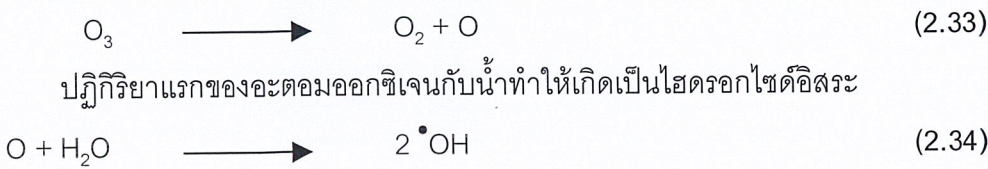
ชนิดของน้ำทิ้ง	% การกำจัดสี	เวลา (นาทื)
น้ำทิ้งครั้งสุดท้าย	82.60	30
ขั้นตอนการกรองคลอรีน	65.55	30
ขั้นตอนการกรองพวกอัลคาไลน์	39.70	30

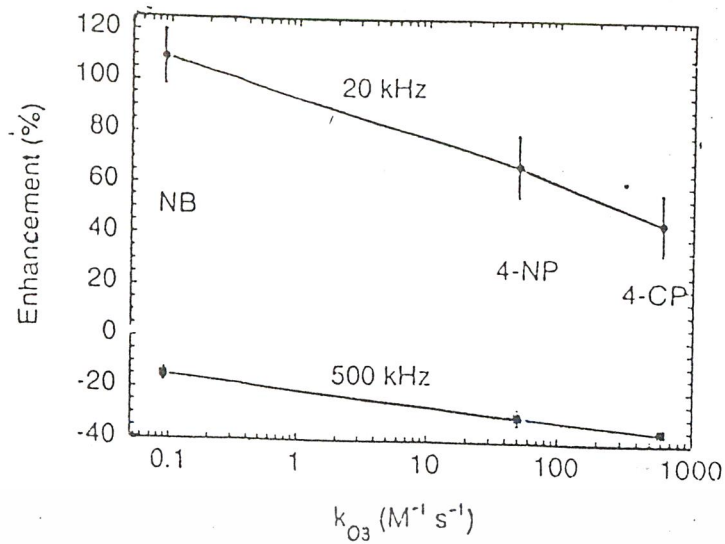
ในการทดลองบำบัดด้วยโอโซนนี้สามารถกำจัดสี และซีไอดีได้ ในน้ำทิ้งทั้ง 3 ชนิด โดยค่าเฉลี่ยในการกำจัดมีดังนี้

ชนิดของน้ำทิ้ง	สีที่ถูกกำจัดได้	ซีไอดีที่ถูกกำจัดได้
น้ำทิ้งครั้งสุดท้าย	83.00%	68%
ขั้นตอนการกรองคลอรีน	48.00%	28%
ขั้นตอนการกรองเอ็ดทอกซีเลท	60.00%	30%

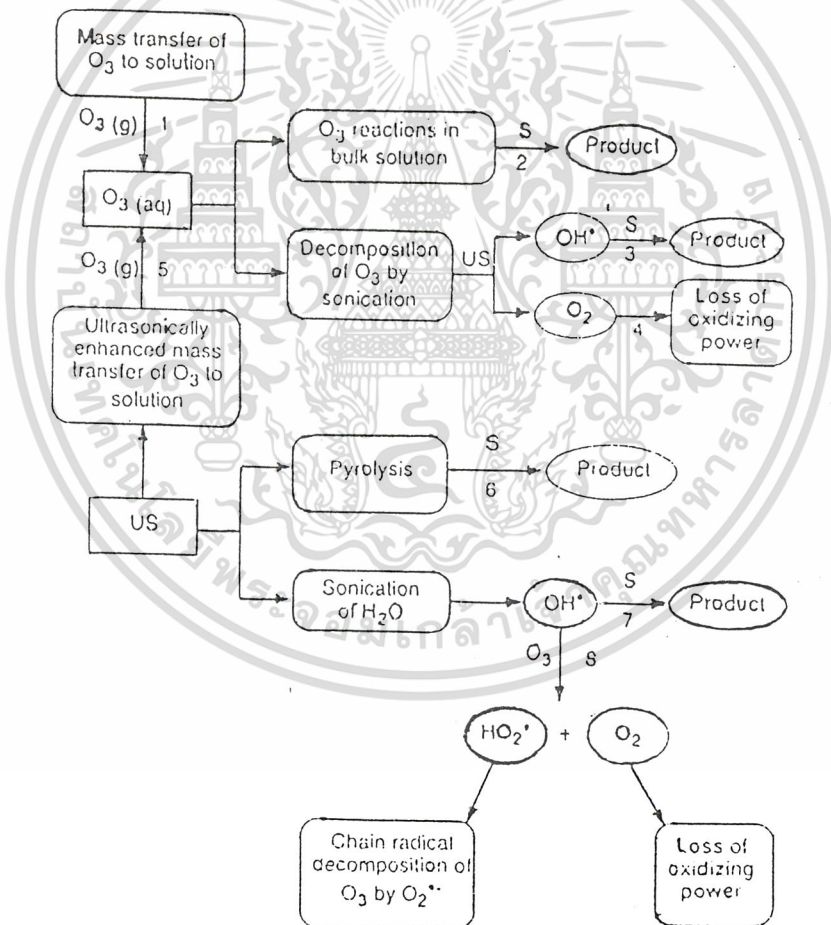
(Ramjee , 1997)

ข. การย่อยสลายสารประกอบอะโรมาติกในน้ำโดยเชื่อมกันระหว่างไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และโอโซน การเชื่อมกันระหว่างโอโซนและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เป็นขบวนการประยุกต์ปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยทั้ง 2 อย่างนี้จะใช้ในการย่อยสลาย ไนโตรเบนซีน 1-4 ไนโรฟินอล และ 4 คลอโรฟินอลในน้ำ ทั้งนี้การย่อยสลายขึ้นกับความถี่และจลศาสตร์ของโอโซน ออร์แกนิกคาร์บอนที่สูญหายไปมากจะเกิดที่ความถี่ 20 และ 500 กิโลเฮิร์ตซ์ (KHz) ดังแสดงในรูปที่ 2.5 และ 2.6 ส่วนโอโซนจะสลายในสถานะก๊าซดังสมการ





รูปที่ 2.5 การเพิ่มขึ้นของการย่อยสลายเมื่อเชื่อมกันระหว่างโอโซนและโอโซนไลซิสที่ความถี่ 20 และ 500 kHz



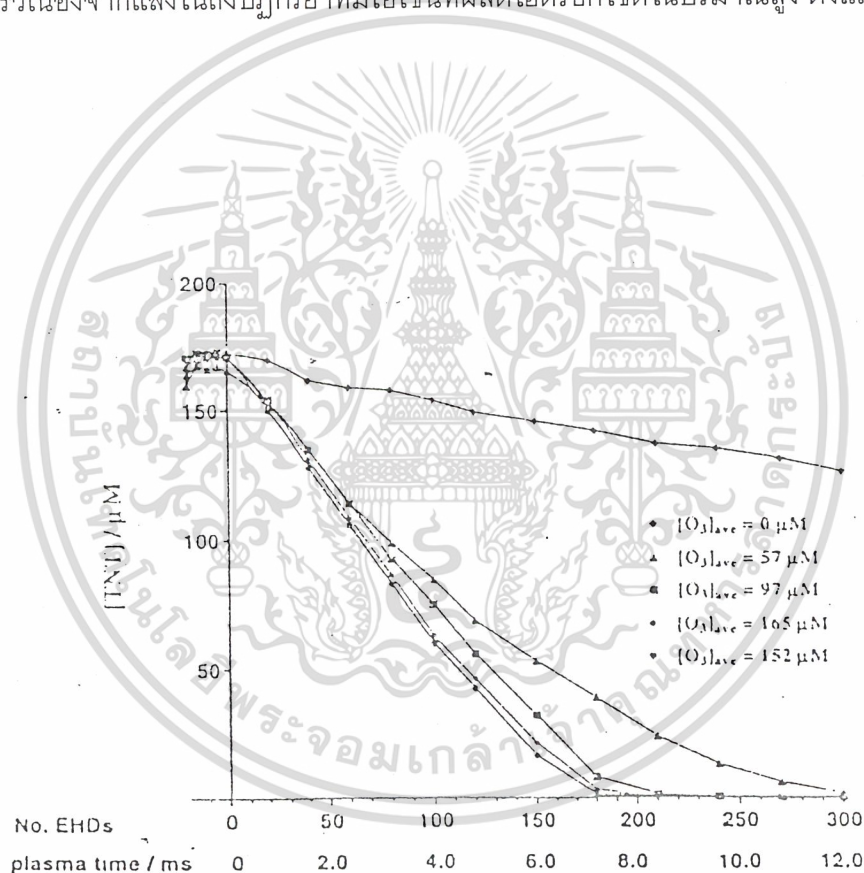
รูปที่ 2.6 แสดงการย่อยสลายของสารตั้งต้นและปฏิกิริยาร่วมกันระหว่างโอโซนและโอโซนไลซิส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค. การย่อยสลาย 2,4,6 ไตรไนโตรโทลูอินด้วยโอโซนใน Electrohydraulic Discharge

Reactor

กระบวนการ electrohydraulic discharge ที่ใช้โอโซนทำเพื่อประมาณอัตราเร็วในการย่อยสลายไตรไนโตรโทลูอิน (TNT) เมื่อได้รับพลังงานจากกระแสไฟฟ้าโดยตรงระหว่างขั้วทั้งสอง อัตราการย่อยสลาย TNT เพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่ม pH จาก 3 จนถึง 7.9 และเพิ่มพลังงานจาก 5.5 ถึง 9 กิโลจูล และจะลดลงเมื่อช่องว่างระหว่างอิเล็กโทรดกว้างประมาณ 6 - 10 mm อัตราการสลายแร่ธาตุจะเกิดอย่างรวดเร็วเนื่องจากแสงในถึงปฏิกิริยาที่มีโอโซนที่ผลิตไฮดรอกไซด์ในปริมาณสูง ดังแสดงในรูปที่ 2.7

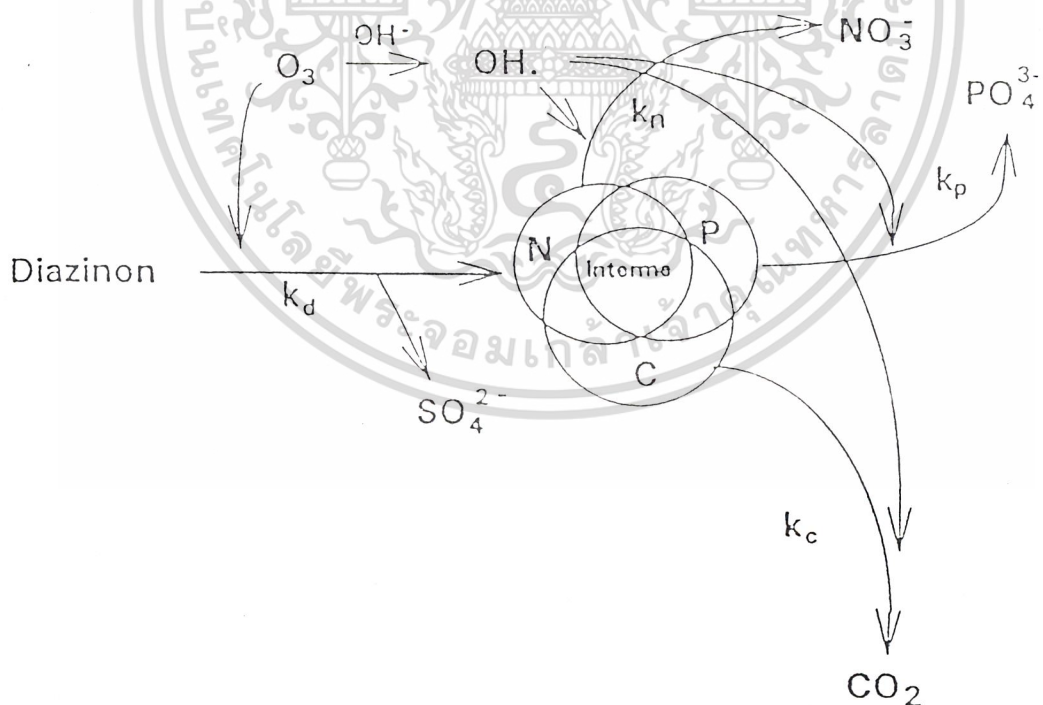


รูปที่ 2.7 กราฟแสดงการย่อยสลาย TNT ปริมาตร 3.5 L 170 ไมโครโมล ที่ pH 4.7 ด้วยพลังงาน 3007 กิโลจูล (Lang P.S. , 1998)

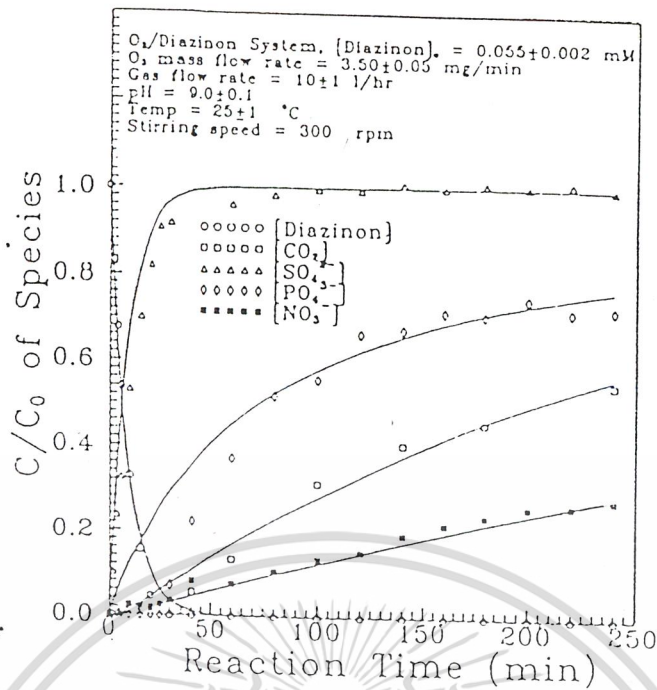
ง. การย่อยสลายไดอะซินอนด้วยโอโซน

Young Ku , Jay – Lin Chang , Yung - Shuen Shen และ Shi - Yow Lin นักศึกษาวิศวกรรมเคมี ที่สถาบันเทคโนโลยีแห่งหนึ่งในประเทศไต้หวัน ได้ทำการศึกษาการย่อยสลายของไดอะซินอนในสารละลายด้วยโอโซน โดยทำการทดลองภายใต้สภาวะต่าง ๆ เช่น pH ปริมาณโอโซนที่ใช้ ความดัน ปริมาณอัลคาไลไนต์ และอุณหภูมิ และพบว่า การย่อยสลายที่สมบูรณ์ของไดอะซินอนจะเกิดขึ้นใน 1 ชั่วโมง ส่วนแรงดึงดูดของสารละลายนั้นพบว่าเป็นผลมาจากไดอะซินอนที่ละลายอยู่และอิทธิพลของปฏิกิริยาออกซิเดชันของไดอะซินอนกับโอโซนในสารละลาย และจากการทดลองพบว่า อัตราการย่อยสลายของไดอะซินอนนั้นไม่ได้ขึ้นอยู่กับ pH อัลคาไลไนต์ และอุณหภูมิ แต่อัตราการย่อยสลายที่เพิ่มขึ้นนี้จะขึ้นอยู่กับปริมาณโอโซนที่เพิ่มขึ้น

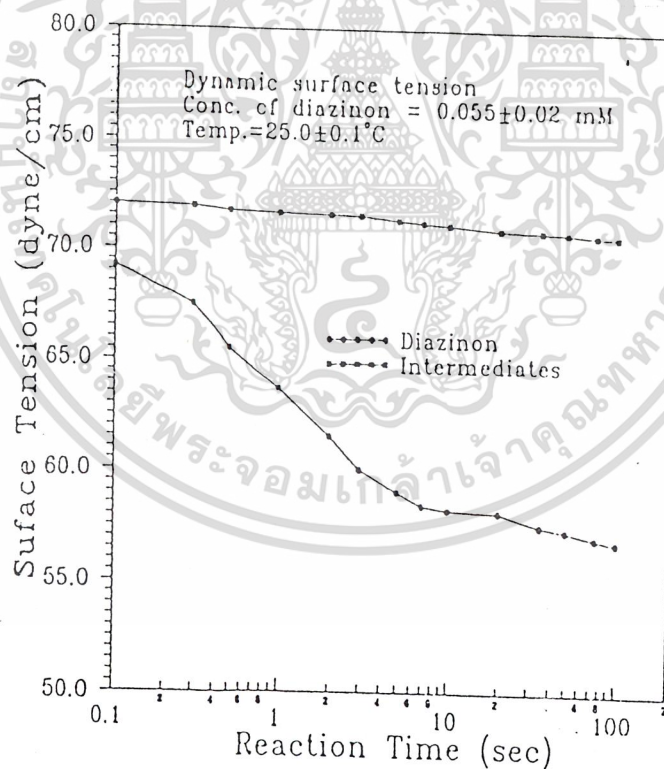
ผลจากการย่อยสลายพบว่า ซัลเฟอร์จากโมเลกุลของไดอะซินอนจะปลดปล่อยออกมา ก่อนระหว่างการย่อยสลายที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาออกซิเดชันโดยตรงของโอโซน และตามด้วยฟอสเฟต คาร์บอน และไนเตรตไอออน จากปฏิกิริยาออกซิเดชันทางอ้อม ด้วยอนุมูลอิสระไฮดรอกซิล ดังแสดงในรูปที่ 2.8 รูปที่ 2.9 และ รูปที่ 2.10



รูปที่ 2.8 แสดงรูปแบบการย่อยสลายไดอะซินอนด้วยโอโซน



รูปที่ 2.9 แสดงการกระจายของอนุพันธ์ต่าง ๆ ในการย่อยสลายไดอะซินอน

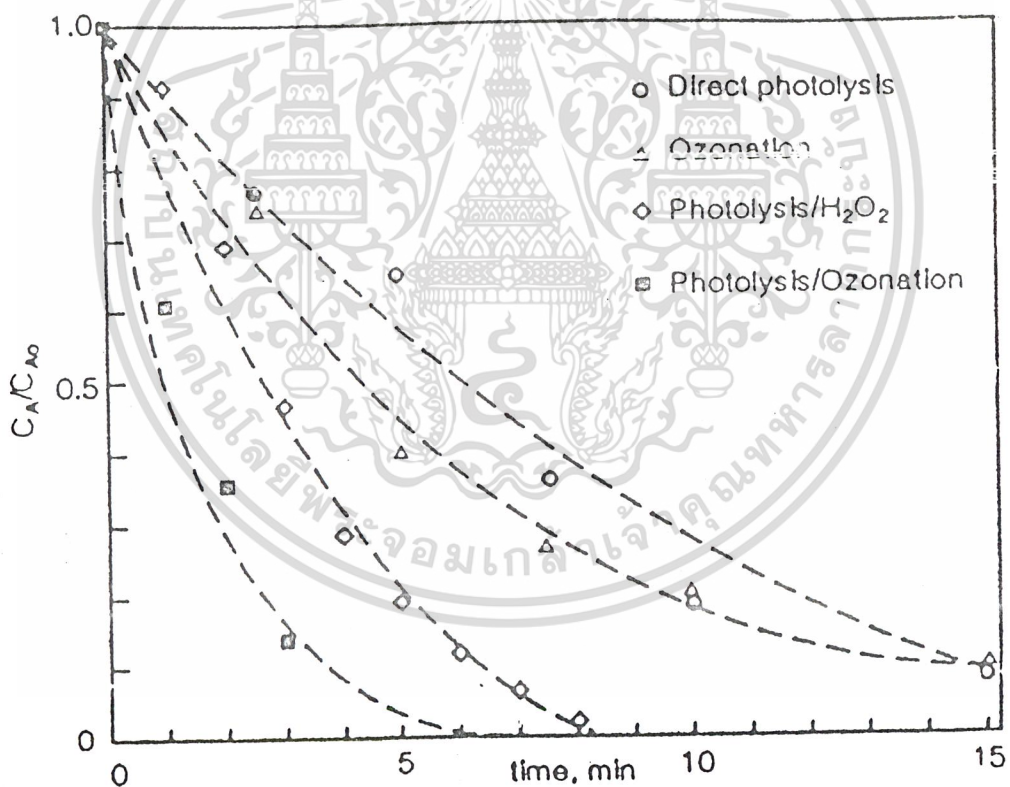


รูปที่ 2.10 แสดงแรงตึงผิวของสารละลายเมื่อเติมไดอะซินอน และสารอินทรีย์ที่เกิดจากการย่อยสลายของไดอะซินอนด้วยไฮโดรเจน (Young Ku, 1998)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จ. การลดปริมาณการตกค้างของอะทราซีนในน้ำโดยวิธีการออกซิเดชันด้วย โอโซน รังสียูวี รังสียูวีร่วมกับ H_2O_2 และรังสียูวีร่วมกับโอโซน

จากงานวิจัยที่มีผู้ทำการศึกษาลดปริมาณการตกค้างของอะทราซีนในน้ำโดยวิธีการออกซิเดชันด้วย โอโซน รังสียูวี รังสียูวีร่วมกับ H_2O_2 และรังสียูวีร่วมกับโอโซน (Beltran 1993 , 1994 (I และ II)) พบว่าวิธีการออกซิเดชันด้วยรังสียูวีร่วมกับโอโซนจะให้ประสิทธิภาพในการลดปริมาณการตกค้างของอะทราซีนในน้ำได้ดีที่สุด ดังรูปที่ 2.11 ทั้งนี้เนื่องจากปฏิกิริยาการสังเคราะห์แสงของโอโซนจะให้ผลิตภัณฑ์หลักเป็น Hydroxyl radical ($\cdot OH$) ซึ่งเป็นตัวออกซิไดซ์ที่แรง และจะเข้าทำปฏิกิริยาย่อยสลายสารเมทาบอไลต์ได้ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีอื่น



รูปที่ 2.11 กราฟแสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดปริมาณอะทราซีนในน้ำด้วยโอโซนเพียงอย่างเดียว รังสียูวีเพียงอย่างเดียว รังสียูวีร่วมกับ H_2O_2 และ รังสียูวีร่วมกับโอโซน

2.11 รังสียูวี (Ultraviolet Radiation)

รังสียูวีถูกค้นพบในปี ค.ศ.1801 โดยนักวิทยาศาสตร์ชาวอเมริกาชื่อ โจฮันน์ วิตเตอร์ จากการศึกษาปรากฏการณ์ของรังสีกับเงินคลอไรด์ โดยการสังเกตการเปลี่ยนแปลงของเงินคลอไรด์เป็นสีดำ ทำให้เขาเชื่อว่า รังสียูวีนั้นมีพลังงานแฝงอยู่ รังสียูวีอยู่ในกลุ่มรังสีแม่เหล็กไฟฟ้า มีความยาวคลื่นตั้งแต่ 1.0×10^{-7} ถึง 3.8×10^{-7} เมตร หรือมีความยาวคลื่นตั้งแต่ 100 นาโนเมตร ถึง 380 นาโนเมตร คลื่นนี้เกิดจากการที่กระแสไฟฟ้าเดินทางผ่านตัวนำไฟฟ้า ส่วนใหญ่แสงนี้จะออกมาพร้อมกับแสงอื่นที่เรามองเห็น โดยเฉพาะแสงที่มีสีม่วง เราจึงมักพบว่าแสงต่างๆที่มีรังสียูวีออกมานั้นมักมีสีออกไปทางสีม่วง

2.11.1 ประเภทของรังสียูวี

เราสามารถแบ่งรังสียูวีออกได้เป็น 3 กลุ่มดังนี้

1. รังสียูวีเอ (UV - A) หรืออาจเรียกว่ายูวีคลื่นยาว มีความยาวคลื่นตั้งแต่ 3200 - 4000 อังสตรอมหรือ 320 - 400 นาโนเมตร
2. รังสียูวีบี (UV - B) หรืออาจเรียกว่ายูวีช่วงกลาง มีความยาวคลื่นตั้งแต่ 2800 - 3200 อังสตรอมหรือ 280 - 320 นาโนเมตร
3. รังสียูวีซี (UV - C) หรืออาจเรียกว่ายูวีคลื่นสั้น มีความยาวคลื่นตั้งแต่ 2200 - 2800 อังสตรอม หรือ 220 - 280 นาโนเมตร

ส่วนรังสียูวีที่มีความยาวคลื่นต่ำกว่า 2000 อังสตรอมหรือ 200 นาโนเมตร เรียกว่าช่วงยูวีสุญญากาศ

2.11.2 แหล่งกำเนิดรังสียูวี แหล่งกำเนิดรังสียูวีแบ่งได้ 2 กลุ่มดังนี้

2.11.2.1 แหล่งกำเนิดจากธรรมชาติ

แหล่งกำเนิดจากธรรมชาติที่มีอิทธิพลสูงที่สุดในโลกคือดวงอาทิตย์ เมื่รังสียูวีจากดวงอาทิตย์มากระทบกับอะตอมของชั้นบรรยากาศ จะเกิดการแตกตัวเป็นไอออนจำนวนมาก และเป็นแหล่งกำเนิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าทั้งหมด ยกเว้นรังสีแกมมา ซึ่งได้จากการสลายตัวของสารกัมมันตรังสีและปฏิกิริยานิวเคลียร์ในดวงอาทิตย์ แม้จะมีปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์ให้รังสีแกมมา แต่จะกลายเป็นรังสีอื่นก่อนมาสู่โลก

2.11.2.2 แหล่งกำเนิดที่ผลิตแสงขึ้นมาเองโดยมนุษย์เป็นผู้ผลิตขึ้น

แหล่งกำเนิดแสงที่ผลิตแสงขึ้นมาเอง เช่นหลอดเรืองแสงและหลอดรังสียูวี

(Black Light Lamp) ซึ่งเกิดจากอิเล็กทรอนิกส์ที่หลุดออกจากขั้วอิเล็กโทรดของหลอด วิ่งไปชนอะตอมของก๊าซที่บรรจุอยู่ภายในหลอด เช่น ไฮปรอท แล้วเกิดรังสียูวีกระจาย สามารถทำได้ 3 วิธีดังนี้

- โดยวิธีการอาร์คของคาร์บอนและทังสเตน
- โดยให้ไส้ทังสเตนทำงานที่อุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิหลอดปกติ
- โดยการออกแบบมาเป็นพิเศษของหลอดก๊าซ - ดิสชาร์จ

โดยในแต่ละแหล่งกำเนิดรังสียูวี จะมียูวีอยู่ในปริมาณต่าง ๆ กันดังนี้

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

2.11.3 คุณสมบัติของรังสียูวี

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

2.11.4 ประโยชน์ของรังสียูวี

2.11.4.1 การสร้างวิตามินดี การเกิดวิตามินดีเป็นปฏิกิริยาระหว่างรังสียูวีกับสาร

กำเนิดวิตามินดีที่อยู่ใต้ผิวหนังที่เรียกว่า 7 - ดีไฮโดรคลอเรสเตอรอล ให้เปลี่ยนเป็นวิตามินดี 3 ซึ่งจะช่วยได้อย่างดีในกรณีที่เด็กได้รับวิตามินจากอาหารที่กินเข้าไปไม่เพียงพอ สำหรับคนในแถบศูนย์สูตรไม่ค่อยมีปัญหา แต่สำหรับคนในแถบหนาว ต้องชวนขวยหารังสียูวีจากหลอดประดิษฐ์ทดแทนการได้รับจากแสงอาทิตย์ สำหรับ 7 - ดีไฮโดรคลอเรสเตอรอลนั้น ถ้าปราศจากรังสียูวี จะเปลี่ยนเป็นคลอเรสเตอรอลสะสมไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยการใช้ตัวดูดกลืนรังสียูวี ซึ่งจะช่วยดูดกลืนรังสียูวีได้บางส่วน สำหรับตัวดูดกลืนรังสียูวีที่นิยมใช้ เช่น ซาลิซิลิกเอสเทอร์ ไฮดรอกซีเบนโซฟีโนน และเบนโซไตรเอโซล เป็นต้น

2.11.5.2. ผลต่อผิวหนัง แสงแดดหรือแสงอาทิตย์นั้นเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับคนบางกลุ่มที่ต้องการความอบอุ่นจากแสงแดดและต้องการให้ผิวหนังดูสวยงาม เช่น ผู้ที่ชอบอาบแดด ผู้ที่มีอาชีพการประมง ทำเกษตร หรือผู้ที่เล่นกีฬากลางแจ้ง มีโอกาสที่ได้รังสีจากดวงอาทิตย์อย่างเต็มที่ ดร.ไอแซค วิลลิส หัวหน้าฝ่ายโรคผิวหนัง ศูนย์อำนวยการทางการแพทย์ของทหารผ่านศึก สหรัฐอเมริกา กล่าวว่า ผู้ที่ได้รับแสงแดดมากเกินไปจะเกิดอันตราย โดยจะทำให้ผิวหนังเหี่ยวแห้งเร็วกว่าปกติได้ ดร.วิลลิส ได้วิจัยเกี่ยวกับรังสียูวีเอ และรังสียูวีบี พบว่าการที่ผิวหนังเหี่ยวแห้งเร็วกว่าปกติเนื่องจากเส้นใยคอลลาเจน (ใยโปรตีน) และเส้นใยที่ยึดหยุ่นได้ของผิวหนังถูกทำลาย นอกจากนี้รังสียูวียังทำลายเซลล์ผิวหนังและเซลล์เม็ดโลหิตขาวที่เรียกว่า ที – ลิมโฟไซต์อ่อนแอลง ทำให้ติดเชื้อโรคได้ง่ายขึ้น และบางครั้งผิวหนังที่ถูกทำลายจะมีการเปลี่ยนแปลงของเซลล์ ทำให้เซลล์แบ่งตัวมากกว่าปกติ เกิดการผิดปกติและเป็นมะเร็งที่ผิวหนังได้ ถึงแม้ว่าผิวหนังจะมีเมลานินช่วยดูดกลืนรังสียูวีไว้แต่ไม่สามารถดูดกลืนไว้ได้ทั้งหมด เพราะเซลล์เมลานินไซโตต้องใช้เวลาในการสร้างเมลานิน ดังนั้นจึงไม่ควรถูกแสงนานเกินไป และพบว่า ชาวคอเคเซียน (Caucasian) ซึ่งมีผิวขาวจะได้รับผลนี้มากกว่าชาวนิโกรที่มีผิวดำมาก

มะเร็งที่ผิวหนังที่เกิดขึ้นมีหลายแบบ เช่น Squamous cell carcinoma , Basal cell carcinoma และ Malignant melanoma พบว่าทั้ง 3 ชนิดรวมกันมีประมาณ 4% ของชาวคอเคเซียน นอกจากมะเร็งที่ผิวหนังแล้ว การสัมผัสกับรังสียูวีที่มีความยาวคลื่นต่ำเป็นเวลานาน ก็อาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่ผิวหนังได้หลายอย่าง เช่น ตกรั้ว ผิวหนังเหี่ยว แก่ก่อนวัย ผลที่เกิดขึ้นนี้จะพบมากในบุคคลที่มีลักษณะทางกรรมพันธุ์ที่ขาดเม็ดสีชนิดเมลานิน ซึ่งมีคุณสมบัติช่วยป้องกันอันตรายที่เกิดจากแสงอาทิตย์ให้กับผิวหนัง รังสีจากดวงอาทิตย์ที่มีความยาวคลื่นมากกว่า 320 นาโนเมตร ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีระวิทยาของผิวหนังได้เมื่อรวมกับความยาวคลื่นแสงหรืออาจเกิดจากสารเคมีที่อยู่ในยา สบู่ เครื่องสำอางค์หรือผงซักฟอก ซึ่งสารเคมีเหล่านี้จะทำให้ผิวหนังมีปฏิกิริยาตอบสนองต่อแสงเร็วกว่าปกติ ซึ่งเป็นปัญหาต่อไปในอนาคต

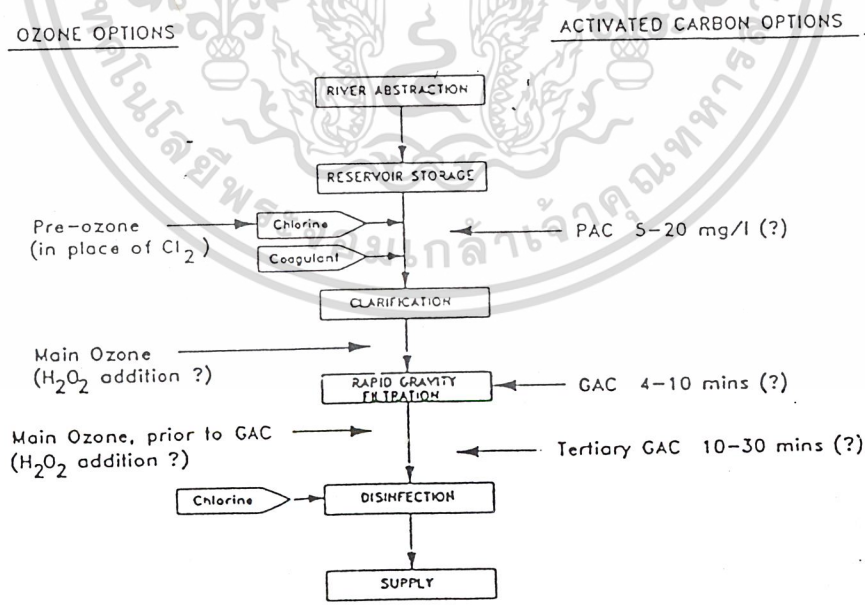
2.11.5.3. ผลต่อสิ่งแวดล้อม รังสียูวีอาจก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสิ่งแวดล้อมได้ เช่น ไฟโตแพลงตอนในทะเลหรือมหาสมุทร เมื่อได้รับอิทธิพลจากรังสี อาจทำให้ตายหรือไม่สามารถสังเคราะห์แสงได้ตามปกติ เมื่อไฟโตแพลงตอนซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของวงจรอาหารในทะเลถูก

ทำลายไป ย่อมทำให้สัตว์ที่ใช้ไฟโตแพลงตอนเป็นอาหารหมดไปด้วย ในที่สุดสัตว์น้ำที่เป็นอาหารของมนุษย์ก็จะลดลง นอกจากนี้มหาสมุทรยังเป็นแหล่งผลิตออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ เมื่อไฟโตแพลงตอนหรือพืชน้ำจืดพวกสาหร่ายสังเคราะห์ไม่ได้ ย่อมมีผลกระทบต่อวัฏจักรของคาร์บอนและออกซิเจนบนโลกด้วย การที่ไฟโตแพลงตอนต้องอยู่ในทะเลลึกๆที่แสงส่องไปไม่ถึง ก็เพื่อเป็นการป้องกันตัวเองจากรังสียูวีนั่นเอง

2.12 การลดสารพิษโดยวิธีอื่น ๆ

ก. การปรับปรุงขบวนการบำบัดในการกำจัดอะทราซีนและสารปราบศัตรูพืชอื่น ๆ

จากการสำรวจปริมาณสารปราบศัตรูพืช และสารกำจัดวัชพืช เช่น อะทราซีน , ซิมาซีน และไฮโซโปรทอรอน ที่พบบริเวณน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินนั้น มีค่าเกิน 0.1 ไมโครกรัม / ลิตร พบว่าคาร์บอนกัมมันต์ชนิดเม็ด (granular activated carbon ; GAC) และโอโซนเป็นวิธีพื้นฐานในการกำจัดสารปราบศัตรูพืชเหล่านี้ได้ โดยที่ GAC นี้สามารถกำจัดสารปราบศัตรูพืชได้แต่ไม่สามารถควบคุมการฟอร์มตัวของไตรฮาโลมีเทน (THM) ในขณะที่โอโซนมีผลต่อการลดการเกิดของ THM แต่ไม่สามารถกำจัดสารปราบศัตรูพืชได้ทั้งหมด เช่น การใช้โอโซนและ GAC ในการบำบัดน้ำโดยการตกตะกอน และช่วยในการกรอง เป็นต้น ดังรูปที่ 2.12 และ 2.13 ตามลำดับ

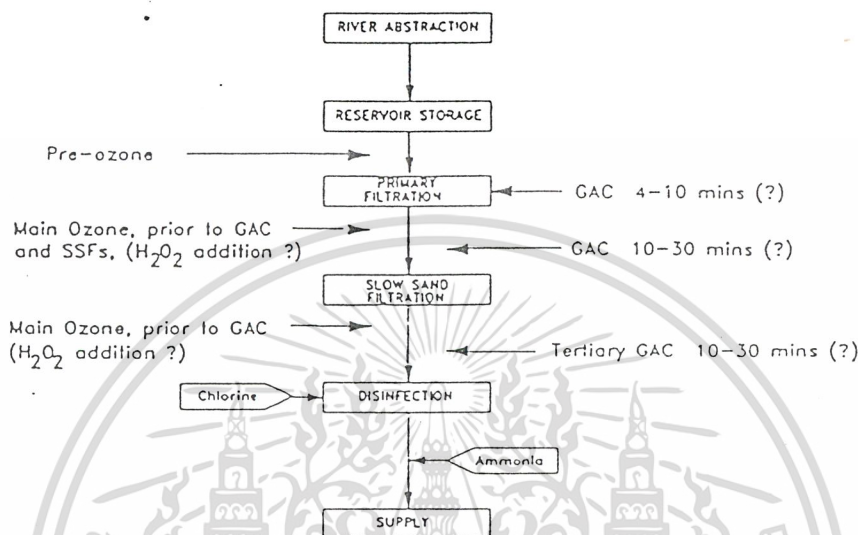


รูปที่ 2.12 การบำบัดโดยใช้สารเคมีในการตกตะกอนในการบำบัดด้วยโอโซนและคาร์บอนกัมมันต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

OZONE OPTIONS

ACTIVATED CARBON OPTIONS



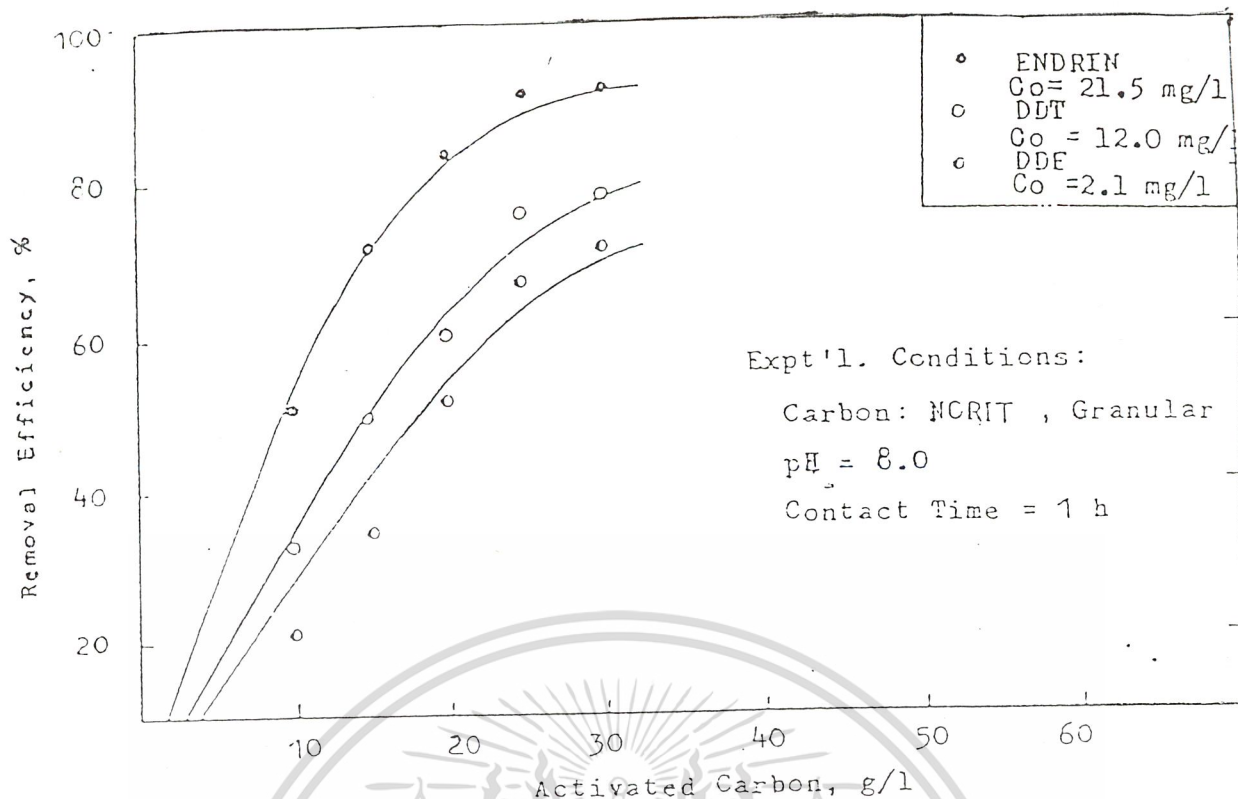
รูปที่ 2.13 การใช้โอโซนและคาร์บอนกัมมันต์ช่วยในการกรอง

นอกจากนี้ยังพบวิธีการอื่น ๆ อีก เช่น เมมเบรน โดยใช้หลักรีเวิร์สออสโมซิสในการกำจัดสารปนเปื้อนออกจากน้ำ โดยการทำที่ความดันสูง (10 - 70 ความดันบรรยากาศ) และใช้เวลานานแต่จะไม่ให้ผลดีทางด้านเศรษฐกิจสำหรับการบำบัดขนาดใหญ่หรือในโรงงานอุตสาหกรรม ส่วนที่ความดันต่ำ ๆ (3 -10 ความดันบรรยากาศ) สามารถใช้ในการกำจัดไตรฮาโลมีเทนได้ ซึ่งใช้กันตามโรงงานทั่วไปอย่างกว้างขวาง วิธีการบำบัดทางชีวภาพ เป็นวิธีที่อาศัยหลักการย่อยสลายสารปนเปื้อนด้วยจุลินทรีย์ และพบว่ามีกการนำหลักการนี้ไปใช้ในการลดความเป็นพิษของสารฆ่าแมลงที่ ตกค้างในดินหรือภาชนะที่มีการปนเปื้อน วิธี Resin - Adsorbance เป็นการสังเคราะห์ เรซินขนาดใหญ่ ใช้ในการกำจัดสารปนเปื้อนจากน้ำในระดับการทดลอง วิธีการประยุกต์ใช้โอโซนในการบำบัด เช่น ใช้ร่วมกับปฏิกิริยาออกซิเดชันอื่น เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัด โดยใช้โอโซนร่วมกับเปอร์ออกไซด์ วิธีการใช้คาร์บอนกัมมันต์เป็นตัวดูดซับเพื่อเปรียบเทียบชนิดของคาร์บอนกัมมันต์ในการ

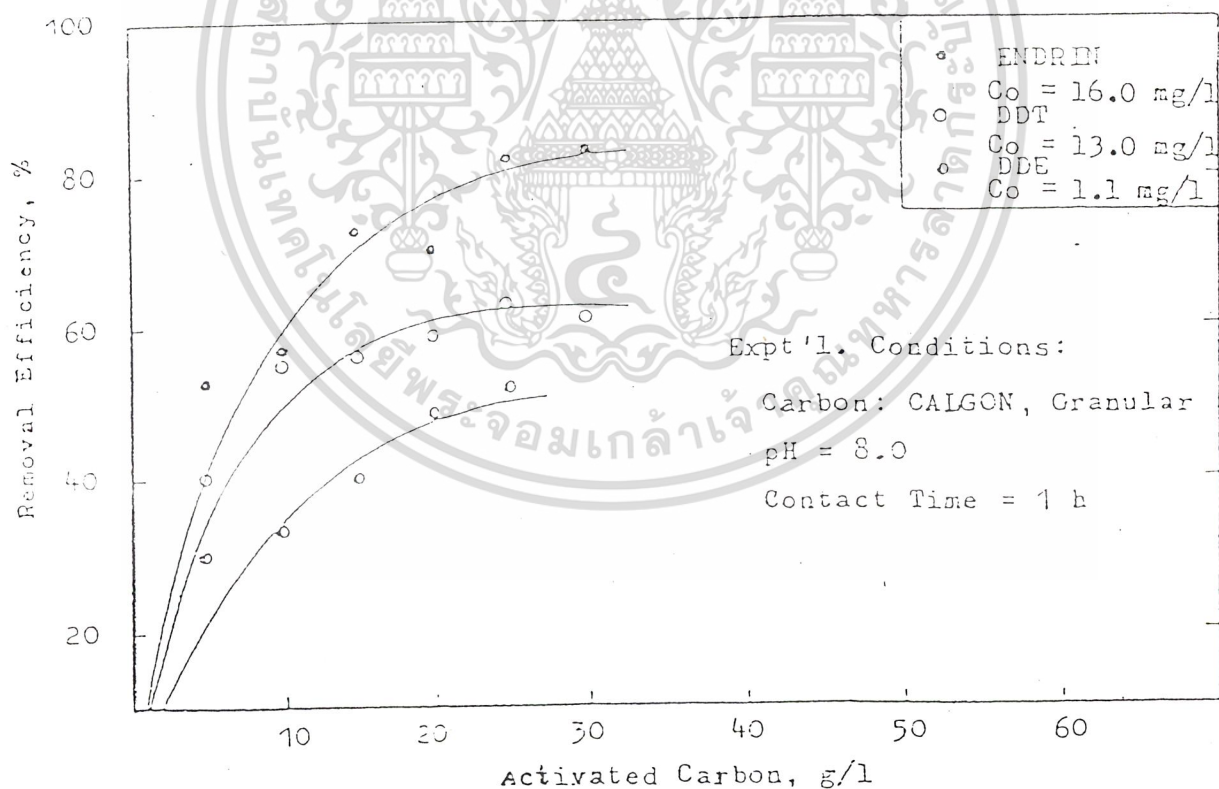
กำจัด และวิธีการใช้คาร์บอนกัมมันต์กับขบวนการทางชีวภาพ เพื่อดูว่าโอโซนจะมีส่วนช่วยเพิ่มความ สามารถในการกำจัดของคาร์บอนกัมมันต์หรือไม่ และหาสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัด หรือดูผลจากการเพิ่มกิจกรรมของจุลินทรีย์ เป็นต้น (Foster , 1992)

ข. การบำบัดน้ำที่ปนเปื้อนสารปราบศัตรูพืชด้วยคาร์บอนกัมมันต์

กานดา กลิ่นสอน นักศึกษาจาก AIT ได้วิเคราะห์หาปริมาณของน้ำเสียและสารปราบศัตรูพืช เพื่อประมาณปริมาณของคาร์บอนกัมมันต์ที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียที่มีปริมาณ 5 ลบ.ม./ เดือน ซึ่งน้ำเสียนี้มีค่าซีโอดีสูงและมีสารปราบศัตรูพืชหลายชนิด โดยมีเอ็นดรินและดีดีทีเป็นองค์ประกอบหลักใน น้ำเสียมีค่าประมาณ 570 มก. / ลิตร และ 60 มก. / ลิตร ตามลำดับ pH ของน้ำเสียจะมีค่าคงที่ คือ 8 -10 โดยการเติมโซดาไฟ (NaOH) จากการทดลองพบว่าคาร์บอนกัมมันต์ชนิดผง (powder activated carbon ; PAC) 2.0 มก. / ลิตร สามารถกำจัดเอ็นดรินได้ถึง 90 % จากความเข้มข้น ประมาณ 20 มก. / ลิตร ภายใน 1 ชั่วโมง ในขณะที่ใช้ GAC ในปริมาณ 25 กรัม / ลิตร จะให้ผลเช่น เดียวกัน และพบว่า pH ของน้ำเสีย มีผลต่อการดูดซับน้อยมาก ซึ่งประสิทธิภาพในการกำจัดแสดงได้ ดังรูปที่ 2.14 และ 2.15



รูปที่ 2.14 กราฟแสดงประสิทธิภาพในการกำจัดเอ็นดริน ดีดีที และดีดีอี เมื่อใช้คาร์บอนชนิดเม็ดยี่ห้อ NCRIT ในปริมาณที่ต่างกัน



รูปที่ 2.15 กราฟแสดงประสิทธิภาพในการกำจัดออกาโนคลอรีน เมื่อใช้คาร์บอนชนิดเม็ดยี่ห้อ CALGON ในปริมาณที่ต่างกัน (Ganda, 1982)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 อุปกรณ์และสารเคมี

อุปกรณ์

1. เครื่องผลิตโอโซน ยี่ห้อ OZZON รุ่น OZ - 735
2. สเปกโตรโฟโตมิเตอร์
 - 2.1 (spectronic 20 D⁺) MILTON ROY
 - 2.2 JENWAY MODEL 6405 Spectrophotometer
3. เครื่องระเหย ยี่ห้อ BUCHI
4. เครื่อง HPLC (High Pressure Liquid Chromatography) ปัมป์ยี่ห้อ water 510 HPLC pump ใช้เครื่องตรวจวัดเป็น water 486 Tunable Absorbance Detector
5. ถังปฏิกรณ์
6. พีเอชมิเตอร์ Denver Instrument Model 215
7. Sonicator Bath
8. ฮีทเตอร์ / สเตอเวอร์
9. ชุดหลอดยวี่ ยี่ห้อ CAMAG ขนาด 8 วัดต์
10. เครื่องปั่น ยี่ห้อ imarflex รุ่น IF - 308
11. ขวดก้นกลม
12. ที่คืบผัก

สารเคมี

1. โพแทสเซียมไอโอไดด์ เกรดวิเคราะห์ บริษัท Mallinckrodt
2. โพแทสเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟต เกรดวิเคราะห์ บริษัท Fisons Scientific Equipment
3. โซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต 7 น้ำ เกรดวิเคราะห์ บริษัท Merck
4. แกล็ดไอโอดีนระเหิดใหม่ เกรดวิเคราะห์
5. เอทิลอะซิเตต เกรดวิเคราะห์ บริษัท Univar
6. โซเดียมซัลเฟต เกรดวิเคราะห์

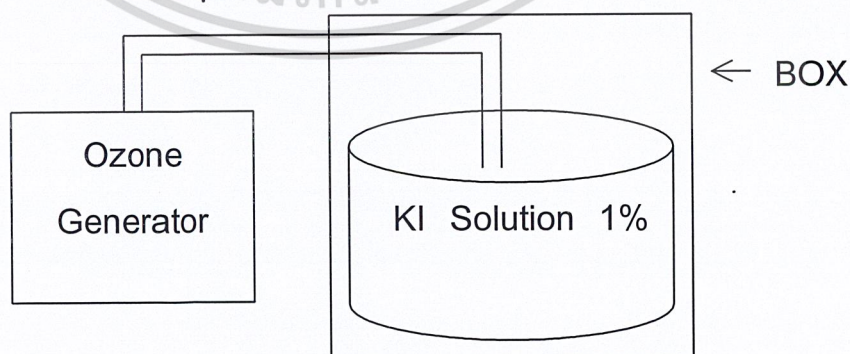
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. เมทธานอล เกรดสำหรับ HPLC
8. สารมาตรฐานเมททามิโดฟอส เกรดบริสุทธิ์
9. อะซิโตน เกรดวิเคราะห์
10. ผักคะน้า

3.2 ปริมาณไอโซนที่ได้จากเครื่องผลิตไอโซน

วิธีการทดลอง

1. ทำการติดตั้งอุปกรณ์ดังรูปที่ 3.1
2. นำสารละลาย KI 1% 20 ลิตร บรรจุลงในขวดสีชาที่เตรียมไว้
3. เก็บตัวอย่างไอโซนโดยต่อสายยางกับเครื่องผลิตไอโซน แล้วนำปลายอีกข้างหนึ่งใส่ลงในขวดสีชาที่มีสารละลาย KI 1% บรรจุอยู่ เปิดเครื่องและจับเวลาที่เก็บไอโซน 5 10 15 และ 20 นาที
4. นำสารละลาย KI ในขวดสีชาที่ผ่านไอโซน มาทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 352 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง spectronic 20 D⁺ เทียบกับสารละลาย KI ที่ไม่ได้ผ่านไอโซน
5. นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ไปเทียบกับกราฟมาตรฐานเพื่อหาความเข้มข้นที่แน่นอน
6. วิธีเตรียมกราฟมาตรฐาน
 - 6.1 ปิเปตสารละลาย 0.001 M ของสต็อกไอโอดีนมา 4.09 mL ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 mL ปรับปริมาตรจนถึงขีด
 - 6.2 ปิเปตสารละลายจากข้อ 6.1 มา 0 5 10 15 20 และ 25 mL ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 25 mL และเติมสารละลายที่ใช้ดูดซึม ปรับปริมาตรจนถึงขีด จะได้ความเข้มข้นเทียบเท่าไอโซน 0 1 2 3 4 และ 5 $\mu\text{L}/5\text{ mL}$ ตามลำดับ



รูปที่ 3.1 แสดงการเก็บไอโซนด้วยสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์เข้มข้น 1%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การทดสอบประสิทธิภาพการสกัดเมทามาโดฟอสออกจากผักคะน้า

วิธีการทดลอง

- นำผักคะน้ามาหั่น จากนั้นแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ส่วนละ 50 กรัม โดย
 - ส่วนที่ 1 – 2 ไม่มีการฉีดพ่นสารฆ่าแมลงเมทามาโดฟอสลงไป
 - ส่วนที่ 3 – 4 ฉีดพ่นสารฆ่าแมลงเมทามาโดฟอสเข้มข้น 5 ppm ลงไป 5 ml ทิ้งไว้ 1 คืน
- นำผักคะน้าส่วนที่ 1 ใส่ลงในเครื่องปั่น เติมน้ำกลั่น 100 ml ปั่น 1 นาที
- นำมารองด้วยกรวยบุชเนอร์
- นำสารละลายที่กรองได้มา 50 ml ใส่ลงในกรวยสกัดขนาด 250 ml จากนั้นทำการสกัดโดยการเติมเอทิลอะซิเตตลงไป 100 ml
- เก็บสารละลายชั้นบนมา 50 ml ใส่ลงในขวดกั่นกลม จากนั้นนำไประเหยด้วยเครื่องระเหยจนแห้ง
- นำขวดกั่นกลมที่แห้งนั้นมาเติมน้ำกลั่น 3 ml จากนั้นนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC
- ทำการทดลองซ้ำข้อ 2 – 4 โดยใช้ผักคะน้าส่วนที่ 2 – 4

หมายเหตุ * ทำการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC โดยฉีดสารละลายปริมาณ 20 μ L ผ่านคอลัมน์ C_{18} (ยี่ห้อ Water Division of Millipore รุ่น Nova Pak C_{18} ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 μ m) ด้วยสารละลายเมทานอล ต่อ น้ำ ในอัตราส่วน 60 ต่อ 40 อัตราเร็ว 0.7 มิลลิลิตร / นาที เป็นเวลา 5 นาที และวิเคราะห์การดูดกลืนแสงยูวีในช่วงความยาวคลื่น 210 นาโนเมตร

3.4 การศึกษาความสามารถของออกซิเจนในการสลายเมทามาโดฟอสในผักคะน้า

วิธีการทดลอง

สร้างถังปฏิกรณ์ที่ใช้ในการย่อยสลายเมทามาโดฟอสดังรูปที่ 3.2

- นำผักคะน้าที่ได้มาจากแหล่งเดียวกันมาแบ่งเป็น 4 ส่วน ส่วนละ 50 g โดย
 - ส่วนที่ 1 – 2 ไม่มีการฉีดพ่นสารฆ่าแมลงเมทามาโดฟอสลงไป
 - ส่วนที่ 3 – 4 ฉีดพ่นสารฆ่าแมลงเมทามาโดฟอสเข้มข้น 5 ppm ลงไป 5 ml ทิ้งไว้ 1 คืน
- นำผักคะน้าส่วนที่ 1 ใส่ลงในถังปฏิกรณ์ที่มีน้ำอยู่จำนวน 1000 ml
- พ่นออกซิเจนลงในถังปฏิกรณ์เป็นเวลา 1 นาที จากนั้นนำไปทำการสกัดตามวิธีการในหัวข้อ 3.3
- นำผักคะน้าอีก 1 ส่วนไปทำการทดลองซ้ำตั้งแต่ข้อที่ 2

5. นำผักคะน้าอีก 2 ส่วนไปทำการทดลองซ้ำตั้งแต่ข้อที่ 2 โดยแปรค่าเวลาที่เติมออกซิเจนเป็น 10 นาที



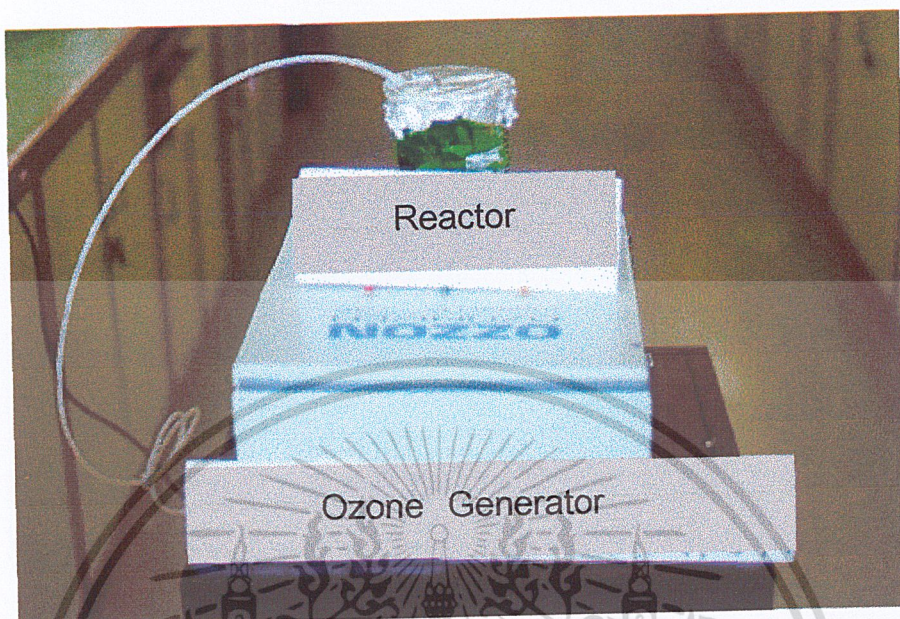
รูปที่ 3.2 แสดงการย่อยสลายด้วยออกซิเจน

3.5 การศึกษาปริมาณโอโซนที่เหมาะสมในการสลายเมทิลามิโดฟอสในผักคะน้า วิธีการทดลอง

สร้างถังปฏิกรณ์ที่ใช้ในการย่อยสลายเมทิลามิโดฟอสดังรูปที่ 3.3

- นำผักคะน้าที่ได้มาจากแหล่งเดียวกันมาแบ่งเป็น 4 ส่วน ส่วนละ 50 g โดย
 - ส่วนที่ 1 – 2 ไม่มีการฉีดพ่นสารฆ่าแมลงเมทิลามิโดฟอสลงไป
 - ส่วนที่ 3 – 4 ฉีดพ่นสารฆ่าแมลงเมทิลามิโดฟอสเข้มข้น 5 ppm ลงไป 5 ml ทั้งไว้ 1 คืน
- นำผักคะน้าส่วนที่ 1 ใส่ลงในถังปฏิกรณ์ที่มีน้ำอยู่จำนวน 1000 ml
- พ่นโอโซนเพียงอย่างเดียวลงในถังปฏิกรณ์เป็นเวลา 1 นาที จากนั้นนำไปทำการสกัดตามวิธีการในหัวข้อ 3.3
- นำผักคะน้าอีก 1 ส่วนไปทำการทดลองซ้ำตั้งแต่ข้อที่ 2
- นำผักคะน้าอีก 2 ส่วนไปทำการทดลองซ้ำตั้งแต่ข้อที่ 2 โดยแปรค่าเวลาที่เติมโอโซนเป็น 10 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 แสดงการย่อยสลายด้วยโอโซนเพียงอย่างเดียว

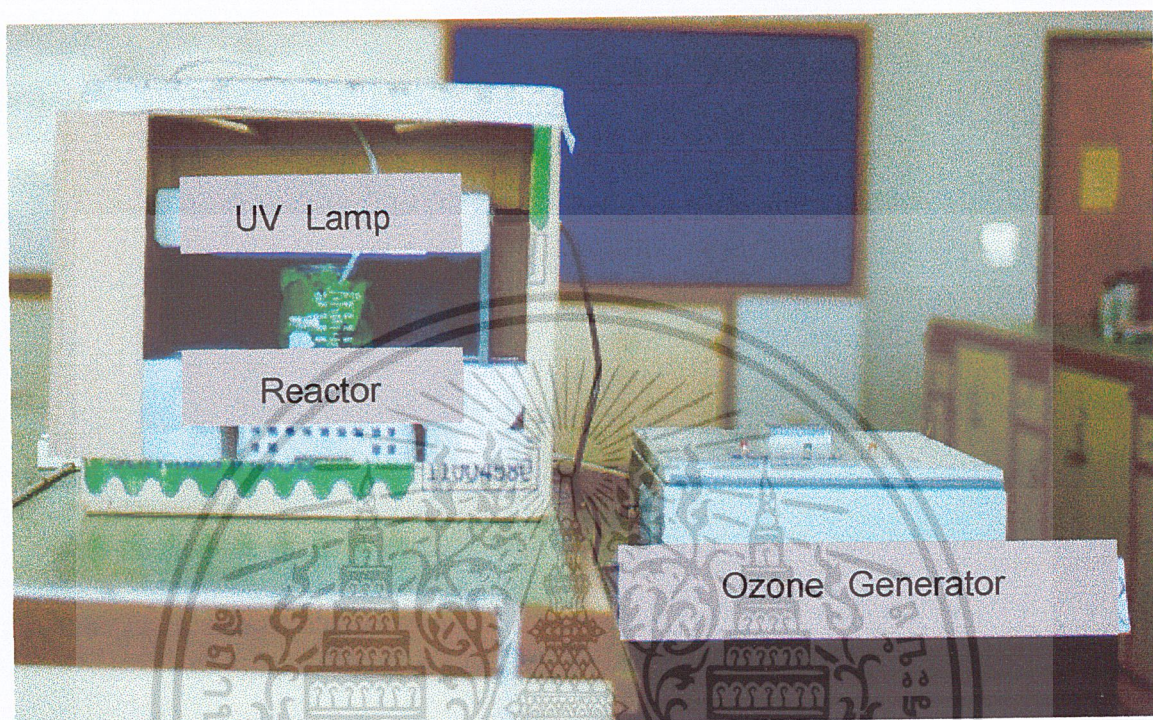
3.6 การศึกษาปริมาณโอโซนที่เหมาะสมที่ใช้ร่วมกับรังสียูวีในการสลายเมทามิโดฟอสในผักคะน้า

วิธีการทดลอง

สร้างถังปฏิกรณ์ที่ใช้ในการย่อยสลายเมทามิโดฟอสดังรูปที่ 3.4

- นำผักคะน้าที่ได้มาจากแหล่งเดียวกันมาแบ่งเป็น 4 ส่วน ส่วนละ 50 g โดย
 - ส่วนที่ 1 – 2 ไม่มีการฉีดพ่นสารฆ่าแมลงเมทามิโดฟอสลงไป
 - ส่วนที่ 3 – 4 ฉีดพ่นสารฆ่าแมลงเมทามิโดฟอสเข้มข้น 5 ppm ลงไป 5 ml ทั้งไว้ 1 คืน
- นำผักคะน้าส่วนที่ 1 ใส่ลงในถังปฏิกรณ์ที่มีน้ำอยู่จำนวน 1000 ml
- พ่นโอโซนร่วมกับฉายรังสียูวีลงในถังปฏิกรณ์เป็นเวลา 1 นาที จากนั้นนำไปทำการสกัดตามวิธีการในหัวข้อ 3.3
- นำผักคะน้าอีก 1 ส่วนไปทำการทดลองซ้ำตั้งแต่ข้อที่ 2
- นำผักคะน้าอีก 2 ส่วนไปทำการทดลองซ้ำตั้งแต่ข้อที่ 2 โดยแปรค่าเวลาที่เติมโอโซนและฉายรังสียูวีเป็น 10 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 แสดงการย่อยสลายด้วยโอโซนร่วมกับรังสียูวี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการวิจัยและวิจารณ์

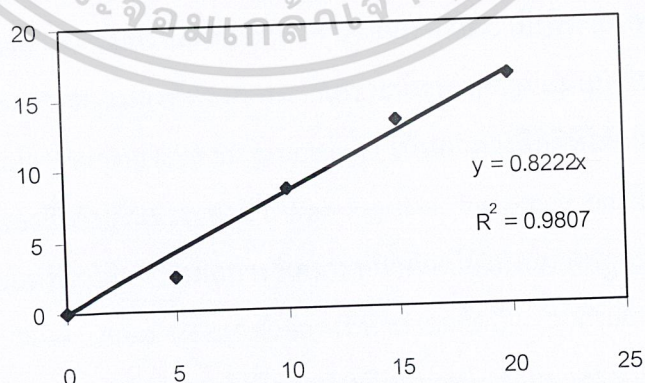
4.1 การทดสอบประสิทธิภาพในการผลิตโอโซนของเครื่องผลิตโอโซน

จากการทดลอง โดยการผ่านโอโซนลงในสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง ซึ่งเมื่อนำไปเทียบกับกราฟมาตรฐานของโอโซน (ภาคผนวก ข) จะทำให้ทราบถึงปริมาณโอโซนที่เก็บได้ ณ เวลาต่างๆ ในการทดลองดังนี้

ตารางที่ 4.1 แสดงปริมาณโอโซนที่เก็บได้ในการทดลองที่เวลาต่างๆ
(ตัวอย่างการคำนวณอยู่ในภาคผนวก ข)

เวลา(นาทื)	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

ปริมาณโอโซน (mg)



เวลา (นาทื)

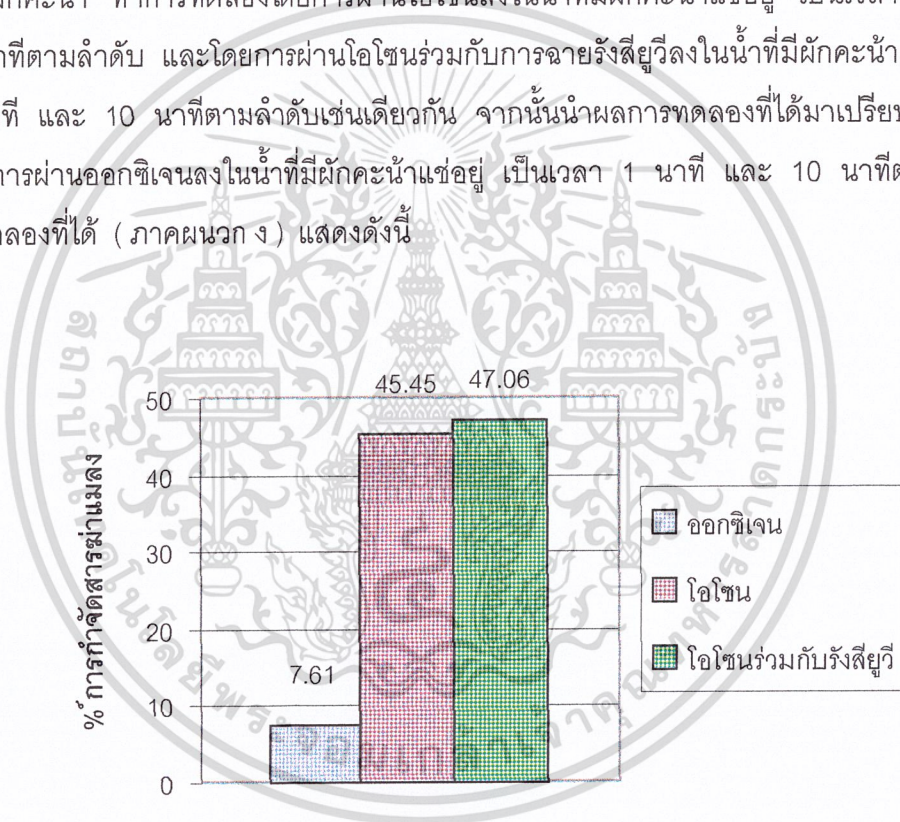
รูปที่ 4.1 แสดงปริมาณโอโซนที่เก็บได้ในแต่ละช่วงเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การทดสอบประสิทธิภาพในการลดปริมาณการตกค้างของสารฆ่าแมลงเมทาไมโดฟอสในผักคะน้าโดยการใช้โอโซนเพียงอย่างเดียวและโดยการใช้โอโซนร่วมกับรังสียูวี

จากสาเหตุที่สารมาตรฐานเมทาไมโดฟอสสลายตัวไป ทำให้ในการทดลองครั้งนี้จึงไม่มีการทดลองในชุดของผักคะน้าที่มีการฉีดพ่นสารละลายเมทาไมโดฟอส (Spike) คงมีแต่เพียงผลการทดลองในส่วนของผักคะน้าที่ไม่มีการฉีดพ่นสารละลายเมทาไมโดฟอส (Blank) เท่านั้น

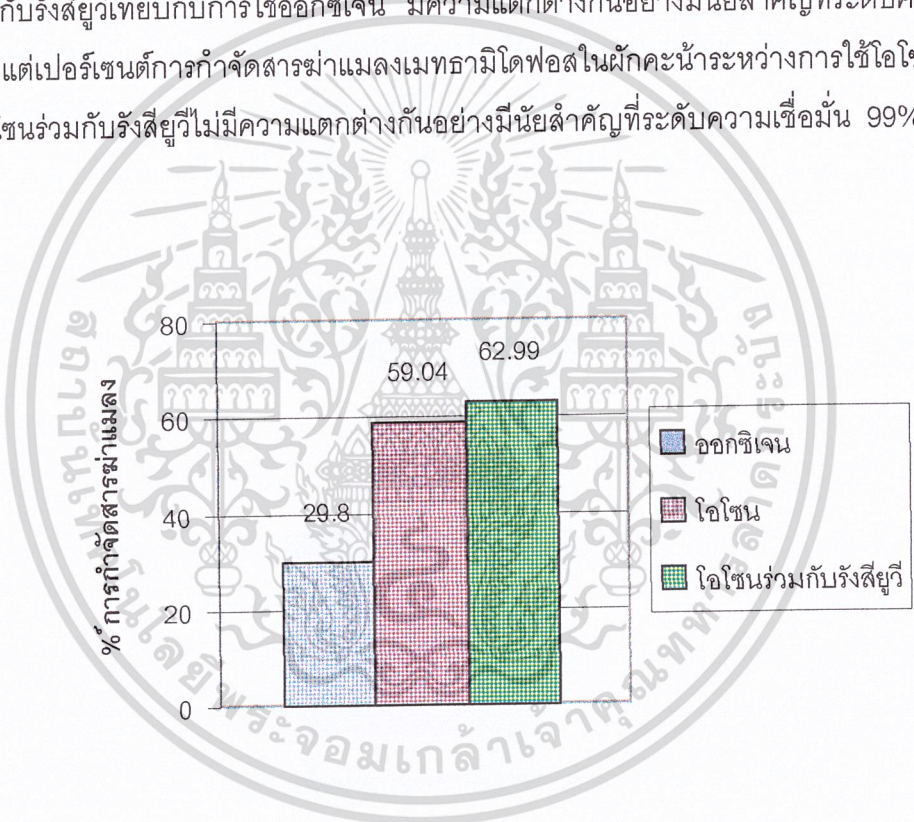
ทำการทดลองเพื่อศึกษาถึงประสิทธิภาพในการลดปริมาณการตกค้างของสารฆ่าแมลงเมทาไมโดฟอสในผักคะน้า ทำการทดลองโดยการผ่านโอโซนลงในน้ำที่มีผักคะน้าแช่อยู่ เป็นเวลา 1 นาที และ 10 นาทีตามลำดับ และโดยการผ่านโอโซนร่วมกับการฉายรังสียูวีลงในน้ำที่มีผักคะน้าแช่อยู่เป็นเวลา 1 นาที และ 10 นาทีตามลำดับเช่นเดียวกัน จากนั้นนำผลการทดลองที่ได้มาเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการผ่านออกซิเจนลงในน้ำที่มีผักคะน้าแช่อยู่ เป็นเวลา 1 นาที และ 10 นาทีตามลำดับ ซึ่งผลการทดลองที่ได้ (ภาคผนวก ง) แสดงดังนี้



รูปที่ 4.2 แสดงเปอร์เซ็นต์การกำจัดสารฆ่าแมลงเมทาไมโดฟอสในผักคะน้าที่ไม่ได้ฉีดพ่นสารละลายเมทาไมโดฟอส (Blank) โดยการใช้ ออกซิเจน โอโซนและโอโซนร่วมกับรังสียูวีเป็นเวลา 1 นาที คิดเป็นปริมาณโอโซน 0.82 mg

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.2 เป็นค่าเฉลี่ยของการทดลอง 4 ซ้ำ จะเห็นได้ว่า ในการลดปริมาณการตกค้างของสารฆ่าแมลงเมทามิโดฟอสในผักคะน้าโดยใช้ไอโซนและใช้ไอโซนร่วมกับรังสียูวี จะให้เปอร์เซ็นต์การกำจัดสารฆ่าแมลงที่สูงกว่าการใช้ออกซิเจนคือ ในการใช้ไอโซนและใช้ไอโซนร่วมกับรังสียูวีจะให้เปอร์เซ็นต์การกำจัดสารฆ่าแมลงสูงถึง 45.45 % และ 47.06 % ตามลำดับ ในขณะที่การใช้ ออกซิเจนจะให้เปอร์เซ็นต์การกำจัดสารฆ่าแมลงเพียง 7.61 % เท่านั้น และยังพบว่าเปอร์เซ็นต์การกำจัดสารฆ่าแมลงเมทามิโดฟอสในผักคะน้าระหว่างการใช้ไอโซนเทียบกับการใช้ออกซิเจน และการใช้ไอโซนร่วมกับรังสียูวีเทียบกับการใช้ออกซิเจน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99% แต่เปอร์เซ็นต์การกำจัดสารฆ่าแมลงเมทามิโดฟอสในผักคะน้าระหว่างการใช้ไอโซนเทียบกับการใช้ไอโซนร่วมกับรังสียูวีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99% (ภาคผนวก ง)



รูปที่ 4.3 แสดงเปอร์เซ็นต์การกำจัดสารฆ่าแมลงเมทามิโดฟอสในผักคะน้าที่ไม่ได้ฉีดพ่นสารละลายเมทามิโดฟอส (Blank) โดยใช้ ออกซิเจน ไอโซนเพียงอย่างเดียว และไอโซนร่วมกับรังสียูวี เป็นเวลา 10 นาที คิดเป็นปริมาณไอโซน 8.22 mg

รังสียูวีที่ 1 นาที่ และ 10 นาที่ พบว่า เปอร์เซนต์การกำจัดสารฆ่าแมลงที่เวลา 10 นาที่ เพิ่มขึ้นจาก 1 นาที่ ในปริมาณที่ใกล้เคียงกันคือประมาณ 29.9% หรือประมาณ 3 เท่า จากผลที่กล่าวมาแสดงว่าเวลาที่ใช้ในการบำบัดหรือปริมาณของออกซิเจนและโอโซน มีผลต่อการบำบัดด้วยเช่นกัน

4.4 ปัญหาที่พบในการทดลอง

1. ในการกรองผักคะน้าที่ปั่นแล้ว กรองได้ยากเนื่องจากผักคะน้าที่ปั่นแล้วมีขนาดเล็กมาก ทำให้กระดาษกรองที่ใช้อุดตันได้ง่าย จึงต้องมีการเปลี่ยนกระดาษกรองอยู่บ่อยๆ ซึ่งอาจทำให้สารฆ่าแมลงที่ตกค้างอยู่ในผักคะน้าบางส่วนสูญหายไปกับกระดาษกรองได้ ผลการทดลองที่ได้จึงอาจผิดพลาดได้

2. ในการทดลองเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องผลิตโอโซนเนื่องจากเครื่องผลิตโอโซนที่ใช้มีประสิทธิภาพในการผลิตโอโซนสูงมากทำให้ในการผ่านโอโซนลงในสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ จึงใช้เวลาเพียงเล็กน้อยเท่านั้น สารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ก็เปลี่ยนสีแล้ว แสดงว่าประสิทธิภาพในการดักจับโอโซนของสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ยังไม่ดีพอ ซึ่งอาจทำให้เกิดความผิดพลาดแก่ผลการทดลองได้

3. ในการวิเคราะห์ตัวอย่างด้วยเครื่อง HPLC บางครั้ง Base Line ของเครื่องไม่ตรง ทำให้การทดลองดำเนินไปได้อย่างช้าๆ เนื่องจากต้องเสียเวลาในการปรับ Base Line ของเครื่องให้ตรงก่อน จึงจะสามารถทำการวิเคราะห์ตัวอย่างได้

4. ในการวิเคราะห์ตัวอย่างด้วยเครื่อง HPLC บางครั้ง Peak ที่วิเคราะห์ออกมาได้มีหลาย Peak ที่อยู่ติดกัน ทำให้ไม่สามารถจะเลือก Peak ที่ต้องการมาทำการ Calibrate เพื่อทำการวิเคราะห์ต่อไปได้

5. การเก็บสารมาตรฐานเมทามิโดฟอส ไม่ได้เก็บไว้ในอุณหภูมิที่ต่ำพอ (-18°C) ทำให้สารมาตรฐานสลายตัวไป จึงทำให้ผลการทดลองในชุด Spike ขาดหายไป และการสร้างกราฟมาตรฐานก็ไม่สามารถทำได้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาประสิทธิภาพการผลิตโอโซนของเครื่องผลิตโอโซน พบว่าสามารถผลิตได้ 49.33 มก. / ชม. และวิธีการสกัดสารฆ่าแมลงเมทามิโดฟอสที่นำมาใช้ซึ่งมีเอพริลอะซิเตตเป็นสารละลายที่ใช้สกัดนั้น เมื่อทดสอบความแม่นยำโดยการเปรียบเทียบกับค่า Warning Limit for Precision แล้ว พบว่ามีความแม่นยำอยู่ในช่วงที่สามารถยอมรับได้

จากการศึกษาประสิทธิภาพในการลดปริมาณตกค้างของสารฆ่าแมลงเมทามิโดฟอสในผักคะน้าโดยใช้โอโซนเพียงอย่างเดียว และโอโซนร่วมกับรังสียูวี พบว่า

1. เปอร์เซนต์การกำจัดสารฆ่าแมลงเมทามิโดฟอสในผักคะน้าโดยใช้โอโซนที่เวลา 1 นาที และ 10 นาที สามารถลดปริมาณสารฆ่าแมลงเมทามิโดฟอสได้ 45.45% และ 59.04% ตามลำดับ
2. เปอร์เซนต์การกำจัดสารฆ่าแมลงเมทามิโดฟอสในผักคะน้าโดยใช้โอโซนร่วมกับรังสียูวีที่เวลา 1 นาที และ 10 นาที สามารถลดปริมาณสารฆ่าแมลงเมทามิโดฟอสได้ 47.06% และ 62.99% ตามลำดับ

3. จากผลการทดลองเมื่อใช้วิธีการทางสถิติมาเปรียบเทียบเปอร์เซนต์การกำจัดสารฆ่าแมลงเมทามิโดฟอสในผักคะน้าที่เวลาในการบำบัดเป็น 1 นาที และ 10 นาที พบว่าเปอร์เซนต์การกำจัดสารฆ่าแมลงที่ได้จากการใช้โอโซนไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับเปอร์เซนต์การกำจัดสารฆ่าแมลงที่ได้จากการใช้โอโซนร่วมกับรังสียูวี ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

4. จากผลการทดลอง เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการใช้ออกซิเจน 1 นาทีกับออกซิเจน 10 นาที พบว่าเมื่อใช้ออกซิเจน 10 นาที จะทำให้เปอร์เซนต์การกำจัดสารฆ่าแมลงเมทามิโดฟอสเพิ่มขึ้นจากการใช้ออกซิเจน 1 นาที ประมาณ 292% หรือประมาณ 4 เท่าและในการใช้โอโซนและใช้โอโซนร่วมกับรังสียูวีที่ 1 นาที และ 10 นาที พบว่า เปอร์เซนต์การกำจัดสารฆ่าแมลงเมทามิโดฟอสที่เวลา 10 นาที เพิ่มขึ้นจาก 1 นาทีในปริมาณที่ใกล้เคียงกันคือประมาณ 29.9% หรือประมาณ 3 เท่า จากผลที่กล่าวมา แสดงว่าเวลาที่ใช้ในการบำบัดหรือปริมาณของออกซิเจนและโอโซน มีผลต่อการบำบัดด้วยเช่นกัน

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ในการลดปริมาณการตกค้างของสารฆ่าแมลงเมทาไมโดฟอสในผักคะน้าโดยใช้ไอโซนเพียงอย่างเดียวและไอโซนร่วมกับรังสียูวีนั้น ในการทดลองนี้สามารถลดปริมาณสารเมทาไมโดฟอสได้ในระดับหนึ่ง หากมีผู้สนใจทำการศึกษาคืบต่อ วิธีการใช้ไอโซนร่วมกับเปอร์ออกไซด์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการลดปริมาณสารฆ่าแมลงเมทาไมโดฟอสจึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจ

2. เนื่องจากไอโซนสามารถดูดกลืนรังสียูวีได้ดีที่สุดที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร (Gary , 1982) แต่หลอดยูวีที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้เป็นหลอดยูวีที่มีความยาวคลื่นสูงถึง 360 นาโนเมตร ซึ่งเกินช่วงที่ไอโซนจะสามารถดูดกลืนรังสีได้ จึงทำให้ประสิทธิภาพที่ได้ไม่ค่อยแตกต่างจากประสิทธิภาพที่ได้จากการใช้ไอโซนเท่าใดนัก หากมีผู้สนใจศึกษาต่อควรใช้หลอดยูวีที่มีความยาวคลื่นที่เหมาะสมในช่วงที่ไอโซนสามารถดูดกลืนได้ จะทำให้ได้ผลการทดลองที่ดียิ่งขึ้น

3. สารมาตรฐานเมทาไมโดฟอสเป็นสารที่ต้องเก็บที่อุณหภูมิต่ำ (-18°C) เนื่องจากสามารถสลายตัวได้ง่าย ในการทดลองจึงควรทำการเก็บไว้ในที่ที่อุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิที่เหมาะสมมากที่สุดเพื่อป้องกันการสลายตัวของสารฆ่าแมลง

บรรณานุกรม

1. นพ.รพีพัฒน์ ชัดตประกาศ. คู่มือการอบรมการใช้สารกำจัดศัตรูพืช และสัตว์อย่างปลอดภัย.
ครั้งที่ 1.กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.2540.
2. นวลศรี ทยาพัชร รัตนา สีตายัง และ วุฒิชัย เย็นธงชัย. " การศึกษาการวิเคราะห์
สารเคมีกลุ่มออกาโนฟอสฟอรัส 32 ชนิด ในผักคะน้าโดยวิธีวิเคราะห์รวม."
ข่าวสารวัตถุดิบพืช. 22(3) : 99 ; กรกฎาคม – กันยายน 2538.
3. บัณฑิต ดำรักษ์ และ ศิริพันธ์ สุขมาก. " วิจัยชนิด และปริมาณสารพิษตกค้างกลุ่ม
ออกาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมตในพืชผัก" ข่าวสารวัตถุดิบพืช. 23 (2) : 51 ;
เมษายน – มิถุนายน 2539 .
4. ปรีชา จัตรสันติประภา พงศ์ศรี ไบอดุลย์ และ พูลสุข หฤทัยธนาสันต์. " ความคงทนและ
ระดับของเมทามาโดฟอสในดิน ที่มีความเป็นพิษต่อคะน้า" รายงานผลการค้น
คว้าวิจัยปี 2537.2537:175 –180 .
5. ปรีชา พุทธิปรีชาพงศ์ สารกำจัดศัตรูพืชในประเทศไทย พิมพ์ครั้งที่3 หน้า 168-169 ฝ่าย
สารวัตรเกษตร กองควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ,
2537.
6. พาลาก สิงห์เสนี. พืชของยาฆ่าแมลงต่อผู้ใช้ และสิ่งแวดล้อม.2.กรุงเทพฯ .จุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย. 2531.
7. พิสิฐ สันทราภัย "เรื่องของไอโซน" วารสารข่าว พปส .ปีที่ 6 ฉบับที่ 2 มี.ค. 2534 : 5 - 7.
8. รศ.ดร.สมนึก วงศ์ทอง "สารเคมี" ป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืช หน้า 11 ภาควิชากีฏวิทยา
คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 2539.
9. วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ ฉบับที่ 125 ม.ค. 2534 หน้า 34.
10. สมชัย ภัทรนันทน์ 12สารเคมีอันตรายต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม พิมพ์ครั้งที่ 2 หน้า 37
พิมพ์ ดี , กรุงเทพฯ , 2539.
11. สมสมัย ปาลกุล ศิริพันธ์ สุขมาก และบัณฑิต ดำรักษ์ "การศึกษาสารพิษตกค้างของวัตถุดิบ
พืชในผักและผลไม้" การประชุมวิชาการของวัตถุดิบพืชทางการเกษตร ครั้งที่ 1
23-25 สิงหาคม 2538 กองวัตถุดิบพืชการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กระทรวง
เกษตรและสหกรณ์ หน้า 99 - 102.
12. สุภาณี พิมพ์สมาน สารฆ่าแมลง หน้า 7 , 33 คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น,
กรุงเทพฯ, 2537.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

25. Lang.P.S., Ching W.K., Williberg D.M.,and Hoffmann M.R., " Oxidative Degradation of 2,4,6 - Trinitrotoluene by Ozone in an Electrohydraulic Discharge Reactor " Environ. Sci. Technol. 32 (1998) : 3142 - 3148.
26. 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.
27. Patricia Cunniff in Official Methods of Analysis of AOAC International 16 th Edition pp. 89, vol 1, Gaithersburg, MD, 1995.
28. Ramjee Subramanian " Tertiary Treatment of Pulp and Paper Mill Wastewater by Ozone." Master's Thesis, Asian Institute of Technology,1997.
29. 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.

ภาคผนวก ก

การเตรียมการทดลอง

วิธีการเตรียมสารมาตรฐานโซเดียมไธโอซัลเฟตเข้มข้น 0.025 N

1. ชั่ง $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ มา 3.9526 กรัม (ถ้าเป็น $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ให้ชั่ง 6.0246 กรัม)
2. ละลายในน้ำที่เพิ่งเดือด และปรับปริมาตรด้วยน้ำเดือดให้เป็น 1 ลิตร
3. ทิ้งไว้ 1 วันก่อนนำมาใช้

วิธีการเตรียมสารมาตรฐานโพแทสเซียมไอโอเดตเข้มข้น 0.025 N

1. ชั่ง KIO_3 0.5350 กรัม
2. นำมาละลายในน้ำกลั่นและปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร

วิธีการหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารมาตรฐาน $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

1. ปิเปตสารละลาย KIO_3 เข้มข้น 0.025 N มา 10 ml ใส่ลงในขวดรูปชมพู่
2. เติม KI มากเกินพอ (ประมาณ 2 กรัม)
3. เติมกรด HCl 3 หยด
4. ไทเทรตด้วยสารละลาย $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ เข้มข้น 0.025 N จนถึงจุดยุติ (สารละลายเป็นสีฟางข้าว)
5. เติมน้ำแบ่ง 1 ml จะได้สารละลายสีน้ำเงิน
6. ไทเทรตด้วย $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ต่อจนกระทั่งสารละลายเปลี่ยนเป็นไม่มีสี
7. บันทึกปริมาตร $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ที่ใช้
8. ทำซ้ำจนค่า $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ที่ใช้ต่างกันไม่เกิน 0.1 ml

การเตรียมสารละลายสต็อกไอโอดีน 0.025 โมลาร์ หรือ I_2 0.05 N

1. ชั่ง KI มา 16 กรัม และแกริตไอโอดีนระเหิดใหม่ 3.173 กรัม
2. นำมาละลายด้วยน้ำกลั่นและปรับปริมาตรให้เป็น 500 ml
3. เก็บไว้ในที่อุณหภูมิห้อง ก่อนนำมาใช้ 1 วัน

การเทียบมาตรฐานสต็อกไอโอดีน

1. ปิเปตสต็อกไอโอดีนมา 10 ml ใส่ลงในขวดรูปชมพู่
2. เติมน้ำแบ่ง 1 ml
3. นำมาไทเทรตกับสารละลาย $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ที่ทราบความเข้มข้นที่แน่นอนจนได้สารละลายใส ไม่มีสี

การเตรียมสารละลาย KI 1% ที่ใช้ดูดกลืน ใน บัฟเฟอร์ฟอสเฟต 0.1 M ปริมาณ 20 ลิตร

1. ชั่ง KI มา 200 กรัม, KH_2PO_4 272 กรัม และ Na_2HPO_4 284 กรัม
2. ละลายให้เป็นเนื้อเดียวกันในน้ำ DI
3. ปรับปริมาตรให้เป็น 20 ลิตร ด้วยน้ำ DI
4. เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องอย่างน้อย 1 วัน โดยไม่ให้โดนแสง
5. วัดค่า pH และปรับให้ pH อยู่ในช่วง 6.8 ± 0.2 ด้วย NaOH , KH_2HPO_4

การเตรียมสารมาตรฐานเมททามิโดฟอส เข้มข้น 1000 ppm จำนวน 100 ml

1. ปิเปตสารมาตรฐานเมททามิโดฟอสมา 0.17 ml
2. นำมาปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 ml

การเตรียม Mobile phase เมททานอล ต่อ น้ำ ในอัตราส่วน 60 ต่อ 40

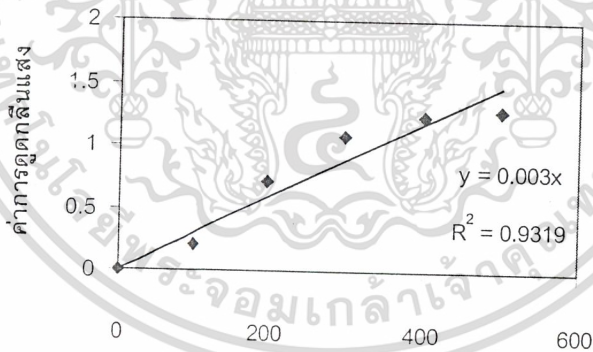
1. นำ เมททานอล HPLC grade มา 600 ml ผสมกับน้ำกลั่น 400 ml
2. ผสมให้เข้ากันโดยใช้เครื่องปั่นกวนนานประมาณ 15 นาที
3. กรองผ่าน membrane 0.45 ไมโครเมตร
4. นำมาไล่อากาศโดยใช้เครื่องดูดตัวาโซนิกนาน 15 นาที

ภาคผนวก ข

การทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องผลิตโอโซน

ตาราง ข - 1 ผลการทำกราฟมาตรฐาน

ความเข้มข้น O ₃ (ไมโครลิตร / ลิตร)	ค่าการดูดกลืนแสง (λ = 254 นาโนเมตร)
0	0.000
100	0.208
200	0.715
300	1.082
400	1.231
500	1.284



ความเข้มข้นของโอโซน (ไมโครลิตร / ลิตร)

รูป ข - 1 กราฟมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ข - 2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องผลิตโอโซน

เวลา(นาที่)	ค่าการดูดกลืนแสง ($\lambda = 254$ นาโนเมตร)	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

หาปริมาณโอโซนที่ผลิตได้ในเวลา 5 นาที

จากกราฟมาตรฐาน

$$y = 0.003x$$

$$x = 0.185 / 0.003 = 61.667 \text{ }\mu\text{L/L}$$

สารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ที่ใช้ในการดักโอโซนมีปริมาตร 20 ลิตร

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้น ปริมาณโอโซนที่ผลิตได้ในเวลา 5 นาที} &= (61.667 \text{ }\mu\text{L/L})(20 \text{ L}) \\ &= 1.233 \text{ ml.} \end{aligned}$$

โดยอุณหภูมิขณะทำการทดลอง 25 °C ความดัน 1 บรรยากาศ

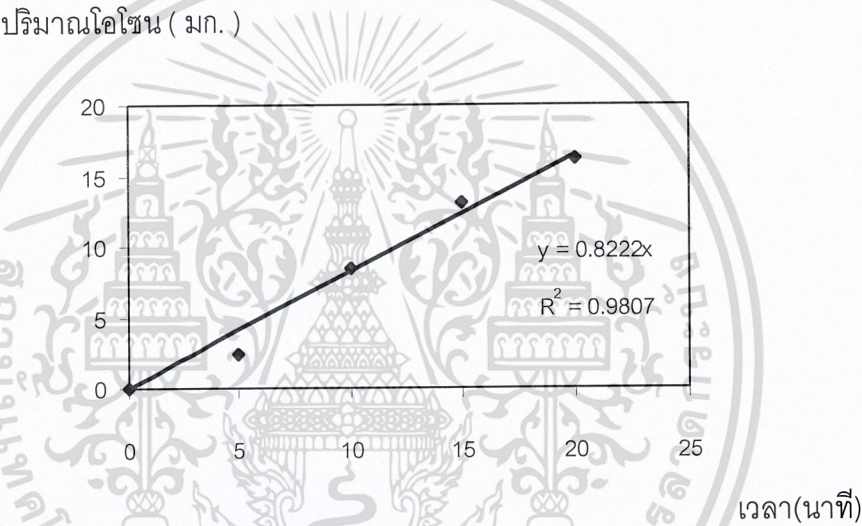
ที่สภาวะมาตรฐาน โอโซน 1 โมล มีปริมาตร 24.4 ลิตร

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้น ปริมาณโอโซนที่ผลิตได้ในเวลา 5 นาที ที่สภาวะมาตรฐาน} \\ &= 1.233 \text{ ml} \times \frac{1 \text{ mol O}_3}{24.4 \text{ L}} \times \frac{48.00 \text{ gO}_3}{1 \text{ mol O}_3} \\ &= 2.419 \text{ mg} \end{aligned}$$

สำหรับปริมาณโอโซนที่ผลิตได้ ณ เวลา 10 15 และ 20 นาที สามารถคำนวณได้
โดยวิธีเช่นเดียวกัน

ตาราง ข - 3 ปริมาณไอโซนที่ผลิตได้

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



รูป ข - 2 กราฟแสดงปริมาณไอโซนที่เก็บได้ในช่วงเวลาต่างๆ

อัตราการผลิตไอโซนของเครื่องผลิตไอโซน = 0.8222 (60)
= 49.332 มก. / ชม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

การทดสอบประสิทธิภาพการสกัด

ตารางที่ ค – 1 แสดง Peak Area ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC ของสารตัวอย่างที่สกัดออกมาจากผักคะน้าที่ไม่มีการฉีดพ่นสารละลายเมทามิโดฟอสลงไป (Blank)

ครั้งที่	Peak Area
1	14538970
2	13936174
3	14258902
4	14015871
เฉลี่ย	14187479

ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 271569

ตัวอย่างวิธีคำนวณค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

จากสูตร $S = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{N - 1}}$

$$= \sqrt{\frac{(14538970-14187479)^2+(13936174-14187479)^2}{4 - 1} + (14258902-14187479)^2+(14015871-14187479)^2}$$
$$= 271,569$$

Warning limit = $0 - (X + 2S)$

$$= 0 - (14187479 + 2 (271569))$$
$$= 0 - 14,730,617$$

ภาคผนวก ง

การทดสอบประสิทธิภาพในการลดปริมาณการตกค้างของสารฆ่าแมลง
เมทามิโดฟอสในผักคะน้า

ผลการทดลอง

ตารางที่ ง - 1 แสดงประสิทธิภาพในการลดปริมาณการตกค้างของสารฆ่าแมลงเมทามิโดฟอสในผักคะน้าโดยใช้ออกซิเจนเป็นเวลา 1 นาที

ครั้งที่	เปอร์เซ็นต์การกำจัดสารฆ่าแมลง
1	4.34
2	13.17
3	4.68
4	8.26
เฉลี่ย	7.60

ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 4.10

ตารางที่ ง - 2 แสดงประสิทธิภาพในการลดปริมาณการตกค้างของสารฆ่าแมลงเมทามิโดฟอสในผักคะน้าโดยใช้ออกซิเจนเป็นเวลา 10 นาที

ครั้งที่	เปอร์เซ็นต์การกำจัดสารฆ่าแมลง
1	28.16
2	29.19
3	30.43
4	31.44
เฉลี่ย	29.80

ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 1.43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ๓ - 3 แสดงประสิทธิภาพในการลดปริมาณการตกค้างของสารฆ่าแมลงเมทาไมโดฟอสในผักคะน้าโดยใช้ไอโซนเป็นเวลา 1 นาที

ครั้งที่	เปอร์เซ็นต์การกำจัดสารฆ่าแมลง
1	44.06
2	43.64
3	43.03
4	51.10
เฉลี่ย	45.45

ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 3.78

ตารางที่ ๓ - 4 แสดงประสิทธิภาพในการลดปริมาณการตกค้างของสารฆ่าแมลงเมทาไมโดฟอสในผักคะน้าโดยใช้ไอโซนเป็นเวลา 10 นาที

ครั้งที่	เปอร์เซ็นต์การกำจัดสารฆ่าแมลง
1	58.96
2	60.84
3	59.54
4	56.82
เฉลี่ย	59.04

ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 1.67

ตารางที่ ง - 5 แสดงประสิทธิภาพในการลดปริมาณการตกค้างของสารฆ่าแมลงเมทาไมโดฟอสในผักคะน้าโดยใช้ไอโซนร่วมกับรังสียูวีเป็นเวลา 1 นาที

ครั้งที่	เปอร์เซ็นต์การกำจัดสารฆ่าแมลง
1	45.28
2	57.39
3	43.41
4	42.17
เฉลี่ย	47.06

ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 7.00

ตารางที่ ง - 6 แสดงประสิทธิภาพในการลดปริมาณการตกค้างของสารฆ่าแมลงเมทาไมโดฟอสในผักคะน้าโดยใช้ไอโซนร่วมกับรังสียูวีเป็นเวลา 10 นาที

ครั้งที่	เปอร์เซ็นต์การกำจัดสารฆ่าแมลง
1	63.62
2	64.87
3	57.55
4	65.94
เฉลี่ย	62.99

ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 3.75

ตัวอย่างการคำนวณเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการใช้ออกซิเจนเป็นเวลา 1 นาที กับการใช้ออกซิเจนเพียงอย่างเดียวเป็นเวลา 1 นาที เช่นเดียวกัน ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

สมมติฐาน H_0 : ประสิทธิภาพของออกซิเจนไม่แตกต่างกับประสิทธิภาพของไอโซน

H_1 : ประสิทธิภาพของออกซิเจนแตกต่างกับประสิทธิภาพของไอโซน

$\overline{X}_1 = 45.50$ $S_1^2 = 14.33$

$\overline{X}_2 = 7.60$ $S_2^2 = 16.87$

จากสูตร

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

แทนค่า

$$t = \frac{(45.50 - 7.6)}{\sqrt{\frac{(14.33)}{4} + \frac{(16.87)}{4}}} = 13.58$$

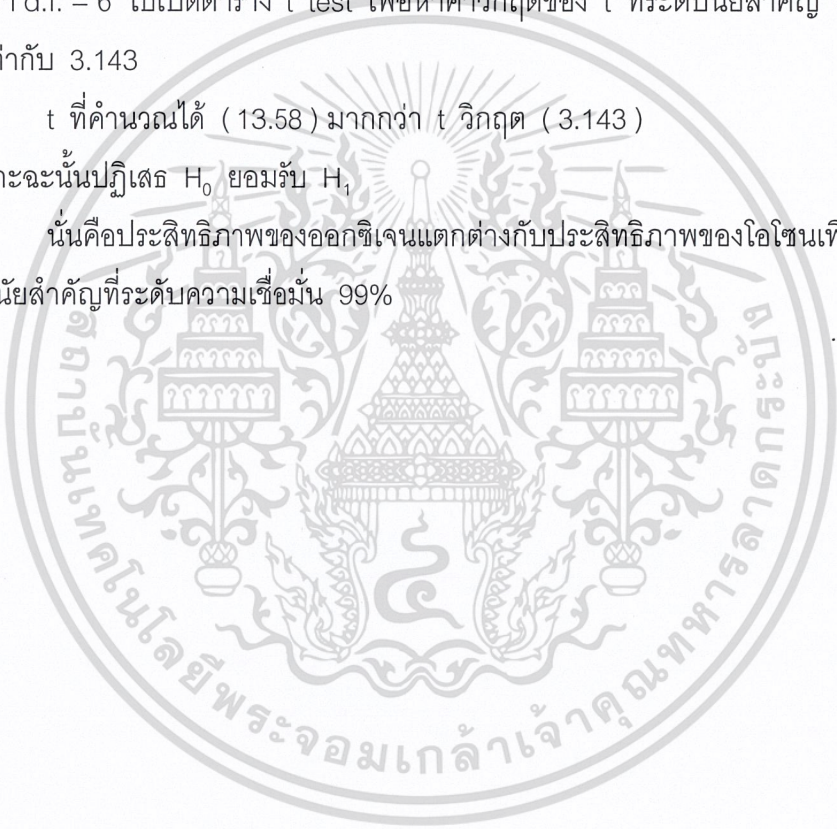
$$d.f = \frac{\left[\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2} \right]^2}{\frac{\left[\frac{S_1^2}{n_1} \right]^2}{n_1 - 1} + \frac{\left[\frac{S_2^2}{n_2} \right]^2}{n_2 - 1}}$$

แทนค่าลงในสูตร

$$\begin{aligned} \text{d.f.} &= \frac{\left[\frac{14.33}{4} + \frac{16.87}{4} \right]^2}{\frac{\left[\frac{14.33}{4} \right]^2}{3} + \frac{\left[\frac{16.87}{4} \right]^2}{3}} = 5.96 \text{ (ประมาณ 6)} \end{aligned}$$

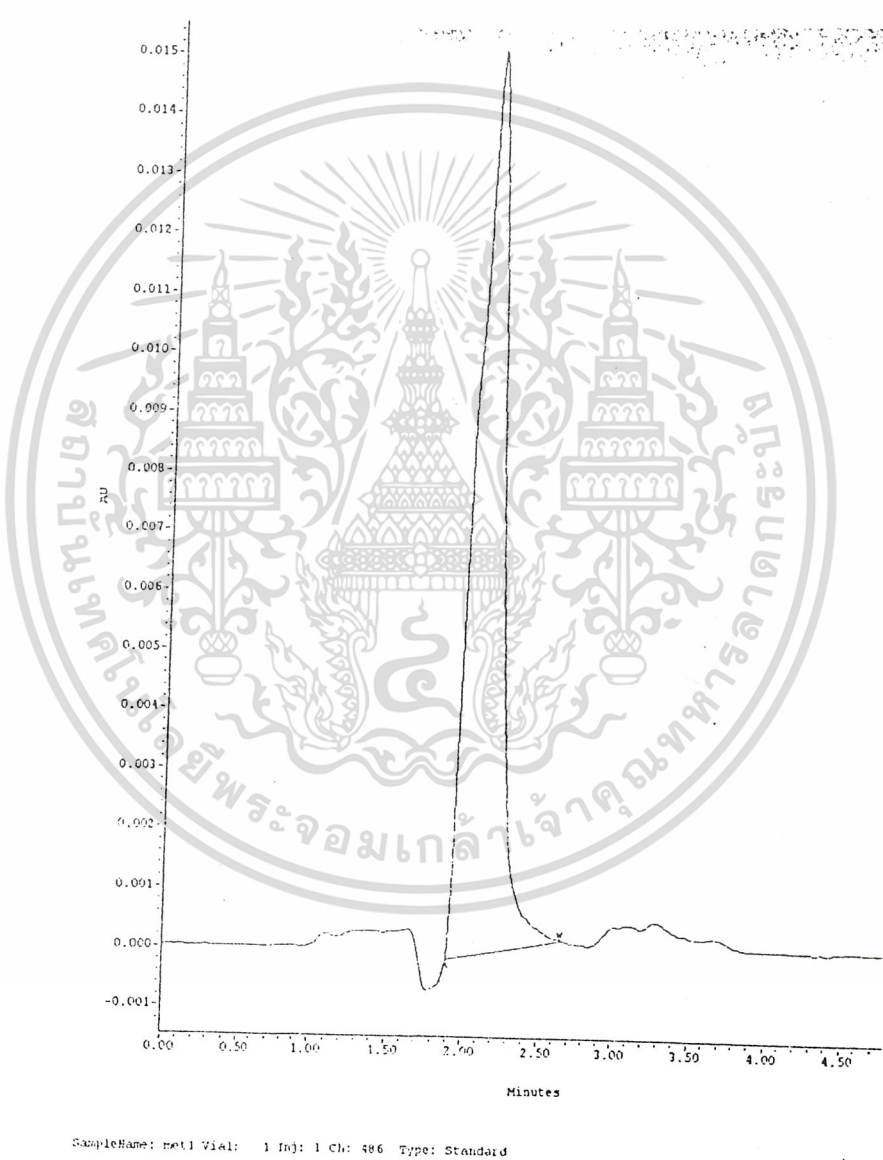
นำค่า d.f. = 6 ไปเปิดตาราง t test เพื่อหาค่าวิกฤตของ t ที่ระดับนัยสำคัญ = 0.01
ได้ ค่า t เท่ากับ 3.143

t ที่คำนวณได้ (13.58) มากกว่า t วิกฤต (3.143)
เพราะฉะนั้นปฏิเสธ H_0 ยอมรับ H_1
นั่นคือประสิทธิภาพของออกซิเจนแตกต่างกับประสิทธิภาพของไอโซนเพียงอย่าง
เดียวอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99%



ภาคผนวก จ
สารมาตรฐานเมทามิโดฟอส

รูปที่ จ-1 แสดงกราฟของสารมาตรฐานเมทามิโดฟอส



Retention Time 2.150

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้