สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รายงานโครงการวิจัย

ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

โดยทุนอุดหนุนงานวิจัย ปีงบประมาณ 2544

เรื่อง

การศึกษาการสลายสารฆ่าแมลงตกค้างในผักโดยอาศัยโอโซนและแสงอัลตราไวโอเลต

RCH
SB
951.5
ส172ร

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 45288
วัน, เดือน, ปี 22 ส.ค. 2546

b 11243880
i.....

โดย

ดร. ชมพูนุท ไชยรักษ์

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

b11243880

ชื่อโครงการวิจัย การศึกษาการสลายสารฆ่าแมลงตกค้างในผักโดยอาศัยโอโซนและแสงอัลตราไวโอเลต
ชื่อ สกุลหัวหน้าโครงการวิจัย นางสาวชมพูนุท ไชยรักษ์
สถานที่ทำวิจัย ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้ศึกษาการล้างสารฆ่าแมลงออกจากผักโดยใช้โอโซนเพียงอย่างเดียว และใช้โอโซนร่วมกับรังสีอัลตราไวโอเลต พร้อมทั้งศึกษาผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นกับคุณค่าทางอาหารของผัก และศึกษาค่าใช้จ่ายที่จะเกิดขึ้นจากการล้างวิธีนี้ สารฆ่าแมลงที่ศึกษามี 2 ชนิดคือ เมทธามิโดฟอสและคาร์โบฟูราน ผักที่ใช้ทดสอบเลือกเพียง 2 ชนิด คือถั่วฝักยาวและผักคะน้า ในการล้างสารฆ่าแมลงออกจากผักทำโดยใส่สารเมทธามิโดฟอสและคาร์โบฟูรานในปริมาณที่แน่นอนลงในผักคะน้าและถั่วฝักยาวตามลำดับ ทำการล้างผักโดยใช้โอโซน และใช้โอโซนร่วมกับรังสีอัลตราไวโอเลตเป็นเวลา 1 นาที และ 10 นาที วัดปริมาณของสารฆ่าแมลงก่อนและหลังการล้างด้วยเครื่อง**HPLC** คุณค่าทางอาหารของผักจะใช้การทดสอบวิตามินซีในผักคะน้าโดยอาศัยเครื่องสเปคโตรฟลูโอโรมิเตอร์ ค่าใช้จ่ายในการกำจัดสารฆ่าแมลงจะคำนวณจากค่าการผลิตโอโซน และหลอดอัลตราไวโอเลตเป็นหลัก ผลจากการทดลองแสดงให้เห็นว่าการล้างผักโดยใช้เวลา 10 นาทีให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสารฆ่าแมลงมากกว่าการล้างโดยใช้เวลา 1 นาที ประสิทธิภาพในการกำจัดสารคาร์โบฟูรานออกจากถั่วฝักยาวโดยใช้โอโซนและใช้โอโซนร่วมกับรังสีอัลตราไวโอเลต เป็นเวลา 10 นาที (8.22 มิลลิกรัม O_3) ได้เท่ากับ 82.19 % และ 90.36 % ตามลำดับ ประสิทธิภาพในการกำจัดสารเมทธามิโดฟอสออกจากผักคะน้าใช้โอโซนและใช้โอโซนร่วมกับรังสีอัลตราไวโอเลต เป็นเวลา 10 นาที (8.22 มิลลิกรัม O_3) ได้เท่ากับ 49.98 % และ 69.26 % ตามลำดับ การล้างสารฆ่าแมลงโดยใช้ทั้ง 2 วิธีข้างต้น ทำให้วิตามินซีในผักคะน้าลดลงมากกว่า 27.73 % แต่เนื่องจากเกิดสัญญาณรบกวนเกิดขึ้นหลังทำเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นหรือการล้าง จึงไม่สามารถทราบค่าการลดลงของวิตามินซีที่แน่นอนได้ การกำจัดสารฆ่าแมลงโดยใช้โอโซนร่วมกับรังสีอัลตราไวโอเลตให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสูงกว่าเมื่อเทียบกับวิธีอื่นๆ จึงถือเป็นทางเลือกที่ดีทางหนึ่งในการกำจัดสารฆ่าแมลงได้ แต่มีข้อจำกัดในเรื่องค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title : A Study of Decomposition of Pesticide Residue in Vegetable by Using O_3 and UV

Author : Miss Chompoonut Chaiyaraksa

Office : Department of Chemistry, Faculty of Science, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Abstract

In this research, washing of pesticides out of vegetables by using O_3 and O_3/UV were studied. The study was also on an effect of washing on a vegetable nutrient. A cost of the washing was included. Two types of pesticide were studied which were Methamidophos and Carbofuran. Two types of vegetable were selected which were Chinese Kales and Yard-long bean. Firstly, A known amount of Methamidophos and Carbofuran was spiked to Chinese Kales and Yard-long bean, respectively. Those vegetables were then washed by using O_3 and O_3/UV for 1 and 10 minutes. The amounts of pesticides were determined before and after washing by using HPLC. Determination of vitamin C by using Spectrofluorescence was used in order to find out the amount of nutrient affected. The cost of Ozone generator and UV lamp were mainly used to calculate the washing cost. Results from experiments show that 10 minute washing gave higher efficiency to remove pesticides than 1 minute washing. The efficiencies of washing Carbofuran out of Yard-long bean for 10 minutes (8.22 mg O_3) by using O_3 and O_3/UV were 82.19% and 90.36%, respectively. The efficiencies of washing Methamidophos out of Chinese Kales for 10 minutes (8.22 mg O_3) by using O_3 and O_3/UV were 49.98% and 69.26%, respectively. Washing pesticides by both methods would cause the reduction of vitamin C by more than 27.73%. There were some signal interferences when determining vitamin C after oxidation (or washing) so the certain percentage of reduced vitamin C could not known. Washing of pesticides by using O_3/UV gave higher efficiency than other techniques so this technique could be a good alternative but the limitation would be the cost of washing which was quite high.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	i
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ii
สารบัญ	iii
สารบัญรูป	vi
สารบัญตาราง	vii
สัญลักษณ์และคำย่อ	viii
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง	
2.1 การจำแนกประเภทของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตามองค์ประกอบทางเคมี	4
2.2 ลักษณะทางเคมีของยาฆ่าแมลงสูตรโครงสร้างออกาโนฟอสเฟต	5
2.3 เมทธามิโดฟอส	5
2.4 การศึกษาความคงทนและระดับของเมทธามิโดฟอสในดินที่มีความเป็นพิษต่อคะน้า	6
2.5 ปริมาณการนำเข้าสารฆ่าแมลงกลุ่มออกาโนฟอสเฟต	8
2.6 ลักษณะทางเคมีของยาฆ่าแมลงกลุ่มคาร์บาเมท	9
2.7 คาร์โบฟูราน	10
2.8 ปริมาณการนำเข้าสารกำจัดแมลงกลุ่มคาร์บาเมท	12
2.9 ชนิดและปริมาณสารพิษตกค้างกลุ่มออกาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมทในพืชผัก	12
2.10 การลดปริมาณสารพิษตกค้างในผักและผลไม้	13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.11 โอโซน 14

2.12 รังสีอัลตราไวโอเลต 26

2.13 ผักคะน้า 28

2.14 วิตามินซี 30

บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 สารเคมีและเครื่องมือ 33

3.2 การทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องผลิตโอโซน 35

3.3 การทดสอบประสิทธิภาพการสกัดสารคาร์โบฟูรานออกจากถั่วฝักยาว 36

3.4 การทดสอบประสิทธิภาพการสกัดสารเมทธามิโดฟอสออกจากผักคะน้า 37

3.5 การทดสอบประสิทธิภาพการสกัดวิตามินซีออกจากผักคะน้า 38

3.6 การศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดสารคาร์โบฟูรานโดยใช้โอโซน และใช้โอโซนร่วมกับรังสีอัลตราไวโอเลต 39

3.7 การศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดสารเมทธามิโดฟอสโดยใช้โอโซน และใช้โอโซนร่วมกับรังสีอัลตราไวโอเลต 39

3.8 การศึกษาผลกระทบของวิตามินซีจากการกำจัดสารฆ่าแมลงโดยใช้ โอโซนและใช้โอโซนร่วมกับรังสีอัลตราไวโอเลต 40

บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์

4.1 การทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องผลิตโอโซน 42

4.2 การทดสอบประสิทธิภาพการสกัดคาร์โบฟูรานออกจากถั่วฝักยาว การสกัดเมทธามิโดฟอสออกจากผักคะน้า และการสกัดวิตามินซีออกจากผักคะน้า 44

4.3 การศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดสารคาร์โบฟูรานโดยใช้โอโซนและใช้โอโซนร่วมกับรังสีอัลตราไวโอเลต 45

4.4 การศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดสารเมทธามิโดฟอสโดยใช้โอโซน และใช้โอโซนร่วมกับรังสีอัลตราไวโอเลต 47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.5 การศึกษาผลกระทบของวิตามินซีจากการกำจัดสารฆ่าแมลงโดยใช้โอโซนและใช้โอโซนร่วมกับรังสีอัลตราไวโอเลต 49

4.6 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดสารฆ่าแมลงกับการล้างวิธีอื่นๆ 51

4.7 ค่าใช้จ่ายในการกำจัดสารฆ่าแมลง 51

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง 52

บรรณานุกรม 54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 แสดงกระบวนการย่อยสลายของโอโซน 18

รูปที่ 2.2 แสดงปฏิกิริยาของสารตั้งต้นกับ โอโซนและปฏิกิริยาการย่อยสลายโอโซน 18

รูปที่ 2.3 การเพิ่มขึ้นของการย่อยสลายเมื่อเชื่อมกันระหว่างโอโซนและโอโซโนไลซิส ที่ความถี่ 20 และ 500 kHz 21

รูปที่ 2.4 แสดงการย่อยสลายของสารตั้งต้นและปฏิกิริยาร่วมกันระหว่างโอโซนและ โอโซโนไลซิส 21

รูปที่ 2.5 กราฟแสดงการย่อยสลาย TNT ปริมาตร 3.5 ลิตร 170 ไมโครโมล ที่ pH 4.7 ด้วยพลังงาน 3007 กิโลจูล 22

รูปที่ 2.6 แสดงรูปแบบการย่อยสลายไดอะซินอนด้วยโอโซน 23

รูปที่ 2.7 แสดงการกระจายของอนุพันธ์ต่างๆในการย่อยสลายไดอะซินอน 24

รูปที่ 2.8 แสดงแรงตึงผิวของสารละลายเมื่อเติมไดอะซินอนและสารอินทรีย์ที่เกิด จากการย่อยสลายของไดอะซินอนด้วยโอโซน 24

รูปที่ 2.9 กราฟแสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดปริมาณอะทราซีน ในน้ำด้วย O_3 เพียงอย่างเดียว รังสียูวีเพียงเดียว รังสียูวีร่วมกับ H_2O_2 และรังสียูวีร่วมกับ O_3 25

รูปที่ 3.1 แสดงการเก็บโอโซนด้วยสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์เข้มข้น 1% 35

รูปที่ 3.2 การกำจัดสารฆ่าแมลงโดยใช้ออกซิเจน 40

รูปที่ 3.3 การกำจัดสารฆ่าแมลงโดยใช้โอโซน 41

รูปที่ 3.4 การกำจัดสารฆ่าแมลงโดยใช้โอโซนร่วมกับรังสีอัลตราไวโอเลต 41

รูปที่ 4.1 กราฟแสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องผลิตโอโซน 43

รูปที่ 4.2 กราฟแสดงประสิทธิภาพในการกำจัดสารคาร์โบฟูราน 46

รูปที่ 4.3 กราฟแสดงประสิทธิภาพในการกำจัดสารเมทธามิโดฟอส 48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 แสดงระดับต่างๆของเมทธามิโดฟอสในดินที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของคะน้า 7

ตารางที่ 2.2 แสดงความเป็นพิษของการฉีดพ่นเมทธามิโดฟอสทางใบที่มีต่อระดับอายุของคะน้า 8

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องผลิตโอโซน 42

ตารางที่ 4.2 แสดงประสิทธิภาพการสกัดคาร์โบฟูรานออกจากถั่วฝักยาว การสกัดเมทธามิโดฟอส ออก จากผักคะน้า และการสกัดแคโรทีนอยออกจากผักคะน้า 44

ตารางที่ 4.3 ประสิทธิภาพในการกำจัดสารคาร์โบฟูราน 45

ตารางที่ 4.4 ประสิทธิภาพในการกำจัดสารเมทธามิโดฟอส 47

ตารางที่ 4.5 ผลกระทบของวิตามินซีจากการกำจัดสารฆ่าแมลง 49

ตารางที่ 4.6 ประสิทธิภาพการกำจัดสารฆ่าแมลงโดยวิธีต่างๆ 50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญลักษณ์และคำย่อ

คำย่อ	ความหมาย
TOC	สารอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมด (Total Organic Carbon)
COD	ค่าความต้องการออกซิเจนของสารเคมี (Chemical Oxygen Demand)
ppm	หนึ่งส่วนในล้านส่วน (part per million)
UV	รังสีอัลตราไวโอเลต (Ultraviolet)
SD	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)
ChE	โคลีนเอสเตอเรส
GAC	คาร์บอนกัมมันต์ชนิดเม็ด (Granular Activated Carbon)
THM	ไตรฮาโลมีเธน
PAC	คาร์บอนกัมมันต์ชนิดผง (Powder Activated Carbon)
H	เอ็นทาลปี
GVB	พันธะวาเลนส์ (Generalized Valence Bond)
CI	ปฏิกิริยาสัณฐาน (Configuration Interaction)
AS	ตะกอนเร่ง (Activated Sludge)
TNT	ไตรไนโตรโทลูอีน
SL	เป็นของเหลวผสมเนื้อเดียวกัน สารออกฤทธิ์ละลายน้ำหรือแอลกอฮอล์ได้ดี (Soluble Liquid)
Ld_{50}	ปริมาณของสารที่ให้แก่สัตว์ทดลองโดยเฉลี่ยแล้วทำให้สัตว์ตาย 50% (Median Lethal Dose)
LC_{50}	ความเข้มข้นของสารที่ให้แก่สัตว์ทดลองโดยเฉลี่ยแล้วทำให้สัตว์ตาย 50% (Median Lethal Concentration)
MRL	เป็นค่าของสารพิษตกค้างที่ทาง FAO ยอมให้มีได้มากที่สุดในพืชแต่ละชนิด (Maximum Residue Limit)
HPLC	High Pressure Liquid Chromatography

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย

ปัญหาเรื่องพิษตกค้างของสารฆ่าแมลงที่ใช้ในการเกษตรนับว่าเป็นปัญหาสำคัญในปัจจุบัน กษตรกรส่วนใหญ่ใช้สารฆ่าแมลงในปริมาณที่เกินคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร และเก็บเกี่ยวผลผลิตออกจำหน่ายก่อนเวลาอันควร ผู้ที่ได้รับผลกระทบคือผู้บริโภค สารฆ่าแมลงที่มีการตกค้างมากที่สุดอยู่ในกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส นอกจากนี้ยังมีสารในกลุ่มอื่นๆอีก เช่น ไพเรทรอยด์ คาบาริล เป็นต้น เพื่อเป็นการลดความเสี่ยงจากการได้รับสารพิษตกค้างประเภทสารฆ่าแมลงในผัก ได้มีผู้วิจัยประสิทธิภาพในการล้างผักด้วยวิธีต่างๆ เช่นล้างด้วยน้ำเปล่า น้ำด่างทับทิม น้ำส้มสายชู น้ำซาวข้าว น้ำขี้เถ้า เกลือป่น ผงฟู น้ำยาซันไลด์ น้ำปูน น้ำมะนาว และเหล้าโรง เป็นต้น การล้างด้วยวิธีดังกล่าวมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณสารตกค้างแตกต่างกันไป ชนิดและคุณสมบัติของสารฆ่าแมลงที่แตกต่างกันก็มีผลต่อประสิทธิภาพในการกำจัดออกที่ไม่เท่ากัน โดยมากแล้วการล้างผักด้วยวิธีข้างต้น ประสิทธิภาพจะอยู่ที่ 50-60 % มีวิธีกำจัดสารตกค้างที่ดีกว่าวิธีข้างต้นคือการต้ม จะสามารถกำจัดสารตกค้างเช่นโมโนโครโตฟอสในถั่วฝักยาวได้ 84.8 % แต่การต้มจะทำให้คุณค่าของอาหารเปลี่ยนแปลงไป และจะทำไม่ได้หากต้องการบริโภคผักสด การใช้โอโซนในการบำบัดเป็นเทคโนโลยีที่ไม่แพงนัก ใช้พลังงานไม่มาก แต่มีประสิทธิภาพในการออกซิไดซ์สารต่างๆสูง และโดยเฉพาะอย่างยิ่งเป็นเทคนิคที่ง่าย จึงนิยมใช้อย่างกว้างขวางในการฆ่าเชื้อโรค ลดสีสำหรับกิจการน้ำดื่ม ทำความสะอาดสระว่ายน้ำแทนการใช้คลอรีน และใช้ลดกลิ่นในอากาศ มีการวิจัยอย่างกว้างขวางสำหรับการบำบัดน้ำเสียอื่นๆ เช่น การลด COD ในน้ำเสียจากโรงงานผลิตกระดาษ เป็นต้น การลดไดอะซินอนในน้ำมีการทดลองใช้ตัวออกซิไดซ์ 2 ตัวควบคู่กันไปคือ ใช้โอโซน และไฮโดรเจรเปอร์ออกไซด์ในการย่อยสลายสารเอทราซีน และ เตตตราคลอโรเอทีลีน พบว่าได้ผลดีกว่าใช้โอโซนอย่างเดียว ในการวิจัยนี้ศึกษาการล้างผักด้วยโอโซนและเปรียบเทียบการใช้และไม่ใช้รังสีอัลตราไวโอเลตช่วยด้วย พร้อมทั้งศึกษาข้อดีและข้อเสียต่างๆที่อาจเกิดขึ้นกับผู้บริโภคหากใช้วิธีนี้ในการล้าง

1.2 วัตถุประสงค์

1. ศึกษาถึงปริมาณโอโซนและรังสีอัลตราไวโอเลตที่ต้องใช้เพื่อการกำจัดสารฆ่าแมลงชนิดต่างๆซึ่งตกค้างในผักที่ได้ผลสูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ศึกษาถึงปริมาณการลดลงของสารฆ่าแมลงชนิดต่างๆหลังจากถูกออกซิไดส์
3. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณค่าทางอาหารของผักหลังการล้างด้วยโอโซนและโอโซนร่วมกับรังสีอัลตราไวโอเลต
4. เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดสารฆ่าแมลงกับการล้างวิธีอื่นๆ
5. ศึกษาค่าใช้จ่ายในการกำจัดสารฆ่าแมลงตกค้างในผักโดยวิธีโอโซน และโอโซนร่วมกับรังสีอัลตราไวโอเลต

1.3 ขอบเขตการวิจัย

การวิจัยทำในห้องปฏิบัติการเคมี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง สารฆ่าแมลงที่ศึกษามี 2 ชนิดคือ เมทธามิโดฟอสและคาร์โบฟูราน ผักที่ใช้ทดสอบจะเลือกเพียง 2 ชนิด คือถั่วฝักยาวและผักคะน้า ปริมาณของสารฆ่าแมลงวิเคราะห์ด้วยเครื่อง**HPLC** คุณค่าทางอาหารของผักจะใช้การทดสอบวิตามินซีในผักคะน้าโดยอาศัยเครื่องสเปคโตรฟลูโอโรมิเตอร์

การทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องผลิตโอโซน จะเลือกใช้วิธีการดักลงในโพแทสเซียมไอโอไดด์ **(KI)** แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ โดยแปรผันเวลาที่ใช้ดักโอโซนลงใน **KI** ดังนี้คือ 5 10 15 20 25 และ 30 นาที

ผักปนเปื้อนจะถูกสังเคราะห์ขึ้นโดย นำสารเมทธามิโดฟอสฉีดลงในผักคะน้าให้มีความเข้มข้นเป็น 0.5 ppm (mg/kg) และนำสารคาร์ โบฟูรานฉีดลงในถั่วฝักยาวให้มีความเข้มข้นเป็น 1.39 ppm (mg/kg)

ทดสอบประสิทธิภาพการสกัดสารเมทธามิโดฟอสและวิตามินซีออกจากผักคะน้า และสารคาร์โบฟูรานออกจากถั่วฝักยาว โดยใช้น้ำและอะซิโตนเป็นตัวสกัดตามลำดับ

กำจัดสารคาร์โบฟูราน และสารเมทธามิโดฟอส ด้วยวิธีการใช้โอโซนเพียงอย่างเดียว และด้วยวิธีการใช้โอโซนร่วมกับรังสีอัลตราไวโอเลต (254 nm) โดยแปรระยะเวลาในการบำบัดเป็น 1 และ 10 นาที

ศึกษาผลการทบจากการกำจัดสารฆ่าแมลงที่มีต่อวิตามินซีโดยวิธีดังกล่าว

เปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดสารฆ่าแมลงกับการล้างวิธีอื่นๆ จะโดยเปรียบเทียบในลักษณะเปอเซนต์การถูกกำจัดออกไป

ค่าใช้จ่ายในการกำจัดสารฆ่าแมลง จะคำนวณจากค่าการผลิตโอโซนและหลอดอัลตราไวโอเลตเป็นหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อทราบถึงประสิทธิภาพในการผลิตโอโซนของเครื่องผลิตโอโซน
2. เพื่อทราบถึงประสิทธิภาพของการใช้โอโซนเพียงอย่างเดียว และการใช้โอโซนร่วมกับรังสียูวีในการบำบัดสารคาร์โบฟูรานและเมทธามิโดฟอส
3. เพื่อ เป็นแนวทางในการศึกษาวิจัยการลดปริมาณสารพิษตกค้างในถั่วฝักยาวและผักคะน้า
4. เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาวิจัยและประยุกต์ใช้ในการบำบัดสารพิษชนิดอื่นๆ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 การจำแนกประเภทของสารเคมีกำจัดแมลงศัตรูพืชตามองค์ประกอบทางเคมี

2.1.1 ประเภทอนินทรีย์สาร (Inorganic Insecticides)

เป็นสารกำจัดแมลงศัตรูพืชที่มีธาตโลหะเป็นองค์ประกอบและไม่มีคาร์บอนผสม

2.1.2 ประเภทอินทรีย์สาร (Organic Insecticides)

เป็นสารเคมีกำจัดศัตรูพืชกลุ่มใหญ่ สามารถแบ่งได้ 2 ประเภทดังนี้

2.1.2.1 สารอินทรีย์ที่ได้จากพืช

ได้แก่ ไพรีทรอยด์ นิโคตินอยด์ โรตินอยด์ และสารสกัดจากสะเดา เป็นต้น

2.1.2.2 สารอินทรีย์สังเคราะห์ สามารถจำแนกออกได้ดังนี้

ก. สารประกอบอินทรีย์คลอรีน (Organochlorine compounds) จำแนกออกตามการเรียงตัวของคาร์บอนในโมเลกุลออกได้เป็น 3 กลุ่มคือ กลุ่มไดเฟนิลอะลิฟาติค (diphynyl aliphatic) กลุ่มเบนซินเฮกซาคลอไรด์ (benzene hexachloride ; BHC) และกลุ่มสารประกอบไซโคลไดอีน (cyclodiene compounds)

ข. สารประกอบอินทรีย์ฟอสฟอรัส (Organophosphorus compounds) แบ่งออกได้ 3 กลุ่มคือ กลุ่มอะลิฟาติคออกาโนฟอสเฟต (aliphatic organophosphate) กลุ่มฟีนิลออกาโนฟอสเฟต (phenylorganophosphate) และกลุ่มเฮทเทอโรไซคลิกออกาโนฟอสเฟต (heterocyclic organophosphate)

ค. สารกำจัดแมลงออกาโนซัลเฟอร์ (organosulphur) ได้แก่ เตตราไดฟอน (tetradifon)

ง. สารกำจัดแมลงคาร์บาเมท (carbamates) เช่น คาร์บาริล เป็นต้น

จ. สารกลุ่มฟอร์มามิดีน (formamidines) เช่น อะมิทราซ (amitraz)

ฉ. สารกลุ่มไพรีทรอยด์ (pyrethroids) เช่น เดลต้าเมทริน (deltamethrin) เป็นต้น

ช. กลุ่มสารรม (fumigants) เช่น เมทธิลโบรมายด์ (methyl bromide) เป็นต้น

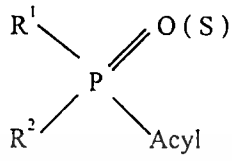
ซ. สารจำพวกน้ำมัน (petroleum oil)

ฌ. สารกลุ่มปฏิชีวนะ (antibiotics) เช่น อะบาเม็กทิน (abamectin) เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ลักษณะทางเคมีของยาฆ่าแมลงสูตรโครงสร้างออกาโนฟอสเฟต

ยาฆ่าแมลงสูตรโครงสร้างออกาโนฟอสเฟต ได้แก่สารอินทรีย์ที่มีฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบสำคัญ โดยมีสูตรโครงสร้างทั่วไป (general structure) ดังนี้



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

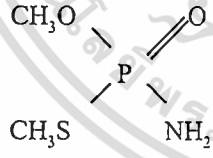
* ซัลเฟอร์หรือออกซิเจน ต้องเชื่อมต่อโดยตรงกับฟอสฟอรัส ซึ่งมีวาเลนซีเป็น 5 (pentavalent phosphorus)

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

* กลุ่มเอซิล (acyl) ต้องเป็นกลุ่มที่มีประจุลบในกรดอินทรีย์หรืออนินทรีย์ เช่น ฟลูโอรีน (fluorine) ไซยาเนท (cyanate) ไธโอไซยาเนท (thiocyanate) หรือต้องเป็นส่วนหนึ่งของกรด เช่น ส่วนอีนอล (enol) เมอร์แคบโต (mercapto) เป็นต้น ยาฆ่าแมลงกลุ่มออกาโนฟอสเฟตที่ใช้ในปัจจุบัน มักจัดแบ่งได้ 2 กลุ่มใหญ่คือ กลุ่มไดเมทท็อกซี่ (dimethoxy) และกลุ่มไดเอทท็อกซี่ (diethoxy)

2.3 เมทธามิโดฟอส (Methamidophos)

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 แมลงหวี่ขาว ด้วงมันฝรั่ง และอื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พืชที่ใช้	กะหล่ำปลี กะหล่ำดอก คื่นฉ่าย และผักอื่น ๆ ฝ้าย มะเขือ หอม ยาสูบ องุ่น มันฝรั่ง ไม้ผล และไม้ดอก ไม้ประดับทั่วไป
สูตรผสม	60%SL
อัตราการใช้	กำจัดแมลงทั่วไป ใช้อัตรา 20 - 40 ลบ.ซม. ผสมน้ำ 20 ลิตร
วิธีใช้	ผสมกับน้ำกวนให้เข้ากันดี แล้วฉีดที่ใบและต้นพืชให้ทั่ว ฉีดพ่นซ้ำได้ตามความจำเป็น
อาการเกิดพิษ	เหงื่อออกมาก วิงเวียนและปวดศีรษะ อ่อนเพลีย คลื่นไส้ แน่นหน้าอก และมี
อาการท้องร่วง	
การแก้พิษ	ถ้าถูกผิวหนังให้ล้างด้วยน้ำกับสบู่มากๆ ถ้าเข้าตาให้ล้างตาด้วยน้ำสะอาดนานๆ ถ้าเข้าปากหรือกลืนกินเข้าไปต้องทำให้คนไข้อาเจียนด้วยการล้วงคอ หรือให้ดื่มน้ำเกลืออุ่น แล้วให้คนไข้ กินยาอะโทรฟีนซัลเฟตขนาด 1 / 100 เกรน 2 เม็ด แล้วนำส่งแพทย์ ถ้ามีอาการเกิดพิษห้ามรับประทานยาแก้พิษก่อน (ปรีชาและคณะ,2537)
ข้อควรรู้	- ระยะเวลาที่ใช้ก่อนการเก็บเกี่ยว 21 วัน - ผสมได้กับสารกำจัดศัตรูพืชอื่น ๆ -เป็นพิษต่อปลา และผึ้ง - ห้ามผสมกับสารเคมีที่มีสภาพเป็นด่าง

2.4 การศึกษาความคงทนและระดับของเมทธามิโดฟอสในดินที่มีความเป็นพิษต่อคะน้า

นักวิทยาศาสตร์ 6 กลุ่มงานสารพิษตกค้าง กองวัตถุมีพิษการเกษตร ได้ทำการทดลองศึกษาถึงความคงทนและระดับของเมทธามิโดฟอสในดินที่มีความเป็นพิษต่อคะน้า ทั้งในด้านการงอก การเจริญเติบโต ผลผลิตและคุณภาพของผลผลิต เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการแนะนำเกษตรกรให้ใช้เมทธามิโดฟอสอย่างถูกต้องและเหมาะสม รวมทั้งการทิ้งระยะเวลาก่อนปลูกคะน้าเพื่อให้ได้ผลผลิตและคุณภาพที่ดี รวมทั้งมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภคโดยทำการทดลองในเรือนเพาะชำ โดยคลุกเมทธามิโดฟอสลงในดินใน ความเข้มข้น 8 ระดับ คือ อัตราแนะนำ (40 มล. / น้ำ 20 ลิตร) อัตราที่สูงกว่าอัตราแนะนำ 25 , 50 และ 100% และอัตราที่ต่ำกว่าอัตราแนะนำ 10 , 25 และ 50% จากนั้นปลูกกล้าคะน้าลงในกระถางที่คลุกสารพิษแล้วเปรียบเทียบกับคะน้ากระถางที่ไม่ได้คลุกสารพิษ ซึ่งได้ผลการทดลองดังตารางที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 แสดงระดับต่างๆของเมทธามิโดฟอสในดินที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของคะน้า

อัตราที่ใช้	ลักษณะอาการที่สังเกตได้	การเจริญเติบโต			
		%การงอก	ความยาวลำต้น(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 : ข้อมูลที่ตามด้วยอักษรภาษาอังกฤษเหมือนกันในคอลัมม์เดียวกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับ 95%

จากผลการทดลองพบว่าคะน้าที่ปลูกในดินที่ไม่คลุกเมทธามิโดฟอสและคลุกในอัตราแนะนำ รวมทั้งอัตราต่ำกว่าอัตราแนะนำ 10% , 25% และ 50% ไม่มีลักษณะอาการผิดปกติใดๆ แต่คะน้าที่ปลูกในดินที่คลุกเมทธามิโอฟอสสูงกว่าอัตราแนะนำ 25% , 50% และ 100% พบว่าใบจะเล็ก มีอาการแกรนเล็กน้อยในช่วงอายุน้อยๆ หลังจากนั้นเจริญเติบโตได้ตามปกติ สำหรับเ ปอร์เซนต์การงอกของเมล็ดคะน้าไม่มีผลกระทบเกิดขึ้นคะน้า ยังคงงอกได้ตามปกติทั้งในดินที่คลุกและไม่คลุกเมทธามิ-โดฟอส หลังจากนั้นเมื่อคะน้าเจริญเติบโตหลังการงอกแล้ว เมื่อเปรียบเทียบความยาวลำต้นของคะน้าที่ปลูกในดินคลุกเมทธามิโดฟอสสูงกว่าอัตราแนะนำ 25% มีความแตกต่างทางสถิติกับ ระดับอื่นๆ แม้แต่ระดับที่คลุกเมทธามิโดฟอสในอัตราที่สูงกว่า ทั้งนี้เนื่องจากในระหว่างการ ทดลองมีหนอนใยผักเข้าทำลายใบคะน้าทำให้เกิดความเสียหายมากกว่าร วมทั้งทำให้น้ำหนักสดของต้นคะน้าลดลง แต่เมื่อเปรียบเทียบน้ำหนักแห้งแล้วไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

จากนั้นได้ทำการทดลองอีกครั้งโดยใช้วิธีฉีดพ่นเมทธามิโดฟอสในอัตราแนะนำกับกล้าคะน้าที่มีอายุตั้งแต่ 1 - 8 สัปดาห์ ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 แสดงความเป็นพิษของการฉีดพ่นเมทธามิโดฟอสทางใบที่มีต่อระดับอายุของคะน้า คุณภาพของคะน้าแ ละดินปลูก

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 : ข้อมูลที่ตามด้วยอักษรภาษาอังกฤษเหมือนกันในคอลัมม์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับ 95%

จากผลการทดลองพบว่าคะน้าหลังแยกกล้าทุกอายุไม่ได้แสดงอาการผิดปกติใดๆให้เห็น มีการเจริญเติบโตตามปกติ ทั้งในด้านความยาวลำต้นและน้ำหนักสดของคะน้า ยกเว้นคะน้าหลังแยกกล้าอายุสัปดาห์ที่มีความยาวลำต้นต่างไปเนื่องจากการทำลายของหนอนใยผัก

2.5 ปริมาณการนำเข้าสารฆ่าแมลงกลุ่มออแกโนฟอสเฟต

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

2.6 ลักษณะทางเคมีของยาฆ่าแมลงกลุ่มคาร์บาเมท

สารกลุ่มนี้เป็นสารอินทรีย์สังเคราะห์กลุ่มใหญ่กลุ่มหนึ่ง และใช้กันอย่างแพร่หลายมากสามารถเป็นทั้งสารฆ่าหญ้า 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 มีฤทธิ์ในการกำจัดและสามารถกำจัดแมลงได้กว้างขวาง เนื่องจากมีพิษต่อคนและสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมน้อยกว่าสารฆ่าแมลงประเภทอื่นๆ เพราะว่ามันสลายตัวได้รวดเร็วจึงทำให้มีพิษตกค้างในธรรมชาติน้อย สารฆ่าแมลงในกลุ่มคาร์บาเมทที่นิยมใช้ในปัจจุบัน ได้แก่ เซวิน (Sevin) หรือคาร์บาริล (Carbaryl) ไบกอล(Baygon) ฟูราดาน(Furadan) และแลนเนท(Lannate) สารกลุ่มนี้ทุกชนิดจะมีหมู่คาร์บาเมทอยู่ด้วยเสมอ และหมู่ R มักจะเป็นอนุพันธุ์ของเบนซิน แนพธาลีนหรือสาร อะโรมาติดอื่นๆ

สารคาร์บาเมทแต่ละชนิดมีพิษแตกต่างกันขึ้นอยู่กับหมู่ R ความเป็น พิษขึ้นอยู่กับสถานะของสาร การละลาย การถูกดูดซึมเข้าไปสู่ร่างกาย สารที่ระเหยได้ง่ายย่อมมีพิษรุนแรงกว่า นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับกลไกการกำจัดพิษของร่างกายอีกด้วย สำหรับผู้ป่วยที่ได้รับสารพิษนี้จะมีอาการกระตุกและหดตัวของกล้ามเนื้ออย่างมากจนเป็นตะคริว อาการ อื่นๆ ได้แก่ ปวดศีรษะ คลื่นไส้อาเจียน สายตาพร่า ม่านตาหดเล็กลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหงื่อออกมาก เจ็บหน้าอกและท้อง มีอาการเกร็ง น้ำลายฟูมปาก ถ้าหากได้รับในปริมาณมากๆก็อาจทำให้คนและสัตว์เสียชีวิตได้ (ไมตรี, 2531)

ความเป็นพิษของสารฆ่าแมลงกลุ่มคาร์บาเมทนั้น จะเหมือนกันกับกลุ่ม ออร์กาโนฟอสเฟต (กลุ่มฆ่าเชื้อรา) คือ จะยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โคลีนเอสเทอเรส (Cholinesterase ; ChE) ตรงบริเวณ Esteratic site ของเอนไซม์โมเลกุล ทำให้มีการสะสมของอะเซติลโคลีนที่รอยต่อประสานระหว่างเซลล์ประสาท กระบวนการดังกล่าวเรียกว่า Carbarylation และปฏิกิริยาจะแตกต่างไปจากคุณสมบัติของสารออร์กาโนฟอสเฟต ดังนี้

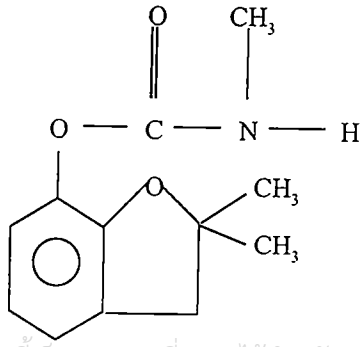
- สลายตัวได้ง่าย (low stability)
- สารคาร์บาเมทไม่ทำให้เอนไซม์โคลีนเอสเทอเรส เกิดภาวะเสื่อมสภาพ (aging) ฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์จึงเป็นแบบย้อนกลับได้ (reversible effect) และอาการทางคลีนิคที่ปรากฏจะไม่ค่อยรุนแรงนัก
- สารคาร์บาเมทถูกดูดซึมเข้าสู่ประสาทส่วนกลางได้น้อยทำให้อาการทางสมองที่พบไม่ค่อยรุนแรง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

<u>การรักษา</u>

การแก้พิษของสารฆ่าแมลงชนิดคาร์บาเมทนั้น จะใช้หลักการเดียวกันกับสารฆ่าแมลงชนิดออร์กาโนฟอตเฟตคือ การทำให้เอนไซม์โคลีนเอสเทอเรส (ChE) มีฤทธิ์กลับคืนอย่างเดิมอีกโดยใช้สารเคมีที่มีสมบัติเข้าไปแย่งสารฆ่าแมลงดังกล่าว สารเคมีจะไปจับกับเอนไซม์ชั่วคราวและถูกนำมาใช้เป็นการรักษาพิษได้ดี ยาแก้พิษที่ใช้กันมากที่สุดคือ 2 – pyridine aldoxime (PAM) (รพีพัฒน์, 2540)

2.7 คาร์โบฟูราน (Carbofuran)

สูตรโครงสร้าง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 ^{o}C (pure), 150-152 ^{o}C (Technical)
การละลาย	ที่ 25 ^{o}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
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. และ ทางผิวหนัง > 3000 มก. / กก. ค่า LC_{50} ในปลา 0.24 มก. / กก. (96 ชม.) ในนก 458 มก. / กก.
แมลงที่กำจัดได้	เพลี้ยจักจั่น เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล เพลี้ยกระโดดหลังขาว เพลี้ยอ่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	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	ผู้ที่ได้รับพ ษจะมีอาการวิงเวียนและปวดศีรษะ อ่อนเพลีย น้ำลายไหล เหงื่อออกมาก ปวดที่ช่องท้อง ท้องร่วง อาเจียน และหายใจขัดๆ
การแก้พิษ	ถ้าเกิดพิษที่ผิวหนังให้ล้างด้วยน้ำสบู่มากๆ ถ้าเข้าตาให้ล้างด้วยน้ำสะอาด ถ้ากลืนกินเข้าไปต้องทำให้อาเจียนโดยเร็วด้วยการล้วงคอหรือดื่มน้ำเกลือ แล้วให้ผู้ป่วยกินยาอะโทรปีนซัลเฟทขนาด 1 / 1000 เกรน 2 เม็ด นำผู้ป่วยส่งแพทย์ต่อไป สำหรั แพทย์ในรายที่มีอาการหนักให้ใช้ อะโทรปีนซัลเฟท ขนาด 2 - 4 มก. ฉีดเข้าเส้นเลือด หลังจากนั้นให้ฉีดซ้ำทุกๆ 10-15 นาที จนผู้ป่วยอาการดีขึ้น แล้วรักษาตามอาการต่อไป (จิราพรและถาวร, 2538)

2.8 ปริมาณการนำเข้าสารกำจัดแมลงกลุ่มคาร์บาเมท

ในปี 2536 สารกำจัดแมลงกลุ่มคาร์บาเมทมีการนำสั่งเข้าในปริมาณรองลงจากสารกำจัดแมลงกลุ่มออกาโนฟอสเฟต คือมีปริมาณทั้งสิ้น 1,385 ตัน สารกำจัดแมลงในกลุ่มนี้ มีการนำเข้าทั้งหมด 14 ชนิด สารที่นำเข้ามาในปริมาณมากได้แก่ เมทโธมิล คาร์บาริล คาร์โบฟูรานและBPMC ตามลำดับ ส่วนชนิดอื่นๆ มีปริมาณรองลงไป สารกำจัดแมลงคาร์โบฟูรานมีปริมาณการนำเข้า 185,920 กิโลกรัม จัดเป็นอันดับที่ 3 ในสารกำจัดแมลงกลุ่มคาร์บาเมท (สมนึก,2539)

2.9 ชนิดและปริมาณสารพิษตกค้างกลุ่มออกาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมทในพืชผัก

ได้มีการวิจัยเพื่อศึกษาชนิดและปริมาณสารพิษตกค้างกลุ่มออกาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมทในพืชผักต่างๆ จำนวน 10 ชนิด ได้แก่ ผักคะน้า ผักกาดขาว ผักบุ้งจีน กะหล่ำดอก ถั่วฝักยาว แตงกวา เห็ดฟาง มะเขือเทศ ข้าวโพดฝักอ่อน และกะหล่ำปลีจำนวน 235 ตัวอย่าง จากจังหวัดนนทบุรี ปทุมธานี นครปฐม ราชบุรี สมุทรสาคร สมุทรสงคราม สุพรรณบุรี อ่างทอง และกรุงเทพมหานคร (บัณฑิตและศิรพันธ์, 2539) ซึ่ง ผลการตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้างในพืชผักเหล่านี้ พบว่ามีผักที่มีสารพิษตกค้างอยู่ 73 ตัวอย่างคิดเป็น 31% ของตัวอย่างทั้งหมด อย่างไรก็ดีสารพิษตกค้างที่พบในผักเหล่านี้มีปริมาณน้อย และมีค่าต่ำกว่าค่า Maximum Residue Limit (MRL) ที่ FAO กำหนดไว้ ยกเว้นผักบางชนิดซึ่งในจำนวนนั้นมีผักคะน้ารวมอยู่ด้วย มีปริมาณสารพิษตกค้างดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คะน้า ในจำนวน 46 ตัวอย่าง พบคะน้าที่มีสารพิษตกค้าง 19 ตัวอย่าง และมีคะน้า 3 ตัวอย่าง ที่พบว่ามีสารพิษตกค้างในปริมาณที่เกินค่า MRL โดยพบว่ามีคะน้า 2 ตัวอย่างพบ เมทธามิโดฟอส 2.948 ppm และ 7.254 ppm ซึ่งค่า MRL ระบุไว้ไม่ให้เกิน 1 ppm และคะน้าอีก 1 ตัวอย่าง พบว่ามีโมโนโครโตฟอส (monocrotophos) 0.865 ppm ซึ่งค่า MRL ระบุไว้ไม่ให้เกิน 0.2 ppm

ผักบุ้งจีน ในจำนวน 16 ตัวอย่าง พบมีส ารพิษตกค้าง 5 ตัวอย่าง และมีอยู่ 1 ตัวอย่างที่พบ เมวินฟอส (mevinphos) 2.846 ppm ซึ่งค่า MRL ระบุไว้ไม่ให้เกิน 0.5 ppm

ถั่วฝักยาว ในจำนวน 30 ตัวอย่าง พบถั่วฝักยาวที่มีสารพิษตกค้าง 8 ตัวอย่าง และมีอยู่ 3 ตัวอย่าง ที่พบโมโนโครโตฟอส (monocrotophos) อยู่ในช่วง 0.559 - 0.825 ppm ซึ่งค่า MRL ระบุไว้ไม่ให้เกิน 0.1 ppm

แตงกวา ในจำนวน 20 ตัวอย่าง พบว่ามีสารพิษตกค้าง 8 ตัวอย่าง และมี 1 ตัวอย่างที่พบ เมวินฟอส (mevinphos) 0.104 ppm ซึ่งค่า MRL ระบุไว้ไม่ให้เกิน 0.05 ppm

จากผลการวิจัยดังกล่าวทำให้ในการวิจัยครั้งนี้ผู้ทำวิจัยจึงตัดสินใจใช้ผักคะน้าเป็นตัวอย่างในการทดลอง เนื่องจากมีปริมาณสารพิษตกค้างเมทธามิโฟอสเกินค่า MRL ที่ทาง FAO กำหนดไว้ดังได้กล่าวมา

2.10 การลดปริมาณสารพิษตกค้างในผักและผลไม้

ปัญหาเรื่องสารพิษตกค้างในผลิตผลทางการเกษตร ในปัจจุบันนับว่าเป็นปัญหาสำคัญปัญหาหนึ่งที่ทางรัฐบาลโดยกองวัตถุมีพิษการเกษตร กรมวิชาการเกษตร ได้ตระหนักและได้ค้นหาวิธีลดปริมาณสารพิษตกค้างในผลิตผลทางการเกษตรอย่างต่อเนื่อง นับตั้งแต่ปี พ.ศ. 2523 สาเหตุประการสำคัญที่ทำให้เกิดปัญหานี้ก็เนื่องจาก เกษตรกรบางรายยังใช้สารฆ่าแมลงในอัตราที่เกินคำแนะนำและเก็บเกี่ยวผลผลิตออกจำหน่ายก่อนระยะเวลาอันควร ผู้ที่ได้รับผลกระทบโดยตรงคือ ผู้บริโภค ซึ่งไม่มีโอกาสได้รู้เห็นพฤติกรรมดังกล่าว เพื่อเป็นการลดอัตราเสี่ยงในขั้นตอนของผู้บริโภคจากการบริโภคสารพิษตกค้างในผักและผลไม้ที่เข้าสู่ร่างกาย โดยการล้างด้วยน้ำสะอาดและน้ำผสมสารต่าง ๆ เช่น ด่างทับทิม น้ำส้มสายชู น้ำซาวข้าว น้ำขี้เถ้า เกลือป่น ผงฟู น้ำยาซันไลด์ H_2O_2 น้ำปูน น้ำมะนาว และเหล้าโรง เป็นต้น ซึ่งสารแต่ละชนิดมีความสามารถในการลดปริมาณสารพิษแต่ละชนิดได้แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับชนิดและคุณสมบัติของสารฆ่าแมลง เช่น การล้างเอ็นโดซัลแฟนในผักคะน้าด้วยวิธีการแช่น้ำ 4 ลิตร นาน 2 นาที แล้วล้างออกด้วยน้ำอีก 4 ลิตร นาน 2 นาที สามารถลดได้ดีที่สุดถึง 51.2% ส่วนสารกลุ่มไพรีทรอยด์ การล้างด้วยวิธีแช่น้ำและการล้างด้วย น้ำซาวข้าวดีที่สุด สามารถลดปริมาณสารฆ่าแมลงตกค้างโมโนโครโตฟอสในถั่วฝักยาวได้ 54.9% และการลดปริมาณโมโนโครโตฟอสในถั่วฝักยาวด้วยวิธีการต้มในน้ำเดือดนาน 1 นาที สามารถลดได้ถึง 84.8% ซึ่งนับว่าเป็นวิธีการที่ดีที่สุดส่วนการลดปริมาณสารฆ่าแมลงในผลไม้ด้วย วิธีการล้างในน้ำไหล และการปอกเปลือก สามารถ ลดเมทธิลพาราไธออน ในชมพู่ได้ถึง 52.9% และ 72.1%ตามลำดับ นอกจากขบวนการล้างด้วยน้ำสะอาดและสารต่างๆแล้ว กรรมวิธีการปรุงอาหารเป็นอีกขั้นตอนหนึ่งที่จะช่วยลดปริมาณสารฆ่าแมลงได้มากยิ่งขึ้น โดยวิธีการปรุงอาหารที่ใช้มี 4 วิธี คือ การลวก การนึ่ง การต้ม และการผัด ซึ่งจากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าประสิทธิภาพในการลดปริมาณสารฆ่าแมลงโดยกรรมวิธีการ ปรุงอาหารทั้ง 4 วิธี ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ คือ เอ็นโดซัลแฟนสามารถลดปริมาณได้เฉลี่ย 53% ส่วนพาราไธออน ลดได้เฉลี่ย 57% และเด็คคามีธริน เฉลี่ย 47% (สมนึก , 2539)

2.11 โอโซน

2.11.1 โอโซนและคุณสมบัติของโอโซน

โอโซนเป็นแก๊สสีน้ำเงินอ่อนแต่เมื่ออยู่ในสถานะของเหลวกับของแข็งจะมีสีม่วงเข้มและระเบิดง่าย กลิ่นฉุนคล้ายกระเทียม คุณสมบัติอื่นได้รวบรวมแสดงไว้ดังนี้

น้ำหนักโมเลกุล	48.0
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
ความหนาแน่นวิกฤต	0.437 กรัม / ลบ.ซม.
ความหนาแน่น (แก๊ส 0^{o}C)	2.144 กรัม / ลิตร
ความหนาแน่น (ของเหลว –183 ^{o}C)	1.57 กรัม / ลบ.ซม.
ความตึงผิว (-183 ^{o}C)	38.4 $\pm$ 0.7 dynes / cm
ความหนืด (ของเหลว –183 ^{o}C)	1.55 $\pm$ 0.02 cp
เอ็นทาลปีของการระเหย	75.6 แคลลอรี/กรัม (-122 ^{o}C)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอ็นทาลปีของการรวมตัว	+34.5 กิโลแคลลอรี / โมล (25 ^{o}C)
การดูดกลืนรังสียูวี	ดูดกลืนรังสียูวีได้ดีที่สุดที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร (Gary et.al, 1982)

ลักษณะโมเลกุลโอโซนพบว่าไม่เป็นเส้นตรง มีค่าของมุมเท่ากับ 116 ° 45 ′ และมีโครงสร้างเรโซแนนซ์จัดได้ 4 แบบการทดลองเพื่อพิสูจน์กลไกการเกิดปฏิกิริยากับสารอินทรีย์ทั้งหลายให้ผลสอดคล้องสนับสนุนกับคุณสมบัติของการที่โอโซนเป็นโมเลกุลที่มีขั้วเป็นประจุบวกและลบที่ออกซิเจนตำแหน่งที่ 1 และ 3 อย่างไรก็ตามการศึกษาทางควัน ตัมเมคแคนิคส์โดยอาศัยหลักการเกิดพันธะทั่วไปและการคำนวณ Configuration Interaction (CI) แสดงสภาวะพื้น (ground state) ของโอโซนเป็นอนุมูลอิสระ (อำนาจ, 2522)

โอโซนเป็นอัญรูปหนึ่งของออกซิเจน มีโมเลกุลประกอบด้วยออกซิเจน 3 อะตอม มีคุณสมบัติเป็นสารออกซิไดซ์ที่แรง มีความว่องไวต่อปฏิกิริยาเคมีสูง มีกลิ่นฉุนแสบจมูก ก่อให้เกิดความระคายเคืองต่อดวงตา ลำคอ และระบบทางเดินหายใจ ปัจจุบันมาตรฐานขีดจำกัด ของโอโซนเท่ากับ 0.1 ppm สำหรับ การปฏิบัติงาน 8 ชั่วโมงต่อวัน ซึ่งกำหนดโดย American Conference of Governmental Industrial Hygienists

ในการดำเนินการฉายรังสีแกมมา จะมีผลพลอยได้ที่ไม่ต้องการเกิดขึ้นอย่างหนึ่ง คือ โอโซน ซึ่งเกิดจากการที่ออกซิเจนในอากาศดูดกลืนพลังงานบางส่วนของรังสีแกมมา เกิดเป็น ออกซิเจน อะตอม(O) ซึ่งจะเกิดปฏิกิริยาต่อไปกลายเป็น โอโซน(O_3) ดังสมการ

$$O_2 \longrightarrow 2O^{\bullet}$$

$$O^{\bullet} + O_2 + M \longrightarrow O_3 + M$$

$$(O_2)_2 \longrightarrow O_3 + O^{\bullet}$$

$$O^{\bullet} + O_2 \longrightarrow O_3$$

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

โอโซนสลายตัวได้อย่างรวดเร็วโดยทำปฏิกิริยากับ ตัวรีดิวส์ต่าง ๆ เช่น CO , H_2S , CH_4 , NO_2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ยังสลายตัวโดยทำปฏิกิริยากับแสงในช่วงอุลตราไวโอเล็ท (2000 – 3200 อังสตรอมหรือ 200 – 320 นาโนเมตร) และช่วงวิสซิเบิล (4500 – 7000 อังสตรอมหรือ 450 – 700 นาโนเมตร) ดังสมการ

$$NO_2 + O_3 \longrightarrow NO_3 + O_2$$

$$O_3 \longrightarrow O_2 + O^{\bullet}$$

$$O^{\bullet} + O_3 \longrightarrow 2\,O_2^{\bullet\bullet}$$

($^{\bullet}$ คือ สภาวะเร้า หรือ Excited State)

2.11.2 จลนศาสตร์ของโอโซนในน้ำ

การเกิดปฏิกิริยาของโอโซนโดยทั่วไปมีด้วยกัน 2 ทาง ทางแรกโอโซนสามารถทำปฏิกิริย าได้โดยตรงกับสารอินทรีย์ และ การเกิดปฏิกิริยาทางอ้อมโดยอยู่ในรูปของอนุมูลอิสระ เช่น $^{\bullet}OH$ และ $HO_2^{\bullet}$ การเกิดปฏิกิริยาทางตรงนี้มีความจำเพาะสูง ในทางกลับกันปฏิกิริยาทางอ้อมนั้นไม่จำเพาะเจาะจงและมีแนวโน้มว่าจะมีประสิทธิภาพสูงกว่าปฏิกิริยาในทางตรงในการกำจัดสารอินทรีย์ รูปที่ 2.1 แสดงกระบวนการย่อยสลายของโอโซน รูปที่2.2 แสดงการเกิดปฏิกิริยาระหว่างโอโซนและสารตั้งต้นโดยที่สารอินทรีย์ เช่น อะลิฟาติกแอซิก อัลดีไฮด์ คีโตน และ พวกอะโรมาติกที่ไม่ว่องไวจะเกิดปฏิกิริยาอย่างช้า ๆกับโมเลกุลของโอโซนและ โอกาสที่จะทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระสูง

คุณสมบัติของโอโซนสามารถอธิบายได้โดยปฏิกิริยาย่อยสลายของโอโซนดังนี้

$$O_3 + {}^{\bullet}OH \longrightarrow HO_2 + O_2$$

$$HO_2 \longrightarrow O_2^{-} + H^{+}$$

$$O_3 + O_2^{-} \longrightarrow O_2 + O_3^{-}$$

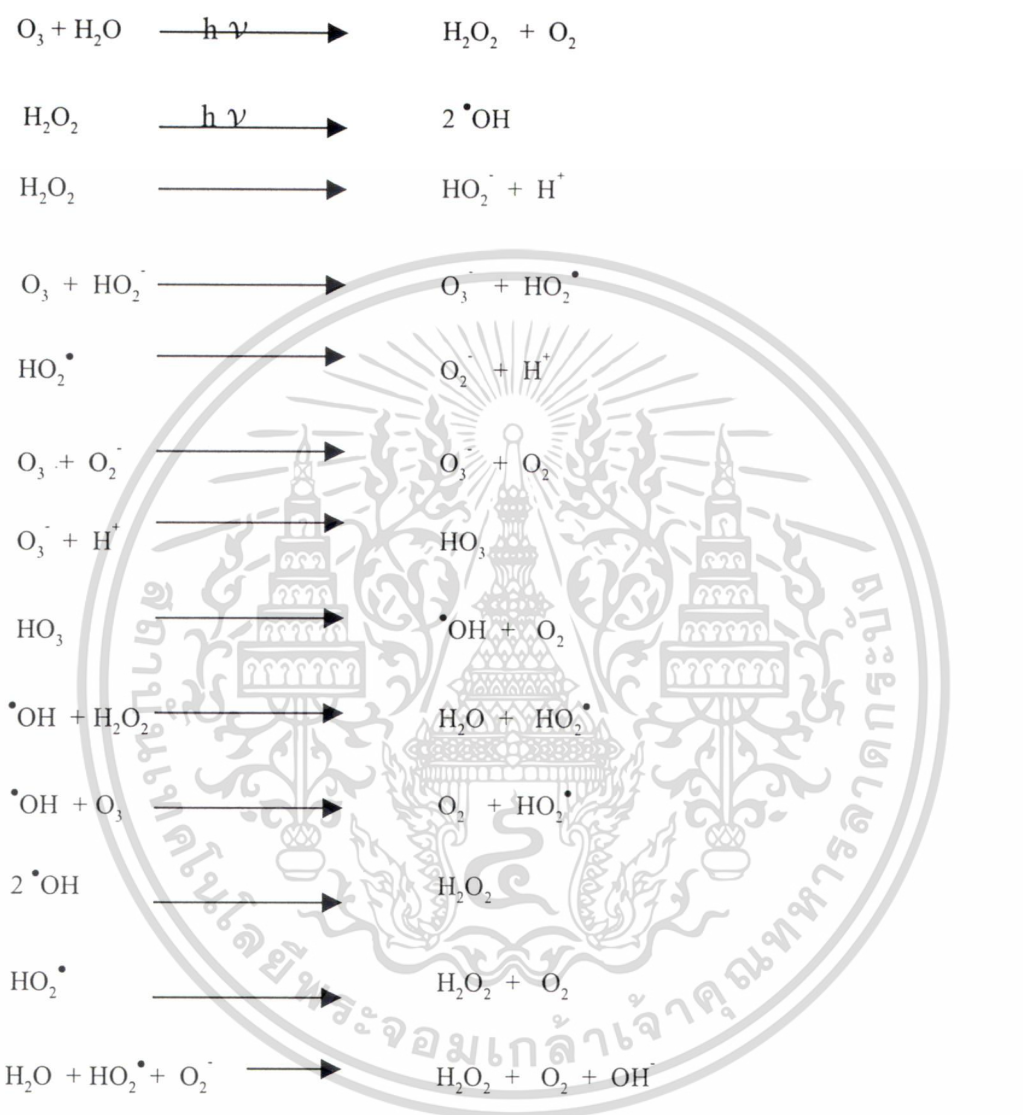
$$O_3^{-} + H^{+} \longrightarrow HO_3$$

$$HO_3 \longrightarrow {}^{\bullet}OH + O_2$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง_พระจอมเกล้าลาดกระบัง

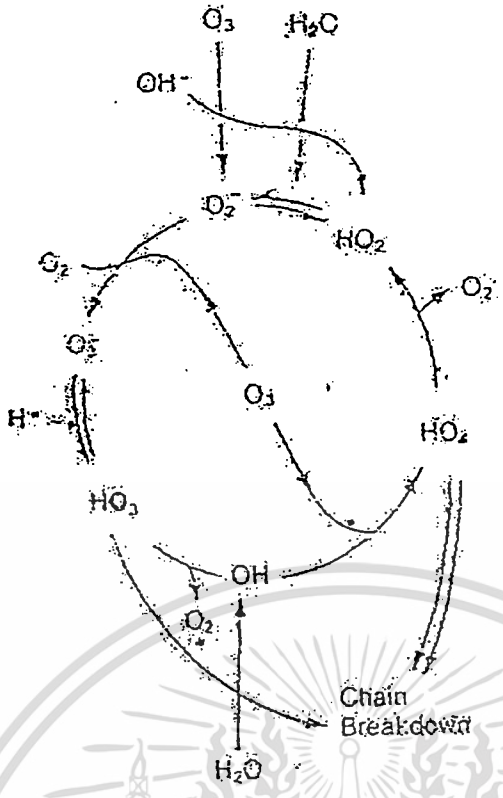
ปฏิกิริยาการย่อยสลายของโอโซนร่วมกับรังสียูวี



(Gary R.,1982)

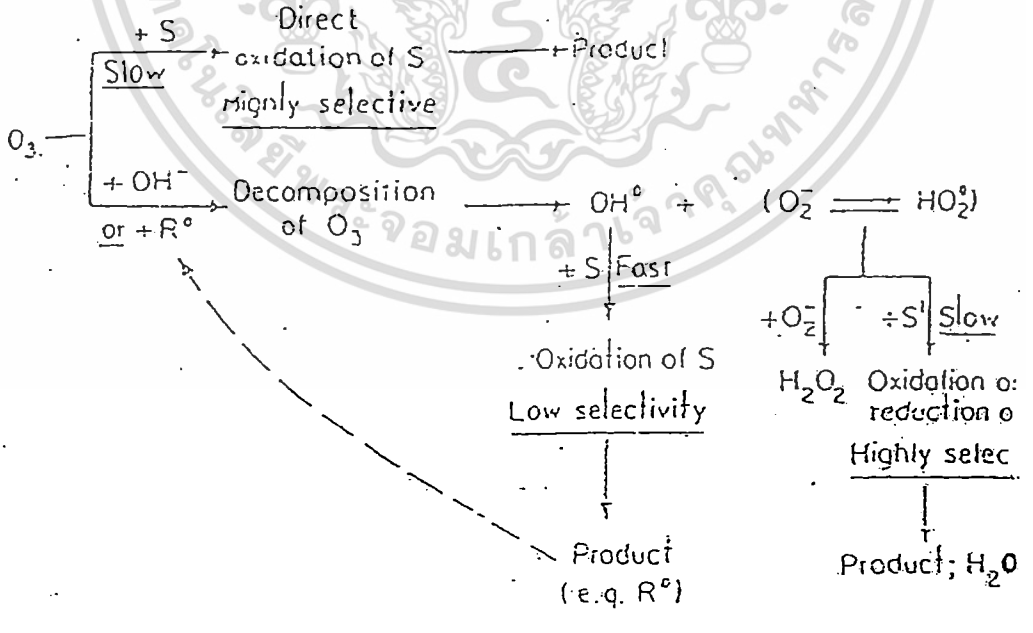
45288

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 แสดงกระบวนการย่อยสลายของโอโซน (Langlais et.al, 1991)

อนุมูลอิสระของ $HO_2^{\bullet}$และ $HO^{\bullet}$ มีความสามารถในการออกซิไดซ์ได้ดี และบางครั้งยังเป็นรูปแบบที่เกิดขึ้นในขบวนการฆ่าเชื้อโรค อนุมูลอิสระเหล่านี้จะเป็นตัวออกซิไดซ์ที่ทำปฏิกิริยากับสารปนเปื้อนต่างๆ ในน้ำได้ (Kornsitthikul, 1998)



รูปที่ 2.2 แสดงปฏิกิริยาของสารตั้งต้นกับโอโซนและปฏิกิริยาการย่อยสลายโอโซน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีฆ่าเชื้อโรค Shukairy และ Summers (1992) ได้ระบุว่า โอโซนที่ผลิตขึ้นจะไปมีผลต่อสารอินทรีย์จำพวกแฮไลด์ หลังจากการเติมโอโซนพบว่าปริมาณผลิตภัณฑ์ของสารประกอบฮาโลเจนจะฟอร์มตัวขึ้นเมื่อคลอรีนที่ใช้ในการฆ่าเชื้อโรคลดลง แต่จะไม่มีผลกระทบอย่างเด่นชัดต่อสารอินทรีย์จำพวกแฮไลด์เมื่อใช้คลอรามีน

โอโซนเป็นสารออกซิแดนซ์ สามารถทำปฏิกิริยากับสารอนินทรีย์ เช่น แมงกานีส เหล็ก และซัลไฟด์ ส่วนไบคาร์บอเนตและโบรไมด์เป็นสารอนินทรีย์ที่น่าสนใจในการทำโอโซเนชันในน้ำดื่ม โดยที่ไฮดรอกไซด์เรดิคอลจะถูกใช้โดยอนุมูลอิสระของคาร์บอเนตและไบคาร์บอเนต (Kornsitthikul,1998)

2.11.3 การประยุกต์ใช้โอโซน

ก.ใช้เป็นตัวช่วยในการรวมตัวของสาร

การใช้โอโซนเป็นตัวช่วยในการตกตะกอนของฮิวมิก ได้รับการยืนยันว่าลดการใช้สารส้มลงไปได้ถึง 13 – 30% ที่ pH 5.5 เมื่อมีความเข้มข้นของฮิวมิก 20 มก. / ลิตร ซึ่งโอโซนสามารถลดปริมาณของสารที่ใช้ในการรวมตัวลงได้และปริมาณที่เหมาะสมระหว่างโอโซนและสารที่ใช้ในการรวมตัวมีค่าดังนี้ คือ โอโซน 0.5 มก. / ลิตร จะใช้ PACI 20 มก. / ลิตร หรือใช้สารส้ม 80 มก. / ลิตร

ข.ใช้ในการกำจัดตะกอนที่มากเกินไป

วิธีการที่ใช้ในการกำจัดตะกอน ทำโดยการหมุนเวียนตะกอนผ่านโอโซน ในระบบตะกอนเร่ง (activated sludge ; AS) จากการทดลองพบว่าปริมาณสลัดจ์ลดลงจนไม่ต้องมีการกำจัด นอกจากนี้ยังพบว่า ไม่มีตะกอนของสารอนินทรีย์สะสมอยู่ในถังเติมอากาศซึ่งตะกอนอนินทรีย์ส่วนใหญ่จะถูกปล่อยออกมาอยู่ในเฟสที่สามารถละลายได้ และเมื่ออัตราการหมุนเวียนตะกอนเพิ่มขึ้นปริมาณ TOC จะเพิ่มขึ้น

ค.ใช้ควบคุมปริมาณตะกอน

Leeuwen สรุปว่าโอโซนสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตจุลินทรีย์จำพวกเส้นใยที่ทำให้การจับตัวของตะกอนไม่ดีในระบบ AS การให้โอโซนในปริมาณที่สูงจะมีผลต่อการจับตัวของตะกอนมากกว่าการให้โอโซนน้อย ๆ ในระยะยาว โอโซนในระบบ AS นี้ไม่สามารถยับยั้งปฏิกิริยาไน ตริฟิเคชั่น และกำจัดฟอสเฟต นอกจากนี้ยังสามารถปรับปรุงการกำจัดสารอินทรีย์ สีและสารที่แขวน ลอยอยู่ได้ ทำให้คุณภาพของน้ำทิ้งดีขึ้น ปริมาณของแข็งที่หายไปก็ลดลงจาก 437 เหลือ 194 มก. / ลิตร และการใช้โอโซนในถังเติมอากาศนั้นจะมีประสิทธิภาพดีกว่าการหมุนเวียนสลัดจ์ (Kornsitthikul, 1998)

2.11.4 การบำบัดด้วยโอโซน

ก. การบำบัดน้ำเสียจากโรงงานทำกระดาษด้วยโอโซน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบประสิทธิภาพของการใช้โอโซนและสารเคมีเป็นตัวช่วยในการรวมตัว ในการกำจัด สี และซีโอดีจากน้ำทิ้งของโรงงานทำกระดาษ โดยใช้น้ำทิ้ง 3 ชนิด คือ น้ำทิ้งครั้งสุดท้าย น้ำทิ้งจากขั้นตอนการ กรองคลอรีน และน้ำทิ้งจากขั้นตอนการกรองจากการสกัดอัลคาไลน์ พบว่าโอโซนนั้นมีประสิทธิภาพสูงในการกำจัดสีและซีโอดีในน้ำทิ้งครั้งสุดท้าย แต่ในขั้นตอนของการกรองคลอรีนและการสกัดอัลคาไลน์นั้นจะไม่ค่อยมีประสิทธิภาพในการลดสีและซีโอดี (Ramjee, 1997)

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

ในการทดลองบำบัดด้วยโอโซนนี้สามารถกำจัดสี และซีโอดีได้ ในน้ำทิ้งทั้ง 3ชนิดโดยค่า เฉลี่ยในการกำจัดมีดังนี้

ชนิดของน้ำทิ้ง	สีที่ถูกกำจัดได้	ซีโอดีที่ถูกกำจัดได้
น้ำทิ้งครั้งสุดท้าย	83.00%	68%
ขั้นตอนการกรองคลอรีน	48.00%	28%
ขั้นตอนการกรองเอ็ดท๊อกซิเลท	60.00%	30%

(Ramjee, 1997)

ข. การย่อยสลายสารประกอบอะโรมาติกในน้ำโดยเชื่อมกันระหว่างโซโนไลซิสและโอโซน

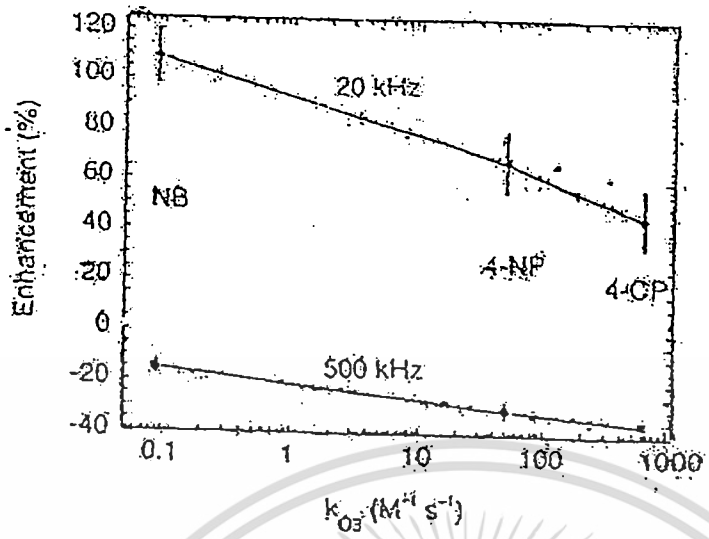
การเชื่อมกันระหว่างโอโซนและโซโนไลซิสเป็นขบวนการประยุกต์ปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยทั้ง 2 อย่างนี้จะใช้ในการย่อยสลาย ไนโตรเบนซิน 1-4 ไนโรฟีนอล และ 4 คลอโรฟีนอลในน้ำ ทั้งนี้การย่อยสลายขึ้นกับความถี่และจลศาสตร์ของโอโซน ออร์แกนิคคาร์บอนที่สูญหายไปมากจะเกิดที่ความถี่ 20 และ 500 กิโลเฮิร์ซ (KHz) ดังแสดงในรูปที่ 2.3 และส่วนโอโซนจะสลายในสถานะก๊าซดังสมการ

$$O_3 \longrightarrow O_2 + O \qquad (2.33)$$

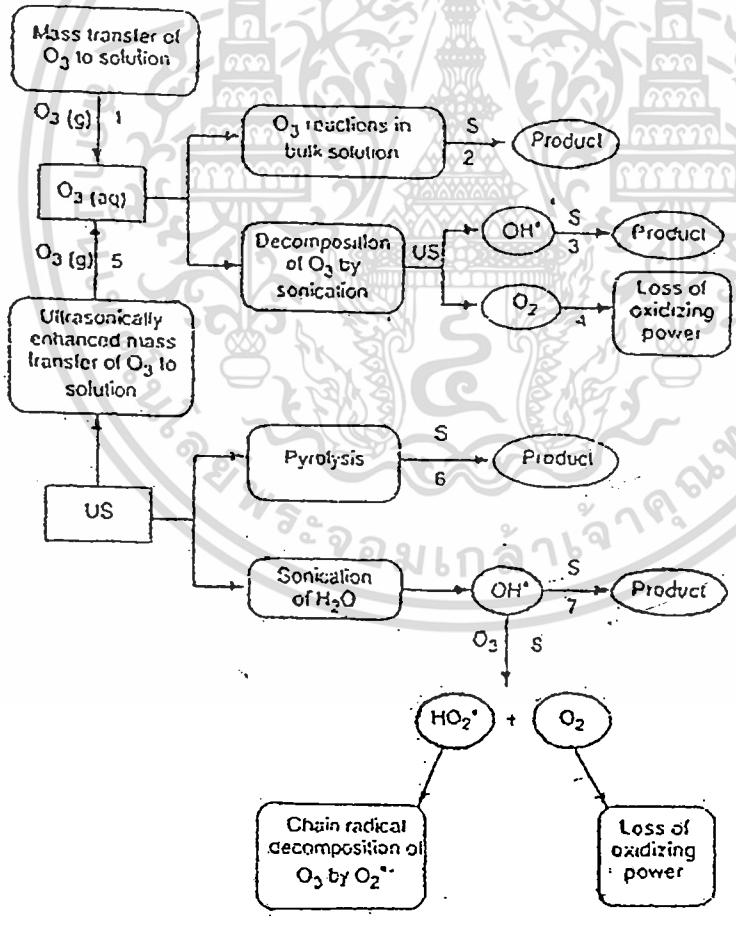
ปฏิกิริยาแรกของอะตอมออกซิเจนกับน้ำทำให้เกิดเป็นไฮดรอกไซด์อิสระ

$$O + H_2O \longrightarrow 2\,{}^{\bullet}OH \qquad (2.34)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 การเพิ่มขึ้นของการย่อยสลายเมื่อเชื่อมกันระหว่างโอโซนและโอโซโนไลซิสที่ความถี่ 20 และ 500 kHz

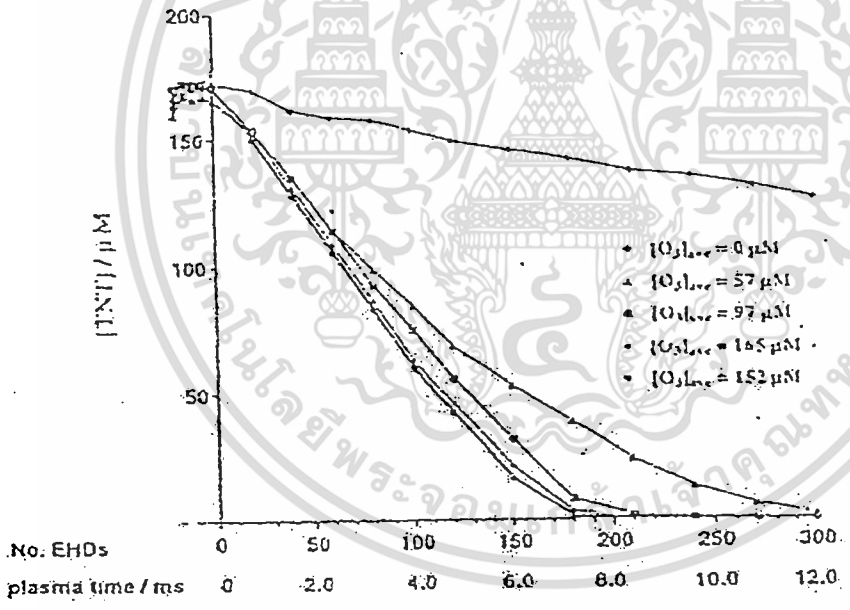


รูปที่ 2.4 แสดงการย่อยสลายของสารตั้งต้นและปฏิกิริยาร่วมกันระหว่างโอโซนและโซโนไลซิส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค. การย่อยสลาย 2,4,6 ไตรไนโตรโทลูอีนด้วยโอโซนใน Electrohydraulic Discharge Reactor

กระบวนการ electrohydraulic discharge ที่ใช้โอโซนทำเพื่อประมาณอัตราเร็วในการย่อยสลายไตรไนโตรโทลูอีน (TNT) เมื่อได้รับพลังงานจากกระแสไฟฟ้าโดยตรงระหว่างขั้วทั้งสอง อัต ราการย่อย สลาย TNT เพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่ม pH จาก 3 จนถึง 7.9 และเพิ่มพลังงานจาก 5.5 ถึง 9 กิโลจูลและจะลดลงเมื่อช่องว่างระหว่างอิเล็กโทรดกว้างประมาณ 6 - 10 mm อัตราการสลายแร่ธาตุจะเกิดอย่างรวดเร็วเนื่องจากแสงในถังปฏิกิริยาที่มีโ อโซนที่ผลิตไฮดรอกไซด์ในปริมาณสูง ดังแสดงในรูปที่ 2. 5



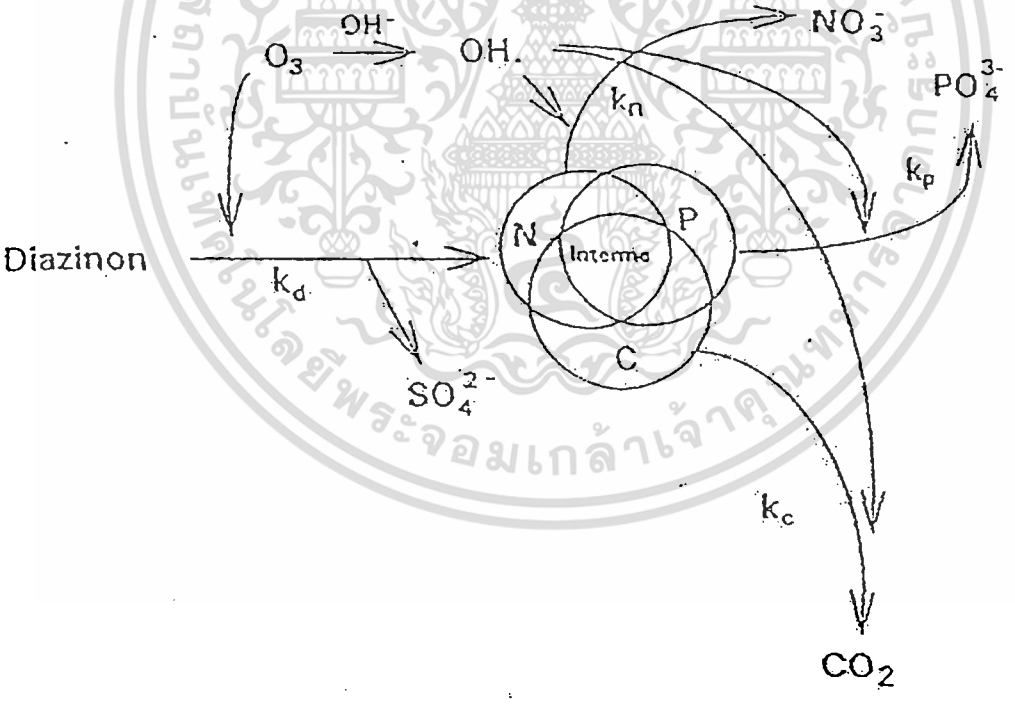
รูปที่ 2.5 กราฟแสดงการย่อยสลาย TNT ปริมาตร 3.5 L 170 ไมโครโมล ที่ pH 4.7 ด้วยพลังงาน 3007 กิโลจูล (Lang et.al , 1998)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง. การย่อยสลายไดอะซินอนด้วยโอโซน

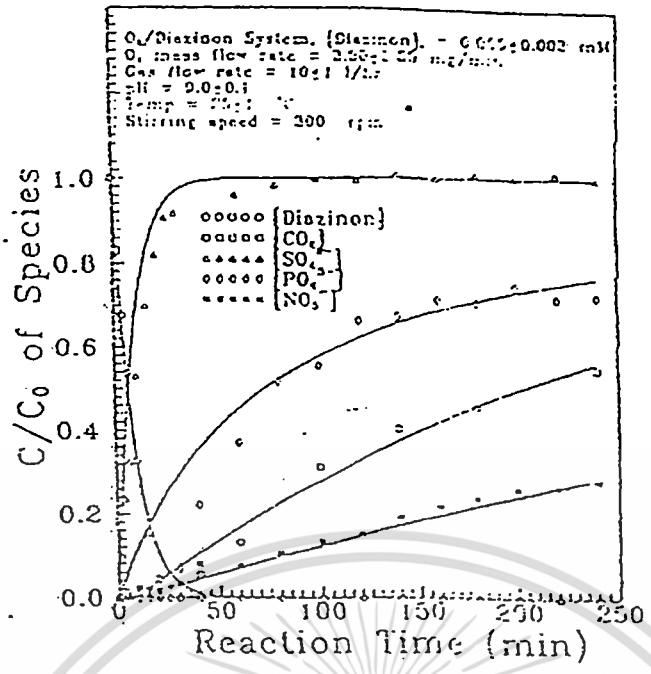
Young Ku , Jay – Lin Chang , Yung - Shuen Shen และ Shi - Yow Lin นักศึกษาวิศวกรรมเคมีที่สถาบันเทคโนโลยีแห่งหนึ่งในประเทศไต้หวัน ได้ทำการศึกษาการย่อยสลายของไดอะซินอนในสารละลายด้วยโอโซนโดยทำการทดลองภายใต้สภาวะต่าง ๆ เช่น pH ปริมาณโอโซนที่ใช้ ความดัน ปริมาณอัลคาไลนิตี้ และอุณหภูมิ และพบว่าการย่อยสลายที่สมบูรณ์ของไดอะซินอนจะเกิดขึ้นใน 1 ชั่วโมง ส่วนแรงตึงผิวของสารละลายนั้นพบว่าเป็นผลมาจากไดอะซินอนที่ละลายอยู่และอิทธิพลของปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของไดอะซินอนกับโอโซนในสารละลาย และจากการทดลองพบว่าอัตราการย่อยสลายของไดอะซินอนนั้นไม่ได้ขึ้นอยู่กบpH อั ล คาไลนิตี้ และอุณหภูมิ แต่อัตราการย่อยสลายที่เพิ่มขึ้นนี้จะขึ้นอยู่กับปริมาณโอโซนที่เพิ่มขึ้น

ผลจากการย่อยสลายพบว่า ซัลเฟอร์จากโมเลกุลของไดอะซินอนจะปลดปล่อยออกมาก่อนระหว่างการย่อยสลายที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่นโดยตรงของโอโซน และตามด้วยฟอสเฟต คาร์บอเนตและไนเตรตไอออน จากปฏิกิริยาออกซิเดชั่นทางอ้อม ด้วยอนุมูลอิสระไฮดรอกซิลดังแสดงในรูปที่ 2.6 รูปที่ 2.7 และ รูปที่ 2. 8

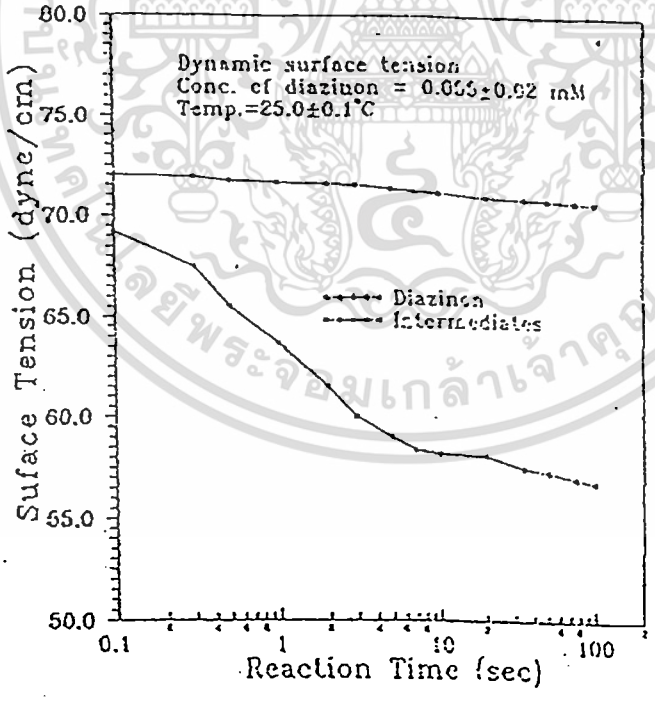


รูปที่ 2.6 แสดงรูปแบบการย่อยสลายไดอะซินอนด้วยโอโซน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 แสดงการกระจายของอนุพันธ์ต่าง ๆ ในการย่อยสลายไดอะซีนอน

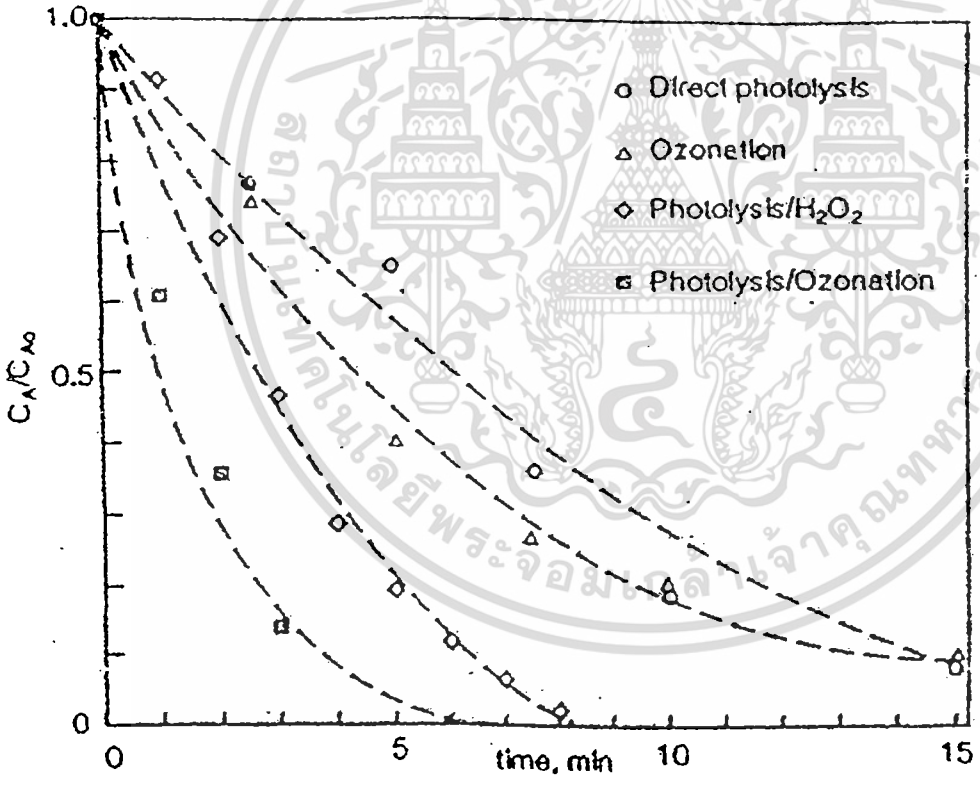


รูปที่ 2.8 แสดงแรงตึงผิวของสารละลายเมื่อเติมไดอะซินอน และสารอินทรีย์ที่เกิดจากการย่อยสลายของไดอะซินอนด้วยโอโซน (Young Ku et.al., 1998)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จ. การลดปริมาณการตกค้างของอะทราซีนในน้ำโดยวิธีการออกซิเดชั่นด้วย โอโซน รังสียูวี รังสียูวีร่วมกับ H_2O_2 และรังสียูวีร่วมกับโอโซน

จากงานวิจัยที่มีผู้ทำการศึกษาการลดปริมาณการตกค้างของอะทราซีนในน้ำโดยวิธีการออกซิเดชั่นด้วย โอโซน รังสียูวี รังสียูวีร่วมกับ H_2O_2 และรังสียูวีร่วมกับโอโซน (Beltran and Ovejero, 1993) พบว่าวิธีการออกซิเดชั่นด้วยรังสียูวีร่วมกับโอโซน จะให้ประสิทธิภาพในการลดปริมาณการตกค้างของอะทราซีนในน้ำได้ดีที่สุด ดังรูปที่ 2.9 ทั้งนี้เนื่องจากปฏิกิริยาการสังเคราะห์แสงของโอโซนจะ ให้ผลิตภัณฑ์หลักเป็น Hydroxyl radical ($^{\bullet}OH$) ซึ่งเป็นตัวออกซิไดซ์ที่แรง และจะเข้าทำปฏิกิริยาย่อยสลายสารเมทธาไมโดฟอส ได้ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีอื่น



รูปที่ 2.9 กราฟแสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดปริมาณอะทราซีนในน้ำด้วยโอโซนเพียงอย่างเดียว รังสียูวีเพียงอย่างเดียว รังสียูวีร่วมกับ H_2O_2 และ รังสียูวีร่วมกับโอโซน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.12 รังสีอัลตราไวโอเลตหรือรังสียูวี (Ultraviolet Radiation)

รังสียูวีถูกค้นพบในปี ค.ศ.1801 โดยนักวิทยาศาสตร์ชาวอเมริกาชื่อ โจฮันน์ ริตเตอร์ จากการศึกษาปรากฏการณ์ของรังสีกับเงินคลอไรด์ โดยการสังเกตการเปลี่ยนแปลงของเงินคลอไรด์ เป็นสีดำ ทำให้เขาเชื่อว่ารังสียูวีนั้นมีพลังงานแฝงอยู่ รังสียูวีอยู่ในกลุ่มรังสีแม่เหล็กไฟฟ้า มีความยาวคลื่นตั้งแต่ 1.0×10^{-7} ถึง 3.8×10^{-7} เมตร หรือมีความยาวคลื่นตั้งแต่ 100 นาโนเมตร ถึง 380 นาโนเมตร คลื่นนี้เกิดจากการที่กระแสไฟฟ้าเดินทางผ่านตัวนำไฟฟ้า ส่วนใหญ่แสงนี้จะออกมาพร้อมกับแสงอื่นที่เรามองเห็น โดยเฉพาะแสงที่มีสีม่วง เราจึงมักพบว่าแสงต่างๆที่มีรังสียูวีออกมานั้นมักมีสีออกไปทางสีม่วง

2.12.1 ประเภทของ รังสีอัลตราไวโอเลต

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

ส่วนรังสียูวีที่มีความยาวคลื่นต่ำกว่า 2000 อังสตรอมหรือ 200 นาโนเมตร เรียกว่าช่วงยูวีสุญญากาศ

2.12.2 แหล่งกำเนิดรังสีอัลตราไวโอเลต แหล่งกำเนิดรังสียูวีแบ่งได้ 2 กลุ่มดังนี้

2.12.2.1 แหล่งกำเนิดจากธรรมชาติ

แหล่งกำเนิดจากธรรมชาติที่มีอิทธิพลสูงที่สุดในโลกคือดวงอาทิตย์ เมื่อรังสียูวีจากดวงอาทิตย์มากระทบกับอะตอมของชั้นบรรยากาศ จะเกิดการแตกตัวเป็นไอออนจำนวนมากและเป็นแหล่งกำเนิดคลื่นแม่เหล็ก ไฟฟ้าทั้งหมด ยกเว้นรังสีแกมมา ซึ่งได้จากการสลายตัวของสารกัมมันตรังสีและปฏิกิริยานิวเคลียร์ในดวงอาทิตย์ แม้จะมีปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์ให้รังสีแกมมาแต่จะกลายเป็นรังสีอื่นก่อนมาสู่ โลก

2.12.2.2 แหล่งกำเนิดที่ผลิตแสงขึ้นมาเองโดยมนุษย์เป็นผู้ผลิตขึ้น

แหล่งกำเนิดแสงที่ผลิตแสงขึ้นมาเอง เช่นหลอดเรืองแสงและหลอดรังสียูวี (Black Light

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Lamp) ซึ่งเกิดจากอิเล็กตรอนที่หลุดออกจากขั้วอิเล็กโทรดของหลอด วิ่งไปชนอะตอมของก๊าซที่บรรจุอยู่ภายในหลอด เช่น ไอปรอท แล้วเกิดรังสียูวีกระจาย สามารถทำได้ 3 วิธีดังนี้

- โดยวิธีการอาร์คของคาร์บอนและทังสเตน
- โดยให้ไส้ทังสเตนทำงานที่อุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิหลอดปกติ
- โดยการออกแบบมาเป็นพิเศษของหลอดก๊าซ - ดิสชาร์จ

โดยในแต่ละแหล่งกำเนิดรังสียูวี จะมียูวีอยู่ในปริมาณต่างๆกันดังนี้

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

2.12.3 คุณสมบัติของรังสีอัลตราไวโอเลต

1. ทำให้สารเรืองแสงเกิดการเรืองแสงขึ้น
2. ทำให้ส ารเคมีบางชนิดเกิดการเปลี่ยนแปลง เช่น สารละลายซิลเวอร์คลอไรด์ เมื่อถูกรังสียูวีจะดำ
3. สามารถทะลุผ่านสิ่งกีดขวางได้ เช่น เสื้อผ้าบางๆ แผ่นพลาสติกบางๆ

2.12.4 ประโยชน์ของ รังสีอัลตราไวโอเลต

2.12.4.1การสร้างวิตามินดี

การเกิดวิตามินดีเป็นปฏิกิริยาระหว่างรังสียูวีกับสารกำเนิดวิตามินดีที่อยู่ใต้ผิวหนังที่เรียกว่า 7 – ดีไฮ โดรคลอเรสเตอรอล ให้เปลี่ยนเป็นวิตามินดี 3 ซึ่งจะช่วยได้อย่างดีในกรณีที่เด็กได้รับวิตามินจากอาหารที่กินเข้าไปไม่เพียงพอ สำหรับคนในแถบศูนย์สูตรไม่ค่อยมีปัญหา แต่สำหรับคนในแถบหนาวต้องขวนขวายหารังสียูวีจากหลอดประดิษฐ์ทดแทนการได้รับจากแสงอาทิตย์ สำหรับ 7 – ดีไฮโดรคลอเรสเตอรอลนั้น ถ้าปราศจารังสียูวี จะเปลี่ยนเป็นคลอเรสเตอรอลสะสมไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.12.4.2.การเกิดรงควัตถุที่ผิวหนัง

ผิวหนังชั้นบนสุดของเราคือชั้นเอพิเดอร์มิส จะมีเซลล์ที่เรียกว่า เมลาโนไซด์ บางส่วนใช้ทำหน้าที่สร้างเม็ดสีที่เรียกว่า เมลานินซึ่งทำให้เรามีผิวเป็นสีน้ำตาล ทุกคนจะมีเซลล์เมลาโนไซด์นี้ ยกเว้นคนที่มีผิวสีผิดปกติ คนที่มีผิวสีดำจะมีเมลานินมากกว่าคนผิวขาว การสร้างเม็ดสีเมลานินจะเกิดขึ้น

เมื่อรังสียูวีผ่านผิวหนังทำให้เซลล์เมลาโนไซด์สร้างเมลานินเพิ่มขึ้น ขบวนการดังกล่าวเรียกว่า การสร้างเมลานิน เมลานินที่ถูกสร้างขึ้นมานี้ทำให้ผิวเป็นสีน้ำตาลและเมลานินยังมีประโยชน์ในการดูดกลืนรังสียูวีไว้

2.12.4.3. การฆ่าเชื้อโรค

ก.การฆ่าเชื้อบนพื้นผิว

การฆ่าเชื้อโรคบนพื้นผิวรวมถึงการป้องกันด้านอาหารและผลิตภัณฑ์ยาในระหว่างที่ผ่านขบวนการผลิตและบรรจุหีบห่อ นอกจากนี้ยังใช้รังสียูวีในการห่าเชื้อโรคสำหรับผลิตภัณฑ์แก้วน้ำดื่ม จาน และชาม เป็นต้น และถ้าจะให้ผลดี จะต้องมีการทำความสะอาดผิวในขั้นแรกเสียก่อน เพื่อให้ปราศจากฟิล์มและสิ่งสกปรก ซึ่งจะเป็นตัวดูดกลืนรังสี และสามารถป้องกันแบคทีเรียได้ ตามโรงพยาบาล ห้องผ่าตัด ห้องสำหรับเด็กแรกเกิด ก็จะมีการติดตั้งหลอดยูวีไว้ด้วย

ข.การฆ่าเชื้อโรคที่แขวนลอยอยู่ในอากาศหรือในของเหลว การฆ่าเชื้อโรคในน้ำ ทำโดยผ่านรังสียูวีคลื่นสั้นไปในน้ำ ข้อดีคือไม่ทำให้รสชาติของน้ำเปลี่ยนแปลงไปเหมือนกับการใช้สารเคมี การฆ่าเชื้อโรคในน้ำเป็นขบวนการทางชีววิทยาเช่นกัน โดยรังสียูวีจะทำให้แบคทีเรียตาย

มหาวิทยาลัยแห่งกรุงเบรุตได้ประสบผลสำเร็จในการวิจัยใช้แสงอาทิตย์ฆ่าเชื้อแบคทีเรียในน้ำ เพื่อใช้บริโภค โดยคณะผู้ วิจัยได้นำน้ำสกปรกมาบรรจุใส่ถุงใสแล้วนำไปวางในที่ที่มีแสงแดดส่องตรงมายังน้ำ พบว่าแบคทีเรียจำนวน 99.9% ถูกทำลายในเวลาเพียง 95 นาที แต่ถ้าตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องต้องใช้เวลาถึง 630 นาที ทำให้สามารถสรุปได้ว่า เราสามารถใช้แสงอาทิตย์ฆ่าเชื้อโรคได้ แ ละต้องมีความยาวคลื่นระหว่าง 3150 – 40000 อังสตรอม ซึ่งก็ตรงกับพลังงานของรังสียูวีนั่นเอง

2.13 ผักคะน้า (Chinese kale)

ใบเขียวของคะน้าเป็นแหล่งรวมแร่ธาตุ วิตามินไว้อย่างคับคั่งและเข้มข้นที่พบมากคือ เบต้า-แคโรทีน ที่นำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหารเสริมสุขภาพ เบต้า-แคโรทีนคือหนึ่งในสารประมาณ 500 ชนิด ที่ร่วมอยู่ในกลุ่ม "แคโรทีนอย" ซึ่งเมื่อถ่ายโอนจากผักสู่ร่างกายมนุษย์จะกลายเป็นฐานในการแปรรูปสู่วิตามินเอ ซึ่งมีการค้นพบมานานแล้วว่า เป็นวิตามินที่สัมพันธ์กับการเกิดโรคมะเร็ง โดยในเลือดของผู้ป่วยนี้ได้รับการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิเคราะห์พบว่ามีวิตามินอยู่ในปริมาณต่ำ ขณะเดียวกันการกินวิตามินเอให้เพียงพอยังช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็งที่กระเพาะอาหาร ลำไส้ ลำคอ ปอด และกระเพาะปัสสาวะได้ จนกระทั่งในปี 2524 ได้มีการค้นพบข้อเท็จจริงชัดเจนขึ้นอีกว่า สารที่ไปยับยั้งมะเร็งนั้นไม่ใช่ตัววิตามินเอโดยตรง แต่ได้แก่สารเบต้า-แคโรทีนต่างหาก ในแต่ละวัน มนุษย์เราได้รับวิตามินเอทั้งจากอาหารประเภทเนื้อสัตว์และพืชผักผลไม้ โดยวิตามินเอจากสัตว์นั้นมนุษย์รับมาใช้ประโยชน์ได้เลยตรงๆ เมื่อกินร่วมกับไขมัน แต่สำหรับพืชซึ่งมีโครงสร้างต่างไปจากสัตว์และมนุษย์ วิตามินเอจะอยู่ในรูปของแคโรทีนอยซึ่งร่างกายมนุษย์ต้องนำมาแปรรูปให้เป็นวิตามินเอต่อไปด้วยกระบวนการทำงานประสานกันของระบบอวัยวะและแร่ธาตุสารอาหารต่างๆคะน้าและพืชร่วมสกุลกะหล่ำ เป็นแหล่งแคโรทีนอันเยี่ยมยอด จะเอาไปล้างหรือปรุงด้วยความร้อนในรูปใดก็ยังคงคุณค่ามหาศาลนี้เอาไว้ได้ แต่หากกินสดๆ จะดีกว่า เพราะในคะน้ายังมีวิตามินอีกหลายชนิด เช่น วิตามินซี ยอดคะน้าสดฉ่ำไปด้วยวิตามินซีและเกลือแร่จำนวนมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งวิตามินซี ซึ่งช่วยเสริมสร้างเนื้อเยื่อให้ชุ่มชื้น และทำให้ระบบภูมิคุ้มกันโรคให้แข็งแรงสมบูรณ์ แต่วิตามินซีสลายตัวได้ง่ายด้วยน้ำและอากาศ ฉะนั้นจึงต้องชะลอการหั่นไว้เป็นขั้นตอนสุดท้าย คะน้าเป็นพืชเศรษฐกิจ การปลูกคะน้าอย่างเดียวแมลงจะเข้าโจมตีคะน้าได้ง่าย เพื่อเป็นการป้องกันการเข้าโจมตีของแมลงเกษตรกรจึงต้องใช้ยาฆ่าแมลงจึงทำให้มียาฆ่าแมลงตกค้างอยู่ ทางออกในการแก้ปัญหาเฉพาะหน้าคือ การล้างผักให้สะอาด ทางออกระยะยาวคือ เลือกซื้อผักปลอดสารพิษ สำหรับการล้างผักที่ใบคะน้ามีไขสีเทาเคลือบเอาไว้ ไขขาวๆ นี้ไม่ใช่ยาฆ่าแมลงแต่เป็นสารธรรมชาติไม่มีพิษแต่จะซึมซับเอาละอองยาฆ่าแมลงได้ดี ฉะนั้นเวลาล้างใบคะน้าจึงควรลูบไขขาวๆ นี้ออกหรือหากใส่เกลือ ผงฟู น้ำส้มสายชูจะช่วยกำจัดยาฆ่าแมลงออกได้ดี วิธีการที่ดีกว่าคือ การเลือกซื้อผักคะน้าที่มีรอยแมลงกัดกิน ซึ่งแสดงว่าปลอดสารพิษ(มูลนิธิโตโยต้าและสถาบันวิจัยโภชนาการ มหาลัยมหิดล,2542)

ชื่อผัก : คะน้า
ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Brassica oleracea cv.group Chinease Kale*
วงศ์ : *Brassiaceae*

รายการแสดงคุณค่าทางอาหารส่วนที่กินได้ 100 กรัม

สารอาหาร	ปริมาณ
พลังงาน24	กิโลแคลอรี
โปรตีน 2.7	กรัม
ไขมัน 0.5	”
คาร์โบไฮเดรต 2.2	”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แคลเซียม	245	มิลลิกรัม
ฟอสฟอรัส	80	"
เหล็ก	1.2	"
วิตามินบี1	0.05	"
วิตามินบี2	0.08	"
ไนอาซิน	1	"
วิตามินซี	141.0*	"
เบต้า-แคโรทีน	186.92*	*RE*
ใยอาหาร	3.2*	กรัม

หมายเหตุ * วิเคราะห์โดยสถาบันวิจัยโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล

RE ไมโครกรัมเทียบกับหน่วยเรตินอล

(ที่มา : กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข . ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย, 2535)

2.14 วิตามิน C (Vitamin C)

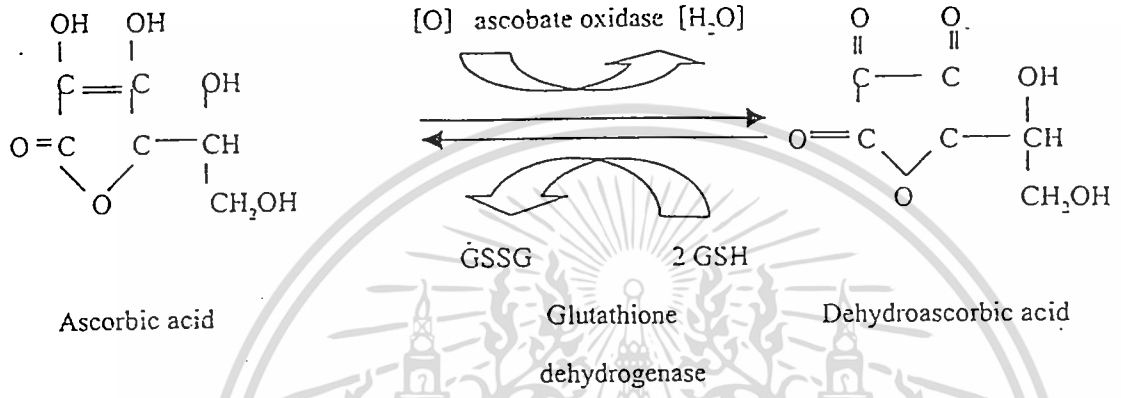
เป็นวิตามินที่มีความจำเป็นต่อร่างกายเป็นอย่างมาก เนื่องจากวิตามินซีทำหน้าที่ในการสร้างสารที่สร้างความแข็งแรงให้กับเนื้อเยื่อในร่างกาย เช่น หลอดเลือด กระดูกและฟัน ป้องกันการเปราะของเส้นเลือดฝอย ทำให้แผลหายเร็วขึ้น โดยเราสามารถพบวิตามินซีได้จากผลไม้ต่างๆ ทั้งที่มีรสเปรี้ยวและไม่มีรสเปรี้ยว เช่น ฝรั่ง ขนุน มะละกอ มะขาม ส้มเกลี้ยง เป็นต้น ส่วนผักที่ให้วิตามินซีสูงได้แก่ คะน้า พริกชี้ฟ้า ถั่วลันเตา ผักกาดเขียว เป็นต้น นอกจากนี้วิตามินซียังช่วยในการดูดซึมธาตุเหล็กจากอาหาร และยังช่วยยับยั้งการก่อมะเร็งอีกด้วย หากเราได้รับวิตามินซีน้อยเกินไป ก็จะส่งผลให้ร่างกายอ่อนเพลีย น้ำหนักลด เจ็บตามแขนขา มีอาการเหงือกบวม หรือเลือดออกตามไรฟัน หรือที่เรียกกันว่า "โรคลักปิดลักเปิด" ในปัจจุบันวิตามินซีถูกนำมาประกอบใช้ในเครื่องสำอางบำรุงผิว ช่วยให้ผิวชุ่มชื้น ช่วยลดอาการอักเสบ และยังช่วยให้ผิวขาวนวล สดใส เต่งตึง และลบรอยย่น (*WWW. http://www.zwizz.com/Life_style/Detail/t_h_c.php*3)

2.14.1 สูตรเคมีและคุณสมบัติ

วิตามินซี หรือ กรดแอสคอร์บิค (*ascorbic acid*) มีลักษณะโมเลกุลคล้ายน้ำตาลกลูโคสเป็นผลึกสีขาว มีรสเปรี้ยว ละลายน้ำมีฤทธิ์เป็นกรด ถูกออกซิไดส์ได้ง่ายโดยออกซิเจนในอากาศ แสงสว่าง ด่าง ความร้อน โดยธรรมชาติของวิตามินซีจะอยู่ในรูปของ *L- ascorbic acid* (มีน้ำหนักโมเลกุล 176) เมื่อถูกออกซิไดส์แล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเปลี่ยนไปเป็น *L-dehydroascorbic acid* วิตามินซีในร่างกายจะอยู่ในสภาพรีดิวส์ทั้ง *ascorbic acid* และ *dehydroascorbic acid* ซึ่งสามารถเปลี่ยนกลับไปกลับมาระหว่างสารประกอบทั้งสองได้ โดยอาศัยปฏิกิริยา *oxidation-reduction* (รูปที่ 2.16)ที่ใช้เอนไซม์แอสคอร์บิคออกซิเดสและกลูไธโอนดีฮัยโดรจีเนส (สมทรง ,2543)



2.14.2 แหล่งที่ของวิตามินซี

วิตามินซี มีมากในผักและผลไม้สด เช่น ส้มเขียวหวาน มะนาว มะขามป้อม ลำไย มะเขือเทศ พริกหยวกและผักใบสีเขียว ผลไม้ที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลานาน 2 อาทิตย์ มีวิตามินลดลงร้อยละ 3-14 การเขย่าขวดหรือกระป๋องบรรจุน้ำผลไม้ระหว่างการเก็บจะเพิ่มอัตราการสลายตัวของวิตามินเนื่องจากวิตามินชนิดนี้สลายตัวได้ง่าย นอกจากนี้ยังถูกออกซิไดซ์โดย *ascorbic acid oxidase* ที่มีอยู่ในพืช ดังนั้นในการวิเคราะห์หาปริมาณของวิตามินซีในผักและผลไม้จึงต้องใส่กรดเมตาฟอสฟอริคลงไปก่อนที่จะทำเซลล์แตกเพื่อทำลายเอมไซม์ที่จะมาออกซิไดซ์กรดแอสคอร์บิคให้เสียไปก่อน

2.14.3 หน้าที่ของวิตามินซี

สังเคราะห์คอลลาเจน (*Collagen*) ซึ่งเป็นโปรตีนที่จำเป็นสำหรับการสร้างเนื้อเยื่อเกี่ยวพันในผิวหนัง กระดูก เอ็นที่กระจายอยู่ทั่วไปในโครงสร้าง คอลลาเจนประกอบไปด้วยไฮดรอกซีโพรลีนซึ่งได้จากการเปลี่ยนโพรลีน การขาดวิตามินซีจะทำให้ไม่มีการเปลี่ยนโพรลีนเป็นไฮดรอกซีโพรลีนทำให้มีอาการของโรคลักปิดลักเปิด เกิดความผิดปกติของกระดูกและฟัน ถ้ามีบาดแผลจะทำให้บาดแผลหายช้า เพราะการสร้างเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่แผลไม่ปกติ ทำให้ผนังเส้นเลือดแข็งแรง การขาดวิตามินซีเป็นเหตุให้มีการเปราะแตกง่ายของผนังเส้นเลือด ทำให้เลือดออกง่าย ช่วยต้านการติดเชื้อแบคทีเรียและลดการแพ้สารต่างๆของร่างกาย วิตามินซีช่วยรักษาผิวของเม็ดเลือดขาวไม่ให้ถูกทำลาย จึงทำให้มีการเคลื่อนย้ายตัวของเม็ดเลือดขาวไปยังเชื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โรคต่างๆได้รวดเร็ว นอกจากนี้วิตามินซียังช่วยเหลือการทำงานของน้ำย่อยขณะทำลายเชื้อโรคเหล่านั้นด้วย วิตามินซีช่วยลดการแพ้ต่างๆรวมทั้งโรคภูมิแพ้ โดยยับยั้งสารที่เรียกว่าฮีสตามิน เป็นสารที่ร่างกายสร้างขึ้นถ้าถูกสร้างมากเกินไปจะทำให้เลือดซึมผ่านผนังเส้นเลือดฝอยออกมามาก ทำให้ผิวหนังบวมแดงมีอาการระคายเคืองตามระบบหายใจทำให้จามมีน้ำมูก ช่วยในการเมแทบอลิซึม ของกรดอะมิโนบางตัว คือ เฟนิลอะลานีน ทริปโทแฟนและไทโรซีน ช่วยเปลี่ยนกรดโฟลิค ให้เป็นกรดโฟลินิค ซึ่งช่วยป้องกันโรคโลหิตจางชนิดเม็ดเลือดแดงมีขนาดใหญ่ (*megaloblastic anemia*) และมีบทบาทในแคลเซียมเมแทบอลึซึม ช่วยในการเปลี่ยนทริปโทแฟน ไปเป็น เซโรโทนิน (*serotonin*) ซึ่งเป็นสารประกอบที่มีหน้าที่ทำให้เกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อเรียบ เพิ่มความดันโลหิต ช่วยในการเปลี่ยนคอเลสเทอรอลไปเป็นกรดน้ำดี โดยทำหน้าเป็นสารเร่งปฏิกิริยาของน้ำย่อย คอเลสเทอรอล 7 โมโนออกซีจีเนส ซึ่งเป็นน้ำย่อยที่ใช้เปลี่ยนคอเลสเทอรอลเป็นน้ำดี ทำให้ปริมาณคอเลสเทอรอลในเลือดลดลง จึงเท่ากับว่าเป็นการลดการเสี่ยงต่อการเป็นโรคไขมันในเส้นเลือดอุดตันได้ เป็นสารต้านการออกซิไดซ์ (*antioxidant*) ช่วยป้องกันสารอื่นไม่ให้ถูกออกซิไดซ์ เช่น วิตามินบีหนึ่ง วิตามินบีสอง กรดโฟลิค ช่วยเพิ่มการดูดซึมของเหล็ก โดยจะเปลี่ยนเหล็กในอาหารซึ่งอยู่ในสภาพเฟอร์ริกไอออนให้เป็นเฟอร์รัสไอออน และยังรวมกับเหล็กเป็นสารอณูเล็กทำให้ดูดซึมได้ดีขึ้น และช่วยทำให้สารทรานเฟอร์ริน (*tranferrin*) ปลดปล่อยเหล็กออกมาสู่กระแสโลหิตเพื่อนำไปใช้สร้าง เฟอร์ริทิน (*ferritin*) ช่วยในการสังเคราะห์คาร์นิทีน (*carnitin*) จากไลซีนและเมทไธโอนีนซึ่งคาร์นิทีนนี้มีประโยชน์ในการเผาผลาญกรดไขมันเพื่อเกิดพลังงานแก่ร่างกายแบบ *active transport*

2.14.4 ผลของการหุงต้ม

เนื่องจากวิตามินซีละลายน้ำได้ง่าย และสลายตัวได้ง่ายที่สุดเมื่อตั้งทิ้งไว้ในอากาศ ถูกแสงสว่างหรือความร้อน ดังนั้นเพื่อสงวนวิตามินไว้ให้มากที่สุดควรเก็บผักสด หรือผลไม้สดไว้ในที่เย็นหรือตู้เย็นถ้ายังไม่รับประทานทันที ควรกินผลไม้สดเพราะว่ามีวิตามินซีมากกว่าผลไม้เชื่อม กวน ตามแห้ง หรือการหุงต้มด้วยวิธีอื่น ในการหุงต้มผักไม่ควรที่จะหั่นผักเป็นชิ้นเล็กชิ้นน้อยหรือแช่น้ำทิ้งไว้เพราะจะทำมห้เสียวิตามินได้มาก ควรใส่น้ำหุงต้มแต่น้อย ใช้ไฟแรง เวลาสั้นและไม่ควรเทน้ำที่ใช้หุงต้มทิ้ง (เสาวนีย์,2529)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 สารเคมีและเครื่องมือ

สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

1. สารมาตรฐานคาร์โบฟูราน ยี่ห้อ Chem Service
2. สารมาตรฐานเมทธามิโดฟอส ยี่ห้อ Chem Service
3. เอ็ททิลอะซิเตต เกรดวิเคราะห์ ยี่ห้อ J.T.Baker
4. โซเดียมคลอไรด์ เกรดวิเคราะห์ ยี่ห้อ J.T.Baker
5. เฮกเซน เกรดวิเคราะห์ ยี่ห้อ Sollcheme
6. เมทานอล เกรดHPLC ยี่ห้อ Labscan
7. อะซิโตน เกรดวิเคราะห์ ยี่ห้อ Sollcheme
8. โพแทสเซียมไอโอไดด์ เกรดวิเคราะห์ ยี่ห้อ J.T.Baker
9. โพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต เกรดวิเคราะห์ ยี่ห้อ BDH Laboratory
10. โซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต เกรดวิเคราะห์ ยี่ห้อ BDH Laboratory
11. เกล็ดไอโอดีน เกรดวิเคราะห์ ยี่ห้อ BDH Laboratory
12. โซเดียมซัลเฟตแอนไฮไดด์ เกรดวิเคราะห์ ยี่ห้อ J.T.Baker
13. โซเดียมไทโอซัลเฟต เกรดวิเคราะห์ ยี่ห้อ Merck
14. น้ำแป้ง
15. น้ำที่ผ่านการกลั่นสองครั้ง
16. กรดเมตาฟอสฟอริก เกรดวิเคราะห์ ยี่ห้อ Carlo Erba
17. กรดอะซิติก เกรดวิเคราะห์ ยี่ห้อ Carlo Erba
18. กรดซัลฟูริก เกรดวิเคราะห์ ยี่ห้อ Carlo Erba
19. กรดแอสคอร์บิกมาตรฐาน เกรดวิเคราะห์ บริษัท Asia Pacific Specialty Chemical Limited
20. โอฟีนิลลีน ไดเอมีน เกรดวิเคราะห์ ยี่ห้อ Fluka
21. โซเดียมอะซิเตต เกรดวิเคราะห์ ยี่ห้อ Riedel-dehaën
22. กรดบอร์ริก เกรดวิเคราะห์ ยี่ห้อ Fisher Chemical
23. แอคติเวเตต ชาร์โคล เกรดวิเคราะห์ ยี่ห้อ Merck

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

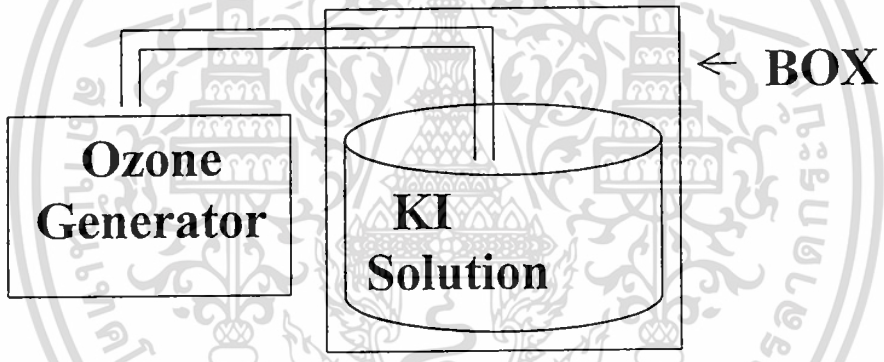
1. เครื่องผลิตโอโซน ยี่ห้อOZZONรุ่น OZ-735
2. เครื่องระเหย Rotary evaporater ยี่ห้อ Buchi
3. สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ยี่ห้อ JENWAY MODEL 6405
4. เครื่อง HPLC ยี่ห้อ Millipore Water 486 Tunable Absorbance Detector
5. ถังปฏิกรณ์
6. พีเอชมิเตอร์
7. Sonicator bath
8. ฮีทเตอร์/สเตอเรอร์
9. เครื่องบดยี่ห้อImarflex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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องผลิตโอโซน

ทำการติดตั้งอุปกรณ์การผลิตโอโซน ประกอบด้วยเครื่องผลิตโอโซนจากก๊าซออกซิเจน 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 นาทีตามลำดับ วิเคราะห์หาปริมาณโอโซนที่ผลิต ได้โดยทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 352 นาโนเมตร



รูปที่ 3.1 การเก็บโอโซนด้วยสารละลาย KI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การทดสอบประสิทธิภาพการสกัดสารคาร์โบฟูรานออกจากถั่วฝักยาว

นำถั่วฝักยาวมาแบ่งเป็น 2 ส่วนๆละ 50 กรัม ส่วนที่ 1 ฉีดสารละลายคาร์โบฟูรานเข้มข้น 300 ppm 0.231 มิลลิลิตร ทิ้งไว้นาน 1 วัน 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 นำขวดก้นกลมที่แห้งนั้นมาเติมเมทานอล 3 มิลลิลิตร นำสารละลายที่ได้ มาตรวจวิเคราะห์หาปริมาณคาร์โบฟูรานด้วยเครื่อง HPLC สำหรับส่วนที่ 2 ไม่มีการฉีดพ่นสารละลายคาร์โบฟูราน นำมาทำการสกัดด้วยวิธีเดียวกัน ทำการทดลอง 4 ซ้ำ

การตรวจวิเคราะห์ คาร์โบฟูรานด้วยเครื่อง HPLC

Millipore Water 486 Tunable Absorbance Detector ปรับเครื่องเพื่อใช้การงาน ดังนี้

Mobile phase : เมทานอล / น้ำ 60 : 40 (V/ V)

Flow rate : 1.1 มิลลิลิตร / นาที

Wave length : 256 นาโนเมตร.

Injection : 10 ไมโครลิตร

Stop time : 20 นาที

Column : C_{18} ยี่ห้อ Water Division of Millipore รุ่น Nova Pak C18 (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 ไมโครเมตร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การทดสอบประสิทธิภาพการสกัดสารเมทธามิโดฟอสออกจากผักคะน้า

นำผักคะน้ามาหั่นและแบ่งเป็น 2 ส่วนๆละ 50 กรัม ส่วนที่ 1 ฉีดสารละลายเมทธามิโดฟอสเข้มข้น 5 ppm 5 มิลลิลิตร ทิ้งไว้นาน 1 คืน นำมาทำการสกัด โดยใส่ลงในเครื่องปั่น เติมน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร ปั่น 1 นาที กรองผ่าน Buchner porcelain funnel นำสารละลายที่กรองได้มา 50 มิลลิลิตร ใส่ลงในกรวยสกัดขนาด 250 มิลลิลิตร จากนั้นทำการสกัดโดยการ เติมเอทธิลอะซิเตตลงไป 100 มิลลิลิตร เขย่านาน 2 นาทีทิ้งให้แยกชั้น เก็บสารละลายชั้นบนมา 50 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดก้นกลม จากนั้นนำไปลดปริมาตรจนแห้ง นำขวดก้นกลมที่แห้งนั้นมาเติมน้ำกลั่น 3 มิลลิลิตร นำสารละลายที่ได้มาตรวจวิเคราะห์หาปริมาณเมทธามิโดฟอส ด้วยเครื่อง HPLC สำหรับส่วนที่ 2 ไม่มีการฉีดพ่นสารละลายเมทธามิโดฟอส นำมาทำการสกัดด้วยวิธีเดียวกัน ทำการทดลอง 4 ซ้ำ

การตรวจวิเคราะห์ เมทธามิโดฟอสด้วยเครื่อง HPLC

Millipore Water 486 Tunable Absorbance Detector ปรับเครื่องเพื่อใช้การงาน ดังนี้

Mobile phase : เมทานอล / น้ำ 60 : 40 (V/ V)

Flow rate : 0.7 มิลลิลิตร / นาที

Wave length : 210 นาโนเมตร

Injection : 10 ไมโครลิตร

Stop time : 5 นาที

Column : C_{18} ยี่ห้อ Water Division of Millipore รุ่น Nova Pak C18 (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 ไมโครเมตร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 การทดสอบประสิทธิภาพการสกัดวิตามินซีออกจากผักคะน้า

นำผักคะน้าที่ได้มาจากที่เดียวกันมาหั่น จากนั้นแบ่งเป็น 4 ส่วน ส่วนละ 50 กรัม โดยส่วนที่ 1-2 ไม่มีการเติมวิตามินซี ส่วนที่ 3-4 มีการเติมวิตามินซี 50 มิลลิกรัม นำผักคะน้าส่วนที่ 1 ใส่ลงเครื่องปั่น เติมน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร ปั่น 1 นาที นำมากรองด้วยกรวยบุชเนอร์ สารละลายที่กรองได้ 50 มลลิลิตร เติม metaphosphoric acid-acetic 50 มิลลิลิตร ถ่ายตัวอย่าง 100 มิลลิลิตร ลงขวดรูปชมพู่ขนาด 300 มิลลิลิตร เติม 2 กรัม acid-washed norit เขย่าแรงๆ กรองผ่านกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 12 ทิ้งส่วนที่กรองได้ส่วนแรกไปเล็กน้อย ถ่ายส่วนที่กรองได้ 5 มิลลิลิตร ลงขวดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร ที่มี 5 มิลลิลิตร สารละลาย boric acid-sodium acetate อยู่ ทิ้งไว้ 15 นาที ระหว่างรอให้หมุนบ้างบางครั้ง ระบุให้เป็น blank เจือจางด้วยน้ำจนถึงขีดปริมาตร ถ่ายสารละลาย 2 มิลลิลิตร ลง reading tube 3 ชุด นำส่วนที่ 2 มาทำการทดลองซ้ำเช่นเดียวกับส่วนที่ 1จนถึงขั้นตอนของการถ่ายส่วนที่กรองได้ 5 มิลลิลิตร ลงขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร ที่มี 5 มิลลิลิตร สารละลาย sodium acetate และ น้ำกลั่น 75 มิลลิลิตร บรรจุอยู่ เจือจางด้วยน้ำจนถึงขีดปริมาตร ถ่ายสารละลาย 2 มิลลิลิตร ลง reading tube 3 ชุด ระบุให้เป็น ชุดตัวอย่าง นำชุดตัวอย่าง และ blank มาเติม 5 มิลลิลิตร o-phenylenediamine โดยใช้ auto pipetting machine ลงทุก tube ใช้ vortex mixer เขย่าทุก tube เก็บให้พ้นแสง ทิ้งที่อุณหภูมิห้อง 35 นาที นำไปวัด Fluoresence สำหรับส่วนที่ 3 และ 4 ทำการทดลองเช่นเดียวกันกับส่วนที่ 1 และ 2 ตามลำดับ โดยกำหนดให้ส่วนที่ 3 เป็น blank และ ส่วนที่ 4 เป็นตัวอย่าง ทำการตรวจวิเคราะห์วิตามินซีด้วยเครื่องสเปคโตรฟลูโอโรมิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 การศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดสารคาร์โบฟูรานโดยใช้โอโซนและใช้โอโซนร่วมกับรังสีอัลตราไวโอเลต

นำถั่วฝักยาวแบ่งเป็น 4 ส่วนๆละ 50 กรัม ส่วนที่ 1 และ 2 ฉีดสารละลายคาร์โบฟูรานเข้มข้น 300 ppm 0.231 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ 1 คืน นำมาแช่ในน้ำปราศจากไอออนที่อุณหภูมิห้อง ปริมาตร 300 มิลลิลิตร เติมออกซิเจนโดยแปรระยะเวลาเป็น 1 และ 10 นาทีตามลำดับ จากนั้นนำถั่วฝักยาวและน้ำที่ผ่านการบำบัดมาทำการสกัดหาปริมาณสารคาร์โบฟูราน ตามวิธีการสกัดในข้อ 3.3 วิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC เพื่อศึกษาว่าสภาวะใดที่เหมาะสมในการบำบัดมากที่สุด สำหรับส่วนที่ 3 และ 4 ไม่มีการฉีดสารละลายคาร์โบฟูราน ดำเนินการทดลองเช่นเดียวกัน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

ทดลองเช่นเดิมโดยเปลี่ยนให้สภาวะในการบำบัดจากการเติมออกซิเจนเป็นการเติมโอโซนแทน

ทดลองเช่นเดิมโดยเปลี่ยนให้สภาวะในการบำบัดจากการเติมโอโซนเป็นการเติมโอโซนร่วมกับรังสีอัลตราไวโอเลตแทน

3.7 การศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดสารเมทธามิโดฟอสโดยใช้โอโซนและใช้โอโซนร่วมกับรังสีอัลตราไวโอเลต

นำผักคะน้าแบ่งเป็น 4 ส่วนๆละ 50 กรัม ส่วนที่ 1 และ 2 ฉีดสารละลายเมทธามิโดฟอสเข้มข้น 5 ppm 5 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ 1 คืน นำมาแช่ในน้ำปราศจากไอออนที่อุณหภูมิห้องปริมาตร 300 มิลลิลิตร เติมออกซิเจนโดยแปรระยะเวลาเป็น 1 และ 10 นาที ตามลำดับ จากนั้นนำผักคะน้าและน้ำที่ผ่านการบำบัดมาทำการสกัดหาปริมาณสารเมทธามิโดฟอสตามวิธีการสกัดในข้อ 3.4 วิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC เพื่อศึกษาว่าสภาวะใดที่เหมาะสมในการบำบัดมากที่สุด สำหรับส่วนที่ 3 และ 4 ไม่มีการฉีดสารละลายเมทธามิโด ฟอส ดำเนินการทดลองเช่นเดียวกัน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

ทดลองเช่นเดิมโดยเปลี่ยนให้สภาวะในการบำบัดจากการเติมออกซิเจนเป็นการเติมโอโซนแทน

ทดลองเช่นเดิมโดยเปลี่ยนให้สภาวะในการบำบัดจากการเติมโอโซนเป็นการเติมโอโซนร่วมกับรังสีอัลตราไวโอเลตแทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8 การศึกษาผลกระทบของวิตามินซีจากการบำบัดสารฆ่าแมลงโดยใช้โอโซนและใช้โอโซนร่วมกับรังสีอัลตราไวโอเลต

นำผักคะน้าแบ่งเป็น 4 ส่วนๆละ 50 กรัม ส่วนที่ 1 และ 2 นำมาแช่ในน้ำปราศจากไอออนที่อุณหภูมิห้องปริมาตร 300 มิลลิลิตร เติมออกซิเจนโดยแปรระยะเวลาเป็น 1 และ 10 นาที ตามลำดับ จากนั้นนำผักคะน้าที่ผ่านการบำบัดมาทำการสกัดหาปริมาณวิตามินซีตามวิธีการสกัดในข้อ 3.5 วิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีด้วยเครื่องสเปคโตรฟลูโอโรมิเตอร์ สำหรับส่วนที่ 3 และ 4 นำมาแช่ในน้ำปราศจากไอออนที่อุณหภูมิห้องปริมาตร 300 มิลลิลิตรเป็นระยะเวลา 1 และ 10 นาที ตามลำดับ โดยไม่เติมออกซิเจน ดำเนินการทดลองเช่นเดียวกัน ทำการทดลอง 2 ซ้ำ

ทดลองเช่นเดิมโดยเปลี่ยนให้สภาวะในการบำบัดจากการเติมออกซิเจนเป็นการเติมโอโซนแทน

ทดลองเช่นเดิมโดยเปลี่ยนให้สภาวะในการบำบัดจากการเติมโอโซนเป็นการเติมโอโซนร่วมกับรังสีอัลตราไวโอเลตแทน

รูปที่ 3.2 การกำจัดสารฆ่าแมลงโดยใช้ออกซิเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิจัยและวิจารณ์

4.1 การทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องผลิตโอโซน

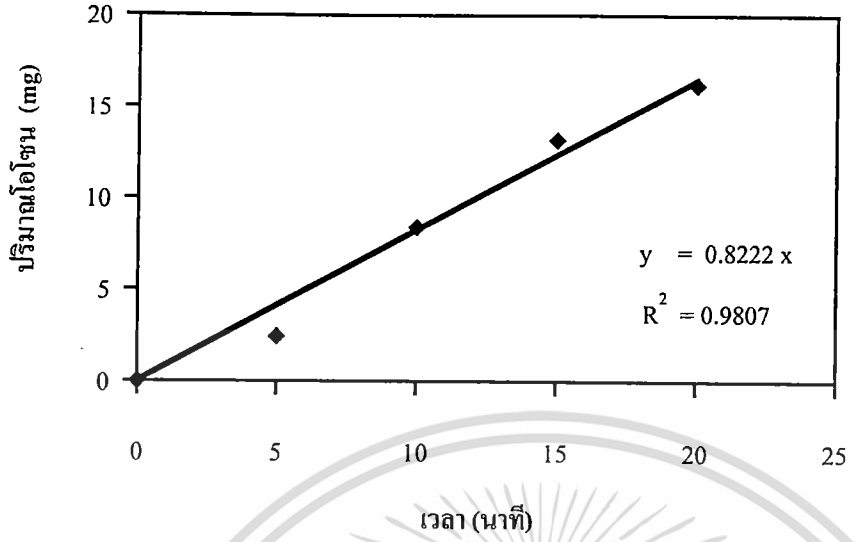
จากการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องผลิตโอโซนโดยผ่านโอโซนลงใน สารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ แปรระยะเวลาเป็น 5 10 15 20 25 และ 30 นาทีตามลำดับ นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงและเทียบกับกราฟมาตรฐานจะสามารถทราบปริมาณโอโซนที่ผลิตได้

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องผลิตโอโซน

เวลา (นาที)	ปริมาณโอโซน ที่ผลิตได้(มิลลิกรัม)
5	2.419
10	8.382
15	13.156
20	16.171
25	16.673
30	16.910

จากตารางที่ 4-1 แสดงให้เห็นว่าปริมาณโอโซนที่ผ ลิตได้จะแปรตามระยะเวลานั่นคือเมื่อใช้เวลาเพิ่มขึ้น ปริมาณโอโซนที่ผลิตได้ก็จะเพิ่มขึ้นด้วย และจะสังเกตได้ว่าที่เวลา 25 และ 30 นาที ปริมาณโอโซนที่ผลิตได้มีค่าใกล้เคียงกันและมีแนวโน้มคงที่ ทั้งนี้เนื่องมาจากสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ที่ใช้ดูดกลืนโอโซนทำปฏิกิริยากับโอโซนจนถึงจุดสมดุลแล้ว จึงไม่นำค่าปริมาณโอโซนที่ผลิตได้ ณ เวลา 25 และ 30 นาทีมาใช้สร้างกราฟมาตรฐาน เพราะจะทำให้ลักษณะของกราฟที่ได้ ไม่เป็นเส้นตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องผลิตโอโซน

จากกราฟจะเห็นว่าค่า R^2 มีค่าเข้าใกล้ 1.00 นั่นคือปริมาณโอโซนที่เพิ่มขึ้นมีความสัมพันธ์กับเวลาและจากสมการเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ $y = 0.8222 x$ สามารถคำนวณหาอัตราการผลิตโอโซนต่อชั่วโมงได้ โดยแทนค่า x เท่ากับ 60 นาที ดังนั้นปริมาณการผลิตโอโซนต่อชั่วโมงเท่ากับ 49.332 มิลลิกรัม ต่อชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

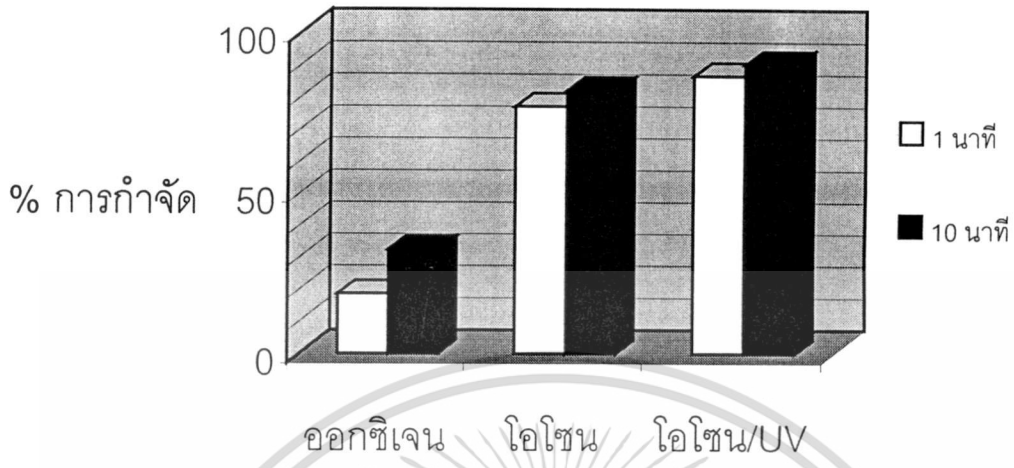
4.3 การศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดสารคาร์โบฟูรานโดยใช้โอโซนและใช้โอโซนร่วมกับรังสีอัลตราไวโอเลต

ทำการทดลองเพื่อศึกษาถึงประสิทธิภาพในการลดปริมาณการตกค้างของสารฆ่าแมลงคาร์โบฟูรานในผักคะน้า ทำการทดลองโดยการผ่านโอโซนลงในน้ำที่มีถั่วฝักยาวแช่อยู่ เป็นเวลา 1 นาที และ 10 นาทีตามลำดับ และโดยการผ่านโอโซนร่วมกับการฉายรังสียูวีลงในน้ำที่มีถั่วฝักยาวแช่อยู่เป็นเวลา 1 นาที และ 10 นาทีตามลำดับเช่นเดียวกัน จากนั้นนำผลการทดลองที่ได้มาเปรียบ เทียบกับผลที่ได้จากการผ่านออกซิเจนลงในน้ำที่มีถั่วฝักยาวแช่อยู่ เป็นเวลา 1 นาที และ 10 นาทีตามลำดับ ซึ่งผลการทดลองที่ได้แสดงดังตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.2

ตารางที่ 4.3 ประสิทธิภาพในการกำจัดสารคาร์โบฟูราน

		ประสิทธิภาพการกำจัดสารคาร์โบฟูราน (%)		
เวลา (นาที)	ครั้งที่	โดยใช้ออกซิเจน	โดยใช้โอโซน	โดยใช้โอโซนร่วมกับUV
1	1	15.23	79.64	86.34
	2	22.65	77.75	89.64
	3	17.98	74.21	84.37
	เฉลี่ย	18.62	77.20	86.78
	SD	3.75	2.76	2.66
10	1	30.26	80.03	88.45
	2	31.54	84.16	90.38
	3	35.55	82.39	92.26
	เฉลี่ย	32.45	82.19	90.36
	SD	2.76	2.07	1.91

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่4 2 กราฟแสดงประสิทธิภาพในการกำจัดสารคาร์โบฟูราน

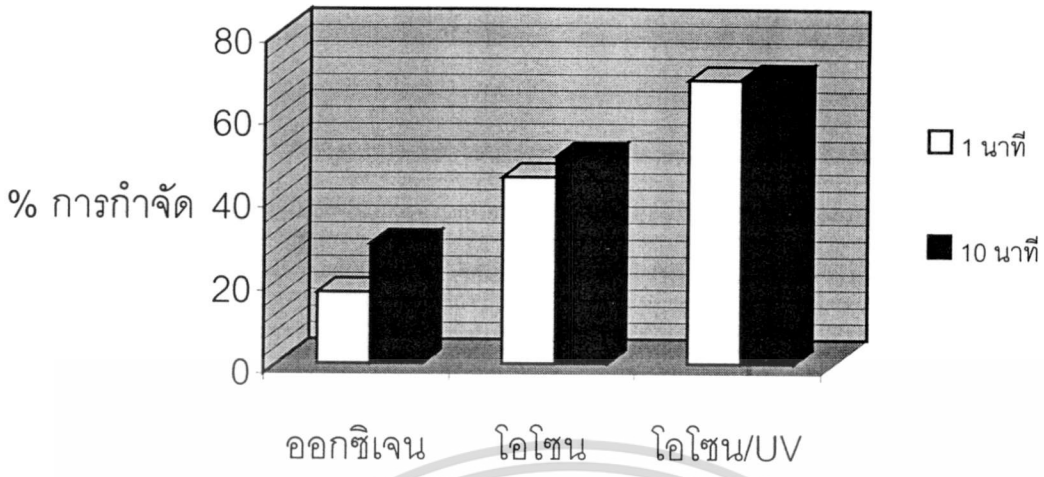
รูปที่ 4.2 เป็นกราฟแสดงประสิทธิภาพการกำจัดสารคาร์โบฟูรานในถั่วฝักยาวโดยจะใช้ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ ทั้งในการกำจัดโดยใช้ออกซิเจน โอโซน และโอโซนร่วมกับรังสีอัลตราไวโอเลตที่สภาวะเดียวกันพบว่า ที่เวลา 1 นาที ประสิทธิภาพในการกำจัดสารคาร์โบฟูราน โดยใช้ออกซิเจน โอโซน และโอโซนร่วมกับรังสีอัลตราไวโอเลตเท่ากับ 18.62 % 77.20 % และ 86.78 % ตามลำดับ มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.75 2.76 และ 2.66 ตามลำดับ และที่เวลา 10 นาที ประสิทธิภาพในการกำจัดสารคาร์โบฟูรานโดยใช้ออกซิเจน โอโซน และโอโซนร่วมกับรังสีอัลตราไวโอเลตเท่ากับ 32.45 % 82.19 % และ 38.42 % ตามลำดับ มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.76 2.07 และ 1.91 ตามลำดับ

เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดสารคาร์โบฟูรานในถั่วฝักยาว โดยใช้ทั้งออกซิเจน โอโซน และโอโซนร่วมกับรังสีอัลตราไวโอเลต พบว่าเมื่อกำจัดโดยใช้เวลา 10 นาที ประสิทธิภาพในการกำจัดสารคาร์โบฟูรานจะดีกว่าเมื่อกำจัดโดยใช้เวลา 1 นาทีอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

จากผลการทดลองสังเกตได้ว่าประสิทธิภาพการกำจัดโดยใช้โอโซนและโอโซนร่วมกับรังสีอัลตราไวโอเลตสามารถลดปริมาณสารคาร์โบฟูรานในถั่วฝักยาวได้ดีกว่าการกำจัดโดยใช้ออกซิเจน ทั้งที่เวลา 1 และ 10 นาที อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดสารคาร์โบฟูรานระหว่างการใช้โอโซนกับ การใช้โอโซนร่วมกับรังสียูวี พบว่าการใช้โอโซนร่วมกับรังสียูวีจะให้เปอร์เซนต์การกำจัดสารคาร์โบฟูรานสูงกว่าการใช้โอโซนเพียงอย่างเดียว ทั้งนี้เนื่องมาจากปฏิกิริยาระหว่างโอโซนกับรังสียูวีที่ทำให้เกิด $^{\cdot}OH$ ที่เป็นตัวออกซิไดซ์ที่แรงที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นได้ดีกว่าการใช้ออกซิเจนเพียงอย่างเดียว และใช้โอโซนเพียงอย่างเดียว ดังสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงประสิทธิภาพในการกำจัดสารเมทธามิโดฟอส

รูปที่ 4.3 เป็นกราฟแสดงประสิทธิภาพการกำจัดสารเมทธามิโดฟอสในผักคะน้าโดยจะใช้ค่าเฉลี่ย จากการทดลอง 3 ซ้ำ ทั้งในการกำจัดโดยใช้ออกซิเจน โอโซน และโอโซนร่วมกับรังสีอัลตราไวโอเลตที่สภาวะเดียวกันพบว่าที่เวลา 1 นาทีประสิทธิภาพในการกำจัดสารเมทธามิโดฟอสโดยใช้ออกซิเจน โอโซน และโอโซนร่วมกับรังสีอัลตราไวโอเลตเท่ากับ 17.25 % 44.96 % และ 68.66 % ตามลำดับ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.99 2.94 และ 1.56 ตามลำดับ และที่เวลา 10 นาที ประสิทธิภาพในการกำจัดสารเมทธามิโดฟอสโดยใช้ออกซิเจน โอโซน และโอโซนร่วมกับรังสีอัลตราไวโอเลตเท่ากับ 28.95 % 49.98 % และ 69.26 % ตามลำดับ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 1.18 3.43 และ 1.99 ตามลำดับ

เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดสารเมทธามิโดฟอสในผักคะน้า โดยใช้ทั้งออกซิเจน โอโซน และ โอโซนร่วมกับรังสีอัลตราไวโอเลต พบว่าเมื่อกำจัดโดยใช้เวลา 10 นาที ประสิทธิภาพในการบำบัดสารเมทธามิโดฟอสจะดีกว่าเมื่อบำบัดโดยใช้เวลา 1 นาทีอย่างมีนัย สำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

จากผลการทดลองสังเกตได้ว่าประสิทธิภาพการกำจัดโดยใช้โอโซนและโอโซนร่วมกับรังสีอัลตราไวโอเลตสามารถลดปริมาณสารเมทธามิโดฟอสในผักคะน้าได้ดีกว่าการกำจัดโดยใช้ออกซิเจน ทั้งที่เวลา 1 นาทีและ 10 นาทีอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดสารเมทธามิโดฟอสระหว่างการใช้โอโซนกับการใช้โอโซนร่วมกับรังสียูวี พบว่าการใช้โอโซนร่วมกับรังสียูวีจะให้เปอร์เซนต์การกำจัดสารเมทธามิโดฟอสสูงกว่าการใช้โอโซนเพียงอย่างเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 การศึกษาผลกระทบของวิตามินซีจากการกำจัดสารฆ่าแมลงโดยใช้โอโซนและใช้โอโซนร่วมกับรังสีอัลตราไวโอเลต

ตารางที่ 4.5 ผลกระทบของวิตามินซีจากการกำจัดสารฆ่าแมลง

		% การลดลงหรือเพิ่มขึ้นของวิตามินซีเมื่อกำจัดด้วย		
เวลา (นาที)	ครั้งที่	ออกซิเจน	โอโซน	โอโซนร่วมกับUV
1	1	-38.99	-24.86	+5.56
	2	-28.82	-30.60	+8.76
	เฉลี่ย	-33.91	-27.73	+7.16
10	1	-25.54	+20.27	+35.95
	2	-31.28	+21.02	+38.19
	เฉลี่ย	-28.41	+20.65	+37.07

- คือลดลง

+ คือเพิ่มขึ้น

จากการตรวจสอบผลกระทบที่เกิดกับวิตามินซีเมื่อออกซิไดซ์ยาฆ่าแมลงตกค้างในผักคะน้าด้วยออกซิเจนที่เวลาการออกซิไดซ์แตกต่างกัน พบว่าวิตามินซีลดลงเมื่อออกซิไดซ์นาน 1 นาที คิดเป็น 33.91% และที่ 10 นาที คิดเป็น 28.41% สำหรับผลกระทบของการออกซิไดซ์ที่เวลาแตกต่างกันพบว่า ไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

จากการตรวจสอบผลกระทบที่เกิดกับวิตามินซีเมื่อออกซิไดซ์ยาฆ่าแมลงตกค้างในผักคะน้าด้วยโอโซนที่เวลาการออกซิไดซ์แตกต่างกัน พบว่าวิตามินซีลดลงเมื่อออกซิไดซ์นาน 1 นาที คิดเป็น 27.73 % และวิตามินซีเพิ่มขึ้นเมื่อออกซิไดซ์นาน 10 นาที คิดเป็น 20.65%

ผลการทดลองในส่วนที่มีการออกซิไดซ์นาน 10 นาทีจะเห็นได้ว่าปริมาณวิตามินซีที่สกัดได้จากผักคะน้าที่ผ่านการออกซิไดซ์มีปริมาณมากกว่าผักคะน้าที่ไม่ผ่านการออกซิไดซ์ สันนิษฐานว่าเกิด interfere ขึ้น ซึ่งน่าจะมาจากกระบวนการออกซิไดซ์ของโอโซนที่ทำให้เกิดสารหรือเกิดการเปลี่ยนแปลงของสารบางตัวให้กลายเป็นฟลูออโรฟอร์ทำให้ปริมาณวิตามินซีที่วิเคราะห์ได้มากกว่าความเป็นจริงโดย interference จะมากขึ้นเมื่อใช้เวลาในการออกซิไดซ์นานขึ้นหรือใช้ตัวออกซิไดซ์ที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น โดยสังเกตได้จากผลการออกซิไดซ์ของออกซิเจน เปรียบเทียบกับผลการออกซิไดซ์ของโอโซนที่เวลา 1 นาที พบว่าไม่มี interfere เกิดขึ้น และ เมื่อเปรียบเทียบค่าความแตกต่างของผลกระทบของการออกซิไดซ์ของออกซิเจน และ โอโซนที่เวลา 1 นาทีเท่ากันพบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการตรวจสอบผลกระทบที่เกิดกับวิตามินซีเมื่อออกซิไดซ์ยาฆ่าแมลงตกค้างในผักคะน้าด้วยโอโซนร่วมกับรังสียูวีที่เวลาการออกซิไดซ์แตกต่างกัน พบว่าวิตามินซีเพิ่มขึ้นเมื่อออกซิไดซ์นาน 1 นาที คิดเป็น 7.02 % และวิตามินซีเพิ่มขึ้นเมื่อออกซิไดซ์นาน 10 นาที คิดเป็น 37.40 %สำหรับผลกระทบของการออกซิไดซ์ที่เวลาแตกต่างกันพบว่า แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ผลการทดลองในส่วนนี้จะเห็นได้ว่าปริมาณวิตามินซีที่สกัดได้จากผักคะน้าที่ผ่านการออกซิไดซ์มีปริมาณมากกว่าผักคะน้าที่ไม่ผ่านการออกซิไดซ์ สันนิษฐานว่าเกิดการรบกวนสัญญาณขึ้น ซึ่งน่าจะมาจากกระบวนการออกซิไดซ์ของโอโซนร่วมกับรังสียูวีที่ทำให้เกิดสารหรือเกิดการเปลี่ยนแปลงของสารบางตัวให้กลายเป็นฟลูออโรฟอร์ทำให้ปริมาณวิตามินซีที่วิเคราะห์ได้มากกว่าความเป็นจริงโดยการรบกวนสัญญาณจะมากขึ้นเมื่อใช้เวลาในการออกซิไดซ์นานขึ้นหรือใช้ตัวออกซิไดซ์ที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น โดยสังเกตได้จากผลการออกซิไดซ์ของโอโซน เปรียบเทียบกับผลการออกซิไดซ์ของโอโซนร่วมกับรังสียูวี ที่เวลา 10 นาทีเท่ากัน พบว่ามี interfere เกิดขึ้น และ เกิดขึ้นอย่างเด่นชัดกว่าที่เวลาการออกซิไดซ์ 10 นาที เมื่อเปรียบเทียบค่าความแตกต่างของผลกระทบของการออกซิไดซ์ของโอโซนและ โอโซนร่วมกับรังสียูวี ที่ เวลา 10 นาที เท่ากันพบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดสารฆ่าแมลงกับการล้างวิธีอื่นๆ

ตารางที่ 4.6 ประสิทธิภาพการกำจัดสารฆ่าแมลงโดยวิธีต่างๆ

วิธีการกำจัดสารฆ่าแมลง	ประสิทธิภาพในการกำจัดสารฆ่าแมลง
การล้างด้วยวิธีแช่น้ำและการล้างด้วย น้ำซาวข้าว	ลดปริมาณโมโนโครโตฟอสในถั่วฝักยาวได้ 54.9%
การต้มในน้ำเดือดนาน 1 นาที	ลดปริมาณโมโนโครโตฟอสในถั่วฝักยาวได้ 84.8%
การแช่น้ำ 4 ลิตร นาน 2 นาที แล้วล้างออกด้วย น้ำอีก 4 ลิตร นาน 2 นาท	ลดปริมาณเอ็นโดซัลแฟนในผักคะน้าได้ 51.2%
การล้างในน้ำไหล	ลดปริมาณเมทธิลพาราไธออน ในชมพู่ได้ 52.9%
การปอกเปลือก	ลดปริมาณเมทธิลพาราไธออน ในชมพู่ได้ 72.1%
การลวก การนึ่ง การต้ม และการผัด	ลดปริมาณเอ็นโดซัลแฟนในผักได้ 53%
การลวก การนึ่ง การต้ม และการผัด	ลดปริมาณเอ็นโดซัลแฟนในผักได้ 51.2%
การลวก การนึ่ง การต้ม และการผัด	ลดปริมาณเด็คคามีธริน ในผักได้ 47 %
การใช้โอโซน	ลดปริมาณเมทธามิโดฟอสในผักคะน้าได้ 49.98%
การใช้โอโซน	ลดปริมาณคาร์โบฟูรานในถั่วฝักยาวได้ 82.19%
การใช้โอโซนร่วมกับรังสีอัลตราไวโอเลต	ลดปริมาณเมทธามิโดฟอสในผักคะน้าได้ 69.26%
การใช้โอโซนร่วมกับรังสีอัลตราไวโอเลต	ลดปริมาณคาร์โบฟูรานในถั่วฝักยาวได้ 90.36%

เนื่องจากไม่มีข้อมูลการกำจัดสารเมทธามิโดฟอสและคาร์โบฟูรานโดยวิธีอื่นๆ จึงเปรียบเทียบในแง่ของสารฆ่าแมลง พบว่าการกำจัดโดยใช้โอโซนร่วมกับรังสีอัลตราไวโอเลตให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสารฆ่าแมลงสูงกว่าเมื่อเทียบกับวิธีอื่นๆ จึงถือเป็นทางเลือกที่ดีทางหนึ่งในการกำจัดสารฆ่าแมลงได้

4.7 ค่าใช้จ่ายในการกำจัดสารฆ่าแมลง

ราคาเครื่องผลิตโอโซน 15,000 บาท อายุการใช้งานประมาณ 2 ปีเมื่อใช้งานอย่างต่อเนื่อง

ราคาหลอดรังสีอัลตราไวโอเลต 8,000 บาท อายุการใช้งานประมาณ 6 เดือนเมื่อใช้งานอย่างต่อเนื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

5.1 จากการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องผลิตโอโซนโดยผ่านโอโซนลงในสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ แปรระยะเวลาเป็น 5 10 15 20 25 และ 30 นาทีตามลำดับ นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงและเทียบกับกราฟมาตรฐาน ทดสอบได้ว่าอัตราการผลิตโอโซนของเครื่องผลิตโอโซนที่ใช้ในการทดลองนี้เท่ากับ 49.332 มิลลิกรัมต่อชั่วโมง

5.2 จากการทดลองทำการสกัดสารคาร์โบฟูรานออกจากถั่วฝักยาวโดยใช้อะซิโตนเป็นตัวสกัด สกัดสารเมทธามิโดฟอสออกจากผักคะน้าโดยใช้น้ำเป็นตัวสกัด และสกัดสารแคโรทีนอยออกจากผัก คะน้าโดยใช้น้ำเป็นตัวสกัด สามารถคำนวณประสิทธิภาพในการสกัดได้มากกว่า 90 % ทั้ง 3 วิธี ซึ่งถือว่าเป็นค่าที่สูงพอสมควร จึงยอมรับวิธีการสกัดสารทั้ง 3 วิธีนี้ได้

5.3 จากการศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดสารคาร์โบฟูรานออกจากถั่วฝักยาวโดยใช้โอโซนเป็นเวลา 1 นาที (0.82 มิลลิกรัม O_3) และ 10 นาที (8.22 มิลลิกรัม O_3) พบว่าได้เท่ากับ 77.20 % และ 82.19 % ตามลำดับ และ จากการศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดสารคาร์โบฟูรานออกจากถั่วฝักยาวโดยใช้โอโซนร่วมกับรังสีอัลตราไวโอเลต เป็นเวลา 1 นาที (0.82 มิลลิกรัม O_3) และ 10 นาที (8.22 มิลลิกรัม O_3) พบว่าได้เท่ากับ 86.78 % และ 90.36 % ตามลำดับ

5.4 จากการศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดสารเมทธามิโดฟอสออกจากผักคะน้าโดยใช้โอโซนเป็นเวลา 1 นาที (0.82 มิลลิกรัม O_3) และ 10 นาที (8.22 มิลลิกรัม O_3) พบว่าได้เท่ากับ 44.96 % และ 49.98 % ตามลำดับ และจากการศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดสารเมทธามิโดฟอสออกจากผักคะน้าโดยใช้โอโซนร่วมกับรังสีอัลตราไวโอเลตเป็นเวลา 1 นาที (0.82 มิลลิกรัม O_3) และ 10 นาที (8.22 มิลลิกรัม O_3) พบว่าได้เท่ากับ 68.66 % และ 69.26 % ตามลำดับ

5.5 จากการศึกษาผลกระทบของวิตามินซีจากการกำจัดสารฆ่าแมลงโดยใช้โอโซนพบว่าปริมาณวิตามินซีที่วัดได้ลดลง 27.73 % และ เพิ่มขึ้น 20.65 % เมื่อใช้โอโซนเป็นเวลา 1 นาที (0.82 มิลลิกรัม O_3) และ 10 นาที (8.22 มิลลิกรัม O_3) ตามลำดับ และจากการศึกษาผลกระทบของวิตามินซีจากการกำจัดสารฆ่าแมลงโดยใช้โอโซนร่วมกับรังสีอัลตราไวโอเลต พบว่าปริมาณวิตามินซีที่วัดได้เพิ่มขึ้น 7.16 % และ 40.79 % เมื่อใช้โอโซนร่วมกับรังสีอัลตราไวโอเลตเป็นเวลา 1 นาที (0.82 มิลลิกรัม O_3) และ 10 นาที (8.22 มิลลิกรัม O_3) ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.6 การกำจัดสารฆ่าแมลงโดยใช้โอโซนร่วมกับรังสีอัลตราไวโอเลต ให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสูงกว่าเมื่อเทียบกับวิธีอื่นๆ จึงถือเป็นทางเลือกที่ดีทางหนึ่งในการกำจัดสารฆ่าแมลงได้

5.7 การกำจัดสารฆ่าแมลงโดยใช้โอโซนร่วมกับรังสีอัลตราไวโอเลตถือเป็นเทคนิคหนึ่งที่มีค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. จิราพร ศรีพลากิจ และ ถาวร ท้วมเจริญ. " การวิเคราะห์ cabofuran โดยวิธี HPLC," **ข่าวสารวัตถุมีพิษ.** 22 (2) ; เมษายน-มิถุนายน, 2538.
2. นพ.รพีพัฒน์ ชคัตประกาศ. **คู่มือการอบรมการใช้สารกำจัดศัตรูพืช และสัตว์อย่างปลอดภัย** พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2540.
3. บัณฑิต ดำรักษ์ และ ศิรพันธ์ สุขมาก. " วิจัยชนิด และ ปริมาณสารพิษตกค้างกลุ่มออกาโนฟอสเฟต และ คาร์บาเมทในผัก, " **ข่าวสารวัตถุมีพิษ.** 23 (2) ; 51. เม.ย.-มิ.ย., 2539.
4. ปรีชา ฉัตรสันติประภา และคณะ. "ความคงทน และ ระดับของเมทธามิโดฟอสในดินที่มีความเป็นพิษต่อผักคะน้า," **รายงานผลการค้นคว้าวิจัยปี 2537.** : 175-180; 2537.
5. มูลนิธิโตโยต้า และ สถาบันวิจัยโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล. **มหัศจรรย์ผัก 108.** พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ : มูลนิธิโตโยต้าแห่งประเทศไทย, 2542.
6. ไมตรี สุทธิจิตต. **สารพิษรอบตัวเรา.** เชียงใหม่ : ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2531.
7. รศ.ดร.สมนึก วงศ์ทอง. **สารเคมีป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืช.** กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2539.
8. สมชัย ภัทรธนานันท์. **12 สารเคมีอันตรายต่อชีวิต และ สิ่งแวดล้อม.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ ดี, 2539.
9. สมทรง เลขะกุล. **ชีวเคมีของวิตามิน.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : ศุภวนิชการพิมพ์, 2543.
10. เสาวนีย์ จักรพิทักษ์. **หลักโภชนาการปัจจุบัน.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ :ไทยวัฒนาพานิชน์, 2529.
11. สุภาณี พิมพ์สมาน. **สารฆ่าแมลง.** กรุงเทพฯ : คณะเกษตร มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2537.
12. อำนาจ ตันติวนิช. "โอโซน," **วารสารวิทยาศาสตร์.** 33 (5) : 39-41; พฤษภาคม 2522.
13. Beltran, F.J. and Ovejero, G. "Oxidation of Atrazine in Water by Ultraviolet Radiation Combined with Hydrogen Peroxide," **Wat. Res.** 27 : 1013-1021; 1993.
14. Gary, R., Francis, Y.H., Jimmie, L.B. and William, H.G. "Destruction of Pollutant in Water with Ozone in Combination with Ultraviolet Radiation 1. General Priciple and Oxidation of Tetrachloroethylene," **Environ. Sci. Technol.** 16: 448-453; 1982.
15. Komsitthikul C. "Alternative Treatment of Petrol Station Wastewate," **Master's Thesis AIT,** 1998.
16. Langlais, B, Reckhow, D.A. and Brink, D.R. **Ozone in water treatment.** 2 nd ed. USA: Lewis Pubishers,1991.

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

17. Lang, P.S., Ching W.K., Williberg, D.M.and Hoffmann, M.R. "Oxidative Gegradation of 2,4,6 – Trinitrotoluene by Ozone in an Electrohydraulic Discharge Reactor," **Environ. Sci. Technol.** 32 : 3142 – 3148 ; 1998.

18. Ramjee S. "Tertiary treatment of pulp and paper mill wastewater by ozone," **Master's Thesis AIT**, 1997.

19. Sine, C. **Farm Chemical handbook ' 99** New York, USA, 1999.

20. Ku, Y., Chang, J.L., Young-Shuen, S. and Shi-Yow, L. "Decomposition of Diazinon in Aqueous Solution by Ozonation," **Wat. Res.** 32(6) : 1957-1963 ; 1998.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้