การลดปริมาณสารมาลาไทออนและไซเพอร์เมทรินที่ตกค้างในผักคะน้าด้วยเครื่องล้างระบบแสงยูวีร่วมกับโอโซน

REDUCTION OF MALATHION AND CYPERMETHRIN RESIDUES IN KALE USING UV/OZONE WASHING SYSTEM

ศศิวิมล ศรีตัมภวา

การศึกษาค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการความปลอดภัยอาหาร
คณะอุตสาหกรรมอาหาร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2567

KMITL-2024-FI-M-054-489

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

REDUCTION OF MALATHION AND CYPERMETHRIN RESIDUES IN KALE USING UV/OZONE WASHING SYSTEM

SASIWIMOL SRITAMPHAWA

AN INDEPENDENT STUDY SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF SCIENCE IN FOOD SAFETY MANAGEMENT

SCHOOL OF FOOD INDUSTRY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LANDKRABANG

2024

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

KMITL-2024-FI-M-054-489

COPYRIGHT 2024

SCHOOL OF FOOD INDUSTRY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LANDKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อการศึกษาค้นคว้าอิสระ	การลดปริมาณสารมาลาไทออนและไซเพอร์เมทรินที่ตกค้างในผักคะน้าด้วยเครื่องล้างระบบแสงยูวีร่วมกับโอโซน
นักศึกษา	นางสาวศศิวิมล ศรีตัมภวา
รหัสนักศึกษา	62608024
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	การจัดการความปลอดภัยอาหาร
พ.ศ.	2567
อาจารย์ที่ปรึกษาการศึกษาค้นคว้าอิสระ	ผศ.ดร.วิภาวดี สงัดกิจ

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสามารถในการลดสารตกค้างยาฆ่าแมลงในผักคะน้าด้วยวิธีการล้างด้วยน้ำที่ผ่านยูวี โอโซน และยูวีร่วมกับโอโซน โดยงานวิจัยนี้จะมีการศึกษาสารยาฆ่าแมลง 2 ชนิด คือ มาลาไทออน และไซเพอร์เมทริน โดยจะเปรียบเทียบประสิทธิภาพการลดปริมาณการตกค้างของสารยาฆ่าแมลงกับการล้างด้วยน้ำประปาและโซเดียมไบคาร์บอเนต ซึ่งได้มีการกำหนดปัจจัยในเรื่องของระยะเวลาที่ใช้ล้าง 10 20 และ 30 นาที โดยตัวอย่างที่ใช้ คือ ผักคะน้าอินทรีย์ การตรวจสอบการตกค้างของสารยาฆ่าแมลงชนิดมาลาไทออนจะใช้ชุดทดสอบ GT-pesticide test kit และชนิดไซเพอร์เมทริน ใช้ชุดทดสอบ Pyrethroid residual test kit ผลการทดลองพบว่าประสิทธิภาพการลดปริมาณสารตกค้างมาลาไทออนตามกรรมวิธีการล้างผักคะน้าด้วยระบบยูวี โอโซน และยูวีร่วมกับโอโซน ระยะเวลาการล้าง 30 นาที สามารถลดปริมาณสารตกค้างมาลาไทออนได้ ส่วนในระยะเวลา 10 และ 20 นาที ยังตรวจพบสารตกค้างในระดับที่ปลอดภัย เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการล้างด้วยน้ำประปาและโซเดียมไบคาร์บอเนต พบว่าวิธีการล้างด้วยยูวีร่วมกับโอโซน สามารถลดปริมาณสารตกค้างของมาลาไทออนได้ดีกว่าวิธีอื่นๆ ส่วนการลดปริมาณสารตกค้างของไซเพอร์เมทริน ผลการทดลองพบว่าการล้างผักคะน้าด้วยระบบยูวี โอโซน และยูวีร่วมกับโอโซนที่ระยะเวลาการล้าง 30 นาที ยังตรวจพบสารตกค้างไซเพอร์เมทริน และในระยะเวลาที่ใช้ล้าง 10 และ 20 นาที ตรวจพบสารตกค้างไซเพอร์เมทรินเช่นเดียวกัน เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการล้างด้วยน้ำประปาและโซเดียมไบคาร์บอเนต พบว่าวิธีการล้างด้วยยูวีร่วมกับโอโซน ยังพบสารตกค้างไซเพอร์เมทริน ได้น้อยกว่าวิธีอื่น ๆ และเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการล้างผักคะน้าที่เวลา 45 นาที ทั้งสารมาลาไทออนและไซเพอร์เมทริน พบว่าทั้ง 2 สารนี้ ตรวจไม่พบสารตกค้างยาฆ่าแมลง ซึ่งระยะเวลาการล้างที่เพิ่มมากขึ้นมีผลในการลดปริมาณสารยาฆ่าแมลงในผักได้ นอกจากนี้ในงานวิจัยยังได้มีการศึกษาการตรวจสอบน้ำก่อนและหลังล้างพบว่ากรรมวิธีการล้างด้วยยูวีร่วมกับโอโซน ตรวจไม่พบสารตกค้างยาฆ่าแมลงในน้ำล้าง ทั้งนี้การล้างผักคะน้าด้วยเทคโนโลยียูวีร่วมกับโอโซนจะมีประสิทธิภาพดีกว่าการล้างด้วยยูวี โอโซนเพียงอย่างเดียว การใช้เครื่องล้างผักเทคโนโลยียูวีร่วมกับโอโซนในการล้างผักก่อนการบริโภคหรือนำไปประกอบอาหารจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งของผู้บริโภค เพื่อเพิ่มความปลอดภัยในการรับประทานมากขึ้น

คำสำคัญ: ผักคะน้า สารยาฆ่าแมลง การล้างด้วยยูวี การล้างด้วยโอโซน การล้างด้วยยูวีร่วมกับโอโซน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Independent Study Defense	REDUCTION OF MALATHION AND CYPERMETHRIN RESIDUES IN KALE USING UV/OZONE WASHING SYSTEM
Student	Miss Sasiwimol Sritamphawa
Student ID	62608024
Degree	Master of Science Program
Program	Food Safety Management
Year	2024
Independent Study Defense Advisor	Asst.Prof.Dr.Wipavadee Sangadkit

ABSTRACT

This study investigated the effectiveness of reducing pesticide residues in kale using washing methods involving UV, ozone, and a combination of UV and ozone. The research focused on two pesticides, malathion and cypermethrin, comparing residue levels across various washing methods, including tap water and sodium bicarbonate solutions. The study also evaluated the effects of washing durations of 10, 20, and 30 min, using organic kale as the sample. Malathion residues were analyzed with the GT-Pesticide Test Kit, while cypermethrin residues were assessed using the Pyrethroid Residual Test Kit. The results demonstrated that washing with UV, ozone, and combined UV/ozone for 30 min significantly reduced malathion residues. We reduced malathion residues to safe levels for washing durations of 10 and 20 min. When it came to getting rid of malathion residues, the combined UV/ozone method worked better than both tap water and sodium bicarbonate. For cypermethrin, residues remained detectable after washing with UV, ozone, and combined UV/ozone for durations of 10, 20, and 30 min. However, the UV/Ozone method consistently resulted in lower cypermethrin residue levels compared to other methods. Extending the washing time to 45 min successfully eliminated both malathion and cypermethrin residues, underscoring the importance of longer washing durations for effective pesticide removal. The study also analyzed wash water before and after treatment, revealing no detectable pesticide residues in water treated with the UV/Ozone method. These findings suggest that UV/ozone technology is more effective than UV/ozone alone. The adoption of UV/Ozone vegetable washing systems presents a promising solution for consumers, enhancing food safety and reducing pesticide exposure before consumption or cooking.

Keywords: Kale, Pesticide, UV washing, Ozone washing, UV/Ozone washing

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาค้นคว้าอิสระนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความช่วยเหลือจากบุคคลหลายท่าน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ผศ.ดร.วิภาวดี สงัดกิจ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาและกรรมการสอบการศึกษาค้นคว้าอิสระ ที่ได้ให้ความรู้ แนะแนวทางทางวิจัย และคำปรึกษาในการแก้ไขปัญหา ตลอดจนให้ความช่วยเหลือดูแลเอาใจใส่ในการตรวจทานแก้ไขรูปเล่มการศึกษาค้นคว้าอิสระ ผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์และขอกราบขอบพระคุณ ไว้ ณ ที่นี้เป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.ทรงศักดิ์ วัฒนชัยเสรีกุล และรศ.ดร.คริษฐา อิ่มเอิบ อาจารย์คณะอุตสาหกรรมอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้ให้เกียรติเป็นกรรมการสอบปกป้องการศึกษาค้นคว้าอิสระ และได้ให้คำแนะนำในการตรวจทานและแนวทางในการแก้ไขให้การศึกษาค้นคว้าอิสระฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ญาติพี่น้องทุกคนที่คอยสนับสนุน คอยช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจในการศึกษาครั้งนี้ รวมทั้งเพื่อน ๆ และพี่ ๆ โครงการส่วนพระองค์ สวนจิตรลดา และบุคคลที่มิได้กล่าวมาทั้งหมด ซึ่งมีส่วนช่วยให้งานวิจัยในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

ท้ายที่สุดนี้ ผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่าการศึกษาค้นคว้าอิสระนี้จะเป็นประโยชน์สำหรับผู้อ่านไม่มากก็น้อยต่อไป

ศศิวิมล ศรีตัมภวา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VII
สารบัญรูป	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 การตรวจเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 คะน้า	4
2.2 วัตถุอันตรายทางการเกษตร และสารพิษตกค้าง	4
2.3 สารกำจัดศัตรูพืช	5
2.3.1 ประเภทของสารเคมีกำจัดศัตรูพืช และผลกระทบต่อสุขภาพ	5
2.3.2 สารเคมีกำจัดศัตรูพืชถูกแบ่งออกเป็นกลุ่ม ตามลักษณะทางเคมี	6
2.3.3 ระดับความเป็นพิษของวัตถุอันตราย	8
2.3.4 สารไซเพอร์เมทริน	10
2.3.5 สารมาลาไทออน	11
2.3.6 การตรวจสอบสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้าง	11
2.3.7 ปริมาณการลดลงของสารเคมีตกค้างจากแต่ละวิธีการล้าง	12
2.3.8 การควบคุมการใช้สารกำจัดศัตรูพืชทางการเกษตร	13
2.4 โอโซน (O_3)	14
2.4.1 สมบัติทางเคมี	14
2.4.2 วิธีการผลิตโอโซน	15
2.4.3 การนำโอโซนมาใช้ประโยชน์ในภาคอุตสาหกรรมอาหาร	15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.5 แสงอัลตราไวโอเลต (Ultraviolet Light	16
2.6 เทคโนโลยียูวีร่วมกับโอโซน (UV/Ozone)	16
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	17
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	21
3.1 วัตถุดิบ	21
3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ	21
3.3 สารเคมี.	22
3.4 การดำเนินการทดลอง	22
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์	27
4.1 การศึกษากรรมวิธีการล้างผักคะน้าที่มีผลต่อการลดลงของสารยาฆ่าแมลงชนิดมาลาไทออน	27
4.1.1 การศึกษาประสิทธิภาพการล้างผักคะน้าด้วยกรรมวิธีต่างๆ ต่อการลดปริมาณสารตกค้างมาลาไทออนและเปรียบเทียบกับน้ำก่อนล้างและน้ำหลังล้าง.	27
4.1.2 การศึกษาความเข้มข้นของสารมาลาไทออนและระยะเวลาของน้ำก่อนและหลังการบำบัดด้วยยูวีร่วมกับโอโซนที่ระยะเวลาต่างๆ.	30
4.1.3 การศึกษาประสิทธิภาพการล้างสารตกค้างมาลาไทออนในผักด้วยวิธียูวีร่วมกับโอโซน	31
4.1.4 การศึกษาประสิทธิภาพการล้างผักคะน้าเพื่อลดสารตกค้างมาลาไทออนด้วยวิธียูวีร่วมกับโอโซนแบบไม่เปลี่ยนน้ำในระยะเวลา 10 20 30 นาที	32
4.1.5 การศึกษาประสิทธิภาพการล้างผักคะน้าเพื่อลดสารตกค้างมาลาไทออนด้วยวิธียูวีร่วมกับโอโซนแบบไม่เปลี่ยนน้ำในระยะเวลา 30 45 และ 60 นาที	33
4.2 การศึกษากรรมวิธีการล้างผักคะน้าที่มีผลต่อการลดลงของสารยาฆ่าแมลงชนิดไซเพอร์เมทริน	34
4.2.1 การศึกษาประสิทธิภาพการล้างผักคะน้าด้วยกรรมวิธีต่างๆ ต่อการลดปริมาณสารตกค้างไซเพอร์เมทริน และเปรียบเทียบกับน้ำก่อนล้างและน้ำหลังล้าง	34
4.2.2 การศึกษาการตกค้างของสารไซเพอร์เมทรินในน้ำก่อนและหลังการบำบัดด้วยยูวีร่วมกับโอโซนที่ระยะเวลาต่างๆ	37
4.2.3 การศึกษาประสิทธิภาพการล้างสารตกค้างไซเพอร์เมทรินในผักด้วยวิธียูวีร่วมกับโอโซน	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.2.4 การศึกษาประสิทธิภาพการล้างผักคะน้าเพื่อลดสารตกค้างไซเพอร์เมทรินด้วยวิธียูวีร่วมกับโอโซนแบบไม่เปลี่ยนน้ำในระยะเวลา 10 20 และ 30 นาที 39
4.2.5 การศึกษาประสิทธิภาพการล้างผักคะน้าเพื่อลดสารตกค้างไซเพอร์เมทรินด้วยวิธียูวีร่วมกับโอโซนแบบไม่เปลี่ยนน้ำในระยะเวลา 30 45 และ 60 นาที 40
4.3 ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพของผักคะน้าเปรียบเทียบกับการล้างผักก่อนล้างและหลังล้าง 41
4.3.1 ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพของผักคะน้าที่สร้างการปนเปื้อนด้วยสารมาลาไทออนแล้วผ่านกระบวนการล้างด้วยกรรมวิธีต่างๆ 41
4.3.2 ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพของผักคะน้าที่สร้างการปนเปื้อนด้วยสารไซเพอร์เมทรินแล้วผ่านกระบวนการล้างด้วยกรรมวิธีต่างๆ 42
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง 43
บรรณานุกรม 44
ภาคผนวก 48
ภาคผนวก ก อุปกรณ์เครื่องล้างและสารเคมีที่ใช้ทดลอง 49
ภาคผนวก ข การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี 54
ภาคผนวก ค การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพ 62
ประวัติผู้เขียน 72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
ตารางที่ 2.1 การจำแนกความเป็นพิษเฉียบพลันของวัตถุอันตราย	8
ตารางที่ 2.2 อาการเกิดพิษของวัตถุอันตรายแต่ละกลุ่ม	9
ตารางที่ 2.3 การล้างผักด้วยวิธีการต่างๆ	12
ตารางที่ 2.4 ค่าปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด (MRLs) ที่ใช้วัตถุอันตรายทางการเกษตรที่ใช้ในผักคะน้า.	14
ตารางที่ ค.1.1 ลักษณะทางกายภาพของผักคะน้าหลังล้างด้วยกรรมวิธีต่างๆ ในการลดสารตกค้างมาลาไทออน	62
ตารางที่ ค.2.1 ลักษณะทางกายภาพของผักคะน้าหลังล้างด้วยกรรมวิธีต่างๆ ในการลดสารตกค้างไซเพอร์เมทริน	67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

รูปที่ 2.1 โครงสร้างของสารไซเพอร์เมทริน. 10

รูปที่ 2.2 โครงสร้างของสารมาลาไทออน 11

รูปที่ 2.3 นวัตกรรมเครื่องล้างผักโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยี UV/Ozone เพื่อลดการปนเปื้อนของสารยาฆ่าแมลงยกระดับคุณภาพความปลอดภัยในการบริโภค 17

รูปที่ 4.1 ประสิทธิภาพในการล้างผักที่ปนเปื้อนของสารมาลาไทออนนความเข้มข้น 830 ppm ด้วยกรรมวิธีล้างแบบต่างๆ และระยะเวลาในการล้าง 10 20 และ 30 นาที เปรียบเทียบผลกับตัวอย่างผักคะน้าเริ่มต้นและผักคะน้าจุ่มสารแต่ไม่ล้าง 28

รูปที่ 4.2 ประสิทธิภาพในการบำบัดการตกค้างของสารมาลาไทออนในน้ำล้างผักคะน้าที่มีการสร้างการปนเปื้อนสารมาลาไทออนบนผักความเข้มข้น 830 ppm ด้วยกรรมวิธีแบบต่างๆ และระยะเวลาในการล้าง 10 20 และ 30 นาที 29

รูปที่ 4.3 ประสิทธิภาพในการบำบัดการตกค้างของสารมาลาไทออนในน้ำก่อนและหลังผ่านยูวีร่วมกับโอโซนในระดับความเข้มข้นต่างๆ ที่ระยะเวลาในการบำบัด 10 20 และ 30 นาที 30

รูปที่ 4.4 ประสิทธิภาพในการล้างผักคะน้าที่ปนเปื้อนสารมาลาไทออนความเข้มข้นต่างๆ ด้วยยูวีร่วมกับโอโซนเป็นเวลา 30 นาที เปรียบเทียบผลกับตัวอย่างผักคะน้าเริ่มต้นและผักคะน้าจุ่มสารแต่ไม่ล้าง 31

รูปที่ 4.5 ประสิทธิภาพในการล้างผักคะน้าด้วยยูวีร่วมกับโอโซนต่อการลดสารตกค้างมาลาไทออนในผักคะน้าที่สร้างการปนเปื้อนบนผักคะน้าด้วยสารมาลาไทออนความเข้มข้น 830 ppm ใช้ระยะเวลาในการล้าง 10 20 และ 30 นาทีแบบไม่เปลี่ยนน้ำตลอดระยะเวลาการล้างเปรียบเทียบผลกับตัวอย่างผักคะน้าเริ่มต้นและผักคะน้าจุ่มสารแต่ไม่ล้าง 32

รูปที่ 4.6 ประสิทธิภาพในการล้างผักคะน้าด้วยยูวีร่วมกับโอโซนต่อการลดสารตกค้างมาลาไทออนในผักคะน้าที่สร้างการปนเปื้อนบนผักคะน้าด้วยสารมาลาไทออนความเข้มข้น 830 ppm ใช้ระยะเวลาในการล้างเพิ่มขึ้นจาก 30 45 และ 60 นาที แบบไม่เปลี่ยนน้ำตลอดระยะเวลาการล้างเปรียบเทียบผลกับตัวอย่างผักคะน้าเริ่มต้นและผักคะน้าจุ่มสารแต่ไม่ล้าง 33

รูปที่ 4.7 ประสิทธิภาพในการล้างผักคะน้าที่ปนเปื้อนสารไซเพอร์เมทรินความเข้มข้น 175 ppm ด้วยกรรมวิธีล้างแบบต่างๆ และระยะเวลาในการล้าง 10 20 และ 30 นาที เปรียบเทียบผลกับตัวอย่างผักคะน้าเริ่มต้นและผักคะน้าจุ่มสารแต่ไม่ล้าง. 35

รูปที่ 4.8 ประสิทธิภาพในการบำบัดการตกค้างของสารไซเพอร์เมทรินในน้ำล้างผักคะน้าที่มีการสร้างการปนเปื้อนสารไซเพอร์เมทรินบนผักความเข้มข้น 175 ppm ด้วยกรรมวิธีแบบต่างๆ และระยะเวลาในการล้าง 10 20 และ 30 นาที 36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

รูปที่ 4.9 ประสิทธิภาพในการบำบัดการตกค้างของสารไซเพอร์เมทรินในน้ำก่อนและหลังผ่านยูวีร่วมกับโอโซนในระดับความเข้มข้นต่างๆ ที่ระยะเวลาในการบำบัด 10 20 และ 30 นาที 37

รูปที่ 4.10 ประสิทธิภาพในการล้างผักคะน้าที่ปนเปื้อนสารไซเพอร์เมทรินความเข้มข้นต่างๆ ด้วยยูวีร่วมกับโอโซนเป็นเวลา 30 นาที เปรียบเทียบผลกับตัวอย่างผักคะน้าเริ่มต้นและผักคะน้าจุ่มสารแต่ไม่ล้าง 38

รูปที่ 4.11 ประสิทธิภาพในการล้างผักคะน้าด้วยยูวีร่วมกับโอโซนต่อการลดสารตกค้างไซเพอร์เมทรินในผักคะน้าที่สร้างการปนเปื้อนบนผักคะน้าด้วยสารไซเพอร์เมทรินความเข้มข้น 175 ppm ใช้ระยะเวลาในการล้าง 10 20 และ 30 นาที แบบไม่เปลี่ยนน้ำตลอดระยะเวลาการล้าง เปรียบเทียบผลกับตัวอย่างผักคะน้าเริ่มต้นและผักคะน้าจุ่มสารแต่ไม่ล้าง 39

รูปที่ 4.12 ประสิทธิภาพในการล้างผักคะน้าด้วยยูวีร่วมกับโอโซนต่อการลดสารตกค้างไซเพอร์เมทรินในผักคะน้าที่สร้างการปนเปื้อนบนผักคะน้าด้วยสารไซเพอร์เมทรินความเข้มข้น 175 ppm ใช้ระยะเวลาในการล้างเพิ่มขึ้นจาก30 45 และ 60 นาที แบบไม่เปลี่ยนน้ำตลอดระยะเวลาการล้างเปรียบเทียบผลกับตัวอย่างผักคะน้าเริ่มต้นและผักคะน้าจุ่มสารแต่ไม่ล้าง 40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ประเทศไทยจัดเป็นประเทศเกษตรกรรมซึ่งมีการเพาะปลูกพืชอาหารหลายประเภท เพื่อนำมาบริโภคทั้งภายในประเทศและส่งออก ดังนั้นคุณภาพและความปลอดภัยของผลผลิตทางการเกษตรจึง มีผลกระทบต่อเศรษฐกิจ และสุขภาพของผู้บริโภค ในปัจจุบันสารเคมีฆ่าแมลงเป็นสารกำจัดศัตรูพืชที่ใช้กันแพร่หลาย โดยสารเคมีที่นำเข้ามามากสุดคือ กลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต (Organophosphate) รองลงมาคือ คาร์บาเมต (Carbamate) ออร์กาโนคลอรีน (Organochlorine) และไพรีทรอยด์ (Pyrethroid) ซึ่งมีแนวโน้มในการใช้เพิ่มมากขึ้นทุกปี ในการเพิ่มผลผลิตที่มีคุณภาพ ปราศจากโรค และแมลงที่มาทำลายให้ผลผลิตเสียหาย จึงจำเป็นต้องใช้สารเคมีโดยเฉพาะพืชผักที่มักพบแมลงศัตรูพืชมาก เช่น หนอน เชื้อรา และเพลี้ย ทำให้เกษตรกรต้องใช้ยาฆ่าแมลง เพื่อไม่ให้ส่งผลให้ผักนั้นเสียหาย จากข้อมูลเครือข่ายเตือนภัยสารเคมีกำจัดศัตรูพืช เปิดเผยผลการตรวจสอบสารเคมีตกค้างในผัก และผลไม้ ในปี พ.ศ. 2560 พบว่า ถั่วฝักยาว และคะน้ามีสารเคมีตกค้างมากกว่าผักชนิดอื่นที่สุ่มตรวจ ที่มีการเก็บตัวอย่างผัก และผลไม้ 150 ตัวอย่าง ครอบคลุมใน 9 จังหวัด โดยภาพรวมมีสารเคมีตกค้างเกินมาตรฐาน ได้แก่ ถั่วฝักยาว คะน้า กะเพรา พริกแดง สารเคมีตกค้างมากไปน้อยตามลำดับ และเป็นสารเคมีชนิดที่ประเทศไทยแบน และไม่อนุญาตให้ขึ้นทะเบียน (เครือข่ายเตือนภัยสารเคมีกำจัดศัตรูพืช, 2560) ต่อมาในปี พ.ศ. 2562 เครือข่ายเตือนภัยสารเคมีกำจัดศัตรูพืช ได้เผยผลการตรวจผัก และผลไม้ โดยเก็บตัวอย่าง ทั้งหมด 286 ตัวอย่าง จากห้างค้าปลีก และตลาดสดทั่วไป โดยผักที่พบสารพิษตกค้างเกินค่ามาตรฐานมากที่สุด คือ ผักกวางตุ้ง คะน้า กระเพรา ผักชี พริก กะหล่ำดอก ตามลำดับ Thai-PAN ยังพบว่าสารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่ตกค้างมากที่สุด คือ สารฆ่าเชื้อรา คาร์เบนดาซิม (carbendazim) รองลงมาคือ ไซเบอร์เมทริน อิมิดาคลอร์ฟริด เอซอกซิสโตรบิน และคลอร์ไพริฟอส (เครือข่ายเตือนภัยสารเคมีกำจัดศัตรูพืช, 2562) ในปีต่อมาเครือข่ายเตือนภัยสารเคมีกำจัดศัตรูพืช ได้เผยผลการตรวจผักและผลไม้ประจำปี 2563 โดยสุ่มตรวจผัก ผลไม้ ทั้งหมด 509 ตัวอย่างจากทั่วประเทศ ประกอบด้วย ผลไม้ทั้งหมด 9 ชนิด และผักทั้งหมด 18 ชนิด ตัวอย่างที่สุ่มตรวจ พบว่า ผักที่มีการตกค้างเกินมาตรฐานมากที่สุด คือ มะเขือเทศผลเล็ก คะน้า พริกขี้หนู พริกแดง และขึ้นฉ่าย ตกค้างทั้งหมด 100 % โดยภาพรวมสถานการณ์ปัญหาการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในผัก และผลไม้ยังไม่ดีขึ้น (เครือข่ายเตือนภัยสารเคมีกำจัดศัตรูพืช, 2563) ในขณะเดียวกันผู้บริโภคประสบปัญหาสารพิษตกค้างในผัก เนื่องมาจากการใช้สารกำจัดศัตรูพืชที่ไม่ถูกต้องทำให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพของผู้บริโภคสารกำจัดศัตรูพืชที่ตกค้างในผัก โดยเฉพาะผักบางชนิด ที่มีการตรวจพบสารพิษตกค้างจำนวนมาก อาทิ ผักกะหล่ำปลี ผักกาดขาว ผักคะน้า ฯลฯ ทั้งนี้ผักคะน้าก็จัดเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ และนิยมนำมารับประทาน อีกทั้งยังพบการตกค้างของสารกำจัดศัตรูพืชตลอดระยะการปลูก เนื่องจากเป็นผักที่มักจะพบแมลงเป็นจำนวนมากจึงต้องมีการใช้สารกำจัดศัตรูพืชเข้าช่วยเกษตรกร ซึ่งผักเหล่านี้เป็นผักที่ประชาชนทั่วไปรับประทานอยู่เป็นประจำจึงทำให้เสี่ยงต่อการที่จะได้รับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารพิษตกค้างที่มีอยู่ในผักเป็นอย่างมาก และโรคที่มาพร้อมกับผักที่ปนเปื้อนสารพิษจะมีทั้งโรคชนิดที่เกิดแบบเฉียบพลันและโรคเรื้อรัง อาการเฉียบพลัน เช่น ปวดศีรษะ คลื่นไส้ อาเจียน หน้ามืด หายใจไม่ออก ปวดท้อง ท้องเสีย เป็นไข้ ตัวชา หรือแม้แต่หมดสติไป หรือที่เรียกว่า “อาหารเป็นพิษ” ส่วนโรคเรื้อรังของการได้รับสารพิษที่มาจากผัก ส่วนมากจะมาจากการได้รับสารจากยาฆ่าแมลง เช่น ทำให้เกิดโรคมะเร็ง โรคอัลไซเมอร์ โรคพาร์กินสัน โรคกระเพาะอาหาร เป็นต้น

ฉะนั้นเพื่อให้เกิดความมั่นใจในการรับประทานผักผลไม้อย่างปลอดภัย ก่อนนำไปรับประทานหรือปรุงอาหารต้องนำมาล้างให้สะอาดเสียก่อน ซึ่งในปัจจุบันก็มีวิธีการล้างผักอยู่หลายวิธี เช่น วิธีล้างผักผลไม้โดยการแช่น้ำ โดยให้น้ำไหลผ่าน นอกจากนั้นยังมีการใส่สารช่วยล้างให้เข้าไปในน้ำที่ล้างผักด้วย เช่น เกลือ น้ำปูนใส น้ำส้มสายชู โซเดียมไบคาร์บอเนต เป็นต้น แต่วิธีการล้างผักโดยทั่วไปเหล่านั้นยังไม่สามารถล้างผักและผลไม้ให้สะอาดหมดจด อีกทั้งยังไม่สามารถฆ่าเชื้อโรคที่ปนเปื้อนมากับผักและผลไม้ได้อีกด้วย การล้างด้วยระบบยูวีร่วมกับโอโซนจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่จะเพิ่มประสิทธิภาพในการล้างทำความสะอาด เนื่องจากระบบยูวีร่วมกับโอโซนจะทำให้เกิดไฮดรอกซิลอิสระ (Free Hydroxyl Radical) ที่สามารถช่วยลดกำจัดสารยาฆ่าแมลงตกค้างในผัก อีกทั้งหลอดยูวีและโอโซนมีคุณสมบัติในการฆ่าเชื้อโรคทั้งในน้ำและที่ปนเปื้อนมากับผัก จึงน่าจะทำให้การล้างผักคะน้าด้วยระบบน้ำไหลวนผ่านยูวีโอโซน ทำให้ผักคะน้าสะอาดมากขึ้น สามารถลดสารยาฆ่าแมลงตกค้างและเชื้อโรคได้ เหมาะสำหรับการบริโภคเป็นอย่างมาก รวมทั้งยังทำให้ได้ระบบล้างผักและผลไม้มีราคาไม่แพงที่ครัวเรือนทั่วไปสามารถหาซื้อได้ ดังนั้นวิธีการล้างผักคะน้าด้วยระบบยูวีร่วมกับโอโซนจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของการล้างให้ปลอดภัยต่อผู้บริโภคได้มากยิ่งขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาความสามารถในลดสารตกค้างในผักคะน้าด้วยวิธีการล้างด้วยยูวี โอโซน และยูวีร่วมกับโอโซน

1.2.2 ทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพของวิธีการล้างผักและผลไม้ที่เหมาะสม เพื่อลดการตกค้างจากสารยาฆ่าแมลง

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

ทำการสำรวจข้อมูลการตกค้างของสารยาฆ่าแมลง โดยการเก็บตัวอย่างจากแหล่งจำหน่ายผักคะน้าอินทรีย์ พันธุ์ใบแหลม สุ่มผักคะน้าอินทรีย์มาทำการตรวจสอบสารกำจัดศัตรูพืชในผักคะน้าเบื้องต้นก่อนนำไปล้างตามกรรมวิธีต่างๆ โดยใช้ชุดทดสอบ GT-pesticide test kit และ Pyrethroid Residual test kit เพื่อใช้เป็นตัวควบคุมในการทดสอบ จากนั้นมาทำการศึกษากรรมวิธีการล้างที่มีผลต่อการลดลงของสารยาฆ่าแมลงชนิดมาลาไทออน และไซเพอร์เมทริน โดยเตรียมตัวอย่างผักคะน้าอินทรีย์ 500 กรัม ซึ่งจะแยกผักคะน้าในส่วนที่เป็นใบและก้านที่มีขนาดใกล้เคียงกัน แล้วทำการสร้างการปนเปื้อนของสารยาฆ่าแมลง โดยนำผักไปแช่สารเป็นเวลา 30 นาที เพื่อให้ผักดูดซึมสารได้ทั่วถึง จากนั้นทำการผึ่งให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วนำผักคะน้าที่มีการปนเปื้อนสารยาฆ่าแมลงดังกล่าว ไปศึกษาวิธีการลดปริมาณสารตกค้างด้วยกรรมวิธีการล้าง 6 วิธี ได้แก่ การล้างด้วยน้ำประปา โซเดียมไบคาร์บอเนต โซเดียมไบคาร์บอเนต (แบบแช่) ยูวี โอโซน และยูวีร่วมกับโอโซน โดยเทคโนโลยีโอโซนในกระบวนการล้างทำความสะอาดผักคะน้า ความเข้มข้นของโอโซน 2 ppm ที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส การล้างน้ำที่ผ่านยูวี (UV) หลอดยูวีใช้ความยาวคลื่นที่ 254 นาโนเมตร และน้ำที่ใช้ล้างจะเป็นระบบน้ำไหลวน ใช้ระยะเวลาในการล้าง คือ 10, 20 และ 30 นาที แล้วทำการเก็บตัวอย่างน้ำหลังล้าง เพื่อตรวจวิเคราะห์การตกค้างของสารยาฆ่าแมลงในน้ำล้างผัก จากนั้นมาทำการศึกษาลักษณะทางกายภาพของผักคะน้าด้วยสายตา โดยเปรียบเทียบกับผักก่อนล้าง และนำผักคะน้าที่ผ่านการล้างด้วยกรรมวิธีต่าง ๆ มาทำการทดสอบสารเคมีตกค้างด้วยชุดทดสอบ GT-pesticide test kit และ Pyrethroid Residual test kit โดยขั้นตอนการทดสอบจะประกอบด้วย 3 ขั้นตอนใหญ่ ๆ คือ การสกัด การตรวจสอบ และการประเมินผล แล้วทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงของสีที่เกิดขึ้นในแต่ละหลอดทดลอง โดยใช้เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (Spectrophotometer) ที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร เปรียบเทียบสีที่เกิดระหว่างหลอดควบคุม หลอดตัดสิน และหลอดตัวอย่าง

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 สามารถนำเทคโนโลยียูวีร่วมกับโอโซนใช้ล้างผักชนิดอื่น ๆ ได้ เพื่อป้องกันการตกค้างของสารยาฆ่าแมลงที่มากับผัก ทำให้ผู้บริโภคได้รับความปลอดภัยจากการบริโภคเพิ่มมากขึ้น และได้บริโภคผักคะน้าที่มีคุณภาพ

1.4.2 ได้เทคโนโลยีใหม่ในการลดสารพิษตกค้างในผักได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
การตรวจเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 คะน้า

คะน้าเป็นผักชนิดหนึ่ง มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Brassica alboglabra* ต้นกำเนิดในทวีปเอเชีย และปลูกกันทั่วไปในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้เพราะปลูกมากในประเทศจีน (อรทัย และคณะ, ไม่ระบุปีที่พิมพ์) เป็นพืชล้มลุกในตระกูลกะหล่ำปลี สามารถปลูกได้ตลอดปี (ช่วงเวลาในการเพาะปลูกที่ได้ผลที่สุดในช่วงเดือนตุลาคม ถึง เมษายน) ระยะการเก็บเกี่ยวสั้น ลำต้นของคะน้า มีลำต้นตั้งตรงสูงประมาณ 30 เซนติเมตร ลำต้นอวบชุ่มน้ำ ใบมีสีเขียวเข้ม ส่วนของยอดมีลักษณะเป็นใบอ่อน คะน้ามีแนวโน้มการส่งออกสูงขึ้นตามความต้องการของตลาดทั้งภายใน และภายนอกประเทศ แต่ยังไม่เพียงพอต่อความต้องการของตลาด

คะน้าเป็นพืชผักใบเขียวที่นิยมรับประทานกันทั่วไป เป็นผักที่หาซื้อง่าย ราคาถูก แต่สิ่งที่ควรจะระวังเป็นพิเศษนอกจากการปนเปื้อนของยาฆ่าแมลงแล้ว อาจจะต้องระวังในเรื่องของธาตุแคดเมียมที่อาจจะปนเปื้อนมากับน้ำ และพื้นดินด้วย เพราะหากร่างกายได้รับเข้าไป มันจะเข้าไปสะสมในตับและไต ซึ่งจะเป็นพิษต่อตับและไต และก่อนนำมารับประทานควรล้างทำความสะอาดก่อนทุกครั้ง ด้วยการล้างน้ำสะอาดหลาย ๆ ครั้ง หรือจะล้างด้วยการใช้น้ำก๊อกไหลผ่านอย่างน้อย 2 นาที หรือจะใช้สารละลายอื่น ๆ เช่น น้ำยาล้างผัก น้ำส้มสายชูเกลือละลายน้ำ เป็นต้น ซึ่งผักคะน้านั้นได้ชื่อว่าเป็นผักที่พบสารพิษตกค้างหรือยาฆ่าแมลงมากที่สุด (กาญจนา, 2562) จากรายงานการวิจัยของ จารุพงศ์ และคณะ (2557) ได้ทำการวิเคราะห์สารพิษตกค้างในผัก และผลไม้เพื่อรับรองระบบปฏิบัติการทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืชในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน 11 จังหวัด ณ ห้องปฏิบัติการ จำนวน 36 ชนิด ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี และเครื่องไฮเปอร์ฟอร์แมนลิควิดโครมาโทกราฟ พบว่าชนิดของสารพิษตกค้างที่พบมากที่สุด คือ คลอร์ไพริฟอส รองลงมาคือ ไซเพอร์เมทริน เมโธมิล และคาร์บาริล ตามลำดับ พืชที่ตรวจพบสารพิษเกินค่ามาตรฐาน ได้แก่ กะหล่ำดอก ขึ้นฉ่าย คะน้า ผักชี ผักแพว พริก มะนาว มันแกว เห็ด และหอมแบ่ง

2.2 วัตถุอันตรายทางการเกษตร และสารพิษตกค้าง

วัตถุอันตรายทางการเกษตร (pesticide) หมายถึง สารที่มีจุดมุ่งหมายใช้เพื่อป้องกัน ทำลาย ดึงดูดขับไล่ หรือควบคุมศัตรูพืชและสัตว์ หรือพืชและสัตว์ที่ไม่พึงประสงค์ ไม่ว่าจะเป็นการใช้ระหว่างการเพาะปลูก การเก็บรักษา การขนส่ง การจำหน่าย หรือระหว่างกระบวนการผลิตสินค้าเกษตร อาหารหรืออาหารสัตว์ หรือเป็นสารที่อาจใช้กับสัตว์เพื่อควบคุมปรสิตภายนอก (ectoparasites) และให้หมายความรวมถึงสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช สารทำให้ใบร่วง สารทำให้ผลร่วง สารยับยั้งการแตกยอดอ่อน และสารที่ใช้กับพืชผลก่อนหรือหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อป้องกันการเสื่อมเสียระหว่างการเก็บรักษาและการขนส่ง แต่ไม่รวมถึงปุ๋ย สารอาหารของพืชและสัตว์ วัตถุเจือปนอาหาร วัตถุที่เติมในอาหารสัตว์ (feed additive) และยาสำหรับสัตว์ (มาตรฐานสินค้าเกษตร มกษ. 9002-2559)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารพิษตกค้าง (pesticide residue) หมายถึง สารตกค้างในสินค้าเกษตรที่เกิดจากการใช้วัตถุอันตรายทางการเกษตร และให้หมายความรวมถึงกลุ่มอนุพันธ์ของวัตถุอันตรายทางการเกษตรนั้น ได้แก่ สารจากกระบวนการเปลี่ยนแปลง (conversion products) สารจากกระบวนการสร้างและสลาย (metabolites) สารจากการทำปฏิกิริยา (reaction products) และสารที่ปนอยู่ในวัตถุอันตรายทางการเกษตร (impurities) ที่มีความเป็นพิษอย่างมีนัยสำคัญ (มาตรฐานสินค้าเกษตร มกษ. 9002-2559)

ปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด (maximum residue limit for pesticide; MRL) หมายถึง ปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุดที่มีได้ในสินค้าเกษตร กำหนดโดยคณะกรรมการมาตรฐานสินค้าเกษตร มีหน่วยเป็นมิลลิกรัมสารพิษตกค้างต่อกิโลกรัมสินค้าเกษตร (มาตรฐานสินค้าเกษตร มกษ. 9002-2559)

ปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุดที่ปนเปื้อนจากสาเหตุที่ไม่อาจหลีกเลี่ยงได้ (extraneous maximum residue limit for pesticide; EMRL) หมายถึง ปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุดที่จำกัดเฉพาะสารพิษตกค้างจากการใช้วัตถุอันตรายทางการเกษตรในอดีต ที่ยกเลิกการขึ้นทะเบียนใช้ในประเทศมาเป็นระยะเวลานานแล้วแต่เป็นสารพิษที่สลายตัวช้า จึงปนเปื้อนหรือสะสมในสิ่งแวดล้อมเป็นเวลานาน และยังคงตรวจพบสารพิษตกค้างในสินค้าเกษตรอยู่จึงจำเป็นต้องกำหนดปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุดไว้ (มาตรฐานสินค้าเกษตร มกษ. 9002-2559)

2.3 สารกำจัดศัตรูพืช

สารยาฆ่าแมลงเกือบทุกชนิดที่ใช้กันอย่างแพร่หลายเป็นสารที่มีต่อระบบประสาทรอบนอกของแมลง ซึ่งมีความซับซ้อนน้อยกว่าประสาทรอบนอกของสัตว์เลี้ยงด้วยนม ถ้าขาของแมลงและปีกของแมลงสัมผัสกับสารพิษจะสามารถซึมผ่านเข้าสู่เนื้อเยื่อด้านในส่งผลให้สารพิษกระจายเข้าสู่ร่างกายอวัยวะต่าง ๆ ของแมลงได้รวดเร็ว โดยจะไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ และส่อประสาท มีผลให้แมลงเป็นอัมพาต และตายในที่สุด ความเป็นพิษของสารกำจัดแมลงขึ้นอยู่กับชนิดของสารกำจัดแมลง และปริมาณที่ได้รับ (ธิติมา, 2561)

2.3.1 ประเภทของสารเคมีกำจัดศัตรูพืช และผลกระทบต่อสุขภาพ

สารเคมีกำจัดศัตรูพืช สามารถแบ่งแยกออกได้หลายประเภท (สำนักโรคจากการประกอบอาชีพ และสิ่งแวดล้อม, 2561) ดังนี้

- สารยาฆ่าแมลง ใช้ป้องกัน กำจัด หรือขับไล่ศัตรูพืช และสัตว์ เช่น กลุ่มออร์กาโนคลอรีน ออร์กาโนฟอสเฟต คาร์บาเมต ไพรีทรอยด์ ฯลฯ

ผลกระทบต่อสุขภาพ

หากได้รับในปริมาณความเข้มข้นสูงทันที ทำให้เกิดพิษเฉียบพลันพบอาการเวียนศีรษะ ปวดศีรษะ รูม่านตาหดเล็ก น้ำมูก น้ำตา น้ำลายและเหงื่อออกมาก อาเจียน ปวดท้อง ท้องเสีย หัวใจอาจเต้นช้าหรือเร็ว ความดันเลือดอาจต่ำหรือสูง กล้ามเนื้อเป็นตะคริว และอ่อนแรงรวมถึงอาจมีอาการหายใจแผ่ว บางรายอาจชัก ซึม หรือหมดสติอาการพิษเฉียบพลัน มักทำให้เกิดแผลในปาก เจ็บคอ กลืนลำบากอาเจียน ปวดท้อง แสบร้อนในอก ระยะต่อมาเกิดปัสสาวะออกน้อย ไตวาย ตับอักเสบ หายใจหอบเหนื่อย และมีอัตราการเสียชีวิตสูงจากระบบอวัยวะหลายระบบไม่ทำงานหากสัมผัสทางผิวหนัง ทำให้เกิดผิวหนังไหม้ แผลพุพอง ปวดแสบปวดร้อน และเล็บเปลี่ยนสีขาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือเหลือง ถ้าเข้าตาอาจเกิดแผล ผลกระทบต่อสุขภาพบางรายเกิดอัมพาตของเส้นประสาทสมองกรณีสัมผัสทางผิวหนังพบอาการผื่นคันแสบร้อนชาบริเวณที่สัมผัส (สำนักโรคจากการประกอบอาชีพ และสิ่งแวดล้อม, 2561)

- สารกำจัดวัชพืช ใช้เพื่อทำลายหรือยับยั้งการเจริญเติบโตของวัชพืช เช่น พาราควอท ไกลโฟเสต เป็นต้น

ผลกระทบต่อสุขภาพ

อาการพิษเฉียบพลัน มักทำให้เกิดแผลในปาก เจ็บคอ กลืนลำบากอาเจียน ปวดท้อง แสบ ร้อนในอก ระยะต่อมาเกิดปัสสาวะออกน้อย ไตวาย ตับอักเสบ หายใจหอบเหนื่อย และมีอัตราการเสียชีวิตสูงจากระบบอวัยวะหลายระบบไม่ทำงานหากสัมผัสทางผิวหนัง ทำให้เกิดผิวหนังไหม้ แผลพุพอง ปวดแสบปวดร้อน และเล็บเปลี่ยนสีขาวหรือเหลือง ถ้าเข้าตาอาจเกิดแผลที่กระจกตา (corneal ulcer) อาการพิษเรื้อรัง มักเกิดจากการสัมผัสทางผิวหนัง โดยมีอาการผื่นคัน ผิวหนังไหม้ตาดำอักเสบ น้ำตาไหลมากบางรายมีเลือดกำเดาไหล (สำนักโรคจากการประกอบอาชีพ และสิ่งแวดล้อม, 2561)

- สารกำจัดเชื้อรา ใช้ป้องกัน กำจัด และฆ่าเชื้อรา เชน แคปแทน ฯลฯ

ผลกระทบต่อสุขภาพ

หากได้รับในปริมาณมาก ๆ หรือความเข้มข้นสูงทำให้เกิดพิษเฉียบพลัน มักพบอาการ คอแห้ง แสบจมูก ไอ เคืองตา ตาแดง คันตามผิวหนัง มีจุดขาวที่ผิวหนัง และผื่นแดง

- สารกำจัดหนูหรือสัตวกัดแทะอื่น ซิงค์ฟอสไฟด์ วอร์ฟาริน ฯลฯ

ผลกระทบต่อสุขภาพ

หากได้รับในปริมาณมาก ๆ หรือความเข้มข้นสูงทำให้เกิดพิษเฉียบพลัน มักพบอาการ คอแห้ง แสบจมูก ไอเคืองตา ตาแดง คันตามผิวหนัง มีจุดขาวที่ผิวหนัง และผื่นแดง

2.3.2 สารเคมีกำจัดศัตรูพืชถูกแบ่งออกเป็นกลุ่ม ตามลักษณะทางเคมี

โดยมีกลุ่มหลัก ๆ ต่อไปนี้

- สารกำจัดแมลงกลุ่มออร์แกโนคลอรีน (Organochlorine insecticides) สารกลุ่มนี้เป็นสารเคมีที่มีความหลากหลายโดยมีส่วนประกอบของไฮโดรเจน คาร์บอน และคลอรีน สารกลุ่มนี้ละลายได้ดีในไขมัน และมีอัตราการสลายตัวช้า ในปัจจุบันถูกระงับใช้อันเนื่องมาจากความเป็นพิษสูงและการตกค้างสะสมในสภาวะแวดล้อมเป็นเวลานาน ชนิดของสารเคมีในกลุ่มนี้ที่นิยมใช้กันมาก ได้แก่ ดีดีที (DDT), ดีลดริน (Dieldrin), ออลดริน (Aldrin), ท็อกซาฟีน (Toxaphene), คลอเดน (Chlordene) และลินเดน (Linda) (กรมควบคุมโรค กองโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม, ไม่ระบุปีที่พิมพ์)

- สารกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต (Organophosphate insecticides) สารกลุ่มนี้เป็นสารที่มีฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบที่สำคัญ และเป็นสารที่ละลายได้ในน้ำ สลายตัวง่ายในธรรมชาติ จึงมีพิษตกค้างน้อย มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดศัตรูพืชได้สูง บางชนิดก็มีพิษต่อคน บางชนิดก็มีพิษต่อสัตว์ โดยมีความเป็นพิษต่อการทำงานของเอนไซม์ในระบบประสาท ซึ่งส่วนใหญ่สารในกลุ่มนี้จะนำไปใช้ทั้งในครัวเรือน และอุตสาหกรรม สารกลุ่มนี้นำไปใช้เพื่อกำจัดแมลง และศัตรูพืชชนิดต่าง ๆ ชนิดของสารเคมีในกลุ่มนี้ที่นิยมใช้กันมาก ได้แก่ มาลาไทออน (Malathion), เฟนนิโตรไธออน (Fenitrothion) และคลอร์ไพริฟอส (Chlopyriphos) เป็นต้น (กรมควบคุมโรค กองโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม, ไม่ระบุปีที่พิมพ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สารกำจัดแมลงกลุ่มคาร์บาเมต (Carbamate insecticides) เป็นสารที่มีอะตอมของไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ ละลายได้ดีในสารละลายอินทรีย์ บางชนิดละลายได้ดีในน้ำ ส่วนใหญ่สารกลุ่มนี้จะใช้เพื่อกำจัดแมลง เชื้อโรคพืช มีคุณสมบัติคล้ายกับกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต คือไม่สะสมในสิ่งมีชีวิต สามารถดูดซึมในพืชได้นาน เช่น คาร์บาริล (Carbaryl), คาร์โบฟูราน (carbofuran), เมโท-มิล (Methomyl) เป็นต้น (กรมควบคุมโรค กองโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม, ไม่ระบุปีที่พิมพ์)

- สารกำจัดแมลงกลุ่มไพรีทรอยด์ (Pyrethroid insecticides) เป็นสารสังเคราะห์เลียบแบบไพรีทริน มีกลไกออกฤทธิ์เช่นเดียวกับกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต คือเป็นพิษต่อสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมค่อนข้างต่ำ สลายตัวได้ง่ายเป็นสารที่มีพิษตกค้างน้อยที่สุด มักใช้ร่วมกับสารกำจัดแมลงชนิดอื่น ๆ ได้แก่ เดลตาเมธริน (Deltamethrin), เพอร์เมธริน (Permethrin), ไซเพอเมทริน (Cypermetrin) (กรมควบคุมโรค กองโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม, ไม่ระบุปีที่พิมพ์)

ประเภทของการออกฤทธิ์ (นิรมล และสานิตา, 2559)

1. สารกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต (Organophosphate) จะรวมตัวกับเอนไซม์อะเซทิลโคลีนเอสเทอเรสอย่างถาวร (irreversible) ทำให้เกิดการสะสมของอะเซทิลโคลีนที่บริเวณต่าง ๆ ได้แก่ sympatheticganglion, para sympathetic ganglion และบริเวณที่ติดต่อระหว่างประสาทและกล้ามเนื้อ ตามปกติเมื่ออะเซทิลโคลิน ซึ่งเป็นสารสื่อประสาทชนิดหนึ่งที่ออกฤทธิ์ตรงบริเวณซินแนปส์หรือที่ปลายประสาท แล้วจะถูกทำลายด้วยเอนไซม์โคลีนเอสเทอเรส แต่การรวมตัวระหว่างฟอสเฟตอินทรีย์ในสารกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตกับเอนไซม์โคลีนเอสเทอเรสอย่างถาวร จะทำลายฤทธิ์เอนไซม์นี้ทำให้เกิดการคั่งของปริมาณของอะเซทิลโคลีนมากมายที่บริเวณแนปส์หรือปลายประสาท ทำให้เพิ่มการเกิด Depolarization ของ Postsynapticmembrane อยู่ตลอดเวลา ทำให้เกิดการกระตุ้นเซลล์ประสาทอย่างมากมาย โดยเฉพาะในระบบพาราซิมพาเตติก และระบบที่ควบคุมการเคลื่อนไหวของร่างกาย กล้ามเนื้อจะกระตุกสั่นจนเกิดอาการเกร็ง แต่หากความเข้มข้นของอะเซทิลโคลินเพิ่มมากเกินไปจะทำให้เกิดฤทธิ์ตรงข้าม คือ เกิดอาการอ่อนเพลียมากจนทำให้เป็นอัมพาตทั้งประสาท และกล้ามเนื้อลายจะได้รับผลกระทบจากพิษมากกว่ากล้ามเนื้อเรียบ (นิรมล และสานิตา, 2559)

2. สารกำจัดแมลงกลุ่ม คาร์บาเมต (Carbamate) มีสูตรโครงสร้างที่มีไนโตรเจนประกอบ และมีลักษณะโครงสร้างที่คล้ายคลึงกับสารกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ดังนั้นกลไกการออกฤทธิ์และพิษจึงคล้ายคลึงกับสารกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต แต่มีข้อแตกต่างกัน คือ การเกิดพิษเนื่องจากการดูดซึมผ่านผิวหนังของสารกำจัดแมลงกลุ่มคาร์บาเมต จะน้อยกว่ามาก แต่ก็ใช้หลักการเดียวกัน สารกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะเซทิลโคลีนเอสเทอเรสแบบถาวร ส่วนกลุ่มคาร์บาเมตยับยั้งไม่ถาวร อาการของโรคที่เกิดจากกลุ่มคาร์บาเมตจะรุนแรงน้อยกว่า และมีระยะเวลาสั้นกว่า สารกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตผ่านระบบประสาทส่วนกลางได้ดีส่วนกลุ่มคาร์บาเมตไม่ผ่าน ดังนั้นจึงไม่พบอาการทางสมอง เช่น ชัก หรือ ถึงขั้นโคม่า (นิรมล และสานิตา, 2559)

3. สารกำจัดแมลงกลุ่ม ออร์กาโนคลอรีน (Organochlorine) จะทำให้เกิดการกระตุ้นให้โซเดียมไหลเข้าเซลล์ได้มากกว่าปกติทำให้เกิดการกระตุ้นกล้ามเนื้อหรือส่วนต่าง ๆ ขึ้น ส่วนสารในกลุ่มไซโคลไดอีนส์และกลุ่มเฮ็กซาคลอไรด์ไซโคลเฮกเซน ซึ่งจะออกฤทธิ์แรงกว่าสารในกลุ่ม ดีดีที (DDT) โดยจะออกฤทธิ์ยับยั้งสารสื่อประเภท GABA ทำให้สมองถูกกระตุ้นมากขึ้น (นิรมล และสานิตา, 2559)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. สารกำจัดแมลงกลุ่ม Pyrethrum และสารสังเคราะห์ Pyrethroids มีกลไกออกฤทธิ์เช่นเดียวกับสารพวกออร์กาโนคลอรีน แต่ฤทธิ์น้อยกว่า มักใช้สารกำจัดแมลงกลุ่มนี้เพื่อกำจัดแมลงในบ้านเรือน เพราะออกฤทธิ์ให้เกิดอัมพาตในแมลงอย่างรวดเร็ว ส่วนใหญ่มีพิษต่อสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมค่อนข้างต่ำ สารกลุ่มนี้ออกฤทธิ์ในการกำจัดแมลงโดยเกิดพิษที่ระบบประสาทของแมลง แต่สำหรับสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมรวมทั้งมนุษย์พบว่า เมื่อเข้าสู่ร่างกายจะถูกเปลี่ยนแปลงและถูกขับถ่ายออกโดยไม่สะสมในเนื้อเยื่อต่าง ๆ ของร่างกาย ส่วนในสิ่งแวดล้อม ดิน และพืชจะเสื่อมสลายอย่างรวดเร็ว (นิรมล และสานิตา, 2559)

2.3.3 ระดับความเป็นพิษของวัตถุอันตราย

องค์การอนามัยโลก (World Health Organization; WHO) ได้จัดแบ่งระดับความเป็นอันตรายของวัตถอันตรายโดยพิจารณาจากระดับความเป็นพิษเฉียบพลัน (LD_{50}) ของสารหรือผลิตภัณฑ์ (The WHO Recommended Classification of Pesticides by Hazard and Guidelines to Classification) ค่าความเป็นพิษเฉียบพลัน (LD_{50}) หมายถึง ค่าตัวเลขที่แสดงเป็นจำนวนมิลลิกรัมของสารต่อกิโลกรัมของน้ำหนักตัวที่ทำให้สัตว์ทดลองตายร้อยละ 50 ถ้าค่า LD_{50} สูง ความเป็นพิษของวัตถุอันตรายจะน้อยลง การจำแนกความเป็นพิษเฉียบพลันของวัตถุอันตรายตาม WHO แบ่งออกเป็น 4 ชั้น ดังตารางที่ 2.1 และอาการเกิดพิษของวัตถุอันตรายแต่ละกลุ่ม ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.1 การจำแนกความเป็นพิษเฉียบพลันของวัตถุอันตราย

ระดับชั้น	LD_{50} สำหรับหนูทดลอง มีหน่วย มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของน้ำหนักตัว			
	ทางปาก		ทางผิวหนัง	
	สถานะของแข็ง	สถานะของเหลว	สถานะของแข็ง	สถานะของเหลว
I เอ มีพิษร้ายแรงมาก	5 หรือน้อยกว่า	20 หรือน้อยกว่า	10 หรือน้อยกว่า	40 หรือน้อยกว่า
I บี มีพิษร้ายแรง	มากกว่า 5-50	มากกว่า 20-200	มากกว่า 10-100	มากกว่า 40-400
II มีพิษปานกลาง	มากกว่า 50-500	มากกว่า 200-2,000	มากกว่า 100-1,000	มากกว่า 400-4,000
III มีพิษน้อย	มากกว่า 500	มากกว่า 2,000	มากกว่า 1,000	มากกว่า 4,000

หมายเหตุ: ของแข็ง และของเหลว หมายถึง ลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์หรือสูตรตำรับ

ที่มา: สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยากระทรวงสาธารณสุข กลุ่มควบคุมวัตถุอันตราย (2559)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 อาการเกิดพิษของวัตถุอันตรายแต่ละกลุ่ม

กลุ่ม	อาการการเกิดพิษ
กลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต 1. ไดคลอร์วอส หรือดีดีวีพี (dichlorvos or DDVP) 2. มาลาไทออน (malathion) 3. เทเมฟอส (temephos) 4. คลอร์ไพริฟอส (dieldrin) 5. ไดอะซินอน (heptachlor)	1. กรณีที่ได้รับพิษไม่รุนแรง จะมีอาการอ่อนเพลีย ปวดศีรษะ ตาพร่ามัว เหงื่อและน้ำลายออกมาก คลื่นไส้อาเจียน ท้องเสีย 2. กรณีที่ได้รับพิษที่รุนแรงปานกลาง จะมีอาการเดินไม่ไหว อ่อนเพลีย แน่นหน้าอก รูม่านตาหรี่ จะมีอาการคล้ายกรณีที่ได้รับไม่รุนแรงแต่อาการแรงขึ้น 3. กรณีที่ได้พิษรุนแรงมาก มีอาการหมดสติ รูม่านตาหรี่มาก กล้ามเนื้อกระตุก น้ำลายไหลมาก หายใจติดขัด โคม่า และเสียชีวิตได้
กลุ่มคาร์บาเนต 1. โพรพอกเซอร์ (propoxur) 2. คาร์บาริล (carbaryl) 3. เบนไดโอคาร์บ (bendiocarb)	มีอาการเช่นเดียวกับผู้ที่ได้รับพิษในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต
กลุ่มออร์กาโนคลอรีน 1. ลินเดน (Indane) 2. อัลดริน (aldrin) 3. คลอร์เดน (chlordane) 4. ดีลดริน (dieldrin) 5. เฮพตาคลอร์ (heptachlor) 6. บีเอชซี (BHC)	1. เมื่อได้รับพิษในสารกลุ่มนี้จะเข้าไปกระตุ้นระบบประสาทอย่างรุนแรงทำให้เกิดอาการปวดศีรษะ คลื่นไส้อาเจียน มึนงง กล้ามเนื้อขาดการประสานงาน ทำให้เกิดอาการสั่น ถ้าอาการรุนแรงอาจจะชักได้ 2. ถ้ากรณีได้รับพิษที่มีอาการรุนแรงมาก อาจจะหมดสติได้
กลุ่มไพรีทรอยด์สังเคราะห์ 1. อัลเลทริน (allethrin) 2. ไบโออัลเลทริน (bioallethrin) 3. ไบโอเรสเมทริน (bioresmethin) 4. ไซเพอร์เมทริน (cypermethrin) 5. เพอร์เมทริน (permethrin) 6. ไซฟลูอิน (cyfluthrin)	1. เมื่อได้รับพิษในสารกลุ่มนี้เข้าไป จะมีอาการคัน ผื่นแดง บางรายมีอาการจาม คัดจมูก โดยเฉพาะในรายที่เคยเป็นโรคหอบ เมื่อสูดหายใจเอาวัตถุอันตรายกลุ่มนี้เข้าไปจะมีอาการหอบปรากฏขึ้นมาอีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

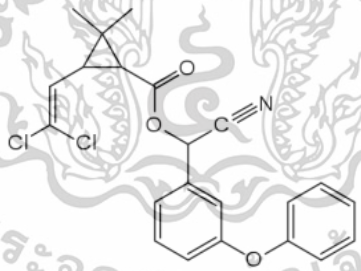
ตารางที่ 2.2 อาการเกิดพิษของวัตถุอันตรายแต่ละกลุ่ม (ต่อ)

กลุ่ม	อาการการเกิดพิษ
กลุ่มไพรีทรอยด์สังเคราะห์ (ต่อ)	2. กรณีบางรายได้รับพิษของในสารกลุ่มนี้จำนวนมาก จะทำให้มีอาการชักกระตุก กล้ามเนื้อกระตุก และขั้นสุดท้ายจะเป็นอัมพาต

ที่มา: สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยากระทรวงสาธารณสุข กลุ่มควบคุมวัตถุอันตราย (2559)

2.3.4 สารไซเพอร์เมทริน

เป็นสารกำจัดแมลงในกลุ่มไพรีทรอยด์ (Pyrethroid) เป็นสารที่สังเคราะห์ขึ้นเลียนแบบธรรมชาติซึ่งสกัดได้จากดอกเบญจมาศ มีความไวทางชีวภาพสูง ทำให้ไม่มีพิษสะสมในร่างกายจึงเป็นพิษต่อคนและสัตว์น้อยมาก แต่เป็นพิษต่อแมลงสูง โดยมีฤทธิ์ทำลายระบบประสาทของแมลง ข้อเสียคือ แมลงสร้างความต้านทานต่อสารพิษได้เร็ว และทำให้มีการระบาดในภายหลังซึ่งจะร้ายแรงกว่าเดิม เป็นสารที่มีพิษตกค้างน้อยที่สุดสลายตัวได้เร็ว จึงนิยมใช้ร่วมกับสารกำจัดแมลงอื่นซึ่งเป็นที่นิยมใช้ของเกษตรกรเนื่องจากออกฤทธิ์ต่อแมลงศัตรูพืชได้กว้าง ไซเพอร์เมทริน เป็นสารเคมีกำจัดแมลงที่มีความเป็นพิษระดับปานกลาง (Class II : Moderately hazardous) นิยมใช้ในการป้องกันกำจัดหนอนเจาะสมอฝ้าย หนอนใยผัก เพลี้ยจั๊กจั่น เพลี้ยอ่อนมวนแดง ฯลฯ จึงใช้ได้กว้างในข้าว พืชไร่ พืชผัก ผลไม้ และไม้ดอก เป็นต้น ชื่อการค้าที่พบการใช้มาก เช่น พาราคอน, ฟรองค์ 35, ใบเนต 10 และ น๊อคทริน 35 (ปริยานุช, ไม่ระบุปีที่พิมพ์)



รูปที่ 2.1 โครงสร้างของสารไซเพอร์เมทริน

ที่มา: https://en.wikipedia.org/wiki/Cypermethrin.

ในปัจจุบันบริษัทผู้ผลิตได้มีการนำสารทั้งสองชนิด คือ สารคลอไพริฟอส (Chlorpyrifos) และไซเพอร์เมทริน (Cypermethrin) มาผสมกันซึ่งเป็นที่นิยมใช้ของเกษตรกรเป็นอย่างมาก เนื่องจากสามารถควบคุมแมลงได้หลากหลายและสะดวก

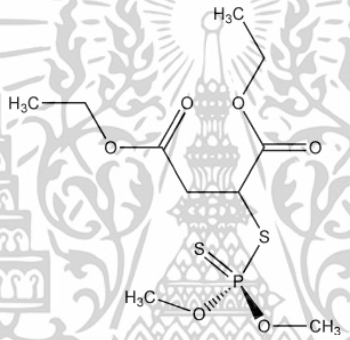
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาการที่เกิดจากพิษของสารเคมีกำจัดแมลง

อ่อนเพลีย ปวดศีรษะและเมื่อยตามตัว แน่นหน้าอก หายใจหอบ กล้ามเนื้อกระตุก ม่านตารี่ เหงื่อออกมาก คลื่นไส้ อาเจียน ท้องร่วง หากได้รับสารเคมีกำจัดแมลงในปริมาณที่มีความเข้มสูงจะเกิดพิษแบบเฉียบพัน อาจชักหมดสติ หยุดหายใจและถึงตายได้ สำหรับพิษแบบเรื้อรัง ทำให้เป็นหมัน เสื่อมสรรมถภาพทางเพศ และเป็นมะเร็งในที่สุด

2.3.5 สารมาลาไทออน

เป็นสารกำจัดแมลงในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต (Organophosphate) โดยสารมาลาไทออนเป็นสารสังเคราะห์ เป็นของเหลวสีเหลืองถึงสีน้ำตาล ละลายได้เล็กน้อยในน้ำจัดอยู่ในกลุ่มสารกำจัดแมลงที่มีความเป็นพิษ class III (อันตรายเล็กน้อย-slightly hazardous) นิยมใช้ป้องกันกำจัดเพลี้ยอ่อน เพลี้ยไฟ เพลี้ยจักจั่น เพลี้ยแป้ง หนอนใยผัก หนอนกระทู้ แมลงหวี่ขาว หนอนคืบ ฯลฯ (สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยากระทรวงสาธารณสุข กลุ่มควบคุมวัตถุอันตราย, 2559)



รูปที่ 2.2 โครงสร้างของสารมาลาไทออน

ที่มา: http://oldweb.pharm.su.ac.th/chemistry-in-life/d022_2.html.

อาการที่เกิดจากพิษของสารเคมีกำจัดแมลง

ในกรณีที่ได้รับพิษไม่รุนแรง จะมีอาการอ่อนเพลีย ปวดศีรษะ ตาพร่ามัว เหงื่อและน้ำลายออกมาก คลื่นไส้ อาเจียน ท้องเสีย ถ้าในกรณีที่ได้รับพิษที่รุนแรงปานกลาง จะมีอาการเดินไม่ไหว อ่อนเพลีย แน่นหน้าอก รูม่านตาหรี่ ส่วนกรณีที่ได้พิษรุนแรงมาก มีอาการหมดสติ รูม่านตาหรี่มาก กล้ามเนื้อกระตุก น้ำลายไหลมาก หายใจติดขัด โคม่า และเสียชีวิตได้

2.3.6 การตรวจสอบสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้าง

การตรวจสอบสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างในอาหาร ด้วยวิธีมาตรฐาน ที่ได้รับความนิยมในการตรวจสอบสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างบนผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร ได้แก่ เทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟฟี-แมสสเปกโทรเทรี (GC-MS/MS) เนื่องจากเป็นเทคนิคที่ไวในการวิเคราะห์ ซึ่งสามารถวิเคราะห์สารที่สนใจได้ในระดับไมโครกรัมต่อกิโลกรัม หรือน้อยกว่า สำหรับการวิเคราะห์ด้วย วิธี GC-MS จำเป็นต้องมีขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างก่อนนำมาวิเคราะห์ แต่วิธี Quick-Easy-Cheap-Effectiveness- Rugged-Safe (QuEChERS) เป็นวิธีที่สามารถทำได้สะดวก รวดเร็ว และมีขั้นตอนไม่ยุ่งยากซับซ้อน (นิรมล และคณะ, ไม่ระบุปีที่พิมพ์) ส่วนในการตรวจตามภาคสนามนิยมใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการตรวจสอบเบื้องต้น อย่างง่ายและมีความรวดเร็วอย่าง เช่น ชุดน้ำยาตรวจสอบยาฆ่าแมลง หรือ ชุดตรวจวิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืช GT-pesticide test kit และ Pyrethroid Residual test kit กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข เพื่อตรวจสอบชนิดของสารกำจัดศัตรูพืชที่ตกค้าง ซึ่งสามารถตรวจสอบสารกำจัดศัตรูพืชได้ 4 กลุ่ม คือ ออร์กาโนฟอสเฟต คาร์บาเมต ออร์กาโนคลอรีน และไพรีทรอยด์

2.3.7 ปริมาณการลดลงของสารเคมีตกค้างจากแต่ละวิธีการล้าง

ปัจจุบันประชาชนมีความตื่นตัวเรื่องสุขภาพกันมากขึ้น โดยหันมาออกกำลังกาย และรับประทานอาหารสุขภาพที่มีประโยชน์ อย่างไรก็ตามปัญหาสารตกค้างในผัก และผลไม้ยังเป็นภัยร้ายที่พบบ่อยในชีวิตประจำวัน โดยเฉพาะสารที่รู้จักกันดีในชื่อของสารกำจัดแมลงและยาฆ่าหญ้า สารทั้งสองชนิดนี้จัดเป็นประเภทของสารกำจัดศัตรูพืชซึ่งเป็นสารที่มีการใช้ในภาคเกษตรกรรม เพื่อกำจัดสิ่งมีชีวิตอื่นที่เป็นอันตราย หรือก่อให้เกิดความเสียหายต่อผลผลิตทางการเกษตร สำหรับในประเทศไทยมีความพยามที่จะยกเลิกการใช้สารพาราคอต ไกลโฟเซต และคลอร์ไพริฟอส เนื่องจากสารดังกล่าวเป็นสารเคมีอันตราย และสะสมก่อให้เกิดโรคได้ เช่น โรคไต โรคมะเร็ง โรคตับ และพัฒนาการเด็ก โดยมีแนวทางการป้องกันตนเองเพื่อให้เกิดความปลอดภัยในการบริโภค ที่ประชาชนสามารถทำได้เพื่อลดปริมาณสารเคมีตกค้าง ทำได้โดยการล้างผักและผลไม้ให้สะอาดก่อนนำไปรับประทานหรือนำไปประกอบอาหารด้วยวิธีการต่าง ๆ (ลีลา, 2562) ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 การล้างผักด้วยวิธีการต่าง ๆ

วิธีการ	วิธีการปฏิบัติ	ร้อยละการลดปริมาณสารพิษ
การใช้โซเดียมไบคาร์บอเนต	ใช้ 1 ช้อนโต๊ะ ผสมน้ำอุ่น 20 ลิตร แช่ไว้ 15 นาที และล้างด้วยน้ำสะอาดปริมาณมาก เพื่อไม่ให้ผงฟูตกค้าง	90-95 %
การใช้น้ำส้มสายชู	กรดน้ำส้มความเข้มข้นร้อยละ 5 ผสมน้ำในอัตราส่วน 1 ต่อ 10 แช่ไว้ 10-15 นาที และล้างด้วยน้ำสะอาดในปริมาณมาก	60-84 %
การล้างด้วยน้ำไหล	เปิดน้ำความแรงพอประมาณให้ไหลผ่านผักหรือผลไม้ที่บรรจุไว้ในตะแกรงโปร่ง นาน 2 นาที และใช้มือช่วยถูใบผักหรือผิวผลไม้	25-63 %
การปอกเปลือกหรือลอกเปลือกชั้นนอก	ลอกใบชั้นนอกของผัก หรือปอกเปลือกผลไม้ และล้างด้วยน้ำสะอาดในปริมาณมาก	27-72 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 การล้างผักด้วยวิธีการต่าง ๆ (ต่อ)

วิธีการ	วิธีการปฏิบัติ	ร้อยละการลดปริมาณสารพิษ
การต้มหรือลวกด้วยน้ำร้อน	ลวกหรือต้มผักด้วยน้ำร้อน อาจสูญเสียวิตามินที่ละลายน้ำ และไม่ทนความร้อน เช่น วิตามินบี และวิตามินซี เป็นต้น	50%
การใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	ใช้ 1 ช้อนชา ผสมน้ำ 4 ลิตร แช่ไว้ 10 นาที และล้างด้วยน้ำสะอาดปริมาณมาก	30-35%
การใช้ด่างทับทิม	ใช้ 20-30 เกร็ด ผสมด้วยน้ำ 4 ลิตร แช่ไว้ 10 นาที และล้างด้วยน้ำสะอาดปริมาณมาก ควรใช้ในปริมาณที่ระบุ เพราะหากใช้มากเกินไปจะระคายเคืองระบบทางเดินอาหาร ระบบทางเดินหายใจ และถ้าเข้าตาอาจตาบอดได้	35-43%
การแช่น้ำซาวข้าว	แช่ในน้ำซาวข้าวนาน 10 นาที และล้างด้วยน้ำสะอาดปริมาณมาก	35-43%
การใช้เกลือป่น	ใช้ 1 ช้อนชา ผสมน้ำ 4 ลิตรแช่ไว้ 10 นาที และล้างด้วยน้ำสะอาดปริมาณมาก	27-38%
การแช่ในน้ำยาล้างผัก	ใช้น้ำยาความเข้มข้นร้อยละ 0.3 ผสมกับน้ำ 4 ลิตร แช่ไว้ 15 นาที และล้างด้วยน้ำสะอาดปริมาณมาก	27-75%

ที่มา : (ลีลา, 2562)

2.3.8 การควบคุมการใช้สารกำจัดศัตรูพืชทางการเกษตร

การควบคุมการใช้สารกำจัดศัตรูของประเทศไทย ตามพระราชบัญญัติมาตรฐานสินค้าเกษตร พ.ศ. 2559 เนื่องจากประเทศไทยกำลังเร่งพัฒนาสินค้าทางการเกษตรเพื่อให้ได้ตามมาตรฐานจึงมีประกาศใช้ในพระราชบัญญัติฉบับนี้กับสินค้าเกษตรหลายชนิด ซึ่งขณะที่ยังไม่มีมาตรฐานการบังคับใช้สารกำจัดศัตรูพืชทำให้สินค้าทางการเกษตรด้อยคุณภาพไม่ปลอดภัยต่อผู้บริโภค จึงสมควรให้มีการกำหนดมาตรฐานและการตรวจสอบ และรับรองมาตรฐานสินค้าเกษตรขึ้น เพื่อป้องกันความเสียหายต่อผู้บริโภค และเศรษฐกิจทางการค้า ตามมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติของประเทศไทย ได้ออกประกาศกำหนด เรื่อง สารพิษตกค้าง: ปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด มีข้อกำหนดปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุดในคะน้า ตามวัตถุอันตรายทางการเกษตร (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2559) ในการตรวจสอบสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างในผลผลิตทางการเกษตร จะมีค่ามาตรฐานค่าหนึ่งที่ใช้เป็นเกณฑ์ คือ ค่าปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด หรือเรียกว่า Maximum Residue Limits (MRLs) โดยแสดงค่าปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุดที่ใช้วัตถุอันตรายทางการเกษตรของผักคะน้า ดังตารางที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 ค่าปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด (MRLs) ที่ใช้วัตถุอันตรายทางการเกษตรที่ใช้ในผักคะน้า

สินค้าทางการเกษตร	วัตถุอันตรายทางการเกษตร	ปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด (MRLs) มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (mg/kg)
ผักคะน้า	คลอโรทาโลนิล (chlorothalonil)	4
	เดลทาเมทริน (deltamethrin)	2
	ไดไทโอคาร์บาเมต (dithiocarbamates)	15
	ไดอะซินอน (diazinon)	0.05
	เฟนวาลีเรต (fenvalerate)	3
	มาลาไทออน (Malathion)	3
	เมทาแลกซิล (metalaxyl) หรือเมทาแลกซิลเอ็ม (metalaxyl M)	2
	อะบาเมกติน (abamectin)	0.01
ผักตระกูลกะหล่ำ	ไซเพอร์เมทริน (Cypermethrin)	1

ที่มา: สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2559 และประกาศกระทรวงสาธารณสุข เลขที่ 387 พ.ศ. 2560 เรื่อง อาหารที่มีสารพิษตกค้าง

2.4 โอโซน (O_3)

2.4.1. สมบัติทางเคมี

โอโซน คืออะตอมของออกซิเจน 3 อะตอมรวมกันเป็น 1 โมเลกุลของโอโซน (O_3) ตามปกติออกซิเจนจะประกอบกันในลักษณะ 2 อะตอม เป็น 1 โมเลกุล (O_2) จะคงสภาพอยู่ได้หลายสภาวะ หรือกล่าวได้ว่ามีความเสถียร แต่ก๊าซโอโซนจะไม่คงตัวหรือไม่เสถียร เนื่องจากปัจจัยต่าง ๆ เช่น อุณหภูมิ ความร้อน ความดัน และการสัมผัสกับสารที่มีพลังงานต่ำกว่าจะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น (Oxidation) อย่างรวดเร็ว โอโซนเป็นก๊าซธรรมชาติที่ปราศจากสีและมีพลังงานในการทำปฏิกิริยาออกซิเดชั่นสูง โดยไม่เหลือสารยาฆ่าแมลงตกค้างใด ๆ นอกจากออกซิเจน แก๊สโอโซนเป็นตัวออกซิไดส์ที่ดีมาก และในขณะเดียวกันก็เป็นสารที่ไม่อยู่ตัว มักจะสลายเป็นแก๊สออกซิเจนได้ง่าย ข้อสำคัญที่ทำให้โอโซนมีความปลอดภัย คือคนสามารถได้กลิ่นของโอโซน หากมีความเข้มข้นตั้งแต่ 0.01 ppm มีกลิ่นแรงมากขึ้น เมื่อความเข้มข้นโอโซนมากขึ้น ดังนั้นคนจะไม่สามารถทนต่อกลิ่นของโอโซนได้ก่อนที่โอโซนจะมีผลกระทบต่อสุขภาพ (วราภา และคณะ, 2554) ซึ่งโอโซนเป็นตัวออกซิไดซ์ที่แรงกัดกร่อนพื้นผิววัสดุได้จึงใช้กับพื้นที่ผิวที่ทนการกัดกร่อน นอกจากนี้โอโซนเป็นอันตรายต่อมนุษย์หากได้รับที่ความเข้มข้นเกิน 4 ppm เป็นเวลาต่อเนื่อง (วิสิฐ, 2564)

การล้างโดยใช้โอโซน ต้องคำนึงถึงปริมาณโอโซนตกค้าง (Residual ozone) อยู่ในน้ำ เพราะถ้าไม่พบปริมาณโอโซนที่ตกค้างในน้ำก็จะไม่มีผลในการใช้งาน (ปิยะวิทย์, ไม่ระบุปีที่พิมพ์) ดังนี้

- ปริมาณโอโซนที่เครื่องผลิตโอโซนผลิตได้ ต้องมีปริมาณเพียงพอในการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ความเข้มข้นที่เครื่องผลิตโอโซนผลิตได้ เมื่อเปรียบเทียบกับอากาศที่ใช้ในการผลิตความเข้มข้นสูงเพียงพอ เนื่องจากความเข้มข้นของโอโซนที่เครื่องผลิตโอโซนที่ใช้ผลิตจะมีผลต่อปริมาณโอโซนที่ผลิตได้

- ปริมาณโอโซนที่ตกค้างในน้ำ จะเป็นตัวทำปฏิกิริยาโดยตรงกับสิ่งปนเปื้อนในน้ำ ฉะนั้นโอโซนที่ละลายน้ำต้องมีความเข้มข้นเพียงพอ

- ระบบผสมโอโซนกับน้ำ เนื่องจากโอโซนที่ผลิตได้จากเครื่องผลิตโอโซนจะอยู่ในสถานะก๊าซ ต่างจากสถานะน้ำ จึงจำเป็นต้องมีระบบผสมเพียงพอที่จะทำให้โอโซนละลายน้ำได้ดี

2.4.2 วิธีการผลิตโอโซน

วิธีการที่นิยมใช้ในการผลิตโอโซน มีอยู่ 4 วิธี (อาลักษณ์, 2561) ดังนี้

- Coronadischarge เป็นวิธีจำลองการเกิดโอโซน (O_3) ตามปรากฏการฟ้าผ่าในธรรมชาติ โดยใช้กับกระแสไฟฟ้าความต่างศักย์สูงทำลายโมเลกุลของออกซิเจน (O_2) แล้วจึงลดพลังงานโมเลกุลลง เพื่อเอื้อให้เกิดการจับของโมเลกุลออกซิเจนอิสระได้เป็นโอโซน (O_3) ในที่สุด วิธีนี้นิยมมากต้นทุนต่ำ และสร้างโอโซนได้มาก

- UV Radiation เป็นวิธีจำลองการเกิดโอโซน (O_3) ในธรรมชาติกล่าวคือใช้แสงยูวี ความยาวคลื่นสั้นโดยเฉพาะที่ 254 นาโนเมตร ซึ่งจะมีพลังงานมากพอที่จะทำให้โมเลกุลของออกซิเจน (O_2) ไม่เสถียร ได้เป็นโมเลกุลออกซิเจนอิสระแล้วจึงสร้างโอโซน (O_3) ได้ใหม่ วิธีนี้มีต้นทุนสูงและผลิตโอโซน (O_3) ได้น้อยกว่า

- Electrolysis วิธีนี้ทำโดยให้กระแสไฟฟ้าวิ่งในตัวนำไฟฟ้าที่มีสถานะเป็นของเหลว (Electrolyte) เช่น น้ำหรือ H_2SO_4 วิธีนี้มีประสิทธิภาพในการผลิตโอโซน (O_3) ไม่ดีเท่าที่ควรยังต้องการการพัฒนากันต่อไป

- Radiochemical ใช้สารกัมมันตรังสี (Radioactive) เป็นแหล่งพลังงาน เพื่อแยกโมเลกุลออกซิเจน (O_2) เป็นวิธีที่ผลิตโอโซน (O_3) ได้ปริมาณมากต้นทุนต่ำแต่ต้องมีการควบคุมความปลอดภัยที่ดีพอ

2.4.3 การนำโอโซนมาใช้ประโยชน์ในภาคอุตสาหกรรมอาหาร ได้ดังนี้

- ใช้ล้างวัตถุดิบ (Raw material cleaning) โดยใช้เป็นสารฆ่าเชื้อใช้ได้กับวัตถุดิบหลายชนิด เช่น ผัก ผลไม้ สมุนไพร และเนื้อสัตว์

- ใช้ทำความสะอาด (cleaning) เพื่อฆ่าเชื้อ กำจัดสารตกค้าง สถานที่ผลิต สถานที่เก็บรักษาอาหาร อุปกรณ์ที่ใช้แปรรูป การขนส่ง ขนถ่าย

- ใช้ฆ่าเชื้อบรรจุภัณฑ์ เช่น ใช้โอโซน 20 ppm แทนการใช้คลอรีน เพื่อฆ่าเชื้อขวดบรรจุภัณฑ์น้ำดื่มในภาชนะที่ปิดสนิท

- ใช้ในการรม (Fumigation) เพื่อควบคุมแมลงที่ติดอยู่บนผิวของอาหาร

- กำจัดแก๊สแอทิลีน (Ethylene) เพื่อชะลอการสุกของผลไม้ได้

- ใช้บำบัดน้ำเสีย (Waste water treatment) โดยทำการปรับสภาพน้ำที่ใช้แล้ว เพื่อนำกลับมาใช้อีก

- การล้างสารยาฆ่าแมลงออกจากผักผลไม้ด้วยโอโซน เช่น โอโซนมีผลทำให้สามารถลดสารยาฆ่าแมลงได้ เนื่องจากการที่โครงสร้างของสารยาฆ่าแมลงของกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตมีหมู่ P=S เป็นองค์ประกอบสามารถถูกออกซิไดส์ด้วยโอโซน เข้ามาทำให้หมู่ P=S เป็นหมู่ P=O ซึ่งสารประกอบมีพันธะ P=O สามารถถูกออกซิไดส์ได้เร็ว โดยปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสมีผลทำให้สารตกค้างของสารยาฆ่าแมลงของกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตลดลงได้ (วิญญู, 2542)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้สารยาฆ่าแมลงเพื่อป้องกันและกำจัดศัตรูพืช มีความจำเป็นอย่างยิ่งในการผลิตพืชทางการเกษตร เพื่อป้องกันความเสียหายที่เกิดขึ้นกับพืชผัก หากกระบวนการเก็บเกี่ยวและการจัดจำหน่ายไม่รัดกุมเพียงพอ มีความเป็นไปได้สูงที่จะมีการตกค้างของสารยาฆ่าแมลง โอโซนสามารถขจัดสารยาฆ่าแมลงได้ดีกว่าการล้างด้วยวิธีการอื่น ๆ ไม่ทิ้งสิ่งตกค้างของโลหะหนักเพราะโอโซนจะสลายตัวออกเป็นออกซิเจน มีรายงานการใช้น้ำโอโซนในการล้างสารยาฆ่าแมลงตกค้าง หรือสารปนเปื้อนออกจากผัก ผลไม้ และเนื้อสัตว์ต่าง ๆ ได้

2.5 แสงอัลตราไวโอเลต (Ultraviolet Light)

แหล่งกำเนิดของรังสียูวีนั้น มีทั้งทางจากธรรมชาติและจากสิ่งที่มนุษย์ประดิษฐ์ขึ้นมา แต่แหล่งกำเนิดรังสียูวีที่สำคัญคือ ดวงอาทิตย์และคนส่วนใหญ่จะได้รับรังสียูวีจากแสงแดด แต่เนื่องจากชั้นของบรรยากาศได้ลดลง มนุษย์และสิ่งแวดล้อมจึงได้รับรังสยูวีเพิ่มมากขึ้น สำหรับสุขภาพของมนุษย์ รังสียูวี มีทั้งข้อดี และข้อเสีย คือ หากได้รับรังสีในขนาดต่ำจะเป็นประโยชน์ต่อการสร้างวิตามินดี แต่ถ้าได้รับมากเกินไปเป็นเวลานานจะมีผลในการทำลายระบบภูมิคุ้มกัน ของร่างกายรวมถึงผิวหนังตาและก่อให้เกิดมะเร็งไบโอโมเลกุลในร่างกายซึ่งดูดซึมรังสียูวีจะเกิดปฏิกิริยาขั้นปฐมภูมิคือเกิดการเปลี่ยนแปลง โมเลกุลเล็กน้อย หรือเกิดการเปลี่ยนแปลงทางโมเลกุลโดยสิ้นเชิง ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้จะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วแต่มีผลต่อเนื่องในระยะยาว DNA เป็นโมเลกุลสำคัญที่ถูกทำลายได้ด้วยรังสี UVB (280-315 nm) และ UVC (100-280 nm) จากการเฝ้าสังเกตการณ์ พบว่าเมื่อเซลล์ prokaryotic และ eukaryotic ได้รับรังสียูวี (UV) จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของเซลล์ เช่น เซลล์ตาย โครโมโซมเปลี่ยนแปลง เกิดการกลายพันธุ์ และเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างเซลล์ (อารักษ์, 2561) แสงยูวีใช้เป็นวิธีการฆ่าเชื้อโรคในน้ำตั้งแต่กลางคริสต์ศตวรรษที่ 20 แสงยูวีที่มีความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร จะทำให้แบคทีเรีย ไวรัส และโปรโตซัว เช่น Crytosporidium โดยทำลายพันธะโมเลกุลของอาร์เอ็นเอและดีเอ็นเอเพื่อให้เกิด dimers ซึ่งทำให้เชื้อโรคไม่สามารถเจริญสืบพันธุ์ต่อได้

โดยขั้นตอนการใช้งานจะประกอบด้วย เติมน้ำประปาลงในอ่างล้างผักและผลไม้จนถึงระดับที่กำหนดไว้ ใส่ผักและผลไม้ลงไป ปิดฝา เปิดสวิตช์ ปั๊มน้ำจะดูดน้ำพร้อมอากาศเติมเข้าไปในน้ำ ผักและผลไม้จะหมุนวนอยู่ภายในอ่างทำให้สารเคมี เศษหิน ดิน ทรายและเชื้อโรคที่ปนเปื้อนมากับผักและผลไม้หลุดกระเด็นออกจากผักและผลไม้ แสงยูวีจะทำหน้าที่ฆ่าทำลายเชื้อโรคทั้งในน้ำและที่ผิวของผักและผลไม้ที่แสงยูวีส่องถึง เมื่อครบกำหนดเวลา เครื่องจะหยุดทำงาน เปิดวาล์วปล่อยน้ำทิ้ง พร้อมจัดเก็บผักและผลไม้

2.6 เทคโนโลยียูวีร่วมกับโอโซน (UV/Ozone)

เทคโนโลยีวีร่วมกับโอโซน จัดเป็นระบบการทำความสะอาดฆ่าเชื้อแบบ Advanced Oxidation Process (AOP) โดยจะอาศัยปฏิกิริยา Photo catalytic จากแสงอัลตราไวโอเลตร่วมกับโอโซนเกิดเป็นรูปอนุมูลอิสระไฮดรอกซิล เป็นระบบน้ำไหลวนและฆ่าเชื้อด้วยแสงยูวีร่วมกับโอโซน โดยระบบน้ำไหลวนที่มีฟองอากาศผสมกับน้ำไหลวน จะทำให้เศษหิน ดิน ทราย ที่ปนเปื้อนมากับผักหลุดกระเด็นออกจากผักได้ โดยกลไกการสลายตัวของสารกำจัดศัตรูพืชเกิดจากการเข้าทำปฏิกิริยาระหว่างโมเลกุลของสารกำจัดศัตรูพืชกับโมเลกุลของก๊าซโอโซน

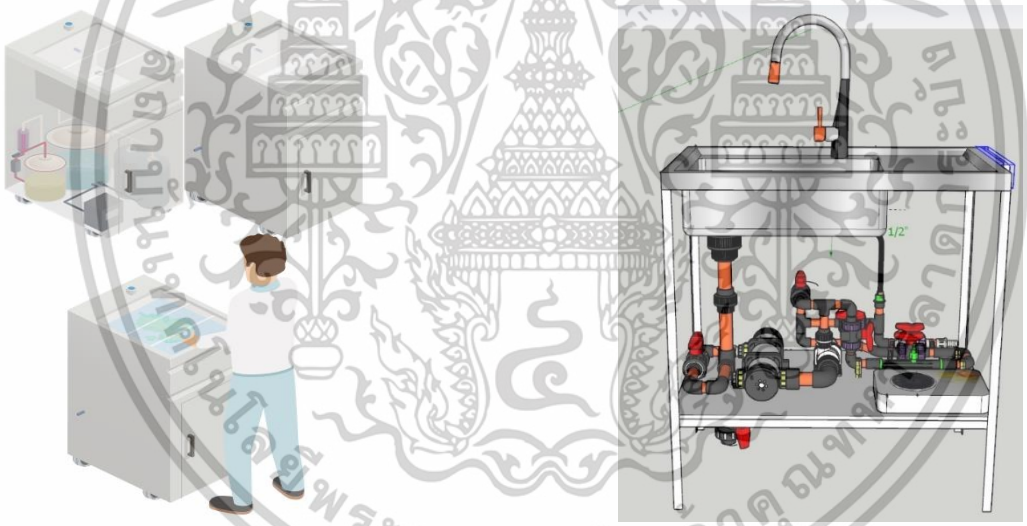
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยตรง จากนั้นทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระของหมู่ไฮดรอกซิล (OH^-) ที่เกิดจากการสลายตัวของโอโซนในน้ำ การสลายตัวในน้ำของโอโซนจะเพิ่มขึ้น เมื่อความเป็นด่างเพิ่มขึ้นทำให้โอโซนทำปฏิกิริยากับน้ำและไฮดรอกไซด์ไอออน (OH^-) เกิดเป็นไฮดรอกซิลแรดดิคอลในปริมาณมาก โดยในการสลายตัวของโอโซนในน้ำจะมีไฮดรอกไซด์ไอออน (OH^-) เป็น Promoter ของปฏิกิริยาการสลายตัวของโอโซน และการทำงานของแสงยูวีจะช่วยในการฆ่าเชื้อโรคในระบบน้ำล้าง ทำให้ผักมีความปลอดภัยในการลดเชื้อโรคได้ นอกจากนี้การใช้โอโซนในการสลายพันธะของสารเคมีที่มีโครงสร้างซับซ้อนจะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่สามารถย่อยสลายได้ง่ายขึ้น (Ayala et al., 2010) โดยผู้ทำวิจัยมีแบบจำลองในการสร้างเครื่องล้างผักโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยี UV/Ozone ดังภาพที่ 2.3

ข้อดีของการทำงานร่วมกันระหว่างยูวี และโอโซน

1. ประสิทธิภาพการกำจัดของกระบวนการ ยูวีกับโอโซนร่วมกัน มักจะมีประสิทธิภาพสูงกว่าการกำจัดด้วยสารที่เป็นส่วนผสมในการล้างทำความสะอาดและยูวีอย่างเดียว

2. กระบวนการยูวีกับโอโซนร่วมกันมีประสิทธิภาพมากขึ้นในการสร้างอนุมูลไฮดรอกซิลมากกว่ากระบวนการ H_2O_2 กับโอโซนที่รวมกันเพื่อให้ความเข้มข้นของออกซิเจนเท่ากัน (Glaze, 1987)



รูปที่ 2.3 นวัตกรรมเครื่องล้างผักโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยี UV/Ozone เพื่อลดการปนเปื้อนของสารยาฆ่าแมลงยกระดับคุณภาพความปลอดภัยในการบริโภค

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปัทมา และคณะ (2561) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของน้ำยาล้างผัก 3 ยี่ห้อ ในการลดชนิดของสารกำจัดศัตรูพืช และลดปริมาณฟอร์มาลีนที่ตกค้างในผัก 5 ชนิด คือ กะหล่ำปลี ถั่วฝักยาว มะเขือเปราะ โหระพา และพริกชี้ฟ้า จากตลาดสด 1 แห่ง และห้างสรรพสินค้า 1 แห่ง ในอำเภอเมือง จังหวัดสุราษฎร์ธานี พบว่า ผักทั้ง 5 ชนิด พบสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างในกลุ่มออร์กาโนและคาร์บาเมต ชนิด Cabofuran, Carbaryl และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Chlorfenvinphos และกลุ่มออร์กาโนคลอรีนและไพรีทรอยด์ ชนิด Endrin, DDT และ Endrosulfan ในน้ำยาล้างผักทั้ง 3 ยี่ห้อ ไม่สามารถล้างสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีนได้

ธิติมา (2561) ได้ศึกษาเกี่ยวกับประสิทธิภาพของวิธีการล้างผักเพื่อกำจัดสารตกค้างคาร์บาริลบนคะน้าหลังจากฉีดพ่นคาร์บาริล (2 กรัมต่อน้ำ 2 ลิตร) เป็นเวลา 1 วัน สุ่มเก็บตัวอย่างผักคะน้าจากแปลงปลูกพืช และล้างน้ำประปาเพื่อกำจัดเศษดินที่ปนเปื้อนและวางให้แห้งที่อุณหภูมิ 28-29 องศาเซลเซียส สารทำความสะอาด คือ น้ำประปาไหลผ่าน 5 นาที 5% โซเดียมไบคาร์บอเนต 5% น้ำยาล้างผักและผลไม้ทางการค้าสวนจิตรลดา และ 5% น้ำยาล้างจานทางการค้า เปรียบเทียบกับการไม่ล้าง พบว่า ปริมาณการตกค้างของสารคาร์บาริลลดลง เมื่อใช้สารทำความสะอาดล้างผัก ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การลดลงของสารตกค้างคาร์บาริลที่ล้างด้วย 5% น้ำยาล้างจานทางการค้า มีประสิทธิภาพในการลดสารตกค้าง คาร์บาริลได้สูงที่สุด เท่ากับ 71.7% รองลงมา คือ การล้างด้วย 5% น้ำยาล้างผักโครงการหลวง เท่ากับ 65.7% และ การล้างด้วยน้ำประปาไหลผ่านและ 5% โซเดียมไบคาร์บอเนต เท่ากับ 55.9% และ 59.3% ตามลำดับ

ราเมศ และพิมพ์ใจ (2559) ศึกษาการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการล้างเพื่อขจัดสารเคมีกำจัดแมลงตกค้างในผัก 4 วิธี ได้แก่ การล้างน้ำธรรมดา ล้างด้วยโซเดียมไบคาร์บอเนต ล้างด้วยด่างทับทิม และล้างด้วยน้ำส้มสายชู ในการทดลองใช้สารเคมีกำจัดแมลง 3 กลุ่ม คือ กลุ่มออร์กาโนฟอตเฟต กลุ่มคาร์บอเนต และ และนำผักที่ได้มาขจัดสารเคมีกำจัดแมลงตกค้าง โดยวิธีการล้างน้ำธรรมดา ล้างด้วยโซเดียมไบคาร์บอเนต กลุ่มออร์กาโนคลอรีน ทำการทดลองศึกษาโดยปลูกผัก 3 ชนิด คือ ผักคะน้า ผักกวางตุ้ง และผักกาดขาวปลี ในแปลงเกษตร ล้างด้วยด่างทับทิม และล้างด้วยน้ำส้มสายชู และเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการล้างทั้ง 4 วิธี ผลการทดลองพบว่า วิธีการล้างด้วยโซเดียมไบคาร์บอเนตมีประสิทธิภาพในการขจัดสารเคมีกำจัดแมลงตกค้างในกลุ่มออร์กาโนฟอตเฟตมากที่สุด โดยปริมาณของสารเคมีกำจัดแมลงตกค้างที่ขจัดได้สำหรับผักคะน้า ผักกวางตุ้ง และผักกาดขาวปลี คิดเป็นร้อยละ 71.9 74.2 และ 74.6 ตามลำดับ รองลงมาคือวิธีการล้างด้วยน้ำธรรมดา โดยปริมาณของสารเคมีกำจัดแมลงตกค้างที่ขจัดได้สำหรับผักคะน้า ผักกวางตุ้ง และผักกาดขาวปลี คิดเป็นร้อยละ 49.7 53.9 และ 52.5 ตามลำดับ สำหรับวิธีที่มีประสิทธิภาพในการขจัดสารกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีน โดยปริมาณของสารเคมีกำจัดแมลงตกค้างที่ขจัดได้สำหรับผักคะน้า ผักกวางตุ้ง และผักกาดขาวปลี คิดเป็นร้อยละ 34.2 41.1 และ 48.1 ตามลำดับ สรุปได้ว่าวิธีการล้างด้วยโซเดียมไบคาร์บอเนต มีประสิทธิภาพเมื่อเปรียบเทียบวิธีการล้าง 4 วิธี

อเนก และธวัชชัย (2555) ได้ศึกษาวิธีการลดปริมาณสารฆ่าแมลงที่ตกค้างเป็นจำนวนมากเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารละลายด่างทับทิม และน้ำยาล้างผักทางการค้า 3 ชนิด คือ Sodiumbicab, Hemwadee และ St Andrew ผลการทดลองพบว่า การใช้สารละลายด่างทับทิมความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณเมโธมิลในผักคะน้าได้ดีที่สุด คือ 68.69 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ น้ำยาล้างผักทางการค้า St Andrew, Hemwadee และ Sodiumbicab ซึ่งสามารถลดปริมาณเมโธมิลในผักคะน้าได้ เท่ากับ 52.15, 49.36 และ 46.56 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

Wu et al. (2007) ได้ศึกษาการกำจัดสารกำจัดศัตรูพืชในกวางตุ้งด้วยน้ำโอโซน จะพิจารณาผลของโอโซนต่อการลดประสิทธิภาพของสารกำจัดศัตรูพืช 4 ชนิด คือ เมทธิลพาราไธออน, พาราไธออน, ไดอะซินอน และไซเพอร์เมทริน สารกำจัดศัตรูพืชเหล่านี้เป็นชนิดที่ถูกควบคุมปริมาณการใช้และตรวจพบในตัวอย่างผัก ทำการทดลองโดยการสร้างการปนเปื้อนสารกำจัดศัตรูพืชลงบนผัก พบว่าสารละลายโอโซนที่ความเข้มข้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ppm อุณหภูมิ 14 องศาเซลเซียส เวลาสัมผัสกับสารละลายโอโซน เวลา 15 นาที การลดของสารได้ที่ 27-34% และเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายโอโซนเป็น 2 ppm ที่สภาวะเดียวกัน พบว่ามีประสิทธิภาพในการลดลงเพิ่มขึ้นเป็น 30-54% สารละลายโอโซนความเข้มข้นเป็น 2 ppm ที่อุณหภูมิ 14 องศาเซลเซียส เมื่อเพิ่มเวลาในการสัมผัสกับสารละลายโอโซนเป็น 30 นาที สามารเพิ่มประสิทธิภาพการลดเพิ่มขึ้นอีก 45-61% ดังนั้น สารละลายความเข้มข้น 2 ppm เวลาในการสัมผัสกับสารละลายโอโซนเป็น 30 นาที อุณหภูมิ 14 องศาเซลเซียส สามารถลดสารเมทธิลพาราไธออน, พาราไธออน, ไดอะซินอน และไซเพอร์เมทริน เท่ากับ 24.8, 19.7, 36.2 และ 44.3% ตามลำดับ ในขณะที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส สามารถลดสารเมทธิลพาราไธออน, พาราไธออน, ไดอะซินอน และไซเพอร์เมทริน เท่ากับ 47.9, 55.3, 53.4 และ 61.1% ตามลำดับ

Rawn et al. (2008) ได้ศึกษาการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชของกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในแอปเปิ้ล ทำการเก็บตัวอย่างแอปเปิ้ลหลังจากฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตวันที่ 21, 45 และ 96 ตามลำดับ โดยมีการแบ่งแอปเปิ้ลในการทดลอง แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 นำแอปเปิ้ลไปผ่านการล้างด้วยน้ำสะอาดธรรมดา พร้อมการปอกเปลือก และกลุ่มที่ 2 นำแอปเปิ้ลไปผ่านการล้างด้วยน้ำสะอาดไว้ที่อุณหภูมิห้อง วิเคราะห์หาปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่ลดลงด้วยวิธีการวิเคราะห์โดย Gas Chromatography (GS) พบว่า การล้างด้วยน้ำสะอาดธรรมดา พร้อมการปอกเปลือก สามารถลดปริมาณสารตกค้างลงได้ 74.5-97.9% ในขณะที่การล้างด้วยน้ำสะอาดที่อุณหภูมิห้อง สามารถลดปริมาณสารตกค้างลงได้ 13.5-28.7%

จากรายงานการวิจัยของ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงขุนวาง ศูนย์ผลิตผลโครงการหลวงแม่เหียะ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) และบริษัท อิสเทิร์น ไทยคอนซัลติ้ง 1992 จำกัด ได้ทำการศึกษาเทคโนโลยีการประยุกต์การใช้โอโซนทำลายเชื้อโรคในผลิตภัณฑ์ผักสด ผลการทดลองพบว่า การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีด้วยใช้โอโซน เพื่อฆ่าเชื้อโรค *Escherichia coli* มีประสิทธิภาพสูงมาก โดยสามารถลดปริมาณเชื้อในผักกาดหวาน และผักฮ่องเต้ ลดได้ถึง 98.5 และ 87% ตามลำดับ นอกจากนั้น ยังสามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผักให้คงสภาพความสด และไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงของสีได้ ไม่ต่ำกว่า 5 วัน ซึ่งจะคงสภาพสดได้นานกว่าการไม่ล้างน้ำ หรือการล้างด้วยน้ำเปล่า ทั้งนี้เมื่อมีการล้างผักด้วยน้ำโอโซนจะทำให้เกิดความสดเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด

มงคล (ไม่ระบุปีที่พิมพ์) ได้ศึกษาการสร้างและทดสอบการล้างผักและผลไม้ระบบน้ำไหลวนและฆ่าเชื้อโรคด้วยแสงยูวี ทำการศึกษาการออกแบบ สร้าง และทดสอบ เครื่องล้างผักและผลไม้ระบบน้ำไหลวนและฆ่าเชื้อโรคด้วยแสงยูวี เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูลวิจัย คือ แบบบันทึกข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล ใช้ผลการทดลองเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน ผลการทดลองพบว่า เครื่องล้างผักและผลไม้ระบบน้ำไหลวนและฆ่าเชื้อโรคด้วยแสงยูวี สามารถล้างผักคะน้าและกะหล่ำปลีซึ่งก่อนการล้างพบสารเคมีตกค้างในระดับไม่ปลอดภัยมากที่สุด แต่หลังการล้างภายในระยะเวลา 5 นาที พบสารเคมีแต่อยู่ในระดับปลอดภัย และภายในระยะเวลา 7 นาทีขึ้นไปไม่พบสารเคมีตกค้างในผักคะน้าและกะหล่ำปลี

Whangchi et al. (2011) ได้ศึกษาผลของโอโซนต่อการลดสารตกค้างจากยาฆ่าแมลงในลิ้นจี่ พันธุ์จักรพรรดิ นำลิ้นจี่พันธุ์จักรพรรดิมาแช่ในสารละลายคลอร์ไพริฟอส กลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตมาจุ่มสารคลอร์ไพริฟอสความเข้มข้น 40 กรัม ต่อน้ำ 2 ลิตร นาน 10 นาที และผึ่งให้แห้ง จากนั้นนำไปลดปริมาณสารคลอร์ไพริฟอสด้วยวิธีก๊าซโอโซน ความเข้มข้น 2 มิลลิลิตรต่อลิตร นาน 10 นาที และแช่น้ำโอโซนอัตรา 1,000 มิลลิกรัม นาน 1 ชั่วโมง เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวลา 10, 20, 30 และ 60 นาที แล้วนำไปวิเคราะห์ปริมาณสารพิษตกค้าง ทำการทดสอบด้วยชุดทดสอบสารพิษ GT-pesticide test kit พบว่าประสิทธิภาพของโอโซนต่อการลดปริมาณสารคลอร์ไพริฟอส ที่เวลา 10 นาที ไม่สามารถลดสารพิษตกค้างได้ ในเวลา 20, 30 และ 60 นาที สามารถลดสารพิษตกค้างได้ 29.37, 39.14 และ 64.47 ตามลำดับ

วัฒน์สิทธิ์ และคณะ (2547) ได้ศึกษาการใช้โอโซนในการลดปริมาณสารพิษตกค้างเอ็นโดซัลแฟนในผักกาดขาว วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (RCB) และทำการฉีดพ่นผักกาดขาวด้วยสารเอ็นโดซัลแฟน 35% w/v EC ในอัตราความเข้มข้นตามคำแนะนำ 3 ครั้ง ห่างกันครั้งละ 7 วัน ใน 3 สัปดาห์สุดท้ายก่อนการเก็บเกี่ยว และทำการเก็บเกี่ยวหลังจากการฉีดพ่นครั้งสุดท้าย 5 วัน หลังจากนั้นทำการลดปริมาณสารเอ็นโดซัลแฟนในผักกาดขาวที่เวลา 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 และ 40 นาที ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ผลการวิจัยพบว่า การล้างผักกาดขาวโดยใช้น้ำที่ละลายด้วยโอโซนเป็นเวลา 25 นาที มีประสิทธิภาพสูงสุดสามารถลดปริมาณสารเอ็นโดซัลแฟนตกค้างได้ 71.93%

Lozowicka et al. (2016) ได้ศึกษาการล้างสตรอเบอรี่เพื่อลดสารเคมีกำจัดศัตรูพืช 16 ชนิด โดยวิธีการล้างด้วยการจุ่มน้ำ นาน 15 นาที โดยทำการล้างด้วยน้ำโอโซน 1,000 มิลลิกรัม นาน 30 นาที ล้างด้วยเครื่องอัลตราโซนิกส์ และการต้มน้ำใช้อุณหภูมิที่ 70 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที วิเคราะห์ปริมาณสารเคมีกำจัดศัตรูพืชด้วยวิธี Gas Chromatography (GC) พบว่า การล้างด้วยน้ำโอโซนมีปริมาณการลดของสารเคมีจาก 36.1 เป็น 75.1% มากกว่าการล้างน้ำประปา การลดของสารเคมีลดจาก 19.8 เป็น 68.1% ในส่วนของการต้มลดลงจาก 42.8 เป็น 92.9% การล้างด้วยเครื่องอัลตราโซนิกส์จะสามารถลดปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างได้ถึง 91.2% ลดลงมากที่สุดจากหลายวิธี จากข้อมูลแสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพการล้างสตรอเบอรี่ด้วยวิธีการล้างด้วยเครื่องอัลตราโซนิกส์ สามารถลดปริมาณสารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่ตกค้าง 16 ชนิดได้ดีที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบ

3.1.1 ผักคะน้า ขนาดอยู่ระหว่าง 10-12 นิ้ว ลำต้นมีลักษณะอวบ กาบใบไม่ห่อแน่น ใบสดสีตรงตามลักษณะสายพันธุ์ ลักษณะของใบไม่บอบช้ำมาก ได้มาจากแหล่งปลูกผักคะน้าอินทรีย์ เพื่อใช้ในการสำรวจข้อมูลการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชเบื้องต้น

3.1.2 วัตถุดิบผักคะน้ามีการจัดเก็บที่อุณหภูมิไม่เกิน 10 องศาเซลเซียส เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการศึกษาการล้างเพื่อลดสารมาลาไทออนและไซเพอร์เมทรินในผักคะน้า

3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ

3.2.1 อุปกรณ์

3.2.1.1 ที่วางหลอดทดลองสแตนเลส (Test tube rack)

3.2.1.2 หลอดทดลอง (Test tube)

3.2.1.3 ถาดอะลูมิเนียมสำหรับวางผัก (Stainless Tray)

3.2.1.4 อุปกรณ์ใช้สำหรับบดตัวอย่าง ได้แก่ มีด เขียงพลาสติก

3.2.1.5 กรวยกรองแก้ว (Glass Funnel)

3.2.1.6 ปากคีบสแตนเลส (Forceps Stainless)

3.2.1.7 ถุงมือยาง (Latex Glove)

3.2.1.8 หน้ากากอนามัย (Surgical Mask)

3.2.1.9 กะละมังพลาสติก (Plastic Basin)

3.2.1.10 บีกเกอร์ (Beaker)

3.2.1.11 ไมโครปิเปต (Micropipettes) หรือ ออโต้ปิเปต (Autopipettes) หลายปริมาตร

3.2.1.12 ถุงพลาสติกใสชนิดพอลิเอทิลีนแบบเจาะรู (Polyethylene) ขนาด 20 x 30 นิ้ว

3.2.1.13 ถุงพลาสติกใสชนิดโพลีโพรพิลีน (Polypropylene) ขนาด 7 x 11 นิ้ว

3.2.1.14 อุปกรณ์อื่น ๆ ในชุดตรวจสารพิษตกค้าง GT-pesticide test kit และชุดน้ำยาตรวจสารพิษตกค้าง Pyrethroid Residual test kit

3.2.1.15 กระดาษกรอง Whatman No.1

3.2.2 เครื่องมือ

3.2.2.1 เครื่องวัดค่าดูดกลืนแสง (Spectrophotometer)

3.2.2.2 เครื่องล้างผักที่ประกอบด้วยถังโอโซน ความเข้มข้น 2 ppm และหลอดยูวี 220 V 6 วัตต์ มีความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 เครื่องมือ (ต่อ)

3.2.2.3 อ่างควบคุมอุณหภูมิ (Water bath)

3.2.2.4 เครื่องปั๊มลม (Air Compressor Pump)

3.2.2.5 เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง (Balance)

3.2.2.6 เครื่องเขย่าสาร (Vortex Mixer)

3.3 สารเคมี

3.3.1 ชุดน้ำยาตรวจสารพิษตกค้าง GT-pesticide test kit และชุดน้ำยาตรวจสารพิษตกค้าง Pyrethroid Residual test kit

3.3.2 สารยาฆ่าแมลงชนิดมาลาไทออน (83% w/v EC) และไซเพอร์เมทริน (35% w/v EC)

3.3.3 โซเดียมไบคาร์บอเนต (Sodium bicarbonate)

3.3.4 น้ำกลั่น

3.3.5 แอลกอฮอล์ 70%

3.4 การดำเนินการทดลอง

3.4.1 การสำรวจข้อมูลการตกค้างของสารยาฆ่าแมลงที่พบในผักคะน้า

3.4.1.1 การเก็บตัวอย่าง

เก็บตัวอย่างจากแหล่งจำหน่ายผักคะน้าแบบอินทรีย์ พันธุ์ใบแหลม บรรจุใส่ถุงพลาสติกขนาด 20 x 30 นิ้ว ชนิด Polyethylene แบบเจาะรู และสุ่มผักคะน้าอินทรีย์มาทำการตรวจสอบสารยาฆ่าแมลงในผักคะน้าเบื้องต้นก่อนนำไปล้างตามกรรมวิธีต่างๆ โดยใช้ชุดทดสอบ GT-pesticide test kit และ Pyrethroid Residual test kit เพื่อใช้เป็นตัวควบคุมในการทดสอบ

3.4.2 การศึกษาประสิทธิภาพการล้างผักคะน้าด้วยกรรมวิธีต่างๆ ต่อการลดปริมาณสารตกค้างมาลาไทออน และเปรียบเทียบกับน้ำก่อนล้างและน้ำหลังล้าง

3.4.2.1 การเตรียมผักคะน้า

เตรียมผักคะน้าที่ใช้ทดสอบ น้ำหนัก 500 กรัม สำหรับคะน้าแยกเอาเฉพาะใบและก้านที่มีขนาดใกล้เคียงกัน จากนั้นทำการสร้างการปนเปื้อนของสารยาฆ่าแมลงโดยนำผักคะน้า ไปแช่สารยาฆ่าแมลงชนิดมาลาไทออน โดยใช้ความเข้มข้นตามคำแนะนำข้างขวด (เตรียมที่ 20 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร ได้ความเข้มข้นของสารละลาย 830 ppm) และไซเพอร์เมทริน ความเข้มข้นตามคำแนะนำข้างขวด (เตรียมที่ 10 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร ได้ความเข้มข้นของสารละลาย 175 ppm) โดยจะเตรียมกะละมังพลาสติกสำหรับแช่สารยาฆ่าแมลง ปริมาตรของน้ำ 20 ลิตร จากนั้นเติมสารยาฆ่าแมลงแต่ละชนิดลงในกะละมังแล้วผสมให้เข้ากัน แล้วนำผักลงไปแช่ประมาณ 30 นาที ดัดแปลงตามวิธีของยุทธชัย และคณะ (ไม่ปรากฏปีพิมพ์) จากนั้นนำผักที่เติมสารยาฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต และไพรีทรอยด์เรียบร้อยแล้ว ทำการผึ่งให้แห้ง ที่อุณหภูมิห้อง นาน 2 ชั่วโมง (ดัดแปลงวิธีการของ Wu et al., 2007) แล้วนำผักที่สร้างการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปนเปื้อนสารยาฆ่าแมลงดังกล่าว ไปศึกษาวิธีการลดปริมาณสารตกค้างด้วยกรรมวิธีการล้างผักด้วยยูวี โอโซน และยูวีร่วมกับโอโซน เปรียบเทียบกับประสิทธิภาพการล้างด้วยน้ำประปา และโซเดียมไบคาร์บอเนต

3.4.2.2 กรรมวิธีที่ใช้ในการล้างผักคะน้า

การทดลองครั้งนี้จะวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Randomized Design (RCBD) โดยจะทดลองทั้งหมด 6 กรรมวิธี จำนวน 2 ซ้ำ จะใช้ความเข้มข้นสารละลายโอโซนอยู่ที่ 2 ppm อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส ดัดแปลงตามวิธีของ Wu et al. (2007) ในส่วนของการล้างด้วยยูวี ใช้หลอดยูวี 220 V 6 วัตต์ ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร ซึ่งน้ำประปาที่ใช้ล้างจะเป็นระบบน้ำไหลวน และเปรียบเทียบวิธีการล้างกับน้ำประปาและโซเดียมไบคาร์บอเนต โดยมีตัวอย่างควบคุม คือ ตัวอย่างผักที่ไม่ได้แช่สารยาฆ่าแมลง และตัวอย่างผักที่แช่สารยาฆ่าแมลงแต่ไม่ได้ล้าง ซึ่งมีกรรมวิธี ดังนี้

1) การล้างด้วยน้ำประปา และโซเดียมไบคาร์บอเนต

วิธีการล้างด้วยน้ำประปาและโซเดียมไบคาร์บอเนตผ่านระบบน้ำไหลวน เปรียบเทียบกับวิธีการทดสอบทั่วไปในการล้างผักด้วยสารโซเดียมไบคาร์บอเนต 1 ช้อนโต๊ะต่อน้ำ 10 ลิตร โดยทดสอบในการล้างผักคะน้า จากข้อ 3.4.2.1 เป็นเวลา 10, 20 และ 30 นาที และล้างผ่านน้ำอีกครั้ง ดัดแปลงตามวิธีของ ราเมศ และพิมพ์ใจ (2559)

2) การล้างด้วยโอโซน

จะใช้ความเข้มข้นของโอโซนอยู่ที่ 2 ppm อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส ดัดแปลงตามวิธีของ Wu et al. (2007) โดยนำตัวอย่างผักที่แช่สารยาฆ่าแมลงจากข้อ 3.4.2.1 มาล้างด้วยน้ำโอโซนเป็นเวลา 10, 20 และ 30 นาที

3) การล้างด้วยยูวี

วิธีการทดสอบการล้างผักด้วยระบบน้ำไหลวนที่ผ่านยูวี โดยนำผักที่แช่สารยาฆ่าแมลง จากข้อ 3.4.2.1 มาล้างด้วยน้ำที่ผ่านยูวีเป็นเวลา 10, 20 และ 30 นาที

4) การล้างด้วยยูวีร่วมกับโอโซน

วิธีการทดสอบการล้างผักโดยระบบน้ำไหลวนที่ผ่านยูวีร่วมกับโอโซน โดยนำตัวอย่างผักที่แช่สารยาฆ่าแมลงจากข้อ 3.4.2.1 มาล้างด้วยน้ำที่ผ่านยูวีร่วมกับโอโซนเป็นเวลา 10, 20 และ 30 นาที

ในแต่ละวิธีหลังจากการล้างผักคะน้า มีการเปลี่ยนน้ำล้างทุกครั้งแล้วทำการเก็บตัวอย่างน้ำหลังล้าง จำนวน 1 จุด ปริมาตร 6 มิลลิลิตร เพื่อตรวจวิเคราะห์การตกค้างของสารยาฆ่าแมลงในน้ำล้างผัก จากนั้นนำผักที่ผ่านการล้างด้วยกรรมวิธีต่างๆ ไปผึ่งบนภาชนะกะละมังพลาสติกที่อุณหภูมิห้อง ให้แห้งนาน 2 ชั่วโมง แล้วนำผักคะน้าที่ผ่านการล้างแล้ว ไปวิเคราะห์การตกค้างของสารยาฆ่าแมลง ด้วยชุดทดสอบ GT-pesticide Test kit และชุดทดสอบ Pyrethroid Residual test kit (Thoophom, 2007) เพื่อคัดเลือกสภาวะที่เหมาะสมของการล้างด้วยกรรมวิธีต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.3 การศึกษาลักษณะทางกายภาพของผักคะน้า

นำผักคะน้า พันธุ์ใบแหลม ที่มาจากการทดสอบสารยาฆ่าแมลงในผักคะน้า จากข้อที่ 3.4.2.2 มาทำการตรวจสอบลักษณะทั่วไปของผักคะน้าด้วยสายตา (Visual) ซึ่งจะตรวจสอบโดยดูจากความสดของผัก สีของผัก ไม่มีรอยช้ำ หรือไม่สามารถนำมาบริโภคได้ โดยเปรียบเทียบกับผักคะน้าก่อนล้างด้วยกรรมวิธีต่าง ๆ

3.4.4 การศึกษาการตกค้างของสารมาลาไทออนในน้ำก่อนและหลังการบำบัดด้วยยูวีร่วมกับโอโซนที่ระยะเวลาต่างๆ

เตรียมความเข้มข้นของสารยาฆ่าแมลงชนิดมาลาไทออนที่ 50 103.75 415 และ 830 ppm และความเข้มข้นของสารยาฆ่าแมลงชนิดไซเพอร์เมทรินที่ 50 100 125 175 และ 220 ppm โดยสารละลายจะผ่านยูวีร่วมกับโอโซนเป็นเวลา 10 20 และ 30 นาที ต่อความเข้มข้น จากนั้นทำการเก็บตัวอย่างน้ำในแต่ละความเข้มข้น แล้วนำตัวอย่างมาตรวจสอบสารตกค้างในน้ำก่อนและหลังผ่านยูวีร่วมกับโอโซน ด้วยชุดทดสอบ GT-pesticide test kit สำหรับใช้ทดสอบสารมาลาไทออน และชุดทดสอบ Pyrethroid Residual test kit สำหรับใช้ทดสอบสารไซเพอร์เมทริน โดยอ่านผลจากสีของหลอดตัวอย่าง จากนั้นนำมาวัดค่าด้วยเครื่องวัดค่าดูดกลืนแสง (Spectrophotometer) ที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร

3.4.5 การศึกษาประสิทธิภาพการล้างสารตกค้างมาลาไทออนในผักด้วยวิธียูวีร่วมกับโอโซน

เตรียมความเข้มข้นของสารยาฆ่าแมลงชนิดมาลาไทออนที่ 50 100 200 400 600 และ 830 ppm และความเข้มข้นของสารยาฆ่าแมลงชนิดไซเพอร์เมทรินที่ 50 100 125 150 175 และ 200 ppm จากนั้นนำผักไปแช่สารมาลาไทออนและไซเพอร์เมทริน นาน 30 นาที แล้วนำผักคะน้าที่สร้างการปนเปื้อนสารยาฆ่าแมลงมาล้างด้วยระบบยูวีร่วมกับโอโซน โดยจะล้างผักคะน้าในระยะเวลา 30 นาที ต่อความเข้มข้น จากนั้นนำไปผึ่งให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง นาน 2 ชั่วโมง และทำการเก็บตัวอย่างน้ำก่อนล้างและหลังล้าง ในแต่ละความเข้มข้น เมื่อครบเวลานำผักคะน้าที่ผ่านการล้างแล้วและตัวอย่างน้ำ ไปตรวจสอบสารเคมีตกค้างในตัวอย่างผักและน้ำล้าง ด้วยชุดทดสอบ GT-pesticide Test kit สำหรับใช้ทดสอบสารมาลาไทออน และชุดทดสอบ Pyrethroid Residual test kit สำหรับใช้ทดสอบสารไซเพอร์เมทริน (Thoophom, 2007) โดยอ่านผลจากสีของตัวอย่างจากนั้นนำมาวัดค่าด้วยเครื่องวัดค่าดูดกลืนแสง (Spectrophotometer) ที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร

3.4.6 การศึกษาประสิทธิภาพการล้างผักคะน้าเพื่อลดสารตกค้างมาลาไทออนด้วยวิธียูวีร่วมกับโอโซนแบบไม่เปลี่ยนน้ำในระยะเวลาล้าง 10 20 30 นาที

เตรียมความเข้มข้นของสารยาฆ่าแมลงชนิดมาลาไทออนที่ 830 ppm และความเข้มข้นของสารยาฆ่าแมลงชนิดไซเพอร์เมทรินที่ 175 ppm จากนั้นนำผักไปแช่สารมาลาไทออนและไซเพอร์เมทริน ระยะเวลาในการแช่สารทั้ง 2 ชนิด นาน 30 นาที จากนั้นนำผักคะน้าที่สร้างการปนเปื้อนสารยาฆ่าแมลงมาล้างด้วยระบบยูวีร่วมกับโอโซน โดยจะล้างผักคะน้าในระยะเวลา 10 20 และ 30 นาที จากนั้นนำไปผึ่งให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง นาน 2 ชั่วโมง และทำการเก็บตัวอย่างน้ำก่อนล้างและหลังล้าง เมื่อครบเวลานำผักคะน้าที่ผ่านการล้างแล้วและตัวอย่างน้ำ นำไปตรวจสอบสารเคมีตกค้างในตัวอย่างผักและน้ำล้าง ด้วยชุดทดสอบ GT-pesticide Test kit สำหรับใช้ทดสอบสารมาลาไทออน และชุดทดสอบ Pyrethroid Residual test kit สำหรับใช้ทดสอบสารไซเพอร์เมทริน (Thoophom,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2007) โดยอ่านผลจากสีของหลอดตัวอย่างจากนั้นนำมาวัดค่าด้วยเครื่องวัดค่าดูดกลืนแสง (Spectrophotometer) ที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร

3.4.7 การศึกษาประสิทธิภาพการล้างผักคะน้าเพื่อลดสารตกค้างมาลาไทออนด้วยวิธียูวีร่วมกับโอโซนแบบไม่เปลี่ยนน้ำในระยะเวลาล้าง 30 45 และ 60 นาที

เตรียมความเข้มข้นของสารยาฆ่าแมลงชนิดมาลาไทออนในความเข้มข้นที่ 830 ppm และ ความเข้มข้นของสารยาฆ่าแมลงชนิดไซเพอร์เมทรินในความเข้มข้นที่ 175 ppm จากนั้นนำผักไปแช่สารมาลาไทออนและไซเพอร์เมทริน ระยะเวลาในการแช่สารทั้ง 2 ชนิด นาน 30 นาที จากนั้นนำผักคะน้าที่สร้างการปนเปื้อนสารยาฆ่าแมลงมาล้างด้วยระบบยูวีร่วมกับโอโซน โดยจะล้างผักคะน้าในระยะเวลา 30 45 และ 60 นาที แล้วนำไปผึ่งให้แห้งที่อุณหภูมิห้องนาน 2 ชั่วโมง เมื่อครบเวลานำผักคะน้าที่ผ่านการล้างแล้วไปตรวจสอบสารเคมีตกค้างในตัวอย่างผักด้วยชุดทดสอบ GT-pesticide Test kit สำหรับใช้ทดสอบสารมาลาไทออน และชุดทดสอบ Pyrethroid Residual test kit สำหรับใช้ทดสอบสารไซเพอร์เมทริน (Thoophom, 2007) โดยอ่านผลจากสีของหลอดตัวอย่างจากนั้นนำมาวัดค่าด้วยเครื่องวัดค่าดูดกลืนแสง (Spectrophotometer) ที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร

3.4.8 การตรวจสอบสารเคมีตกค้างในตัวอย่างผักและน้ำล้าง

3.4.8.1 การทดสอบสารมาลาไทออนด้วยชุดทดสอบ GT-pesticide test kit

3.4.8.1.1 การเตรียมตัวอย่างผัก

นำผักที่ได้จากการสร้างการปนเปื้อนของสารมาลาไทออนที่ผ่านการล้างด้วยกรรมวิธีต่างๆ จากนั้นนำตัวอย่างผักคะน้ามาบดให้ละเอียดเป็นชิ้นเล็กๆ โดยชั่งน้ำหนักตัวอย่างประมาณ 5 กรัม ทำการตักตัวอย่างลงในขวดเพื่อนำไปใช้ในขั้นตอนต่อไป

3.4.8.1.2 การสกัดตัวอย่างผัก

นำตัวอย่างผักจากข้อ 3.4.8.1.1 มาเติมน้ำยาสกัดด้วย Solvent-1 ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ลงในขวดที่มีตัวอย่างผัก ปริมาณ 5 กรัม ทำการปิดฝาให้สนิท จากนั้นเขย่าตัวอย่างแรงๆ นาน 1 นาที และตั้งทิ้งไว้ประมาณ 10 นาที เมื่อครบเวลาทำการดูดน้ำยาสกัดตัวอย่างจากข้อ 3.4.8.1.1 ลงในหลอดทดลอง ปริมาตร 1 มิลลิลิตร จากนั้นดูดน้ำยา Solvent-2 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลองเดียวกัน แล้วนำไประเหยให้น้ำยาสกัด Solvent-1 ที่อยู่ชั้นล่างให้หมด โดยการนำไปเป่าลม ส่วนน้ำยาที่เหลือจากการระเหยจะเป็นสารสกัดตัวอย่าง (Sample Extract) จากนั้นนำไปตรวจสอบเพื่อหาสารตกค้างของสารมาลาไทออน ตามรายละเอียดในภาคผนวก ข1

3.4.8.2 การทดสอบสารไซเพอร์เมทรินด้วยชุดทดสอบ Pyrethroid Residual test kit

3.4.8.2.1 การเตรียมตัวอย่างผัก

นำผักที่ได้จากการสร้างการปนเปื้อนของสารไซเพอร์เมทรินที่ผ่านการล้างด้วยกรรมวิธีต่าง ๆ จากนั้นนำผักมาใช้ในขั้นตอนต่อไป

3.4.8.2.2 การสกัดตัวอย่างผัก

ทำการดูดน้ำยา Extract-1 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลอง จากนั้นม้วนสำลีเป็นก้อนเล็กๆ ขนาด 1 เซนติเมตร โดยนำ Forceps คีบม้วนสำลีไปวางบนกรวยแก้ว จากนั้นดูดน้ำยา Extract-1 หยดลงไปที่ม้วนสำลีให้ชุ่ม โดยใช้ Forceps คีบสำลีที่มีน้ำยา Extract-1 นำมาเช็ดบนพื้นผิวของผักคะน้าให้ทั่ว ทำการคีบสำลีที่เช็ดตัวอย่างผักคะน้ามาใส่ในหลอดทดลองที่มีน้ำยา Extract-1 ที่เหลืออยู่ แล้วนำไปเขย่าหรือปั่นผสมกับเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Vortek Mixer จากนั้นนำ Forceps คีบสำลีที่เขย่าหรือปั่นออกจากหลอดทดลองขึ้นมา แล้ววางบนกรวยแก้วเพื่อไล่เอาน้ำยา Extract-1 ออกจากสำลีจนหมด แล้วนำสำลีทิ้งไป โดยนำน้ำยาสกัดตัวอย่างที่ได้ นำไปเขย่าหรือปั่นด้วยเครื่อง Vortek Mixer อีกครั้ง สารสกัดตัวอย่าง (Sample Extract) เพื่อนำไปตรวจสอบหาสารตกค้างของสารไซเพอร์เมทริน ตามรายละเอียดในภาคผนวก ข1

3.4.9 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

ในการวิเคราะห์ครั้งนี้ผู้วิจัย ออกแบบการทดลองแบบ Randomized Complete Block Randomized Design (RCBD) โดยวิเคราะห์ตามกรรมวิธีต่าง ๆ ที่แช่สารยาฆ่าแมลงของกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต และไพรีทรอยด์ หลังผ่านการล้างด้วยน้ำประปา โซเดียมไบคาร์บอเนต ยูวี โอโซน และยูวีร่วมกับโอโซน ด้วยเวลาในการล้างที่ต่างกัน เพื่อทดสอบ ANOVA แล้วทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในรูปของ Duncan Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โปรแกรม IBM SPSS Statistics 25 (วัฒน์สิทธิ์ และคณะ, 2547)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

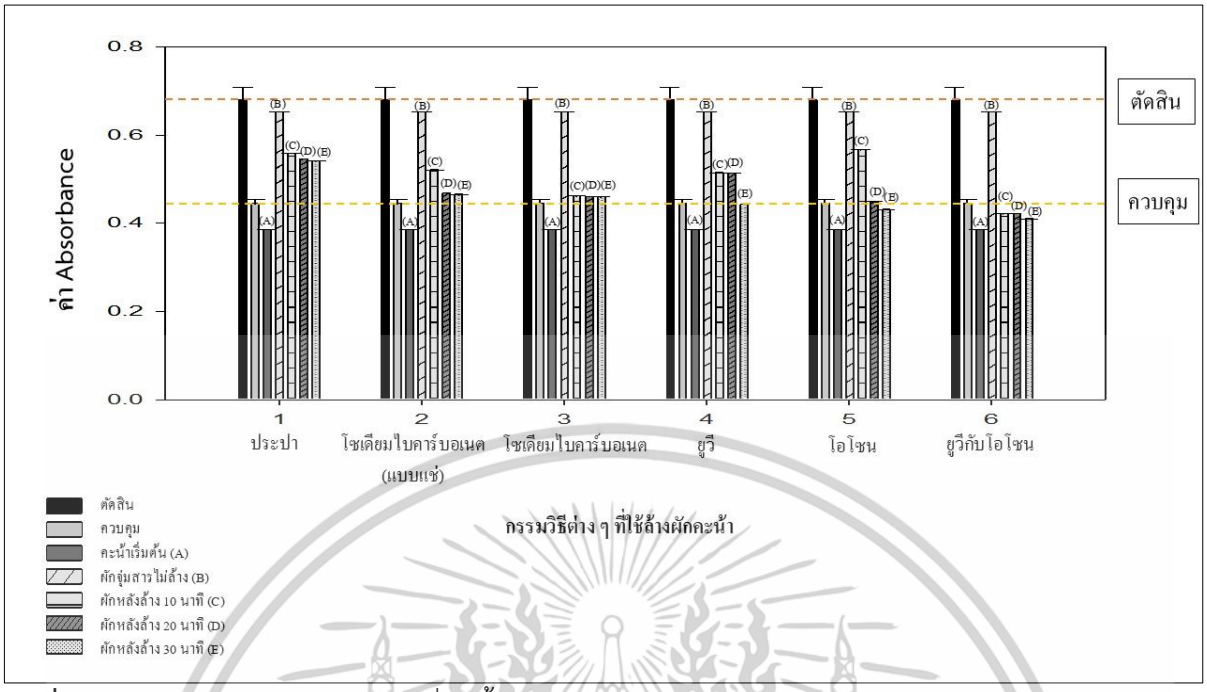
4.1 การศึกษากรรมวิธีการล้างผักคะน้าที่มีผลต่อการลดลงของสารยาฆ่าแมลงชนิดมาลาไทออน

จากการศึกษาเปรียบเทียบการลดปริมาณของสารมาลาไทออนด้วยกรรมวิธีในการล้างด้วยระบบยูวี โอโซน ยูวีร่วมกับโอโซน เปรียบเทียบกับการล้างด้วยน้ำประปา และโซเดียมไบคาร์บอเนต (Sodium Bicarbonate) มีการกำหนดปัจจัยในเรื่องของระยะเวลาในการล้างที่ 10 20 และ 30 นาที ซึ่งมีการใช้ตัวอย่างผักคะน้าอินทรีย์ ที่ผ่านการทดสอบแล้วว่าไม่พบสารยาฆ่าแมลงตกค้าง ทำการทดสอบการตกค้างของสารยาฆ่าแมลงในผักคะน้าเบื้องต้น โดยใช้ชุดทดสอบ GT-pesticide test kit เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุมที่ได้มีการแช่ผักด้วยสารยาฆ่าแมลงชนิดมาลาไทออน โดยไม่ผ่านวิธีการล้างด้วยกรรมวิธีใดๆ โดยผลการทดสอบจะเปรียบเทียบจากสีที่เปลี่ยนแปลงไปของตัวอย่าง ซึ่งระดับสีจะบ่งบอกถึงปริมาณของสารยาฆ่าแมลงตกค้างในตัวอย่าง สังเกตความเข้มของสีแตกต่างกันหรือไม่ โดยหลอดตัดสิน (+) จะมีสีน้ำตาลเข้มกว่าหลอดควบคุม (-) ซึ่งหลอดควบคุมจะมีสีเหลืองอ่อน ถ้าตัวอย่างให้สีเข้มเท่ากับหลอดตัดสิน หรือเข้มกว่าหลอดตัดสิน แสดงว่า พบสารตกค้างของยาฆ่าแมลงในระดับที่ไม่ปลอดภัย ถ้าตัวอย่าง มีสีเท่ากับหลอดควบคุม แสดงว่าตรวจไม่พบสารเคมีตกค้าง และถ้าหลอดตัวอย่าง มีสีเข้มกว่าหลอดควบคุม แต่ไม่เข้มเท่ากับหลอดตัดสิน แสดงว่า พบสารตกค้างของยาฆ่าแมลงในระดับปลอดภัย (กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2564) โดยความเข้มของสีตัวอย่างจะถูกวัดในเชิงปริมาณด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง ความยาวคลื่นที่ 540 นาโนเมตร

4.1.1 การศึกษาประสิทธิภาพการล้างผักคะน้าด้วยกรรมวิธีต่างๆ ต่อการลดปริมาณสารตกค้างมาลาไทออนและเปรียบเทียบกับน้ำก่อนล้างและน้ำหลังล้าง

โดยเตรียมผักคะน้าน้ำหนัก 500 กรัม แยกเอาเฉพาะใบและก้านที่มีขนาดใกล้เคียงกัน นำมาสร้างการปนเปื้อนของสารยาฆ่าแมลงโดยนำไปจุ่มในสารมาลาไทออนความเข้มข้น 830 ppm ปริมาตร 20 ลิตร แช่นาน 30 นาที จากนั้นนำผักที่ผ่านการปนเปื้อนสารยาฆ่าแมลงดังกล่าว ไปศึกษาประสิทธิภาพการลดปริมาณสารตกค้างมาลาไทออนตามกรรมวิธีการล้างด้วยยูวี โอโซน และยูวีร่วมกับโอโซน เปรียบเทียบกับกรรมวิธีการล้างด้วยน้ำประปา โซเดียมไบคาร์บอเนต และโซเดียมไบคาร์บอเนต (แบบแช่) โดยแต่ละวิธีใช้ระยะเวลาในการล้างอย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 10 20 และ 30 นาที ดังแสดงผลในรูปที่ 4.1

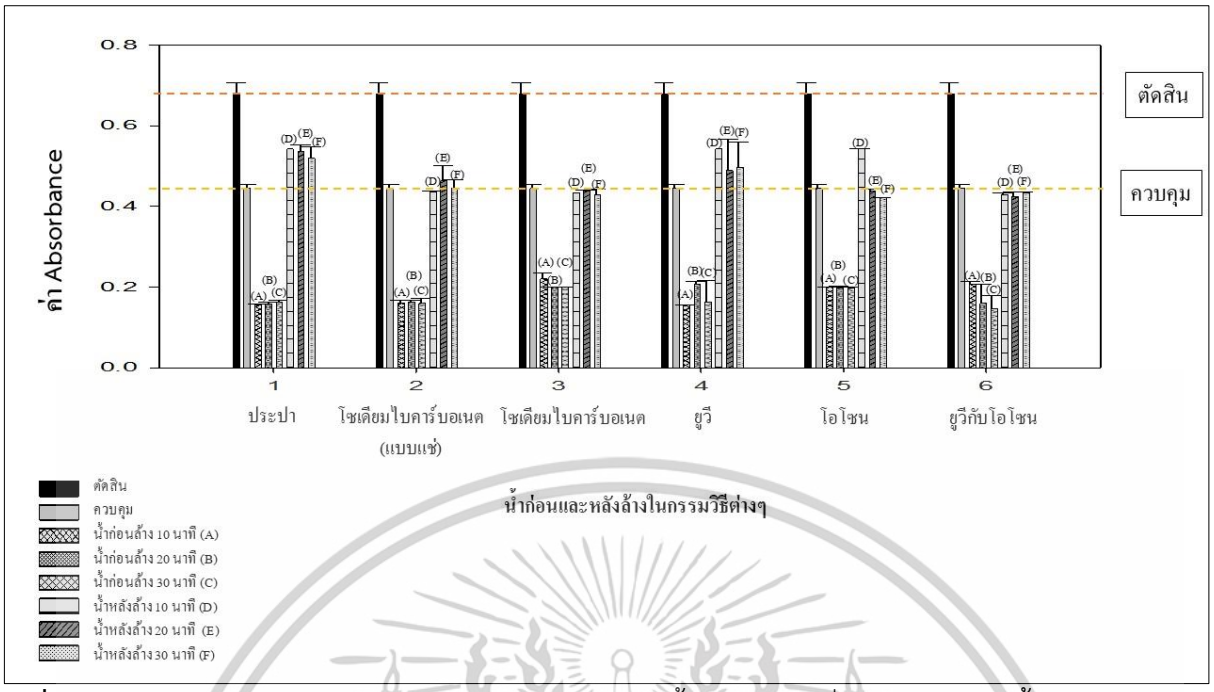
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 ประสิทธิภาพในการล้างผักคะน้าที่ปนเปื้อนสารมาลาไทออนความเข้มข้น 830 ppm ด้วยกรรมวิธีล้างแบบต่างๆและระยะเวลาในการล้าง 10 20 และ 30 นาที เปรียบเทียบผลกับตัวอย่างผักคะน้าเริ่มต้นและผักคะน้าจุ่มสารแต่ไม่ล้าง

จากผลการทดลองพบว่า ประสิทธิภาพการลดปริมาณสารตกค้างมาลาไทออนตามกรรมวิธีการล้างผักด้วยระบบยูวี โอโซน และยูวีร่วมกับโอโซน จะเห็นได้ว่าระยะเวลาที่ใช้ล้าง 30 นาที จะสามารถลดปริมาณสารตกค้างได้ระดับที่ไม่พบสารตกค้างของสารยาฆ่าแมลง แต่ในระยะเวลาการล้าง 10 และ 20 นาที ยังตรวจพบสารตกค้างในระดับที่ปลอดภัย เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการล้างด้วยน้ำประปา โซเดียมไบคาร์บอเนต และโซเดียมไบคาร์บอเนต (แบบแช่) พบว่า วิธีการล้างด้วยยูวีร่วมกับโอโซน สามารถลดปริมาณสารตกค้างของยาฆ่าแมลงได้ดีกว่าวิธีอื่นๆ จากการวิเคราะห์ทางสถิติในแต่ละกรรมวิธี มีผลต่อการลดปริมาณของสารมาลาไทออนแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Bae et al. (2023) ที่พบว่าประสิทธิภาพของโอโซนในการลดระดับของสารยาฆ่าแมลงขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของโอโซน โดยสภาวะออกซิเดชันที่มีประสิทธิภาพมากกว่า ในงานวิจัยนี้ได้ใช้เทคโนโลยียูวีร่วมกับโอโซน (AOP) โดยจะมีการใช้แสงยูวี และโอโซน ถือว่าสามารถลดระดับสารตกค้างของยาฆ่าแมลงในพืชผลได้ และงานวิจัยนี้ยังพบว่า ถ้าระยะเวลาในการล้างนานที่ 30 นาที จะแสดงให้เห็นถึงการลดลงของสารยาฆ่าแมลงที่สูงขึ้น อีกทั้งสารยาฆ่าแมลงที่ใช้วิธีการล้างด้วยเทคโนโลยียูวีร่วมกับโอโซน แสดงให้เห็นถึงการลดลงของสารยาฆ่าแมลงที่สูงกว่าการใช้วิธีการล้างด้วยยูวี และโอโซนเพียงอย่างเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 ประสิทธิภาพในการบำบัดการตกค้างของสารมาลาไทออนในน้ำล้างผักคะน้าที่มีการสร้างการปนเปื้อนสารมาลาไทออนบนผักความเข้มข้น 830 ppm ด้วยกรรมวิธีแบบต่างๆ และระยะเวลาในการล้าง 10 20 และ 30 นาที

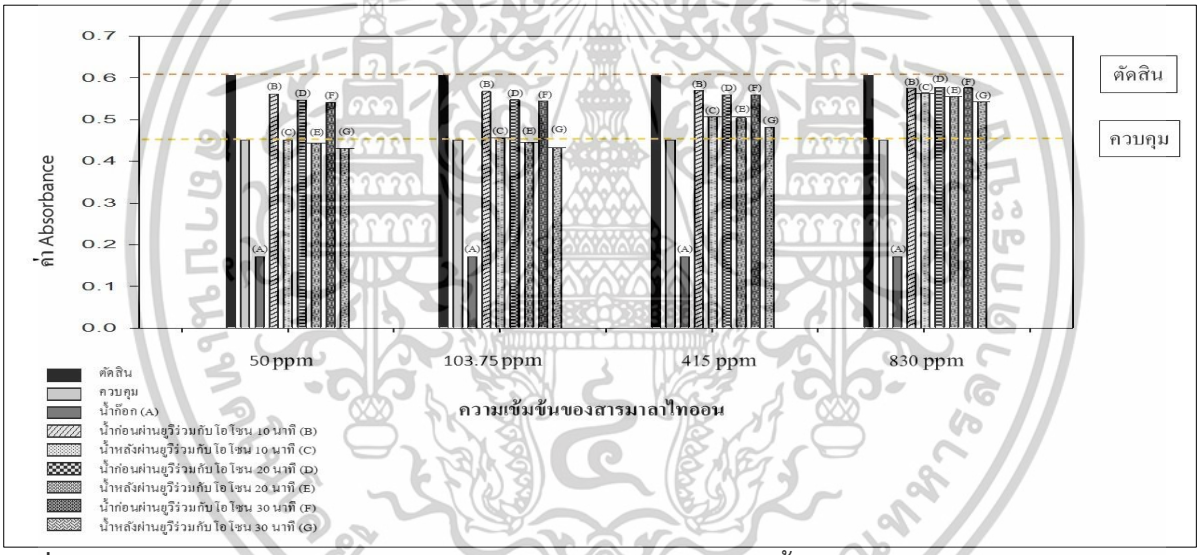
การตรวจน้ำก่อนล้างและน้ำหลังล้าง ดังแสดงผลในรูปที่ 4.2 พบว่า ประสิทธิภาพการลดปริมาณสารตกค้างของสารมาลาไทออนของน้ำหลังล้างตามกรรมวิธีการล้างผักด้วยโซเดียมไบคาร์บอเนต โซเดียมไบคาร์บอเนต (แบบแช่) โอโซน และยูวีร่วมกับโอโซน จะเห็นได้ว่าระยะเวลาที่ใช้ล้าง 30 นาที จะสามารถลดปริมาณสารตกค้างได้ระดับที่ไม่พบสารตกค้างของสารยาฆ่าแมลง สอดคล้องกับงานวิจัยของ ธรรมศักดิ์ และคณะ (2548) พบว่าการล้างผักสดด้วยน้ำล้างกลุ่มออกซิไดส์ซิ่ง มีประสิทธิภาพในการลดสารยาฆ่าแมลงของกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตได้ดี ซึ่งปริมาณโอโซนที่เหลืออยู่หลังการล้างลดลงอย่างรวดเร็วจะสลายหมดไปใน 10 นาที เนื่องจากโอโซนเป็นสารออกซิไดส์ที่รุนแรง โดยการทดลองในครั้งนี้เป็นการทดลองกับผักในระบบเปิดนั้นจะทำให้โอโซนสลายตัวเร็ว ส่วนน้ำหลังล้างของวิธีการล้างด้วยน้ำประปาและยูวี ยังตรวจพบสารตกค้างในระดับที่ปลอดภัย ในระยะเวลาที่ใช้ล้าง 20 นาที พบว่า กรรมวิธีการล้างด้วยโซเดียมไบคาร์บอเนต โอโซน และยูวีร่วมกับโอโซน สามารถลดสารตกค้างได้ระดับที่ไม่พบสารตกค้างของสารยาฆ่าแมลง ส่วนวิธีการล้างด้วยน้ำประปา โซเดียมไบคาร์บอเนต (แบบแช่) และยูวี ตรวจพบสารตกค้างในระดับที่ปลอดภัย และในระยะเวลาที่ใช้ล้าง 10 นาที พบว่า กรรมวิธีการล้างด้วยโซเดียมไบคาร์บอเนต โซเดียมไบคาร์บอเนต (แบบแช่) และยูวีร่วมกับโอโซน สามารถลดสารตกค้างได้ระดับที่ไม่พบสารตกค้างของสารยาฆ่าแมลง ส่วนการล้างด้วยวิธีการน้ำประปา ยูวี และโอโซน พบว่า ตรวจพบสารตกค้างในระดับที่ปลอดภัย จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติในการเปรียบเทียบน้ำก่อนล้างและหลังล้าง พบว่า แต่ละกรรมวิธีมีผลต่อการลดปริมาณของสารมาลาไทออนที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยระยะเวลาในการล้างมีผลต่อการลดปริมาณสารตกค้างของสารยาฆ่าแมลงชนิดมาลาไทออน พบว่าที่ระยะเวลาน้อยที่สุดคือ 10 นาที จะสามารถลดการตกค้างของสารมาลาไทออน แต่เมื่อเพิ่มระยะเวลาในการล้างมากขึ้นก็จะสามารถลดปริมาณสารตกค้างของสารยาฆ่าแมลงชนิดมาลาไทออนได้ดีกว่า จากรายงานการวิจัยของทวิพร (2548) กล่าวว่า ระยะเวลาในการแช่ที่น้อยเกินไปอาจจะมีผลทำให้ปฏิกิริยาการล้างสารยาฆ่าแมลงตกค้างได้ไม่เพียงพอ แต่ถ้าแช่ในระยะเวลานานขึ้นก็อาจจะไม่เกิดประโยชน์เพิ่มขึ้น ดังนั้นการใช้เวลาที่เหมาะสมและเพียงพอจึงเกิดประโยชน์ต่อการลดสารตกค้างได้

4.1.2 การศึกษาการตกค้างของสารมาลาไทออนในน้ำก่อนและหลังการบำบัดด้วยยูวีร่วมกับโอโซนที่ระยะเวลาต่างๆ

ทำการเตรียมความเข้มข้นของสารมาลาไทออนที่ 50 103.75 415 และ 830 ppm โดยสารละลายแต่ละความเข้มข้นจะหมุนเวียนผ่านระบบยูวีร่วมกับโอโซนที่เวลา 10 20 และ 30 นาที ทำการเก็บตัวอย่างน้ำก่อนและน้ำหลังหมุนเวียนผ่านระบบยูวีร่วมกับโอโซนเพื่อนำมาทดสอบสารตกค้างมาลาไทออนด้วยชุดทดสอบ GT-pesticide test kit ได้ผลการทดลองแสดงดังรูป 4.3



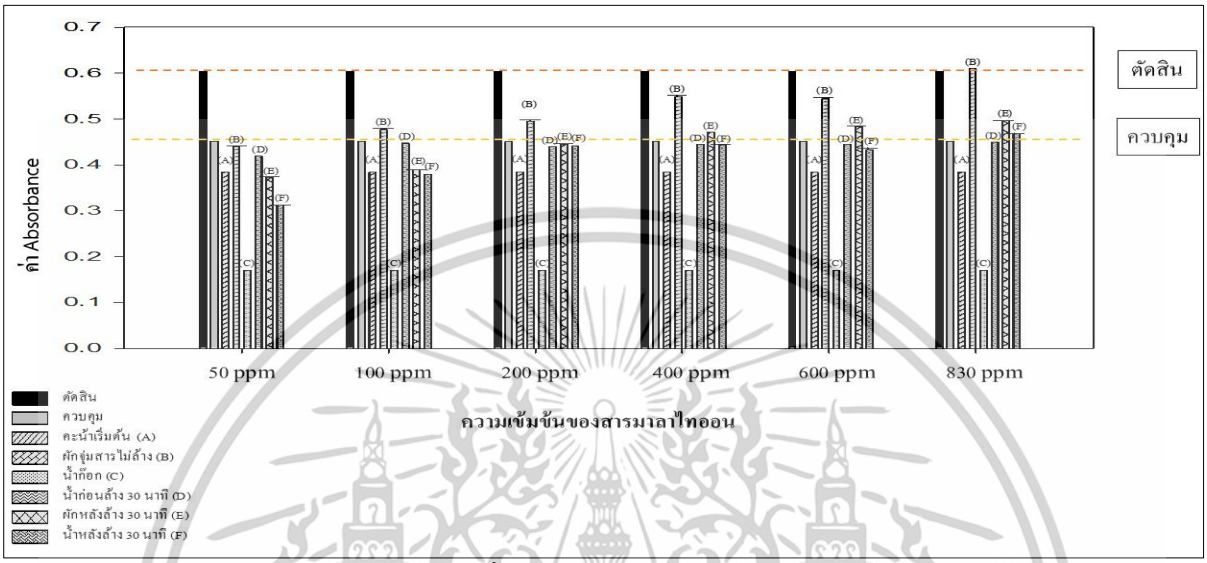
รูปที่ 4.3 ประสิทธิภาพในการบำบัดการตกค้างของสารมาลาไทออนในน้ำก่อนและหลังผ่านยูวีร่วมกับโอโซนในระดับความเข้มข้นต่างๆ ที่ระยะเวลาในการบำบัด 10 20 และ 30 นาที

จากผลการทดลองพบว่า การตรวจสอบน้ำหลังผ่านยูวีร่วมกับโอโซนในความเข้มข้นของสารยาฆ่าแมลงชนิดมาลาไทออนที่ 50 และ 103.75 ppm ในระยะเวลาการล้าง 10 20 และ 30 นาที สามารถลดปริมาณสารตกค้างของสารยาฆ่าแมลงได้ ซึ่งในความเข้มข้นของสารที่ 415 และ 830 ppm ที่ระยะเวลา 10 20 และ 30 นาที สามารถลดปริมาณสารตกค้างของสารยาฆ่าแมลงได้เล็กน้อย ตามลำดับระยะเวลาในการล้าง โดยความเข้มข้นของสารที่ 50 103.75 415 และ 830 ppm จากการวิเคราะห์ทางสถิติของความเข้มข้นของสารยาฆ่าแมลงและระยะเวลาในการตรวจสอบน้ำก่อนและน้ำหลังผ่านยูวีร่วมกับโอโซน ตามระดับความเข้มข้นสารยาฆ่าแมลงชนิดมาลาไทออน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) จะเห็นได้ชัดเจนว่าการบำบัดน้ำที่มีสารตกค้างยาฆ่าแมลงด้วยยูวีร่วมกับโอโซน สามารถลดสารตกค้างของยาฆ่าแมลงได้ดีที่สุดในระยะเวลาการบำบัด 30 นาที เมื่อทำการเพิ่มระยะเวลาในการล้างก็จะยิ่งทำลายสารยาฆ่าแมลงมาลาไทออน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 การศึกษาประสิทธิภาพการล้างสารตกค้างมาลาไทออนในผักด้วยวิธียูวีร่วมกับโอโซน

ทำการเตรียมความเข้มข้นของสารยาฆ่าแมลงที่ 50 100 200 400 600 และ 830 ppm เพื่อสร้างการปนเปื้อนของยาฆ่าแมลงด้วยการแช่ผักในแต่ละความเข้มข้นเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำผักไปล้างด้วยยูวีร่วมกับโอโซน เป็นเวลา 30 นาทีต่อความเข้มข้นนั้นๆ แสดงผลในรูปที่ 4.4



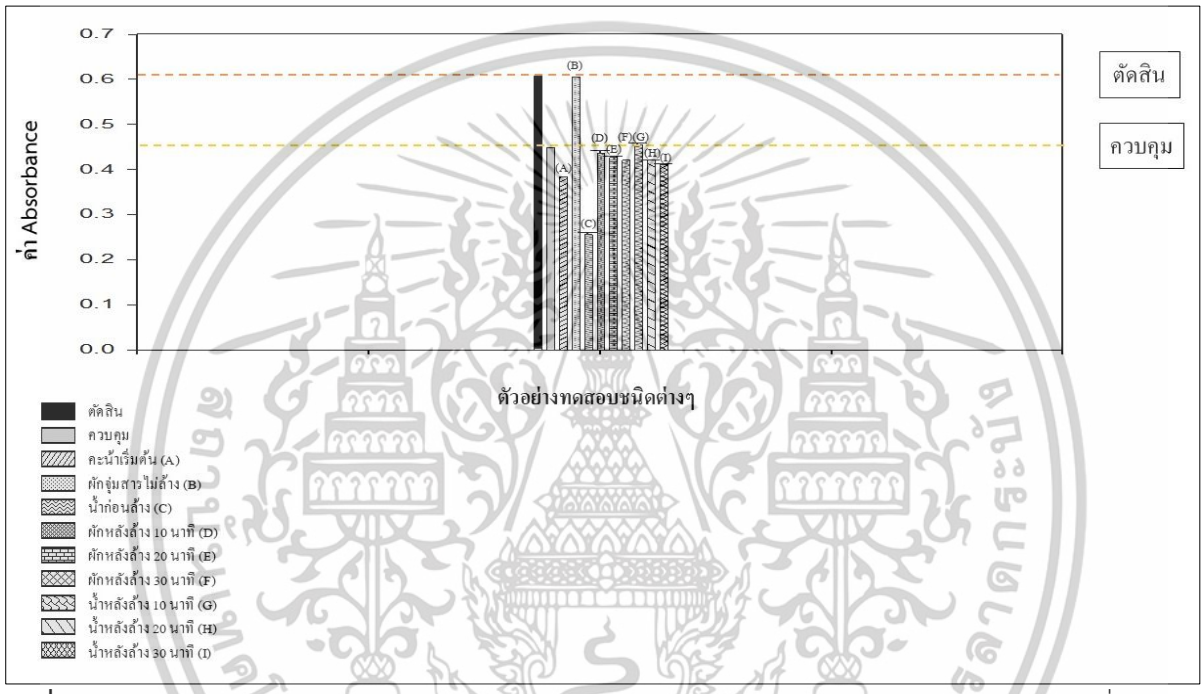
รูปที่ 4.4 ประสิทธิภาพในการล้างผักคะน้าที่ปนเปื้อนสารมาลาไทออนความเข้มข้นต่างๆ ด้วยยูวีร่วมกับโอโซน เป็นเวลา 30 นาที และเปรียบเทียบการตกค้างของสารมาลาไทออนในน้ำก่อนและหลังล้าง

การลดปริมาณการตกค้างของสารมาลาไทออนในผักคะน้าในแต่ละระดับความเข้มข้น ที่ใช้ระยะเวลาล้าง 30 นาทีในผักที่ความเข้มข้นของสาร 200 400 600 และ 830 ppm สามารถลดปริมาณสารตกค้างในระดับที่ปลอดภัย ส่วนผักที่มี ความเข้มข้นของสารที่ 50 และ 100 ppm สามารถลดปริมาณสารตกค้างในระดับที่ไม่พบสารตกค้างของสารยาฆ่าแมลง เมื่อเปรียบเทียบน้ำก่อนล้างและหลังล้างพบว่า ความเข้มข้นของสารที่ 200 400 600 และ 830 ppm จากการวิเคราะห์ทางสถิติของการตรวจสอบน้ำก่อนล้างและหลังล้าง สามารถลดปริมาณสารตกค้างในระดับที่ปลอดภัย และส่วนความเข้มข้นของสาร 50 และ 100 ppm สามารถลดปริมาณสารตกค้างในระดับที่ไม่พบสารตกค้างของสารยาฆ่าแมลง จากการวิเคราะห์ทางสถิติของการตรวจน้ำก่อนล้างและหลังล้าง ค่า Absorbance มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) สอดคล้องกับจากงานวิจัยของ Bae, et al. (2023) ที่พบว่าการล้างผักด้วยวิธียูวีร่วมกับโอโซน โดยใช้ยูวี ความยาวคลื่น 254 และโอโซน สามารถกระตุ้นการเกิดออกซิเดชันและย่อยสลายสารยาฆ่าแมลงได้ สารยาฆ่าแมลงที่ทดสอบที่ได้รับการล้างด้วยวิธียูวีร่วมกับโอโซน แสดงให้เห็นอัตราการส่วนการลดของสารตกค้างยาฆ่าแมลงที่สูงกว่าวิธีการล้างด้วยยูวี และโอโซนเพียงอย่างเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.4 การศึกษาประสิทธิภาพการล้างผักคะน้าเพื่อลดสารตกค้างมาลาไทออนด้วยวิธียูวีร่วมกับโอโซนแบบไม่เปลี่ยนน้ำในระยะเวลาล้าง 10 20 30 นาที

ทำการเตรียมความเข้มข้นของสารยาฆ่าแมลงที่ 830 ppm โดยจะใช้กรรมวิธีการล้างด้วยยูวีร่วมกับโอโซน ซึ่งใช้ระยะเวลาในการล้างผักที่ 10 20 และ 30 นาที แบบไม่เปลี่ยนน้ำ จากนั้นนำผักคะน้ามาสร้างการปนเปื้อนของสารยาฆ่าแมลงโดยนำไปจุ่มสารมาลาไทออน ความเข้มข้น 830 ppm แช่นาน 30 นาที เมื่อครบเวลานำตัวอย่างผักคะน้าทำการผึ่งให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ดัดแปลงตามวิธีการของ Wu et al., 2007 จากนั้นนำผักที่ผ่านการสร้างการปนเปื้อนมาล้างด้วยกรรมวิธีต่างๆ แบบไม่เปลี่ยนน้ำ



รูปที่ 4.5 ประสิทธิภาพในการล้างผักคะน้าด้วยยูวีร่วมกับโอโซนต่อการลดสารตกค้างมาลาไทออนในผักคะน้าที่สร้างการปนเปื้อนบนผักคะน้าด้วยสารมาลาไทออนความเข้มข้น 830 ppm ใช้ระยะเวลาในการล้าง 10 20 และ 30 นาทีแบบไม่เปลี่ยนน้ำตลอดระยะเวลาการล้าง เปรียบเทียบผลกับตัวอย่างผักคะน้าเริ่มต้นและผักคะน้าจุ่มสารแต่ไม่ล้าง

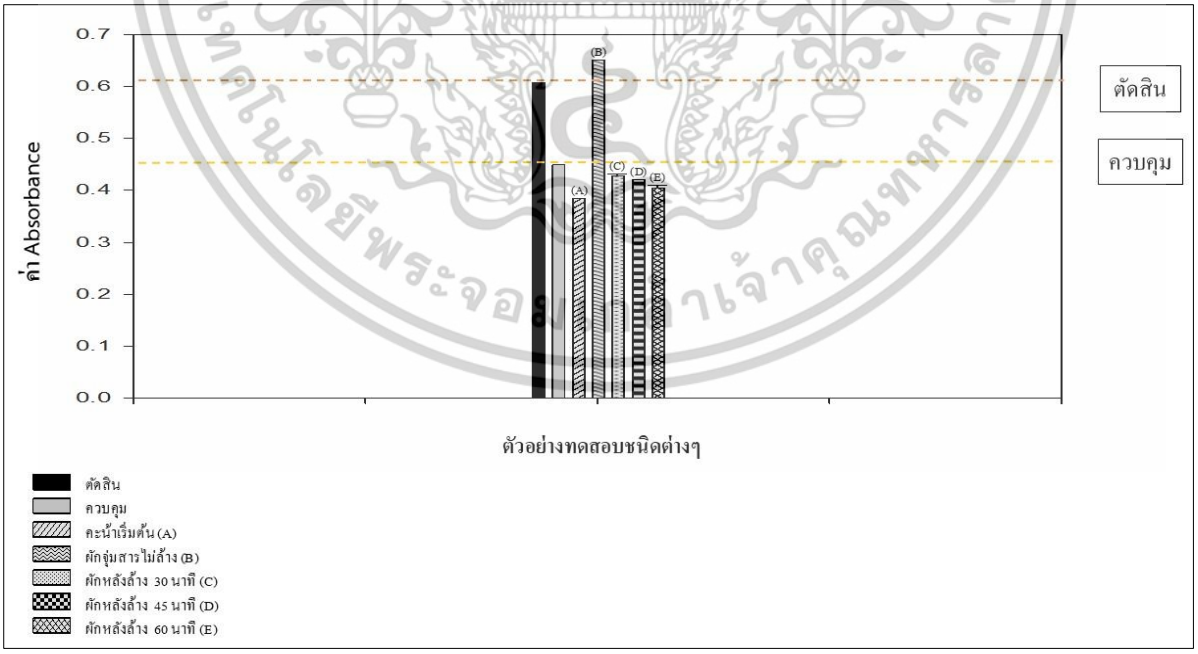
จากผลการทดลองดังกราฟรูปที่ 4.5 พบว่า ประสิทธิภาพการลดปริมาณสารตกค้างมาลาไทออนตามกรรมวิธีการล้างผักด้วยระบบยูวี โอโซน และยูวีร่วมกับโอโซน จะเห็นได้ว่าระยะเวลาที่ใช้ล้าง 30 นาที จะสามารถลดปริมาณสารตกค้างได้ระดับที่ไม่พบสารตกค้างของสารยาฆ่าแมลง ส่วนในระยะเวลา 10 และ 20 นาที จะสามารถลดปริมาณสารตกค้างได้ระดับที่ไม่พบสารตกค้างของสารยาฆ่าแมลง เมื่อเปรียบเทียบกับผักคะน้าจุ่มสารแบบไม่ล้าง จะเห็นได้ว่าความแตกต่างของผักคะน้าจุ่มสารแบบไม่ล้างกับผักคะน้าที่จุ่มสารแล้วล้างด้วยวิธียูวีร่วมกับโอโซน สามารถลดปริมาณสารตกค้างของยาฆ่าแมลงได้ จากการวิเคราะห์ทางสถิติในแต่ละระยะเวลาที่ใช้ล้าง 10 20 และ 30 นาที มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ของกรรมวิธีการล้างด้วยยูวีร่วมกับโอโซนมีผลต่อการลดปริมาณของสารมาลาไทออน และการตรวจน้ำก่อนล้างและน้ำหลังล้าง พบว่าประสิทธิภาพการลดปริมาณสารตกค้างมาลาไทออนของน้ำหลังล้างด้วยวิธียูวีร่วมกับโอโซน จะเห็นได้ว่าระยะเวลาที่ใช้ล้าง 30 นาที จะสามารถลดปริมาณสารตกค้างได้ระดับที่ไม่พบสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตกค้างของสารยาฆ่าแมลง และระยะเวลาที่ใช้ล้าง 10 และ 20 นาที จะสามารถลดปริมาณสารตกค้างได้ระดับที่ไม่พบสารตกค้างของสารยาฆ่าแมลงในน้ำล้าง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Wu et al. (2007) พบว่า สารละลายโอโซนที่ความเข้มข้น 1.4 พีพีเอ็ม อุณหภูมิ 14 องศาเซลเซียส ให้เวลาสัมผัสกับสารละลายโอโซน 15 นาที มีประสิทธิภาพในการลดสารยาฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต 3 ชนิด คือ เมทธิลพาราไธออน พาราไธออน และไดอะซินอน จะเห็นได้ว่าความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายโอโซนและเวลาที่สารยาฆ่าแมลงได้สัมผัสกับสารละลายโอโซน มีผลต่อประสิทธิภาพในการลดปริมาณสารยาฆ่าแมลงในผัก จากรายงานการวิจัยของ อัจฉรา (2555) มีการอธิบายเกี่ยวกับกลไกการลดสารยาฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ว่าเกิดจากอนุภาคของหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) ที่เกิดจากการสลายตัวของโอโซนในน้ำ ทำปฏิกิริยากับพันธะ P=S ซึ่งเป็นโครงสร้างพื้นฐานของสารยาฆ่าแมลงในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ทำให้สารยาฆ่าแมลงของกลุ่มนี้เสียสภาพ และหลุดออกจากผักได้

4.1.5 การศึกษาประสิทธิภาพการล้างผักคะน้าเพื่อลดสารตกค้างมาลาไทออนด้วยวิธียูวีร่วมกับโอโซนแบบไม่เปลี่ยนน้ำในระยะเวลาล้าง 30 45 และ 60 นาที

ทำการเตรียมความเข้มข้นของสารยาฆ่าแมลงที่ 830 ppm โดยจะใช้กรรมวิธีการล้างด้วยยูวีร่วมกับโอโซน ซึ่งใช้ระยะเวลาในการล้างผักที่ 30 45 และ 60 นาที แบบไม่เปลี่ยนน้ำ จากนั้นนำผักคะน้ามาสร้างการปนเปื้อนของสารยาฆ่าแมลงโดยนำไปจุ่มสารมาลาไทออน ความเข้มข้น 830 ppm แช่นาน 30 นาที เมื่อครบเวลานำตัวอย่างผักคะน้าทำการผึ่งให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ดัดแปลงตามวิธีการของ Wu et al., 2007 จากนั้นนำผักที่ผ่านการสร้างการปนเปื้อนมาล้างด้วยกรรมวิธีต่างๆ แบบไม่เปลี่ยนน้ำ



รูปที่ 4.6 ประสิทธิภาพในการล้างผักคะน้าด้วยยูวีร่วมกับโอโซนต่อการลดสารตกค้างมาลาไทออนในผักคะน้าที่สร้างการปนเปื้อนบนผักคะน้าด้วยสารมาลาไทออนความเข้มข้น 830 ppm ใช้ระยะเวลาในการล้างเพิ่มขึ้นจาก 30 45 และ 60 นาที แบบไม่เปลี่ยนน้ำตลอดระยะเวลาการล้างเปรียบเทียบผลกับตัวอย่างผักคะน้าเริ่มต้นและผักคะน้าจุ่มสารแต่ไม่ล้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากกราฟรูปที่ 4.6 พบว่า ระยะเวลาในการล้าง 60 นาที สามารถลดสารตกค้างในผักได้ดีในระดับที่ปลอดภัย เมื่อระยะเวลาการล้าง 30 และ 45 นาที ก็สามารถลดปริมาณสารตกค้างในผักได้ในระดับที่ปลอดภัย จะเห็นได้ว่าถ้าใช้ระยะเวลาที่เพิ่มมากขึ้นก็จะสามารถลดสารตกค้างในผักได้ จากการวิเคราะห์ทางสถิติโดยเปรียบเทียบกับระยะเวลาที่ใช้ในการล้างเพิ่มขึ้นด้วยยูวีร่วมกับโอโซน เมื่อใช้ระยะเวลาในการล้างที่แตกต่างกัน พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ซึ่งมีผลต่อการลดปริมาณของสารมาลาไทออน ดังรูปที่ 4.6 เมื่อดูค่า Absorbance ของผักหลังล้างในระยะเวลา 30 45 และ 60 นาที ก็จะเห็นความแตกต่างชัดเจน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ วราภา และคณะ (2555) กล่าวว่า ระยะเวลาในการล้างที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อการเพิ่มโอกาสการสัมผัสของน้ำล้างกับสารยาฆ่าแมลงที่ดีขึ้น ซึ่งจะมีผลทำให้สามารถลดปริมาณสารยาฆ่าแมลงในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในผักได้ดีขึ้น

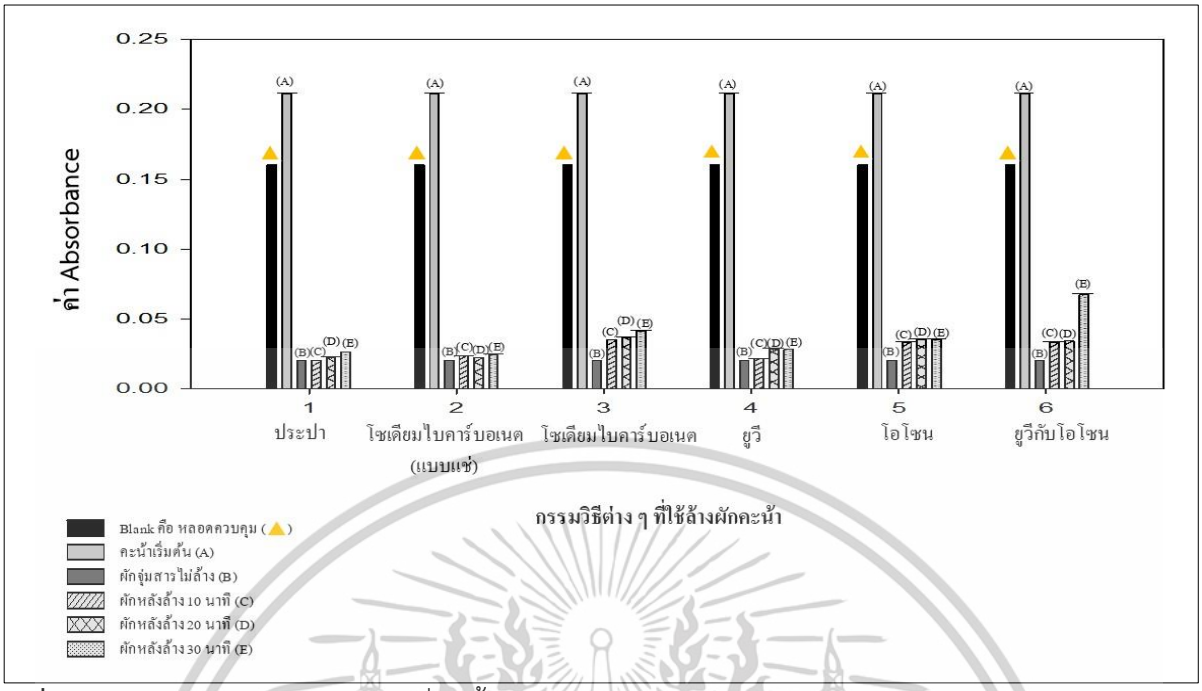
4.2 การศึกษากรรมวิธีการล้างผักคะน้าที่มีผลต่อการลดลงของสารยาฆ่าแมลงชนิดไซเพอร์เมทริน

จากการศึกษาเปรียบเทียบการลดปริมาณของสารไซเพอร์เมทรินด้วยกรรมวิธีในการล้างด้วยระบบยูวี โอโซน ยูวีร่วมกับโอโซน เปรียบเทียบกับการล้างด้วยน้ำประปา และโซเดียมไบคาร์บอเนต (Sodium Bicarbonate) มีการกำหนดปัจจัยในเรื่องของระยะเวลาในการล้าง 10 20 และ 30 นาที ซึ่งมีการใช้ตัวอย่างผักคะน้าอินทรีย์ ที่ผ่านการทดสอบแล้วว่าไม่พบสารยาฆ่าแมลงตกค้าง ทำการทดสอบการตกค้างของสารยาฆ่าแมลงในผักคะน้าเบื้องต้น โดยใช้ชุดทดสอบ Pyrethroid residual test kit เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุมที่ได้มีการแช่ผักด้วยสารยาฆ่าแมลงชนิดไซเพอร์เมทริน โดยไม่ผ่านวิธีการล้างด้วยกรรมวิธีใดๆ โดยผลการทดสอบจะเปรียบเทียบได้จากสีที่เปลี่ยนแปลงไปของตัวอย่าง ซึ่งระดับสีจะบ่งบอกถึงปริมาณของสารยาฆ่าแมลงตกค้างในตัวอย่าง สังเกตความเข้มข้นของสีแตกต่างกันหรือไม่ โดยหลอด Blank คือหลอดควบคุม จะมีสีน้ำเงินเข้ม ถ้าหลอดตัวอย่างมีสีเข้มกว่าหรือเท่ากับหลอด Blank แสดงว่า ไม่พบสารเคมีตกค้าง ส่วนหลอดตัวอย่างที่มีสีอ่อนกว่าหลอด Blank แสดงว่า พบสารเคมีตกค้างที่อยู่ในระดับที่ปลอดภัย และถ้าหลอดตัวอย่างไม่มีสีหรือมีสีเรื่อๆ แสดงว่า พบสารเคมีตกค้างอยู่ในระดับที่ไม่ปลอดภัย (กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2564) โดยความเข้มของสีตัวอย่างจะถูกวัดในเชิงปริมาณด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง ความยาวคลื่นที่ 540 นาโนเมตร

4.2.1 การศึกษาประสิทธิภาพการล้างผักคะน้าด้วยกรรมวิธีต่างๆ ต่อการลดปริมาณสารตกค้างไซเพอร์เมทริน และเปรียบเทียบกับน้ำก่อนล้างและน้ำหลังล้าง

เตรียมผักคะน้าน้ำหนัก 500 กรัม แยกเอาเฉพาะใบและก้านที่มีขนาดใกล้เคียงกัน นำมาสร้างการปนเปื้อนของสารยาฆ่าแมลงโดยนำไปจุ่มสารไซเพอร์เมทริน ความเข้มข้นของสารไซเพอร์เมทริน 175 ppm ปริมาตร 20 ลิตร แช่นาน 30 นาที จากนั้นนำผักที่ผ่านการปนเปื้อนสารยาฆ่าแมลงดังกล่าว ไปศึกษาประสิทธิภาพการลดปริมาณสารตกค้างไซเพอร์เมทริน ตามกรรมวิธีการล้างด้วยยูวี โอโซน และยูวีร่วมกับโอโซน เปรียบเทียบกับวิธีการล้างด้วยน้ำประปา โซเดียมไบคาร์บอเนต และโซเดียมไบคาร์บอเนต (แบบแช่) โดยแต่ละวิธีใช้ระยะเวลาในการล้างอย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 10 20 และ 30 นาที ดังแสดงผลในรูปที่ 4.7

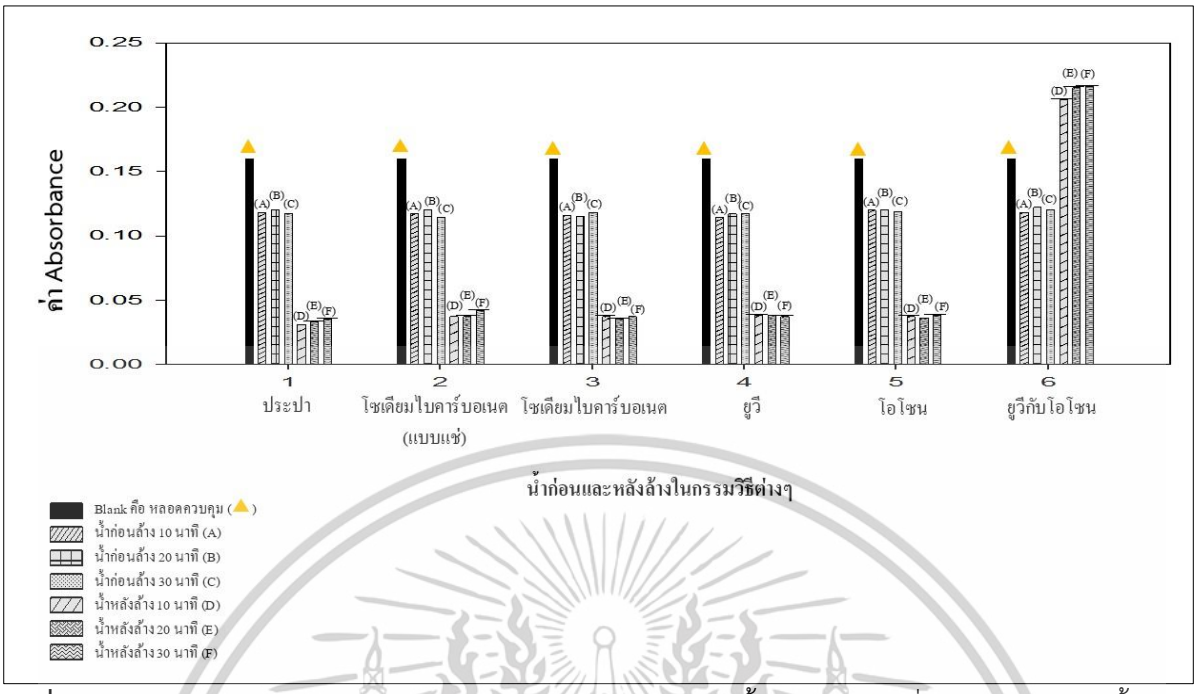
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 ประสิทธิภาพในการล้างผักคะน้าที่ปนเปื้อนสารไซเพอร์เมทรินความเข้มข้น 175 ppm ด้วยกรรมวิธีล้างแบบต่างๆ และระยะเวลาในการล้าง 10 20 และ 30 นาที เปรียบเทียบผลกับตัวอย่างผักคะน้าเริ่มต้นและผักคะน้าจุ่มสารแต่ไม่ล้าง

จากผลการทดลองพบว่า ประสิทธิภาพการลดสารตกค้างไซเพอร์เมทริน ตามกรรมวิธีการล้างยูวี โอโซน และยูวีร่วมกับโอโซน จะเห็นได้ว่าระยะเวลาที่ใช้ล้าง 30 นาที พบมีสารตกค้างยาฆ่าแมลง และในระยะเวลาที่ใช้ล้าง 10 และ 20 นาที ยังคงพบมีสารตกค้างยาฆ่าแมลง เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการล้างด้วยน้ำประปา โซเดียมไบคาร์บอเนต และโซเดียมไบคาร์บอเนต (แบบแช่) พบว่าวิธีการล้างด้วยยูวีร่วมกับโอโซน ยังพบสารตกค้างยาฆ่าแมลงได้น้อยกว่าวิธีอื่นๆ รองลงมาเป็นการล้างโดยใช้การวิธีโซเดียมไบคาร์บอเนต โอโซน ยูวี โซเดียมไบคาร์บอเนต (แบบแช่) และสุดท้ายคือวิธีการล้างด้วยน้ำประปา ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 ประสิทธิภาพในการบำบัดการตกค้างของสารไซเพอร์เมทรินในน้ำล้างผักคะน้าที่มีการสร้างการปนเปื้อนสารไซเพอร์เมทรินบนผักความเข้มข้น 175 ppm ด้วยกรรมวิธีแบบต่างๆ และระยะเวลาในการล้าง 10 20 และ 30นาที

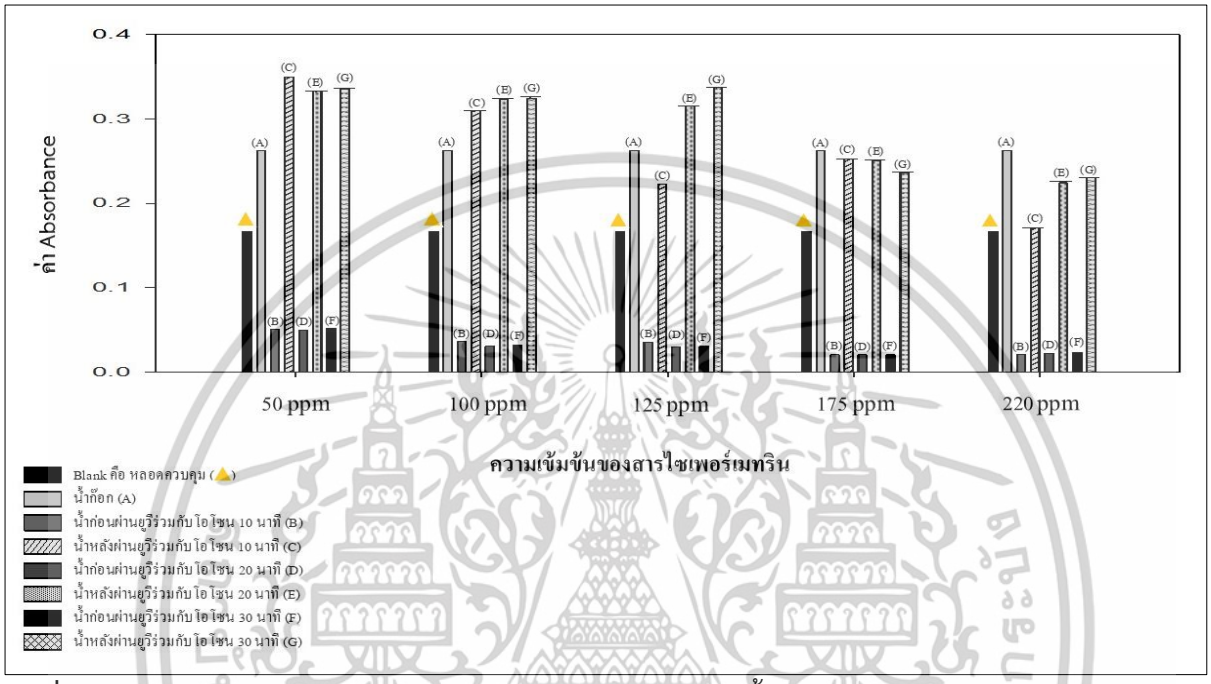
การตรวจน้ำก่อนล้างและน้ำหลังล้าง ดังแสดงกราฟรูปที่ 4.8 พบว่าประสิทธิภาพการลดปริมาณสารตกค้างไซเพอร์เมทรินของน้ำหลังล้างตามกรรมวิธีการล้างผักด้วยยูวีร่วมกับโอโซน จะเห็นได้ว่าระยะเวลาที่ใช้ล้าง 10 20 และ 30 นาที จะสามารถลดปริมาณสารตกค้างได้ระดับที่ไม่พบสารตกค้างของสารยาฆ่าแมลง ระยะเวลาในการล้างไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) ส่วนน้ำหลังล้างของวิธีการล้างด้วยน้ำประปา ยูวี โอโซน โซเดียมไบคาร์บอเนต (แบบแช่) และโซเดียมไบคาร์บอเนต ยังตรวจพบสารตกค้างไซเพอร์เมทรินในน้ำอยู่ กรรมวิธีการล้างที่แตกต่างกันมีผลต่อการลดปริมาณของสารไซเพอร์เมทรินแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ทางสถิติ

สอดคล้องกับงานวิจัยของยุทธชัย และคณะ (2544) พบว่าผักกินใบอย่างผักคะน้าและผักกาดขาวปลีสามารถดูดซับสารยาฆ่าแมลงได้มากที่สุด ปริมาณสารยาฆ่าแมลงที่ตกค้างในผักมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับพื้นที่ผิวสัมผัสของสารยาฆ่าแมลงเป็นสำคัญ จึงมองว่าผักคะน้าและกวางตุ้ง หากมีสารยาฆ่าแมลงปนเปื้อนคาดว่าจะเป็นผักที่สามารถกำจัดสารยาฆ่าแมลงได้ยากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 การศึกษาการตกค้างของสารไซเพอร์เมทรินในน้ำก่อนและหลังผ่านการบำบัดด้วยวิธียูวีร่วมกับโอโซน

ทำการเตรียมความเข้มข้นของสารไซเพอร์เมรินที่ 50 100 125 175 และ 220 ppm โดยสารละลายแต่ละความเข้มข้นจะหมุนเวียนผ่านระบบยูวีร่วมกับโอโซนที่เวลา 10 20 และ 30 นาที ทำการเก็บตัวอย่างน้ำก่อน และน้ำหลังการหมุนเวียนผ่านระบบยูวีร่วมกับโอโซน เพื่อทดสอบการตกค้างของสารไซเพอร์เมทรินด้วยชุดทดสอบ Pyrethroid residual test kit ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 4.9



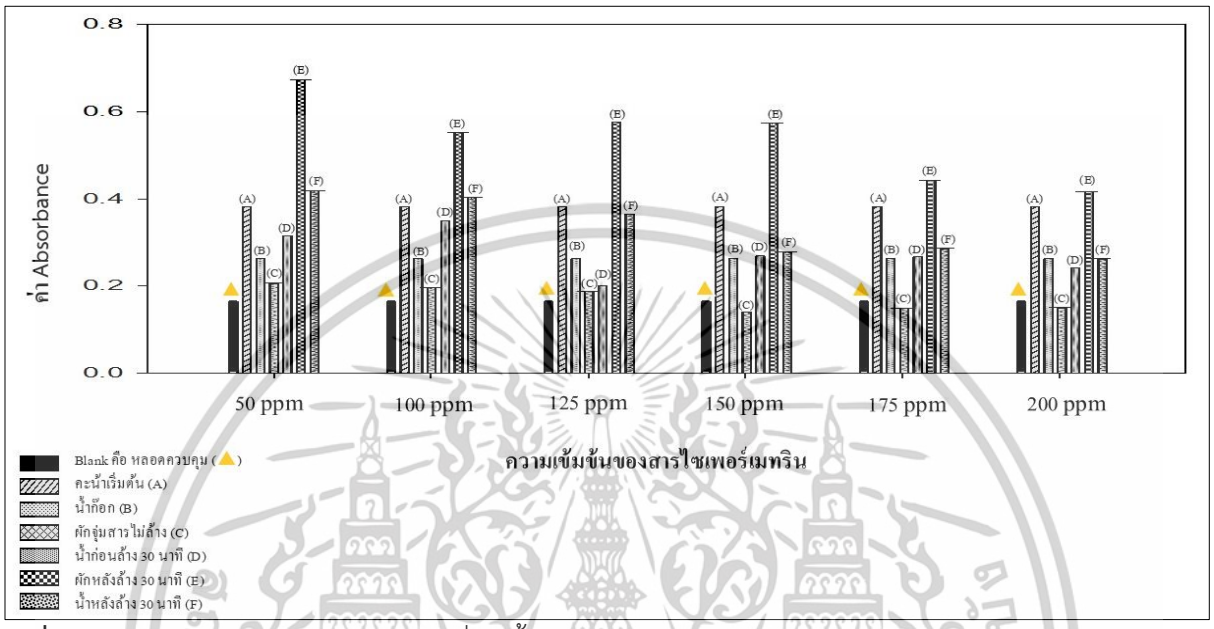
รูปที่ 4.9 ประสิทธิภาพในการบำบัดการตกค้างของสารไซเพอร์เมทรินในน้ำก่อนและหลังผ่านยูวีร่วมกับโอโซนในระดับความเข้มข้นต่างๆ ที่ระยะเวลาในการบำบัด 10 20 และ 30 นาที

จากผลการทดลองพบว่า การตรวจสอบน้ำหลังผ่านยูวีร่วมกับโอโซนในความเข้มข้นของสารยาฆ่าแมลงชนิดไซเพอร์เมทรินที่ 50 100 125 175 และ 220 ppm ระยะเวลาที่ใช้ 10 20 และ 30 นาที พบว่า สามารถลดปริมาณสารตกค้างของสารยาฆ่าแมลงในน้ำได้ ส่วนในระยะเวลาที่ใช้ 20 นาที พบว่า สามารถลดปริมาณสารตกค้างยาฆ่าแมลงในน้ำได้ และระยะเวลาที่ใช้ 10 นาที พบว่า สามารถลดปริมาณสารตกค้างยาฆ่าแมลงในน้ำได้เช่นเดียวกัน จากการวิเคราะห์ทางสถิติของความเข้มข้นของสารยาฆ่าแมลงและระยะเวลาในการตรวจสอบน้ำก่อนและน้ำหลังผ่านยูวีร่วมกับโอโซนตามระดับความเข้มข้นสารยาฆ่าแมลงชนิดไซเพอร์เมทรินมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 การศึกษาประสิทธิภาพการล้างสารตกค้างไซเพอร์เมทรินในผัก ด้วยวิธียูวีร่วมกับโอโซน

ทำการเตรียมความเข้มข้นของสารยาฆ่าแมลงที่ 50 100 125 150 175 และ 200 ppm เพื่อสร้างการปนเปื้อนของยาฆ่าแมลงด้วยการแช่ผักในแต่ละความเข้มข้นเป็นเวลานาน 30 นาที จากนั้นนำผักไปล้างด้วยยูวีร่วมกับโอโซนเป็นเวลานาน 30 นาที ดังแสดงผลในกราฟรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 ประสิทธิภาพในการล้างผักคะน้าที่ปนเปื้อนสารไซเพอร์เมทรินความเข้มข้นต่างๆ ด้วยยูวีร่วมกับโอโซนเป็นเวลา 30 นาที เปรียบเทียบผลกับตัวอย่างผักคะน้าเริ่มต้นและผักคะน้าจุ่มสารแต่ไม่ล้าง

จากผลการทดลองพบว่า การลดปริมาณการตกค้างของสารไซเพอร์เมทรินในผักคะน้าในแต่ละระดับความเข้มข้นที่ใช้ระยะเวลาล้าง 30 นาที ในผักแช่ความเข้มข้นของสาร 50 100 125 150 175 และ 200 ppm สามารถลดสารตกค้างในระดับที่ไม่พบสารตกค้างยาฆ่าแมลง จะเห็นได้ว่าเมื่อความเข้มข้นของสารยาฆ่าแมลงน้อยที่สุด ก็จะมีระดับการลดปริมาณของสารยาฆ่าแมลงมากที่สุด ตามลำดับของความเข้มข้นของสารยาฆ่าแมลง เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างผักจุ่มสารแบบไม่ล้างกับผักจุ่มสารแล้วล้างด้วยวิธียูวีร่วมกับโอโซน จากการวิเคราะห์ทางสถิติของความเข้มข้นของสารยาฆ่าแมลงและระยะเวลาในการตรวจสอบน้ำก่อนล้างและน้ำหลังล้าง ตามระดับความเข้มข้นสารยาฆ่าแมลงชนิดไซเพอร์เมทรินมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ทางสถิติ จากรายงานการวิจัยของ Bae et al. (2023) กล่าวว่า การล้างผักด้วยยูวี ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร ถือเป็นกระบวนการที่มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณสารตกค้างของยาฆ่าแมลง อย่างไรก็ตาม สารยาฆ่าแมลงที่สะสมบนพื้นผิวที่แสงยูวีไม่เพียงพอ อาจจะไม่สามารถย่อยสลายได้หมด เมื่อมีการล้างด้วยสารออกซิไดส์ คือ โอโซน พิจารณาใช้เพื่อลดปริมาณสารตกค้างของสารยาฆ่าแมลงในผักได้อย่างมีประสิทธิภาพ เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำก่อนล้างและน้ำหลังล้าง พบว่า ความเข้มข้นของสารที่ 50 100 125 150 175 และ 200 ppm ไม่พบสารตกค้างของสารยาฆ่าแมลงในน้ำล้าง เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างน้ำก๊อกกับน้ำหลังล้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4 การศึกษาประสิทธิภาพการล้างผักคะน้าเพื่อลดสารตกค้างไซเพอร์เมทรินด้วยวิธียูวีร่วมกับโอโซนแบบไม่เปลี่ยนน้ำ ในระยะเวลา 30 นาที

ทำการเตรียมความเข้มข้นของสารยาฆ่าแมลงที่ 175 ppm โดยจะใช้ระยะเวลาในการล้างผัก 10 20 และ 30 นาที จากนั้นนำมาสร้างการปนเปื้อนของสารยาฆ่าแมลงการโดยนำผักคะน้าไปจุ่มสารมาลาไทออน แช่นาน 30 นาที เมื่อครบเวลานำตัวอย่างผักคะน้าผึ่งให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ดัดแปลงตามวิธีการของ Wu et al., 2007

รูปที่ 4.11 ประสิทธิภาพในการล้างผักคะน้าด้วยยูวีร่วมกับโอโซนต่อการลดสารตกค้างไซเพอร์เมทรินในผักคะน้าที่สร้างการปนเปื้อนบนผักคะน้าด้วยสารไซเพอร์เมทรินความเข้มข้น 175 ppm ใช้ระยะเวลาในการล้าง 10 20 และ 30 นาทีแบบไม่เปลี่ยนน้ำตลอดระยะเวลาการล้าง เปรียบเทียบผลกับตัวอย่างผักคะน้าเริ่มต้นและผักคะน้าจุ่มสารแต่ไม่ล้าง

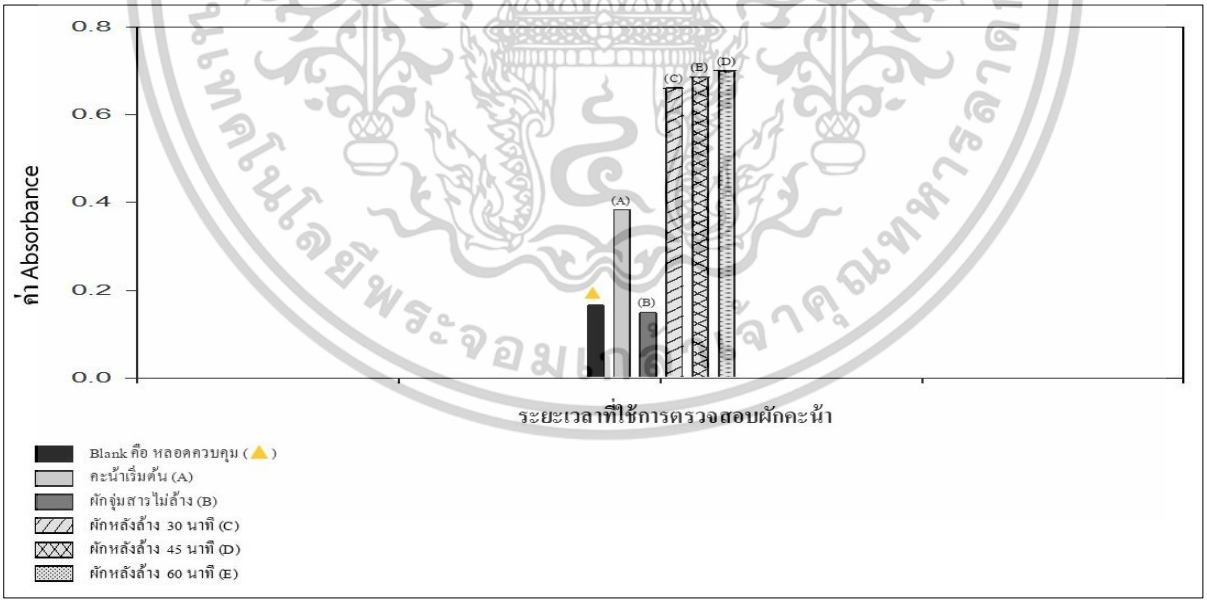
จากผลการทดลองกราฟรูปที่ 4.11 พบว่า ประสิทธิภาพการลดปริมาณสารตกค้างของสารไซเพอร์เมทรินตามกรรมวิธีการล้างผักด้วยระบบยูวี โอโซน และยูวีร่วมกับโอโซน จะเห็นได้ว่าระยะเวลาที่ใช้ล้าง 30 นาที จะสามารถลดปริมาณสารตกค้างได้ระดับที่ไม่พบสารตกค้างของสารยาฆ่าแมลงได้ดีสุด เมื่อในระยะเวลาที่ใช้ล้าง 20 นาที จะสามารถลดปริมาณสารตกค้างได้ระดับที่ไม่พบสารตกค้างของสารยาฆ่าแมลง รองมาจากการล้างในระยะเวลาที่มากที่สุด และการใช้ระยะเวลาที่ใช้ล้าง 10 นาที ก็สามารถลดปริมาณสารตกค้างได้ระดับที่ไม่พบสารตกค้างของสารยาฆ่าแมลงได้ เมื่อเปรียบเทียบกับผักคะน้าจุ่มสารแบบไม่ล้าง ซึ่งจะเห็นได้ว่า ความแตกต่างของผักคะน้าจุ่มสารแบบไม่ล้างกับผักคะน้าที่จุ่มสารแล้วล้างด้วยวิธียูวีร่วมกับโอโซน สามารถลดปริมาณสารตกค้างของยาฆ่าแมลงได้ จากการวิเคราะห์ทางสถิติที่ใช้วิธียูวีร่วมกับโอโซนโดยจะล้างด้วยวิธีน้ำไหลวนแบบไม่เปลี่ยนน้ำ ในระยะเวลา 10 20 และ 30 นาที มีผลต่อการลดลงของสารไซเพอร์เมทริน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจน้ำก่อนล้างและน้ำหลังล้าง พบว่าประสิทธิภาพการลดปริมาณสารตกค้างของสารไซเพอร์เมทรินของน้ำหลังล้างตามกรรมวิธีการยูวีร่วมกับโอโซน จะเห็นได้ว่าระยะเวลาที่ใช้ล้าง 30 นาที สามารถลดปริมาณสารตกค้างได้ระดับที่ไม่พบสารตกค้างของสารยาฆ่าแมลง และระยะเวลาที่ใช้ล้าง 10 และ 20 นาที จะสามารถลดปริมาณสารตกค้างได้ระดับที่ไม่พบสารตกค้างของสารยาฆ่าแมลงในน้ำล้าง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) จากรายงานการวิจัยของ Wu et al. (2007) พบว่า สารละลายในน้ำที่มีโอโซน ความเข้มข้นอยู่ที่ 2 ppm จะช่วยลดปริมาณสารตกค้างยาฆ่าแมลงเริ่มต้นของไดอะซินอน พาราไธออน เมทิลพาราไธออน และไซเพอร์เมทรินในผักได้ถึง 60% และจากรายงานการวิจัยของ Wu et al. (2007) ได้อธิบายว่า อนุมูลไฮดรอกซิลอิสระมีบทบาทสำคัญในปฏิกิริยาระหว่างโอโซน และยาฆ่าแมลงและอัตราการสลายตัวเพิ่มเติมตามปริมาณโอโซนที่เพิ่มขึ้น ผลการศึกษาพบว่าการสัมผัสโอโซนเป็นเวลานานสามารถออกซิไดส์สารยาฆ่าแมลงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4.2.5 ผลการศึกษาประสิทธิภาพการล้างสารตกค้างของสารไซเพอร์เมทรินด้วยวิธียูวีร่วมกับโอโซนในระยะเวลา 30 45 และ 60 นาที

ทำการเตรียมความเข้มข้นของสารยาฆ่าแมลงที่ 175 ppm ใช้ระยะเวลาในการล้างผัก 30 45 และ 60 นาที จากนั้นนำผักคะน้ามาสร้างการปนเปื้อนของสารยาฆ่าแมลงโดยนำผักคะน้าไปจุ่มสารไซเพอร์เมทรินแช่นาน 30 นาที เมื่อครบเวลานำตัวอย่างผักคะน้าทำการผึ่งให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ดัดแปลงตามวิธีการของ Wu et al., 2007 จากนั้นนำมาวัดค่าด้วยเครื่องวัดค่าดูดกลืนแสง (Spectrophotometer) ที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร



รูปที่ 4.12 ประสิทธิภาพในการล้างผักคะน้าด้วยยูวีร่วมกับโอโซนต่อการลดสารตกค้างไซเพอร์เมทรินในผักคะน้าที่สร้างการปนเปื้อนบนผักคะน้าด้วยสารไซเพอร์เมทรินความเข้มข้น 175 ppm ใช้ระยะเวลาในการล้างเพิ่มขึ้นจาก 30 45 และ 60 นาที แบบไม่เปลี่ยนน้ำตลอดระยะเวลาการล้างเปรียบเทียบผลกับตัวอย่างผักคะน้าเริ่มต้นและผักคะน้าจุ่มสารแต่ไม่ล้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดลองกราฟรูปที่ 4.12 พบว่าประสิทธิภาพในการล้างผักคะน้าต่อการลดการตกค้างสารไซเพอร์เมทรินในผักคะน้า โดยเปรียบเทียบกับระยะเวลาการล้างที่เพิ่มขึ้นด้วยวิธียูวีร่วมกับโอโซน ใช้ระยะเวลาในการล้าง 60 นาที สามารถลดสารตกค้างในผักได้ดีที่สุด ระยะเวลาการล้าง 45 นาที ก็สามารถลดปริมาณสารตกค้างในผักได้รองลงมาจากการล้างในระยะเวลา 60 นาที และระยะเวลา 30 นาที สามารถลดปริมาณสารตกค้างในผักได้เช่นกัน จะเห็นได้ว่าถ้าใช้ระยะเวลาที่เพิ่มมากขึ้นก็จะสามารถลดสารตกค้างในผักได้ เมื่อดูความแตกต่างของระยะเวลาการล้าง 30 45 และ 60 นาที จะเห็นความแตกต่างจากการวิเคราะห์ทางสถิติเปรียบเทียบความเข้มข้นของสารตกค้างไซเพอร์เมทรินกับระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นในการล้างด้วยวิธียูวีร่วมกับโอโซน ที่ใช้ระยะเวลาในการล้างที่แตกต่างกัน พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ซึ่งมีผลต่อการลดสารตกค้างสารไซเพอร์เมทริน

สอดคล้องกับงานวิจัยของ Wu et al. (2007) พบว่า สารละลายโอโซนที่ความเข้มข้น 1.4 พีพีเอ็ม อุณหภูมิ 14 องศาเซลเซียส ให้เวลาสัมผัสกับสารละลายโอโซน 15 นาที มีประสิทธิภาพในการลดสารยาฆ่าแมลงกลุ่มไพรีทอยด์สังเคราะห์ คือ ไซเปอร์มีทริน ในผักกวางตุ้ง ได้ที่ 27-34% และเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายโอโซนเป็น 2 พีพีเอ็ม ที่สภาวะเดียวกัน พบว่าประสิทธิภาพในการลดสารตกค้างเพิ่มขึ้นเป็น 30-54% เมื่อเพิ่มเวลาในการสัมผัสเป็น 30 นาที ยังสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการลดสารตกค้างได้เพิ่มขึ้น เป็น 45-61% แสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายโอโซนและเวลาที่สารกำจัดศัตรูพืชสัมผัสกับสารละลายโอโซน มีผลต่อประสิทธิภาพในการลดปริมาณสารยาฆ่าแมลงในผัก เช่นเดียวกันกับงานวิจัยของ Ayala et al. (2010) มีการอธิบายจลนศาสตร์และกลไกการสลายตัวของยาปราบวัชพืช 2 ชนิด คือ สารโบรโมไซนิล และสารทริฟลิราลิน ด้วยสารละลายโอโซน กล่าวว่าเกิดจากการเข้าทำปฏิกิริยาระหว่างโมเลกุลของโอโซนกับโมเลกุลของยาปราบวัชพืชโดยตรง และทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระของหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) ที่เกิดจากการสลายตัวของโอโซนในน้ำ ทำให้โครงสร้างสารทั้ง 2 ชนิดไม่แข็งแรงจึงได้ถูกออกซิไดส์โดยง่าย

จากรายงานการวิจัยของ Lakshmipathy et al. (2023) ได้อธิบายเกี่ยวกับการใช้แสงยูวีในการลดปริมาณสารยาฆ่าแมลงไว้ว่า สารยาฆ่าแมลงบางชนิด อาจจะยังคงมีอยู่แม้ว่าผู้บริโภคจะพยายามป้องกันสารเคมีในอาหารโดยการล้างปอกเปลือก และแยกสารเหล่านั้นออก ในกรณีนี้อาจใช้รังสียูวี เพื่อช่วยย่อยสลายสารยาฆ่าแมลงให้เป็นสารประกอบที่เป็นอันตรายน้อยลง ซึ่งจะช่วยลดสารปนเปื้อนในอาหารได้อีกด้วย

4.3 การศึกษาลักษณะทางกายภาพของผักคะน้าเปรียบเทียบกับการล้างผักก่อนล้างและหลังล้าง

4.3.1 ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพของผักคะน้าที่สร้างการปนเปื้อนด้วยสารมาลาไทออนแล้วผ่านกระบวนการล้างด้วยกรรมวิธีต่างๆ

นำผักคะน้า พันธุ์ใบแหลม ที่มาจากการทดสอบสารยาฆ่าแมลงในผักคะน้า จากข้อที่ 3.4.2.2 มาทำการตรวจสอบลักษณะทั่วไปของผักคะน้าด้วยสายตา (Visual) ซึ่งจะตรวจสอบโดยดูจากความสดของผัก สีของผัก ไม่มีรอยช้ำ หรือไม่สามารถนำมาบริโภคได้ โดยเปรียบเทียบกับผักคะน้าก่อนล้างด้วยกรรมวิธีต่างๆ ทั้ง 6 วิธี ดังภาคผนวก ค โดยผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพของผักคะน้าที่ทดลองในสารมาลาไทออน พบว่ากรรมวิธีในการล้างแต่ละวิธีไม่มีผลทำให้ลักษณะทางกายภาพบนผิวของผักคะน้าเปลี่ยนแปลงไป บนผิวของผักคะน้าไม่มีรอยช้ำ ซึ่งจะเห็นได้ชัดจากการล้างด้วยวิธียูวีร่วมกับโอโซนทำให้บนผิวของคะน้าดูสดขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Chen et al. (2013) พบว่าในการใช้โอโซนมาช่วยลดปริมาณของสารยาฆ่าแมลงของออร์กาโนฟอสเฟตในผักกาดหอม มีระดับการลดปริมาณสารยาฆ่าแมลงมากถึง 82% โดยไม่ส่งผลต่อคุณภาพของผัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพของผักคะน้าที่สร้างการปนเปื้อนด้วยสารไซเพอร์เมทรินแล้วผ่านกระบวนการล้างด้วยกรรมวิธีต่างๆ

นำผักคะน้า พันธุ์ใบแหลม ที่มาจากการทดสอบสารยาฆ่าแมลงในผักคะน้า จากข้อที่ 3.4.2.2 มาทำการตรวจสอบลักษณะทั่วไปของผักคะน้าด้วยสายตา (Visual) ซึ่งจะตรวจสอบโดยดูจากความสดของผัก สีของผัก ไม่มีรอยช้ำหรือไม่สามารถนำมาบริโภคได้ โดยเปรียบเทียบกับผักคะน้าก่อนล้างด้วยกรรมวิธีต่างๆ ทั้ง 6 วิธี ดังภาคผนวก ค การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพ โดยผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพของผักคะน้าที่ทดลองในสารไซเพอร์มเทริน พบว่ากรรมวิธีในการล้างแต่ละวิธีไม่มีผลทำให้ลักษณะทางกายภาพบนผิวของผักคะน้าเปลี่ยนแปลงไป ผิวของผักคะน้าไม่มีรอยช้ำ ซึ่งจะเห็นได้ว่าวิธีการแต่ละวิธีจะทำให้บนผิวของคะน้าดูสดขึ้น โอโซนสามารถขจัดสารยาฆ่าแมลงได้ดีกว่าการล้างด้วยวิธีอื่นๆ ไม่ทิ้งสิ่งตกค้างโลหะหนักเพราะโอโซนจะสลายตัวเป็นออกซิเจน นอกจากนั้นยังพบอีกว่าผักที่ล้างด้วยน้ำโอโซนจะมีอายุการเก็บรักษาที่ยาวนาน (อัจฉรา, 2555)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 ประสิทธิภาพการล้างผักคะน้าด้วยกรรมวิธีต่างๆ ต่อการลดสารตกค้างมาลาไทออน พบว่าวิธีที่ดีที่สุดในการลดสารตกค้างมาลาไทออน คือ วิธียูวีร่วมกับโอโซน จะเห็นได้ว่าระยะเวลาที่ใช้ล้าง 30 นาที สามารถลดปริมาณสารตกค้างได้ระดับที่ไม่พบสารตกค้างของสารยาฆ่าแมลง และไซเพอร์เมทริน พบว่าวิธียูวีร่วมกับโอโซน เป็นวิธีที่ดีที่สุดในการลดสารตกค้างไซเพอร์เมทริน โดยระยะเวลาที่ใช้ล้าง 30 นาที สามารถลดสารตกค้างไซเพอร์เมทรินได้เป็นอย่างดี

5.1.2 ประสิทธิภาพในน้ำก่อนล้างและน้ำหลังล้างของสารมาลาไทออนและสารไซเพอร์เมทริน พบว่า ประสิทธิภาพการลดปริมาณสารตกค้างของสารมาลาไทออนของน้ำหลังล้างตามกรรมวิธีการล้างผักด้วยโซเดียมไบคาร์บอเนต โซเดียมไบคาร์บอเนต (แบบแช่) โอโซน และยูวีร่วมกับโอโซน ระยะเวลาที่ใช้ล้าง 30 นาที สามารถลดปริมาณสารตกค้างได้ระดับที่ไม่พบสารตกค้างของสารยาฆ่าแมลง

5.1.3 ประสิทธิภาพในการล้างผักคะน้าต่อการลดการตกค้างของสารมาลาไทออนและไซเพอร์เมทรินที่ในผักคะน้า โดยเปรียบเทียบกับระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นในการล้างด้วยวิธียูวีร่วมกับโอโซน ที่ใช้ระยะเวลาในการล้าง 45 นาที สามารถลดสารตกค้างในผักได้ดี

5.2 ข้อเสนอแนะ

เครื่องผลิตโอโซนที่ใช้ในการทดลองมีความเข้มข้นอยู่ที่ 2 ppm และสามารถปรับระยะเวลาได้ถึง 60 นาที สามารถช่วยลดปริมาณสารยาฆ่าแมลงได้ในระดับที่ปลอดภัย เมื่อเพิ่มระยะเวลาในการล้างที่เพิ่มขึ้นทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสารยาฆ่าแมลงที่ปนเปื้อนมากับผักได้ดียิ่งขึ้น ถ้าศึกษาเกี่ยวกับความเข้มข้นของโอโซนต่อประสิทธิภาพการลดสารตกค้างยาฆ่าแมลงในกรณีการเพิ่มความเข้มข้นของเครื่องผลิตโอโซน ควรจะใช้ความเข้มข้นของโอโซนในระดับปริมาณที่มนุษย์รับได้ เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการระคายเคืองกับผู้ใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กระทรวงเกษตร และสหกรณ์. 2559. **มาตรฐานสินค้าเกษตร มกษ. 9002-2556 เรื่อง สารพิษตกค้าง: ปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด**. คัดจากประกาศในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศและงานทั่วไป เล่มที่ 133 ตอนพิเศษ 288 ง.

กรมควบคุมโรค กองโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม. ไม่ระบุปีที่พิมพ์. โรคจากสารเคมีกำจัดศัตรูพืช [ออนไลน์]. แหล่งข้อมูลจาก http://envocc.ddc. moph.go.th/contents/view/72 (สืบค้นเมื่อวันที่ 15 ธันวาคม 2564).

กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. คู่มือการตรวจวิเคราะห์สารเคมีตกค้างในผลผลิตทางเกษตร. จำนวน 1,000 เล่ม. พิมพ์ครั้งที่ 1. กลุ่มโรงพิมพ์ สำนักพัฒนาการถ่ายทอดเทคโนโลยี. 2564.

กาญจนา จันทร์สิงห์. 2562. ผักคะน้า [ออนไลน์]. แหล่งข้อมูลจาก https://arit.kpru.ac.th/ap2/local/?nu=pages&page_id=1605&code_db=610010&codetype=01 (สืบค้นเมื่อวันที่ 22 เมษายน 2564).

จารุพงศ์ ประสพสุข, ปริยานุช สายสุพรรณ์ และวัชราพร ศรีสว่างวงศ์. 2557. การวิเคราะห์สารพิษ ตกค้างในผัก และผลไม้ เพื่อรับรองระบบการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืชในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน. **วารสารแก่นเกษตร**. 42(2): 431-439.

ทิวา สายประดิษฐ. 2562. การออกแบบและพัฒนาเครื่องล้างด้วยอัลตราโซนิกส์ร่วมกับโอโซนแบบต่อเนื่อง. ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยสุรนารี.

นิรมล ธรรมวิริยสติ และสานิตา สิงห์สนั่น. 2559. โครงการการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในเลือด และพิษของยาฆ่าแมลงที่ส่งผลต่อสุขภาพในกลุ่มประชากรผู้ได้รับสารพิษตกค้างในผัก. มหาวิทยาลัยบูรพา.

นิรมล จิตต์สมหมาย, วิชนี สอนสา และรติมาศ บุญล้อม. ไม่ระบุปีที่พิมพ์. การวิเคราะห์สารพิษตกค้างจากสารเคมีกำจัดศัตรูพืชด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟี-แมสสเปกโทรเมทรี Analysis of Pesticide Residue Using GC MS/MS[ออนไลน์].แหล่งข้อมูลจาก https://www. scispec. co.th /app/foodsafety/AN_Pesticides_in_Vegetables_GC-MSMS.pdf (สืบค้นเมื่อวันที่ 3 พฤษภาคม 2564).

ปริยานุช สายสุพรรณ. ไม่ระบุปีที่พิมพ์. อันตรายจากสารเคมีกำจัดแมลง [ออนไลน์]. แหล่งข้อมูลจาก http://oard3.doa.go.th/oard3/pdf/dangerAnn2561.pdf (สืบค้นเมื่อวันที่ 27 เมษายน 2564).

ปิยะวิทย์ ทิพรส. ไม่ระบุปีที่พิมพ์. โอโซน: สมบัติทางเคมีกายภาพและการประยุกต์ใช้เพิ่มความขาวผลอตภัณฑ์เนื้อปลา [ออนไลน์]. แหล่งที่มาจาก https://so05.tci- thaijo.org/index.php/DPUSuthiparithatJournal/article/download/245820/167135/. (สืบค้นเมื่อวันที่ 3 พฤษภาคม 2564).

ปัทมา เสนทอง, ลิเลียน วิวัฒน์, จตุพล โยธาโคตร, สุทธินี เพ็ชรสีทอง และกัญธิชา ศรีหาได้. 2561. ประสิทธิภาพของน้ำยาล้างผักต่อชนิดของสารกำจัดศัตรูพืช และปริมาณฟอร์มาลีนตกค้างในผัก. **วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น (ฉบับบัณฑิตศึกษา)**. 18(3): 1-10.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ. 2522. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 387 พ.ศ. 2560, ราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 134, ตอน 228. (ลงวันที่ 18 กันยายน 2560).

มงคล ธุระ. ไม่ระบุปีที่พิมพ์. การสร้างและทดสอบเครื่องล้างผักและผลไม้ระบบน้ำไหลวนและฆ่าเชื้อโรคด้วยแสงยูวี. สถานศึกษา วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่.

ราเมศ กรณีย์ และ พิมพ์ใจ ปรางสุรางค์. 2559. การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการล้างเพื่อขจัดสารเคมีกำจัดแมลงตกค้างในผักสด. **วารสารอาหารและยา**. 23(1): 34-42.

ลีลา สุนทรสุข. 2562. การลดสารตกค้างในผักและผลไม้ [ออนไลน์]. แหล่งข้อมูลจาก https://pharmacy.mahidol.ac.th/th/knowledge/article/452/%E0%B8%AA%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%95%E0%B8%81%E0%B8%84%E0%B9%89%E0%B8%B2%E0%B8%87%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%81%E0%B8%B3%E0%B8%88%E0%B8%B1%E0%B8%94/. (สืบค้นเมื่อวันที่ 25 เมษายน 2564).

วราภา มหากาญจนกุล, ธรรมศักดิ์ ทองเกตุ และอัจฉรา แสนคม. 2555. การใช้น้ำโอโซนและน้ำอิเล็กโทไลซ์เพื่อลดสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในผักใบ. ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วิจิตรา เหลียวตระกูล, วชิรญา เหลียวตระกูล, ปรีชานุช เพียนเลี้ยงชีพ และรวีวรรณ เดี่ยมขันมณี. 2563. การตรวจสอบสารเคมีตกค้างกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต และคาร์บาเมทในผักสด จังหวัดพระนครศรีอยุธยา และประสิทธิภาพในการล้างผักต่อสารตกค้างในผักคะน้า. **วารสารเกษตรพระจอมเกล้า**. 38(1): 131-138.

วิสิฐ จะวะสิต. 2564. คู่มือสำหรับผู้ควบคุมการผลิตน้ำบริโภคในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท น้ำแร่ธรรมชาติ และน้ำแข็งบริโภค. กองอาหาร สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา.

คู่มือการตรวจวิเคราะห์สารเคมีตกค้างในผลผลิตทางเกษตร. จำนวน 1,000 เล่ม. พิมพ์ครั้งที่ 1. กลุ่มโรงพิมพ์ สำนักพัฒนาการถ่ายทอดเทคโนโลยี. 2564.

วัฒน์สิทธิ์ ศิริวงศ์, บัณฑิต อนุรักษ์, ยงยุทธ ไผ่แก้ว และยุทธชัย อนุรักติพันธุ์ . 2547. การใช้โอโซนในการลดปริมาณสารพิษตกค้างเอ็นโดซัลแฟน. **วารสารสงขลานครินทร์ ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**. 26(1): 177-183.

ธิติมา ขวัญอยู่. 2561. การกำจัดสารตกค้างคาร์บาริลจากผักคะน้า โดยใช้สารทำความสะอาด. ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เครือข่ายเตือนภัยสารเคมีกำจัดศัตรูพืช. 2560. ถั่วฝักยาว คะน้า องุ่น แก้วมังกร พบสารเคมีตกค้างสูงสุด [ออนไลน์]. แหล่งข้อมูลจาก https://news.thaipbs.or.th/content/267994. (สืบค้นเมื่อวันที่ 22 เมษายน 2564).

เครือข่ายเตือนภัยสารเคมีกำจัดศัตรูพืช. 2562. ไทยแพนเปิดผลตรวจผักผลไม้พบสารพิษตกค้างเกินมาตรฐาน 41% ผักห้างแย่กว่าผักตลาดสด ตะลึงพบสารพิษห้ามใช้ในประเทศไทยตกค้างอื้อ 12 ชนิด [ออนไลน์]. แหล่งข้อมูลจาก https://www.thaipan.org/action/1107. (สืบค้นเมื่อวันที่ 22 เมษายน 2564).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครือข่ายเตือนภัยสารเคมีกำจัดศัตรูพืช. 2563. ข่าวร้ายปลายปี 2563 ไทยแพนพบผักผลไม้ 58.7% พบสารพิษตกค้างเกินมาตรฐาน [ออนไลน์]. แหล่งข้อมูลจาก https://www.thaipan.org/ highlights/2283. (สืบค้นเมื่อวันที่ 22 เมษายน 2564).

สำนักโรคจากการประกอบอาชีพ และสิ่งแวดล้อม. 2561. สารเคมีกำจัดศัตรูพืชในเกษตร [ออนไลน์]. แหล่งข้อมูลจาก https://ddc.moph.go.th/ uploads/files/89c294f74b806af79b24cac d7fb58b7f.pdf. (สืบค้นเมื่อวันที่ 25 เมษายน 2564).

อรทัย วงค์เมธา, กฤษณ์ ลินวัฒนา, กิตติชัย แซ่ยาง, อนุภพ เผือกผ่อง และวีรพรรณ ต้นเส้า. ไม่ระบุปีที่พิมพ์. การทดสอบพันธุ์คะน้า (ใบ และยอด) และกวางตุ้ง (ใบ และดอก) ในแหล่งปลูกต่างๆ เพื่อผลิตลูกผสมเปิด [ออนไลน์]. แหล่งข้อมูลจาก https://www.doa.go.th/hort/wp- content/uploads/2020/10/%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%97%E0%B8%94%E0%B8%AA%E0% B8%AD%E0%B8%9A%E0%B8%9E%E0%B8%B1%E0%B8%99%E0%B8%98%E0%B8%B8%E0%B9%8C%E0%B8%84%E0%B8%B0%E0%B8%99%E0%B9%89%E0%B8%B2.pdf. (สืบค้นเมื่อวันที่ 5 มกราคม 2565).

อเนก หาลี และธวัชชัย ศุภวิทิตพัฒนา. 2555. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารละลายด่างทับทิมและน้ำยาล้างผักทางการค้า 3 ชนิด ในการลดปริมาณเมโธมิลในผักคะน้า. **วารสารเกษตรพระจอมเกล้า**. 30(1): 55-61.

อาลักษณ์ ทิพยรัตน์. 2561. โครงการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี UV/Ozone ในการกำจัดเชื้อ *E.coli*/Coliforms ในการผลิตอาหาร และสินค้าระหว่างผลิตเพื่อลดน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตอาหาร และนำวัตถุดิบระหว่างผลิตนำกลับมาใช้ใหม่. มหาวิทยาลัยบูรพา.

อัจฉรา แสนคม. 2555. การประยุกต์ใช้สารออกซิไดส์ซิ่งในการล้างเพื่อลดสารตกค้างกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในผักสด. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Ayala, P. C., M. G. Din, and Smith, D.W. 2010. Kinetics and mechanism of the degradation of two pesticides in aqueous solution by ozonation. **Chemoshere**. 78: 557-562.

Bea, J. Y., Lee, D. Y., Oh, K. Y., Jeong, D. K., Lee, D. Y., and Kim, J. H. 2023. Photochmical advanced oxidative process treatment effect on the pesticide resides reduction and quality changes un dried red peppers. **Scientific Reports**. 13: 1-11.

Chen, J. Y., Lin Y. J., and Kuo, W. C. 2013. Pesticide residue removal form vegetables by ozonation. **Journal of Food Engineering**. 114(23): 404-411.

Glaze, W. H. , 1987. Drinking- water treatment with ozone. **Environmental Science and Technology**. 21(3): 224-230.

Lozowicka, B., Jankowska, Hrynko, I., and Kaczynski, P. 2016. Removal of 16 pesticide residues from strawberries by washing with tap and ozone water, ultrasonic cleaning and boiling. **Environmental Monitoring and Assessment**. 188:51.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Lakshmipathy, K., Sindhu, S., Singh, A., Krishnappa, S. C., and Veeresh, C. D. 2023. A review on Pesticides degradation by using ultraviolet light treatment in agricultural commodities. **efood**. 23: 1-7.

Ong, K.C., Cash, J.N., Zabik, M.J., Siddig, M., and Jones, A.L. 1996. Chlorine and ozone washes for pesticide removal from apples and processed apple sauce. **Food Chemitry**. 55: 153-160.

Rawn, D.F.K., Quade, S.C., Sun, W.F., Smith, M., Fouquet, A., and Belanger, A. 2008. Effects of Postharvest Preparation on Organophosphate Insecticide Residues in Apples. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 56(3): 916-921.

Thoophom, G. 2007. Organophosphorous carbamate cholinesterase inhibitors. Handbook GT-Pesticide Test Kit. Department of Medical Sciences. Bangkok.

Whangchi, K., Uthaibutra, J., Phiyanalinmat, S., Pengphol, S., and Nomura, N. 2011. Effect of Ozone Treatment on the Reduction of Chlorpyrifos Residues in Fresh Lychee Fruits. **Science and Engineering**. 33(3): 232-235.

Wu, J., Luan, T., Lan, C., Lo, W.H., and Chan, G.Y.S. 2007. Removel of residual pesticides on vegetable using ozonated water. **Food Control**. 18(5): 466-472.

Wu, J.G., Luan, T.G., Lan, C.Y., Lo, W.H., and Chan G.Y.S. 2007. Efficacy evaluation of low-concentration of ozonated water in removal of residual diazinon, Parathion, methyl-parathion and cypermethrin on vegetable. **Journal of Food Engineering.** 79: 803-809.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

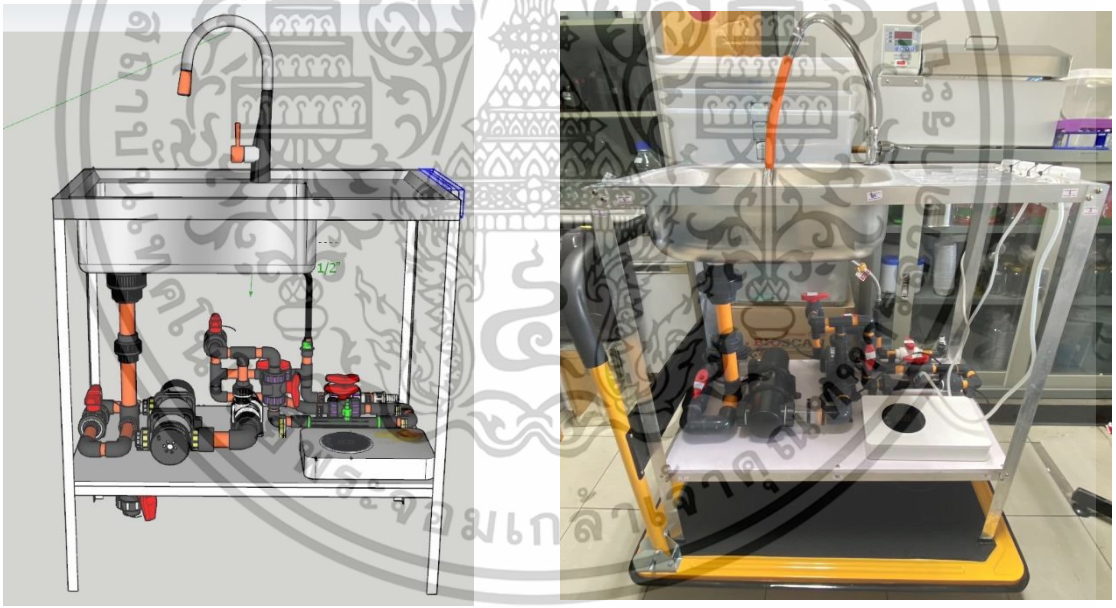
ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
อุปกรณ์เครื่องล้างและสารเคมีที่ใช้ทดลอง

ก.1 อุปกรณ์เครื่องล้างผักเทคโนโลยียูวีร่วมกับโอโซน ประกอบด้วย

- หลอดยูวีที่ใช้ความยาวคลื่นที่ 254 นาโนเมตร
- เครื่องผลิตโอโซนโดยใช้ความเข้มข้นของโอโซนอยู่ที่ 2 พีพีเอ็ม สามารถปรับระยะเวลาในการใช้งานได้
- ก๊อกน้ำเปิด-ปิด
- เครื่องปั๊มสารละลาย
- ผ่านอุปกรณ์ควบคุมการไหลของสารละลาย ได้แก่ วาล์ว โดยจะมีการควบคุมการเปิด-ปิดในการทำทำงานในระบบด้วยระบบไฟฟ้า คือ สวิตซ์การทำงานระบบยูวี สวิตซ์การทำงานระบบโอโซน และสวิตซ์การทำงานระบบของปั๊มสารละลาย



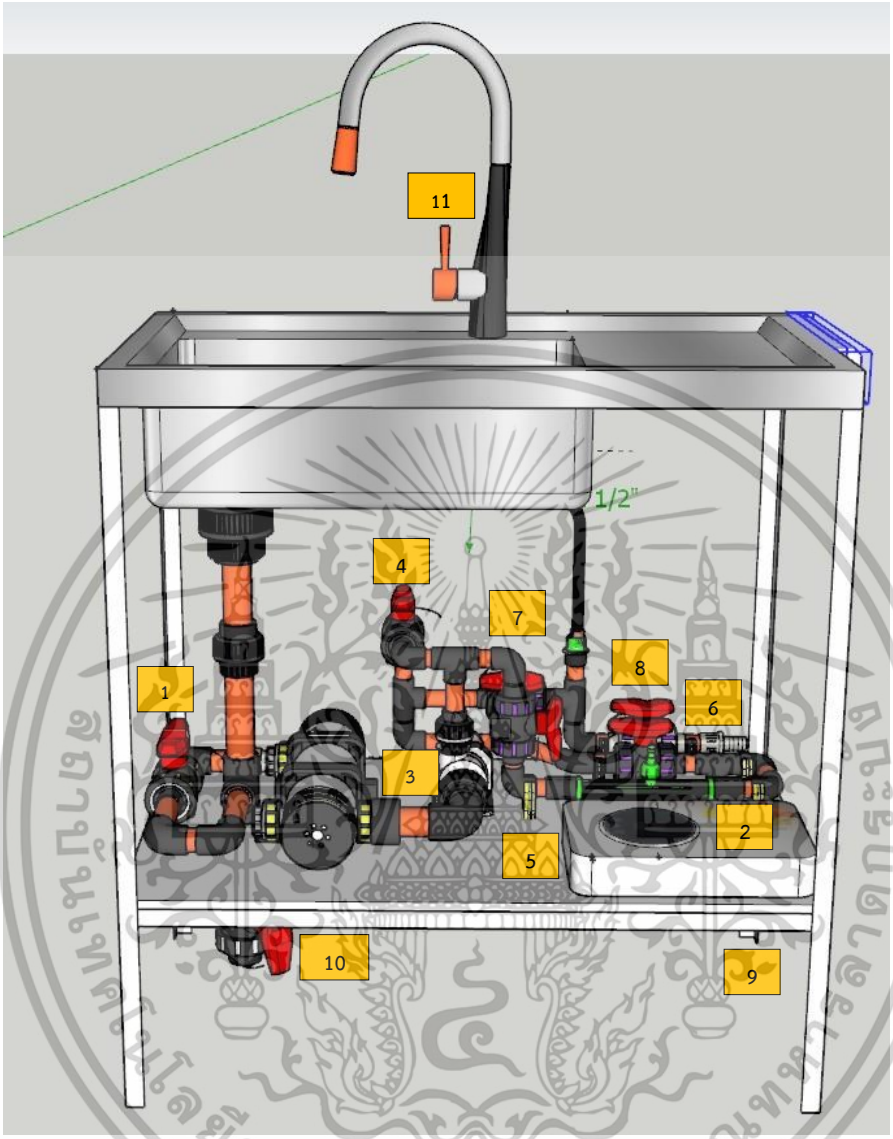
รูปที่ ก.1.1 อุปกรณ์ของเครื่องล้างผัก

<u>ข้อจำกัดในการใช้เครื่องผลิตโอโซน</u> (ทิวา, 2562)

- โอโซนเป็นอันตรายต่อมนุษย์ ถ้าหากได้รับที่ความเข้มข้นเกิน 4 ppm เป็นเวลาต่อเนื่อง ต้องมีระบบตรวจจับและเตือนภัย และมีระบบการระบายอากาศที่ดีในบริเวณที่ใช้งาน
- โอโซนเป็นตัวออกซิไดส์ที่แรง กัดกร่อนพื้นผิววัสดุได้ ต้องใช้กับพื้นผิวที่ทนการกัดกร่อน เช่น เหล็กปลอดสนิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการทำงานของเครื่องล้างผักเทคโนโลยียูวีร่วมกับโอโซน



รูปที่ ก.1.2 ชุดล้างผักด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตร่วมกับโอโซน

ชุดล้างผักโดยใช้รังสีอัลตราไวโอเลตร่วมกับโอโซน จะมีการประยุกต์ใช้แสงยูวี (UV light) และก๊าซโอโซน (Ozone) ร่วมกัน รังสีอัลตราไวโอเลตที่ใช้มาจากหลอดยูวีหมายเลข 1 ที่ใช้ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร และเครื่องผลิตโอโซนหมายเลข 2 โดยใช้ความเข้มข้นของโอโซนอยู่ที่ 2 พีพีเอ็มเป็นหลัก และก๊อกน้ำ หมายเลขที่ 11 เป็นตัวปล่อยน้ำไหลเวียนวนภายในระบบ โดยมีหลักการทำงานดังนี้

ก่อนเริ่มใช้งานจะทำการเปิดวอร์มเครื่องล้างผัก โดยการเติมน้ำลงในอ่างล้าง ปริมาตร 10-15 ลิตร จากนั้นเสียบปลั๊กตัวปั๊มแล้วเปิดสวิตซ์ หมายเลข 3 เครื่องล้างผักจะทำการรันเครื่องภายในระบบ โดยใช้เวลาในการเปิดเครื่องล้างผักก่อนเริ่มล้าง ประมาณ 30 นาที ทุกครั้งที่เริ่มวอร์มเครื่องจะต้องเปิดก๊อกน้ำ หมายเลข 11 เพื่อให้ระบบน้ำภายในเครื่องไหลวนสะดวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อต้องการล้างผักด้วยระบบรังสีอัลตราไวโอเลต จะทำการเปิดวาล์ว หมายเลข 1, 4, 5, 6 และ 7 แล้วปิดวาล์ว หมายเลข 2, 9 และ 10 โดยเปิดสวิตช์เพียงระบบรังสีอัลตราไวโอเลต ระบบน้ำภายในเครื่องจะไหลวนขึ้นไปบนอ่างสำหรับล้างผัก ถ้าต้องการล้างผักด้วยระบบโอโซนจะทำการเปิดวาล์ว หมายเลข 1, 2, 5, 6 และ 7 แล้วปิดวาล์ว หมายเลข 4, 8, 9 และ 10 ระบบน้ำภายในเครื่องจะไหลวนขึ้นไปบนอ่างสำหรับล้างผัก โดยเปิดสวิตช์เพียงระบบโอโซน และถ้าต้องการล้างผักด้วยระบบรังสีอัลตราไวโอเลตร่วมกับโอโซนจะทำการเปิดวาล์ว หมายเลข 1, 2, 4, 5, 6 และ 7 แล้วปิดวาล์ว หมายเลข 8, 9 และ 10 โดยเปิดสวิตช์ทั้งระบบยูวีและระบบโอโซน สำหรับเครื่องผลิตโอโซนจะสามารถตั้งเวลาในการใช้งานได้นานถึง 60 นาที

จากนั้นเมื่อทำงานเสร็จสิ้นแล้ว ทำการปล่อยน้ำออกจากเครื่องล้างผัก โดยเปิดวาล์ว หมายเลข 9 และ 10 และปิดก๊อกน้ำ หมายเลข 11 ก็เป็นอันเสร็จสิ้นกระบวนการล้างผักโดยใช้เทคโนโลยีรังสีอัลตราไวโอเลตร่วมกับโอโซน

ก.2 รายละเอียดสารยาฆ่าแมลง ฉลากข้างขวดและข้อมูลแสดงโดยบริษัทผู้นำเข้าและผลิต

2.1 สารยาฆ่าแมลงชนิดมาลาไทออน

ประโยชน์ : ใช้ป้องกันกำจัดเพลี้ยไฟข้าวในข้าว

กลุ่มสารเคมี : Organophosphate [กลุ่ม 1B]

วิธีใช้ : ใช้อัตรา 20 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร พ่นให้ทั่วเมื่อพบเพลี้ยไฟตัวเต็มวัยจำนวน 1-2 ตัวต่อต้น เพียงครั้งเดียว ในข้าวระยะต้นกล้า (83% w/v EC)

วิธีการเก็บรักษา : ต้องเก็บ เอรามอล 83 ในภาชนะเดิมที่ปิดแน่น มีฉลากติดอยู่ และไม่ให้ถูกแสงแดด สถานที่เก็บต้องแห้งและเย็น ห่างไกลจากเด็ก อาหาร น้ำดื่ม สัตว์เลี้ยง และเปลวไฟ

ผู้นำเข้า : บริษัท เอราวัณเคมีเกษตร จำกัด

15/7 ซอยลาดพร้าว 33 ถนนลาดพร้าว แขวงจันทรเกษม เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900

ผู้ผลิต : บริษัท เอราวัณเคมีเกษตร จำกัด

15/7 ซอยลาดพร้าว 33 ถนนลาดพร้าว แขวงจันทรเกษม เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900

จำหน่ายโดย : บริษัท เอราวัณเคมีเกษตร จำกัด

15/7 ซอยลาดพร้าว 33 ถนนลาดพร้าว แขวงจันทรเกษม เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ก.2.1 สารยาฆ่าแมลงชนิดมาลาไทออน จัดอยู่ในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต (Organophosphate)

2.2 สารยาฆ่าแมลงชนิดไซเพอร์เมทริน

ประโยชน์ : ใช้ป้องกันกำจัดแมลงเจาะฝักถั่วลายจุดในถั่วฝักยาว

กลุ่มสารเคมี : Pyrethroid [กลุ่ม 3A]

วิธีใช้ : ใช้อัตรา 10 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร พ่นให้ทั่วเมื่อพบการระบาดของหนอนเจาะฝักถั่วลายจุดในถั่วฝักยาว (35% w/v EC)

วิธีการเก็บรักษา : ต้องเก็บ แฮกเลอร์ 35 ให้มิดชิดในภาชนะเดิมที่ปิดแน่น มีฉลากติดอยู่และไม่ให้ถูกแสงแดด สถานที่เก็บต้องแห้งและเย็น ห่างไกลจากเด็ก อาหาร น้ำดื่ม สัตว์เลี้ยง และเปลวไฟ

ผู้นำเข้า : บริษัท เคมเฟค จำกัด

68 ซอยเฉลิมพระเกียรติ ร.9 ซอย 34 แขวงหนองบอน เขตประเวศ กรุงเทพฯ

ผู้ผลิต : บริษัท วี.ซี.เอส. อโกร เคม จำกัด

2/8 หมู่ที่ 3 ตำบลลำไทร อำเภอลำลูกกา จังหวัดปทุมธานี

จำหน่ายโดย : บริษัท สหกรณ์ส่งเสริมการเกษตร จำกัด

2/8 หมู่ที่ 3 ตำบลลำไทร อำเภอลำลูกกา จังหวัดปทุมธานี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ก.2.2 สารยาฆ่าแมลงชนิดไซเพอร์เมทริน จัดอยู่ในกลุ่มไพรีทรอยด์ (Pyrethroids)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

ข.1 การวิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืชด้วยชุดทดสอบสารตกค้าง GT-pesticide test kit

การตรวจวิเคราะห์สารตกค้างในผลผลิตทางการเกษตร ด้วยใช้ชุดทดสอบอย่างง่าย ซึ่งเป็นอีกวิธีหนึ่งในการตรวจสอบการตกค้างของสารเคมีในกลุ่มของออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บอเมต โดยสารเคมีใน 2 กลุ่มนี้ เป็นกลุ่มสารเคมีที่ใช้ค่อนข้างมาก โดยมีหลักการทำงานของชุดทดสอบสารตกค้าง GT-pesticide test kit โดยใช้หลักการทำงานของวิธี Cholinesterase Inhibition technique ในการตรวจวัดระดับความเป็นพิษ ของสารเคมีตกค้างโดยรวม จะต้องมีปริมาณความเป็นพิษที่ตกค้างอยู่ในตัวอย่างวิเคราะห์ไม่เกินค่าที่มีผลทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของเอ็นไซม์โคลีนเอสเตอร์เรสลดลง ร้อยละ 50% โดยจะอาศัยหลักการที่ว่าสารกำจัดศัตรูพืชในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บอเมต และกลุ่มสารพิษอื่นๆ ที่เป็น Cholinesterase Inhibitor จะมีคุณสมบัติยับยั้งการทำงานของเอ็นไซม์โคลีนเอสเตอร์เรส ซึ่งเอ็นไซม์นี้จะมีอยู่ทั่วไปในมนุษย์ สัตว์มีกระดูกสันหลัง และแมลงต่างๆ มีหน้าที่ในการควบคุมสมดุลของสารเคมีที่ทำหน้าที่ส่งสัญญาณระหว่างปมประสาทหรืออะซิติลโคลีน (Acetylcholine) โดยเอ็นไซม์จะย่อยสลายสารเคมีสื่อประสาทเหล่านี้ให้กลายเป็นโคลีนและกรดอะซิติกต่อไป (กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2564)

1.การเตรียมตัวอย่าง

นำผักที่ได้จากการสร้างการปนเปื้อนของสารกำจัดศัตรูพืช ชนิดมาลาไทออน แล้วมาผ่านการล้างด้วยกรรมวิธีต่างๆ นำตัวอย่างผักคะน้ามาบดให้ละเอียดเป็นชิ้นเล็กๆ ชั่งน้ำหนักตัวอย่างประมาณ 5 กรัม จากนั้นตักตัวอย่างใส่ขวดพลาสติกให้ได้ความสูงประมาณ 1 ขีดของขวด แล้วนำมาสกัดตัวอย่างด้วยชุดทดสอบสารพิษ GT-pesticide test kit ดังรูปที่ ข.1.1

รูปที่ ข.1.1 ชุดทดสอบ GT-pesticide test kit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์สำหรับการตรวจสอบ ประกอบด้วย หลอดทดลอง ที่วางหลอดทดลอง ถาดน้ำอุ่นที่ดัดแปลง อุปกรณ์ระเหยสำหรับใช้ระเหยตัวอย่าง (ปั๊มลมและหลอดหยดแก้ว) หลอดดูดพลาสติก ขวดแก้วที่มีฝาปิด และนาฬิกาจับเวลา ดังรูปที่ ข.1.2

รูปที่ ข.1.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในชุดทดสอบ GT-pesticide test kit

2. วิธีการวิเคราะห์ปริมาณการตกค้างของสารกำจัดศัตรูพืชจากสารมาลาไทออน ด้วยชุดทดสอบสารพิษ GT-pesticide test kit มีขั้นตอน ดังนี้

1) การสกัดตัวอย่าง

1.1 นำตัวอย่างผักจากข้อ 1 มาเติมน้ำยาสกัดด้วย Solvent-1 จำนวน 5 มิลลิลิตร ลงในขวดพลาสติกความสูงประมาณ 1 ขีดของขวด ทำการปิดฝาให้สนิท ทำการเขย่าตัวอย่างแรงๆ เวลานาน 1 นาที และตั้งทิ้งไว้ประมาณ 10 นาที

1.2 ดูดน้ำยาสกัดตัวอย่างจากข้อ 1 ลงในหลอดทดลอง จำนวน 1 มิลลิลิตร

1.3 ดูดน้ำยา Solvent-2 จำนวน 1 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลองเดียวกัน

1.4 สังเกตน้ำยาแยกเป็น 2 ชั้น จากนั้นทำการระเหยให้น้ำยาสกัด Solvent-1 ที่อยู่ชั้นล่างหมดไป โดยการนำไปเป่าลม เมื่อชั้นล่างหมดไป ส่วนน้ำยาที่เหลือจากการระเหยจะเป็น “Sample Extract” นำมาตรวจในขั้นตอนการตรวจสอบต่อไป

2) การตรวจสอบ

การตรวจสอบสารตกค้างต้องทำหลอดควบคุมและหลอดตัดสินทุกครั้ง เพื่อใช้เปรียบเทียบสีที่เกิดขึ้นตามขั้นตอน ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ต้องทำในอ่างน้ำอุ่น ควบคุมอุณหภูมิอยู่ที่ 32-36 องศาเซลเซียส

2. จากนั้นที่ระเหยเสร็จแล้ว จะนำสารละลายในหลอด เปลี่ยนใส่หลอดใหม่ ปริมาตร 0.25 มิลลิลิตร โดยจะเพิ่มหลอดทดลองมาอีก 2 หลอด คือ หลอดตัดสิน และหลอดควบคุม

หลอดตัดสิน | หลอดควบคุม | หลอดตัวอย่าง

น้ำยาที่ใช้ทดสอบ	หลอดตัดสิน	หลอดควบคุม	หลอดตัวอย่าง	หมายเหตุ
	เติม Solvent-2 0.25 ml	เติม Solvent-2 0.25 ml	Sample extract 0.25 ml	
GT-1	0.5 ml	0.5 ml	0.5 ml	วางไว้ 5-10 นาที (อ่างน้ำอุ่น)
GT-2 + GT-2.1	0.375 ml	0.25 ml	0.25 ml	วางไว้ 8 นาที (จับเวลาตั้งแต่หลอดแรก)
ครบเวลา 8 นาที จะนำหลอดทดลองออกจากอ่างน้ำอุ่น				
GT-3 + GT-3.1	1 ml	1 ml	1 ml	เขย่าสาร (ใส่แล้วเขย่าทันที)
GT-4	0.5 ml	0.5 ml	0.5 ml	เขย่าสาร (ใส่แล้วเขย่าทันที)
GT-5	0.5 ml	0.5 ml	0.5 ml	เขย่าสาร (ใส่แล้วเขย่าทันที)
ก่อนใส่และหลังใส่ต้องเขย่าทุกครั้ง				

หมายเหตุ : 1. Solvent-1 คือ ไดคลอโรมีเทน

2. Solvent-2 คือ 5% เอทานอล

3. GT-1 คือ เอนไซม์อะซิติลคลอรีนเอสเตอร์เรส

4. GT-2 คือ อะซีติลคลอรีน

5. GT2.1 คือ ตัวทำละลาย

6. GT-3 คือ ไฮดรอกซีอะมีน ตัวยับยั้งการเกิดปฏิกิริยา

7. GT3.1 คือ ตัวทำละลาย

8. GT-4 คือ กรด HCl

9. GT-5 คือ $FeCl_3$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

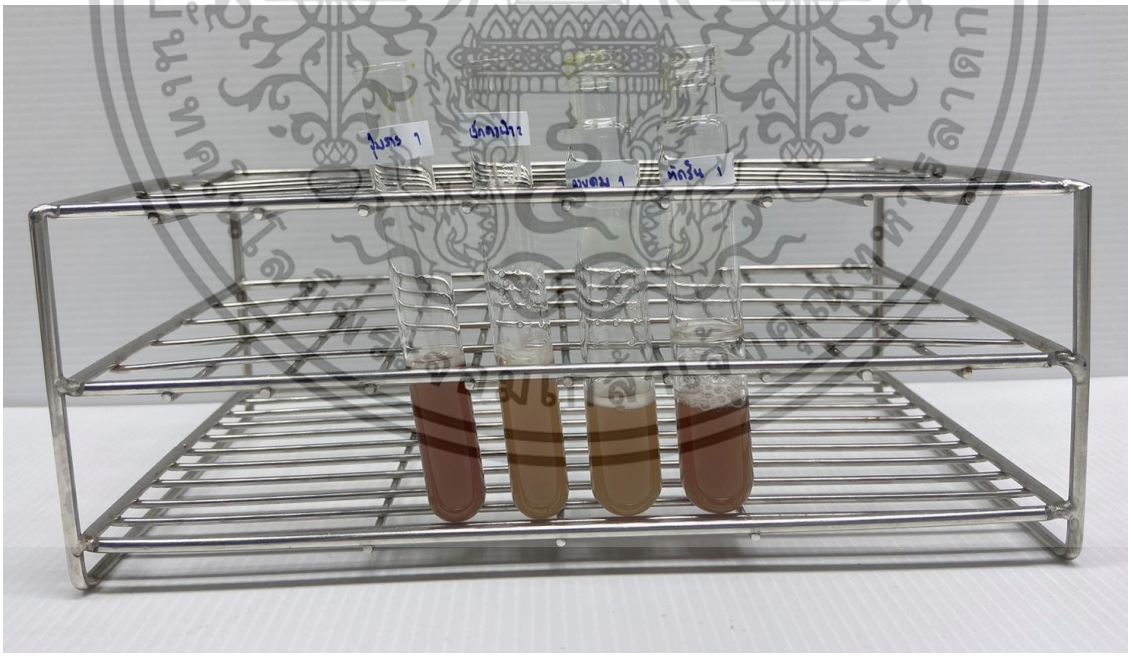
การเตรียมน้ำยาที่ใช้ทดสอบ

1. นำน้ำยา GT-1 ออกจากฟอยล์ที่ช่องแช่แข็ง ละลายในอุณหภูมิห้องก่อนใช้งาน 30 นาที ก่อนนำมาใช้งานให้ไปวอมกับอ่างน้ำอุ่นเป็นเวลา 1 นาที ก่อนการใช้งานครบเวลาใส่ในหลอดทดลอง
2. การผสมน้ำยา GT-2 ที่แช่แข็ง จะมี Tube เล็กๆ จะมีผงด้านล่าง ทำการดีดผงใส่ลงในขวดน้ำยา GT-2 แล้วกดลงไป จากนั้นนำน้ำยา GT-2.1 เทลงไปในขวด GT-2 ในขวด เพื่อทำละลายแล้วปิดฝาให้แน่นๆ
3. การผสมน้ำยา GT-3 กับ GT3.1 โดยการนำ GT-3.1 เทลง GT-3 (จะต้องเทน้ำใส่ลงในผง) เขย่าให้สารละลายเข้ากัน

3) การอ่านผล

หลอดควบคุม = สีน้ำตาลอ่อน **หลอดตัดสิน** = สีน้ำตาลเข้ม โดยสังเกตความเข้มสีในหลอดทดลอง

หลอดตัวอย่าง มีสีเท่ากับหลอดควบคุม	ตรวจไม่พบสารพิษตกค้าง
หลอดตัวอย่าง มีสีเข้มกว่าหลอดควบคุม แต่ไม่เข้มเท่ากับหลอดตัดสิน	พบสารตกค้างในระดับปลอดภัย
หลอดตัวอย่างสีเข้มเท่ากับหลอดตัดสิน หรือเข้มกว่าหลอดตัดสิน	พบสารพิษตกค้างในระดับที่ไม่ปลอดภัย



รูปที่ ข.1.3 การเปรียบเทียบสีสำหรับตรวจหาสารยาฆ่าแมลงตกค้างชุดทดสอบ GT-pesticide test kit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) การแปลผลด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง

1. เขย่าน้ำยาแต่ละหลอด ให้เป็นเนื้อเดียวกัน แล้วนำไปกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No.1 ที่อิ่มตัวด้วยน้ำจนน้ำยาใส จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง (absorbance) โดยการใช้เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (Spectrophotometer)

2. จากนั้นทำการตั้งค่าความยาวคลื่น (Wavelength) ที่ 540 นาโนเมตร โดยเปิดเครื่องเพื่อวอร์มเครื่องก่อนการใช้งาน ประมาณ 15 นาที

3. วัดค่าการดูดกลืนแสง (absorbance) ของทุกหลอดที่ทดลอง

ข.2 การวิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืชด้วยชุดทดสอบสารตกค้าง Pyrethroid residual test kit

กลุ่มสารสังเคราะห์ไพรีทรอยด์ เป็นสารเคมีกลุ่มที่สังเคราะห์ขึ้นโดยมีความสัมพันธ์ตามโครงสร้างของไพรีทริน เป็นสารธรรมชาติที่สกัดได้จากพืชไพรีทรัม ซึ่งเป็นสารเคมีที่อยู่ในกลุ่มความเป็นพิษต่อแมลงสูง แต่มีความเป็นพิษต่อสัตว์เลือดอุ่นต่ำ โดยชุดทดสอบสารตกค้างของกลุ่ม Pyrethroid จะทำปฏิกิริยาตรวจจับ cyanogen group (CN) โดยน้ำยา PY-1 ทำหน้าที่ hydrolyse เป็นสารในกลุ่ม CN ออกมา ซึ่งจะนำมาอุ่นด้วยถาดน้ำอุ่นที่ดัดแปลง ในระยะเวลา 10 นาที อุณหภูมิอยู่ระหว่าง 35-40 องศาเซลเซียส ส่วน PY-2, PY-5 และ PY-6 จะทำหน้าที่ในการปรับค่าความเป็นกรดและเบสที่เหมาะสม ส่วนน้ำยา PY-3 คือ การเกิดสีของ Indicator และ PY-4 คือตัวเร่งปฏิกิริยาในการเกิดสี กรณีที่มีสารในกลุ่ม cyanogen group จะเข้าไปขัดขวางในการยับยั้งการเกิดสีของ Indicator ทำให้ปฏิกิริยาที่ตรวจสอบออกมาไม่เกิดสีในหลอดทดลอง การยับยั้งการเกิดสีจะแปรผันตรงกับปริมาณ cyanogen group ถ้าหากมีปริมาณมากจะทำให้ปฏิกิริยาที่ได้ออกมาไม่เกิดสีหรือเป็นสีใส (กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2564)

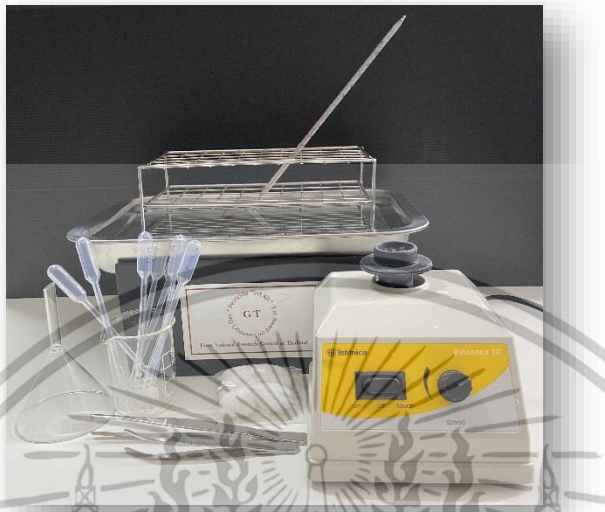
1.การเตรียมตัวอย่าง

นำผักที่ได้จากการสร้างการปนเปื้อนของสารกำจัดศัตรูพืช ชนิดไพรีทรอยด์ แล้วมาผ่านการล้างด้วยกรรมวิธีต่างๆ โดยสุ่มตัวอย่างผักให้ได้น้ำหนัก 20 กรัม แล้วนำมาสกัดตัวอย่างด้วยชุดทดสอบสารพิษ Pyrethroid residual test kit ดังรูปที่ ข.2.1

รูปที่ ข.2.1 ชุดทดสอบ Pyrethroid residual test kit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์สำหรับการตรวจสอบ ประกอบด้วย หลอดทดลอง ที่วางหลอดทดลอง ถาดน้ำอุ่นที่ดัดแปลง หลอดดูดพลาสติก กรวยกรองแก้ว เครื่องผสมสาร สำลี ปากคีบสแตนเลส และนาฬิกาจับเวลา ดังรูปที่ ข.2.2



รูปที่ ข.2.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในชุดทดสอบ Pyrethroid residual test kit

2. วิธีการวิเคราะห์ปริมาณการตกค้างของสารกำจัดศัตรูพืชจากสารไซเพอร์เมทริน ด้วยชุดทดสอบสารพิษ Pyrethroid residual test kit มีขั้นตอน ดังนี้

1) การสกัดตัวอย่าง

1.1 สุ่มตัวอย่างผักที่มีน้ำหนัก 20 กรัม (กรณีตัวอย่างเปียกน้ำหรือมีหยดน้ำเกาะอยู่ให้ใช้กระดาษซับน้ำออกให้แห้งก่อน)

1.2 ดูดน้ำยา Extract-1 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลอง

1.3 ม้วนสำลีเป็นก้อนเล็กๆ และนำ Forceps คีบม้วนสำลีไปวางบนกรวยแก้ว จากนั้นดูดน้ำยา Extract-1 หยดลงไปที่ม้วนสำลีให้ชุ่ม

1.4 จากนั้นใช้ Forceps คีบสำลีที่มีน้ำยา Extract-1 นำมาเช็ดตัวอย่างผักคะน้า พลิกสำลีไปมาเช็ดตัวอย่างจากผักคะน้าให้ได้มากที่สุด

1.5 คีบสำลีที่เช็ดตัวอย่างผักคะน้ามาใส่ในหลอดทดลองที่มีน้ำยา Extract-1 ที่เหลืออยู่ จากนั้นนำไปเขย่าหรือปั่นผสมกับเครื่อง Vortek Mixer

1.6 จากนั้นคีบสำลีที่เขย่าหรือปั่นออกจากหลอดทดลองขึ้นมา แล้ววางบนกรวยแก้ว เพื่อไล่เอาน้ำยา Extract-1 ออกจากสำลีจนหมด แล้วนำสำลีทิ้งไป

1.7 นำน้ำยาสกัดตัวอย่างที่ได้ นำไปเขย่าหรือปั่นด้วยเครื่อง Vortek Mixer อีกครั้ง และนำ “Sample Extract” นำมาตรวจในขั้นตอนการตรวจสอบต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) การตรวจสอบ

การตรวจสอบสารตกค้างต้องทำหลอด Blank ทุกครั้ง เพื่อใช้เปรียบเทียบสีที่เกิดขึ้น ตามขั้นตอน ดังนี้

1. หลอดที่ 1 คือ หลอด Blank ทำการดูดน้ำยา Blank Solution ลงในหลอดทดลองสำหรับเป็นตัวควบคุม ปริมาตร 0.25 มิลลิลิตร

2. หลอดที่ 2 เป็นต้นไป คือ หลอดตัวอย่าง ที่ต้องทำการวิเคราะห์ โดยดูดน้ำยา Sample Extract ปริมาตร 0.25 มิลลิลิตร

	หลอด Blank	หลอดตัวอย่าง	หมายเหตุ
	เติม Blank Solution 0.25 ml/1 ส่วน	Sample extract 0.25 ml/1 ส่วน	
PY-1	0.25 ml/1 ส่วน	0.25 ml/1 ส่วน	เขย่าและนำไปอุ่น
อุ่นใน Water bath อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส หรือช่วง 35-40 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที เมื่อครบเวลานำออกจากอ่างน้ำอุ่น แล้วจากนั้นเติมสาร			
PY-2	0.75 ml/3 ส่วน	0.75 ml/3 ส่วน	เขย่าสาร
PY-3	0.15 ml/3 หยด	0.15 ml/3 หยด	เขย่าสาร
PY-4	0.25 ml/1 ส่วน	0.25 ml/1 ส่วน	เขย่าสาร
PY-5	0.50 ml/2 ส่วน	0.50 ml/2 ส่วน	เขย่าสาร
PY-6	0.50 ml/2 ส่วน	0.50 ml/2 ส่วน	เขย่าสาร

หมายเหตุ : ผสมน้ำยาในแต่ละหลอดให้เข้ากัน สังเกตสีที่เกิดขึ้นในแต่ละหลอดเปรียบเทียบสีที่เกิดขึ้นกับหลอด Blank

หลอดดูดพลาสติกมีขนาด 1 มิลลิลิตร แบ่งออกเป็น 4 ส่วน ดังนี้

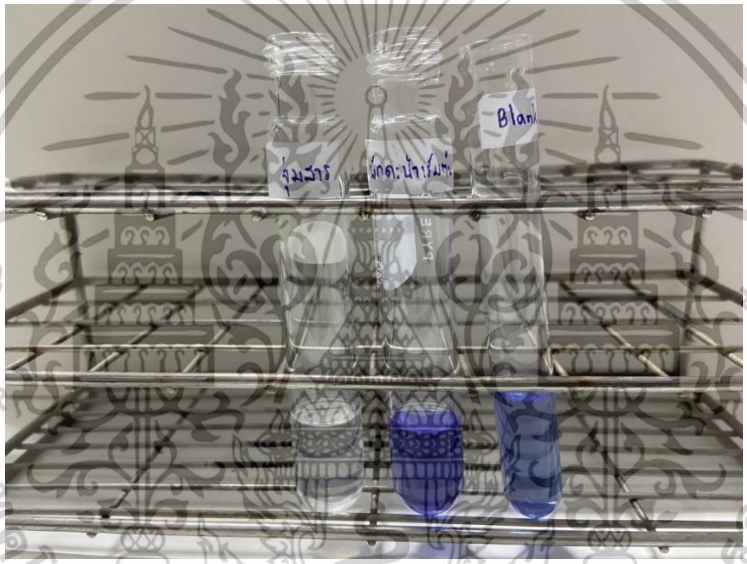
- 0.75 มิลลิลิตร เท่ากับ 3 ส่วน
- 0.50 มิลลิลิตร เท่ากับ 2 ส่วน
- 0.25 มิลลิลิตร เท่ากับ 1 ส่วน
- 0.15 มิลลิลิตร เท่ากับประมาณ 3 หยด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) การอ่านผล

หลอด Blank = สีน้ำเงินหรือฟ้าเข้ม โดยสังเกตความเข้มสีในหลอดทดลอง

สีสารละลายในหลอดทดลอง	เกณฑ์การตัดสิน
หลอด Sample มีสีเข้มกว่าหรือเท่ากับหลอด Blank	**ไม่พบ** สารเคมีตกค้าง
หลอด Sample มีสีอ่อนกว่าหลอด Blank	**พบ** สารเคมีตกค้างที่อยู่ในระดับที่ปลอดภัย
หลอด Sample ไม่มีสีหรือมีสีเรื่อๆ	**พบ** สารเคมีตกค้างอยู่ในระดับที่ไม่ปลอดภัย



รูปที่ ข.2.3 การเปรียบเทียบสีสำหรับตรวจหาสารยาฆ่าแมลงตกค้างชุดทดสอบ Pyrethroid residual test kit

4) การแปลผลด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง

1. เขย่าน้ำยาแต่ละหลอด ให้เป็นเนื้อเดียวกัน แล้วนำไปกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No.1 ที่อิ่มตัวด้วยน้ำจนน้ำยาใส จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง (absorbance) โดยการใช้เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (Spectrophotometer)

2. จากนั้นทำการตั้งค่าความยาวคลื่น (Wavelength) ที่ 540 นาโนเมตร โดยเปิดเครื่องเพื่อวอร์มเครื่องก่อนการใช้งาน ประมาณ 15 นาที

3. วัดค่าการดูดกลืนแสง (absorbance) ของทุกหลอดที่ทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค
การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพ

ค.1 การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพ โดยทดสอบด้วยสารยาฆ่าแมลงชนิดมาลาไทออน

ทำการตรวจสอบลักษณะทั่วไปของผักคะน้าด้วยสายตา (Visual) ซึ่งจะตรวจสอบโดยดูจากความสดของผัก สีของผัก ไม่มีรอยช้ำ หรือไม่สามารถนำมาบริโภคได้ โดยเปรียบเทียบผักคะน้าหลังล้างในแต่ละกรรมวิธีต่าง ๆ ดังตารางที่ ค.1.1

ตารางที่ ค.1.1 ลักษณะทางกายภาพของผักคะน้าหลังล้างด้วยกรรมวิธีต่าง ๆ ในการลดสารตกค้างมาลาไทออน

กรรมวิธีการล้าง	ภาพประกอบ
ก่อนล้าง	
ประปา (แบบต่อเนื่อง) 10 นาที	
ประปา (แบบต่อเนื่อง) 20 นาที	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1.1 (ต่อ) ลักษณะทางกายภาพของผักคะน้าหลังล้างด้วยกรรมวิธีต่างๆ ในการลดสารตกค้างมาลาไทออน

กรรมวิธีการล้าง	ภาพประกอบ
ประปา (แบบต่อเนื่อง) 30 นาที	
โซเดียมไบคาร์บอเนต (แบบทั่วไป) 10 นาที	
โซเดียมไบคาร์บอเนต (แบบทั่วไป) 20 นาที	
โซเดียมไบคาร์บอเนต (แบบทั่วไป) 30 นาที	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1.1 (ต่อ) ลักษณะทางกายภาพของผักคะน้าหลังล้างด้วยกรรมวิธีต่าง ๆ ในการลดสารตกค้างมาลาไทออน

กรรมวิธีการล้าง	ภาพประกอบ
โซเดียมไบคาร์บอเนต (แบบต่อเนื่อง) 10 นาที	
โซเดียมไบคาร์บอเนต (แบบต่อเนื่อง) 20 นาที	
โซเดียมไบคาร์บอเนต (แบบต่อเนื่อง) 30 นาที	
ยูวี 10 นาที	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1.1 (ต่อ) ลักษณะทางกายภาพของผักคะน้าหลังล้างด้วยกรรมวิธีต่าง ๆ ในการลดสารตกค้างมาลาไทออน

กรรมวิธีการล้าง	ภาพประกอบ
ยูวี 20 นาที	
ยูวี 30 นาที	
โอโซน 10 นาที	
โอโซน 20 นาที	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1.1 (ต่อ) ลักษณะทางกายภาพของผักคะน้าหลังล้างด้วยกรรมวิธีต่าง ๆ ในการลดสารตกค้างมาลาไทออน

กรรมวิธีการล้าง	ภาพประกอบ
โอโซน 30 นาที	
ยูวีกับโอโซน 10 นาที	
ยูวีกับโอโซน 20 นาที	
ยูวีกับโอโซน 30 นาที	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค.2 การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพ โดยทดสอบด้วยสารยาฆ่าแมลงชนิดไพรีทรอยด์

ทำการตรวจสอบลักษณะทั่วไปของผักคะน้าด้วยสายตา (Visual) ซึ่งจะตรวจสอบโดยดูจากความสดของผัก สีของผัก ไม่มีรอยช้ำ หรือไม่สามารถนำมาบริโภคได้ โดยเปรียบเทียบผักคะน้าหลังล้างในแต่ละกรรมวิธีต่าง ๆ ดังตารางที่ ค.2.1

ตารางที่ ค.2.1 ลักษณะทางกายภาพของผักคะน้าหลังล้างด้วยกรรมวิธีต่างๆ ในการลดสารตกค้างไซเพอร์เมทริน

กรรมวิธีการล้าง	ภาพประกอบ
ก่อนล้าง	
ประปา (แบบต่อเนื่อง) 10 นาที	
ประปา (แบบต่อเนื่อง) 20 นาที	
ประปา (แบบต่อเนื่อง) 30 นาที	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.2.1 (ต่อ) ลักษณะทางกายภาพของผักคะน้าหลังล้างด้วยกรรมวิธีต่างๆ ในการลดสารตกค้างไซเพอร์เมทริน

กรรมวิธีการล้าง	ภาพประกอบ
โซเดียมไบคาร์บอเนต (แบบทั่วไป) 10 นาที	
โซเดียมไบคาร์บอเนต (แบบทั่วไป) 20 นาที	
โซเดียมไบคาร์บอเนต (แบบทั่วไป) 30 นาที	
โซเดียมไบคาร์บอเนต (แบบต่อเนื่อง) 10 นาที	

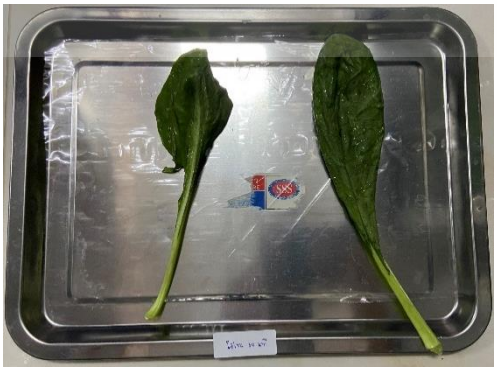
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.2.1 (ต่อ) ลักษณะทางกายภาพของผักคะน้าหลังล้างด้วยกรรมวิธีต่างๆ ในการลดสารตกค้างไซเพอร์เมทริน

กรรมวิธีการล้าง	ภาพประกอบ
โซเดียมไบคาร์บอเนต (แบบต่อเนื่อง) 20 นาที	
โซเดียมไบคาร์บอเนต (แบบต่อเนื่อง) 30 นาที	
ยูวี 10 นาที	
ยูวี 20 นาที	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.2.1 (ต่อ) ลักษณะทางกายภาพของผักคะน้าหลังล้างด้วยกรรมวิธีต่างๆ ในการลดสารตกค้างไซเพอร์เมทริน

กรรมวิธีการล้าง	ภาพประกอบ
ยูวี 30 นาที	
โอโซน 10 นาที	
โอโซน 20 นาที	
โอโซน 30 นาที	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.2.1 (ต่อ) ลักษณะทางกายภาพของผักคะน้าหลังล้างด้วยกรรมวิธีต่างๆ ในการลดสารตกค้างไซเพอร์เมทริน

กรรมวิธีการล้าง	ภาพประกอบ
ยูวีกับโอโซน 10 นาที	
ยูวีกับโอโซน 20 นาที	
ยูวีกับโอโซน 30 นาที	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวศศิวิมล ศรีตัมภวา
วัน เดือน ปีเกิด	21 เมษายน 2538
ที่อยู่	บ้านเลขที่ 145/565 หมู่บ้านพูนสินธานี 1 ซอยเคหะร่มเกล้า 64 แขวงคลองสองต้นนุ่น เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520
E-mail	Sasiwimol_Sritamphawa@hotmail.com
ประวัติการศึกษา	- พ.ศ. 2560 วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร - พ.ศ. 2567 วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการความปลอดภัยอาหาร คณะอุตสาหกรรมอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ประวัติการทำงาน	พ.ศ. 2562 - ปัจจุบัน ตำแหน่งเจ้าหน้าที่งานควบคุมระบบคุณภาพ งานควบคุมระบบคุณภาพ โครงการส่วนพระองค์ สวนจิตรลดา
การนำเสนอผลงาน	การลดปริมาณสารมาลาไทออน และไซเพอร์เมทรินที่ตกค้างในผักคะน้าด้วยเครื่องล้างระบบแสงยูวีร่วมกับโอโซน REDUCTION OF MALATHION AND CYPERMETHRIN RESIDUES IN KALE USING UV/OZONE WASHING SYSTEM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้