

การลดปริมาณการตกค้างของสารคลอรีไพริฟอสในข่าด้วยเครื่องอัลตราโซนิกส์

REDUCTION OF CHLORPYRIPHOS RESIDUE IN *Alpinia galanga* Linn.

USING AN ULTRASONIC CLEANING UNIT

ชุตินา ชุ่มกมณ

CHUTIMA CHUMKAMON

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาคามหัศจรรย์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาการจัดการความปลอดภัยอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2562

KMITL-2019-AI-M-054-344

การลดปริมาณการตกค้างของสารคลอร์ไพริฟอสในข่าด้วยเครื่องอัลตราโซนิคส์

REDUCTION OF CHLORPYRIPHOS RESIDUE IN *Alpinia galanga* Linn.

USING AN ULTRASONIC CLEANING UNIT

ชุตินา ชุ่มกมล

CHUTIMA CHUMKAMON

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาการจัดการความปลอดภัยอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2562

KMITL-2019-AI-M-054-344

**REDUCTION OF CHLORPYRIPHOS RESIDUE
IN *Alpinia galanga* Linn. USING AN ULTRASONIC CLEANING UNIT**

CHUTIMA CHUMKAMON

**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE IN FOOD SAFETY MANAGEMENT
FACULTY OF AGRO-INDUSTRY
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

2019

KMITL-2019-AI-M-054-344

COPYRIGHT 2019

FACULTY OF AGRO-INDUSTRY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABAN

คณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การลดปริมาณการตกค้างของสารคลอโรไพริฟอสในข่าด้วยเครื่องอัลตราโซนิคส์
REDUCTION OF CHLORPYPHOS RESIDUE IN *Alpinia galanga* Linn.
USING AN ULTRASONIC CLEANING UNIT

ชื่อนักศึกษา

นางสาวชุตติมา ชุ่มกมล

รหัสประจำตัว

57608021

ปริญญา

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

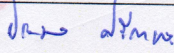

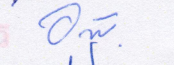
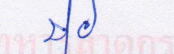
สาขาวิชา

การจัดการความปลอดภัยอาหาร

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ผศ.ดร.ประมวล ศรีกาหลง

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม -

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.ประมวล ศรีกาหลง	
รศ.ดร.สนธิสุข ชีระชัยชยดี	
ผศ.ดร.อพัชชา จินดาประเสริฐ	
รศ.สพญ.ดร.ประภาพร ขอไพบุลย์	

วัน / เดือน / ปีที่สอบ 24 กรกฎาคม 2562 เวลา 13.00-15.00 น.

สถานที่สอบ ณ ห้อง AI 501 อาคารปฏิบัติการคณะอุตสาหกรรมเกษตร

คณะอุตสาหกรรมเกษตรรับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ ดร.ประพันธ์ ปิ่นศิริโรตม)

คณบดีคณะอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่ 1 เดือน สค พ.ศ. 2562

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การลดปริมาณการตกค้างของสารคลอร์ไพริฟอสในข้าวด้วยเครื่องอัลตราโซนิกส์
นักศึกษา	นางสาว ชุติมา ชุ่มกมล
รหัสประจำตัว	57608021
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	การจัดการความปลอดภัยอาหาร
พ.ศ.	2562
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผศ. ดร. ประมวล ศรีกาหลง

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาความสามารถในการทำความสะอาดข้าวจากการใช้เครื่องอัลตราโซนิกส์ในการล้าง จากการศึกษาการลดลงของปริมาณสารเคมีกำจัดศัตรูพืช เชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด และศึกษาอายุการเก็บรักษาของข้าวที่ล้างด้วยเครื่องอัลตราโซนิกส์ โดยการทดลองถูกแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่ การศึกษาเวลาและอัตราส่วนของข้าวต่อน้ำที่เหมาะสม ซึ่งในขั้นตอนนี้มีการควบคุมปัจจัยแตกต่างออกเป็น 4 วิธี คือ เวลาที่ 10 นาที และ 20 นาที และอัตราส่วนของข้าวต่อน้ำที่ 1:10 และ 1:20 ในขั้นตอนทำการศึกษาการลดลงของสารเคมีกำจัดศัตรูพืช ตัวอย่างข้าวจะถูกจุ่มลงในสารเคมีกำจัดศัตรูพืช คลอร์ไพริฟอสที่มีความเข้มข้นที่ 12 ppm หลังจากจากนั้นนำข้าวที่ได้จากการล้างด้วย 4 วิธี มาทำการวิเคราะห์หาสารเคมีตกค้างโดย GC-MS และการเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ (%) ที่ลดลงจากตัวอย่างควบคุมที่ผ่านการจุ่มสารเคมีแต่ไม่ได้ผ่านการล้าง จากการทดลองพบว่า อัตราส่วนข้าวต่อน้ำที่ 1:20 เวลาการล้างนาน 20 นาที มีความสามารถในการลดสารเคมีได้สูงสุดที่ 51.72% ส่วนขั้นตอนของการศึกษาการลดลงของเชื้อจุลินทรีย์จะทำการคัดเลือกข้าวที่ไม่มีส่วนเน่าเสียมาทำการวิเคราะห์เชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด จากการศึกษาพบว่า อัตราส่วนของข้าวต่อน้ำที่ 1:20 ใช้เวลาการล้างนาน 20 นาที มีความสามารถในการลดเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดได้สูงสุด 1 Log cycle จากปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดในตัวอย่างควบคุม มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด เท่ากับ 6.03×10^4 CFU/g ลดลงเหลือเท่ากับ 3.92×10^3 CFU/g หลังจากนั้นได้มีการนำอัตราส่วนของข้าวต่อน้ำและเวลาที่เหมาะสมมาใช้ในขั้นตอนที่สอง คือ การศึกษาการลดลงของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างและเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดด้วยวิธีการล้างด้วยเครื่องอัลตราโซนิกส์และการผสมโซเดียมไฮโปคลอไรต์ในน้ำล้าง จากการทดลองพบว่า วิธีการล้างดังกล่าวสามารถลดปริมาณสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างลงได้ 58.12% และลดปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดลงได้ถึง 2 Log cycle จากเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 4.02×10^2 CFU/g

หลังจากนั้น ได้ทำการทดลองศึกษาอายุการเก็บรักษาของวิธีการล้างแบบฉีดพ่นน้ำในแบบปกติของเกษตรกร การล้างด้วยการใช้เครื่องอัลตราโซนิกส์ และการล้างด้วยเครื่องอัลตราโซนิกส์ร่วมกับการใช้สารโซเดียมไฮคาร์บอเนต โดยการวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น และสีของตัวอย่างข้าว โดยพบว่าเปอร์เซ็นต์ (%) ของความชื้นของข้าววันที่ 1 และวันที่ 7 ของการล้างทั้ง 3 วิธี ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) และค่าสี L^* , a^* และ b^* ของข้าว เมื่อทำการเปรียบเทียบโดยการล้างทั้ง 3 วิธีพบว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) จากการทดลองในขั้นตอนข้างต้น พบว่า เครื่องอัลตราโซนิกส์มีความสามารถในการทำให้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชและเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดในข้าวลดลงได้ และเมื่อมีการใช้ร่วมกับโซเดียมไฮคาร์บอเนตก็จะทำให้ความสามารถในการลดลงของปริมาณสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างและเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดได้ดียิ่งขึ้น แต่ในส่วนของอายุการเก็บรักษาของข้าว นั้นยังคงไม่พบความแตกต่างจากการล้างด้วยเครื่องอัลตราโซนิกส์กับวิธีการล้างแบบทั่วไปของเกษตรกร ด้วยวิธีการฉีดพ่น ดังนั้นผู้บริโภคสามารถนำเครื่องล้างอัลตราโซนิกส์ไปใช้สำหรับการล้างเพื่อลดปริมาณสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างและเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดได้ เพื่อความปลอดภัยในการบริโภคมากยิ่งขึ้น

Thesis	REDUCTION OF CHLORPYRIPHOS RESIDUE IN <i>Alpinia galanga</i> Linn. USING AN ULTRASONIC CLEANING UNIT
Student	Ms. Chutima Chumkamon
Student ID.	57608021
Degree	Master of Science
Program	Food Safety Management
Year	2019
Thesis Advisor	Asst. Prof. Dr. Pramoun Srikalong

ABSTRACT

The purpose of this study was an efficiency of ultrasonic cleaning to reduce the chemical residue, microorganism and shelf life in *Alpinia galanga* Linn. The experiment was separated in 3 parts first part was studying the condition of the ratio of sample with RO water and time of cleaning by separate condition in 4 conditions with 3 replicates (Ration of sample with RO water 1:10 and 1:20 with time 10 minutes and 20 minutes). In the part of chemical residue reduction, the sample was preparing by soaking sample on chemical residue Chlorpyriphos 12 ppm then cleaning by ultrasonic cleaning. After that the sample was analyzing by GC-MS. The result showed that the chemical residue mostly reduced on condition of ration 1:20 with cleaning time 20 minutes and the chemical residue reduced from control 51.72%. In the par of microorganism reduction, the sample was selecting the piece that did not have spoilage and damage part then cleaning in 4 conditions as a part of chemical residue reduction. After that the sample was analyzing the TPC microorganism reminding on sample by BAM method. The result showed that microorganism mostly reduced in condition of ration 1:20 with cleaning time 20 minutes that can reduce TPC microorganism on sample from control sample 1 log cycle (From control no cleaning sample TPC microorganism amount 6.03×10^4 CFU/g and after cleaning in the best condition TPC microorganism was reminding only 3.92×10^3 CFU/g). In the 2nd part was studying effect of sodium bicarbonate mixing with RO water from the condition of sample and RO water in time from the first experiment. In the part of chemical residue reduction, the result

showed that when mixing water with Sodium Bicarbonate and cleaning by ultrasonic cleaning can reduce the chemical residue 58.12%. In the part of microorganism reduction The result showed that can reduce the TPC microorganism on sample from control 2 log cycle (From control no cleaning sample TPC microorganism amount 6.03×10^4 CFU/g and after cleaning in the best condition mixing RO water with Sodium bicarbonate TPC microorganism was reminding only 4.02×10^2 CFU/g). In the 3rd part was studying shelf life by cleaning with 3 methods. There were cleaned by spray water from farmer, cleaned by ultrasonic cleaning, cleaned by ultrasonic cleaning with mixing sodium bicarbonate. The result was analyzed % moisture content and color L*, a*, b* on 1st day after and 7th day after cleaning. The result showed that is not significant ($P > 0.05$) to % moisture content and color L*, a*, b*. From the experimental showed that ultrasonic cleaning had an efficiency to reduce the chemical residue and TPC microorganism in *Alpina galanga* Linn. When mixing sodium bicarbonate in water and then cleaning by ultrasonic cleaning had efficiency higher than only RO water to reduce the chemical residue and TPC microorganism in *Alpina galanga* Linn. For shelf life extension did not have the difference result between 3 cleaning methods. Therefore ultrasonic cleaning is another way to reduce chemical residue and microorganism in agricultural product for more safety of consumption.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ผู้จัดทำวิทยานิพนธ์ขอกราบขอบพระคุณ ผศ. ดร. ประมวล ศรีกาหลง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำปรึกษา ชี้แนะแนวทาง และสนับสนุนอุปกรณ์ในการดำเนินงานจัดทำงานวิจัยในครั้งนี้ ตลอดจนการแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สำเร็จไปได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร. อพัชชา จินดาประเสริฐ, ดร. ระจิตร สุวพานิช, รศ.ดร. สนธิสุข ธีรชัยชยดี อาจารย์คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และ รศ.ดร.ประภาพร ขอไพบุลย์ ที่ได้ให้เกียรติเป็นกรรมการสอบปกป้องวิทยานิพนธ์ และได้กรุณาให้คำแนะนำในการตรวจทาน และแก้ไข จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่วิทยาศาสตร์ เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ เจ้าหน้าที่ธุรการ เพื่อน ๆ พี่ และน้องๆ นักศึกษา คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่าน ที่คอยให้ความช่วยเหลือ ให้คำแนะนำ และให้กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณบิดาร มารดา และพี่ชายของข้าพเจ้าที่ช่วยสนับสนุนทุนทรัพย์ และเป็นกำลังใจ ให้ข้าพเจ้าได้ทำงานวิจัยนี้จนสำเร็จ คุณค่าและประโยชน์ที่ได้จากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอบอบแต่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

ชุตินา ชุ่มกมล

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	III
กิตติกรรมประกาศ.....	V
สารบัญ.....	VI
สารบัญตาราง.....	VIII
สารบัญภาพ.....	IX
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย.....	2
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 ข่า.....	3
2.2 ประโยชน์ของข่า.....	4
2.3 องค์ประกอบทางเคมีและคุณค่าทางโภชนาการอาหารของข่า.....	5
2.4 การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวข่า.....	5
2.5 โรคและศัตรูพืชของข่า.....	6
2.6 วัตถุอันตรายทางการเกษตรและสารพิษตกค้าง.....	6
2.7 ประเภทของสารเคมีกำจัดศัตรูพืช.....	7
2.8 สารเคมีกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตชนิดคลอโรไพริฟอส.....	9
2.9 กลุ่มความรุนแรงของการเกิดพิษจากสารป้องกันและกำจัดศัตรูพืช.....	10
2.10 การควบคุมการใช้สารกำจัดศัตรูพืชทางการเกษตร.....	10
2.11 การตรวจสอบสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างปริมาณการลดลงของสารเคมีตกค้างจากแต่ละวิธีการล้าง.....	12
2.12 ปริมาณการลดลงของสารเคมีตกค้างจากแต่ละวิธีการล้าง.....	13
2.13 คลื่นเสียงความถี่สูง (Ultrasound).....	14

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.14 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	16
บทที่ 3 เครื่องมืออุปกรณ์ และวิธีดำเนินการทดลอง.....	18
3.1 วัตถุประสงค์ที่ใช้ในงานวิจัย.....	18
3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์หลักสำหรับการวิเคราะห์.....	18
3.3 สารเคมีและอาหารเลี้ยงเชื้อ.....	19
3.4 วิธีการทดลอง.....	20
3.5 ขั้นตอนการวิเคราะห์.....	21
บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง.....	25
4.1 ผลของการศึกษาอัตราส่วนของน้ำและเวลาที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการล้างฆ่าโดย เครื่องอัลตราโซนิคส์.....	25
4.2 ผลรวมของการทำความสะอาดฆ่าด้วยโซเดียมไฮโปคลอไรท์กับอัตราส่วนของน้ำด้วย เครื่องอัลตราโซนิคส์.....	28
4.3 การศึกษาคุณภาพอายุการเก็บรักษาของฆ่าที่ผ่านกระบวนการล้างด้วยเครื่องอัลตราโซ นิคส์ ด้วยกรรมวิธีที่ดีที่สุดจากการทดลองข้างต้น.....	30
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....	33
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	33
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	34
บรรณานุกรม.....	35
ภาคผนวก.....	39
ประวัติผู้เขียน.....	43

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 คุณค่าทางโภชนาการของข้าว 100 กรัม.....	5
2.2 กลุ่มความรุนแรงของการเกิดพิษจากสารป้องกันและกำจัดศัตรูพืช.....	10
2.3 ปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุดในเครื่องเทศกลุ่มราก.....	11
2.4 ตารางแสดงผลการลดปริมาณสารเคมีตกค้างจากแต่ละวิธีการล้างของผู้บริโภค.....	13
4.1 ผลของการเปรียบเทียบร้อยละการลดลงของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชคลอร์ไพริฟอส.....	26
4.2 ปริมาณหลงเหลือของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดจากการล้างด้วยปัจจัยต่าง.....	27
4.3 ผลการเปรียบเทียบร้อยละการลดลงของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชคลอร์ไพริฟอสด้วยวิธีการล้างด้วยน้ำผสมกับโซเดียมไบคาร์บอเนต.....	28
4.4 ปริมาณหลงเหลือของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดด้วยวิธีการล้างด้วยน้ำ และวิธีการล้างด้วยน้ำผสมกับโซเดียมไบคาร์บอเนต.....	29
4.5 ค่าแสดงร้อยละความชื้นจากการล้างโดย 3 วิธีที่แตกต่างกัน.....	30
4.6 แสดงค่าสีของวิธีการล้างทั้ง 3 วิธีในวันที่ 1.....	31
4.7 แสดงค่าสีของวิธีการล้างทั้ง 3 วิธีในวันที่ 7.....	32

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 ลักษณะเหง้าใต้ดิน.....	3
2.2 ตัวอย่างสูตรโครงสร้างสารกลุ่มออร์แกโนคลอรีน (Organochlorine insecticides).....	7
2.3 ตัวอย่างสูตรโครงสร้างสารกลุ่มออร์แกโนฟอสเฟส.....	8
2.4 ตัวอย่างสูตรโครงสร้างสารกลุ่มคาร์บาเมต (Carbamates insecticides)	9
2.5 โครงสร้างคลอรีไพริฟอส.....	9
2.6 สิ่งสกปรกที่ละลายน้ำได้	14
2.7 การล้างสิ่งสกปรกที่ละลายน้ำได้ ด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง	15
2.8 สิ่งสกปรกที่ไม่ละลายในน้ำ	15
2.9 การล้างสิ่งสกปรกที่ไม่ละลายน้ำด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง.....	16
4.1 ผลของการเปรียบเทียบร้อยละการลดลงของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชคลอรีไพริฟอส	26
4.2 ปริมาณหลงเหลือของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดจากการล้างด้วยปัจจัยต่างๆ.....	27
4.3 ผลจากการเปรียบเทียบ % การลดลงของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชคลอรีไพริฟอสด้วยวิธีการล้างด้วยน้ำและวิธีการล้างด้วยน้ำผสมกับโซเดียมไบคาร์บอเนต.....	28
4.4 ปริมาณหลงเหลือของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดด้วยวิธีการล้างด้วยน้ำและวิธีการล้างด้วยน้ำผสมกับโซเดียมไบคาร์บอเนต	29
4.5 แสดงถึงค่า % ความชื้นจากการล้างโดย 3 วิธีที่แตกต่างกัน.....	30
4.6 ลักษณะสีของข่าที่ทำการล้างด้วยวิธีการต่างๆในวันที่ 1.....	31
4.7 ลักษณะสีของข่าที่ทำการล้างด้วยวิธีการต่างๆในวันที่ 7.....	33

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย

ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีการทำเกษตรกรรมจำนวนมากและเกษตรกรไทยนิยมใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช ทำให้ผู้บริโภคเกิดการเจ็บป่วยจากการได้รับสารเคมีเพิ่มมากขึ้น ทั้งการเกิดพิษแบบเฉียบพลันและอันตรายแบบเรื้อรัง และมีการตรวจพบเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรค อาทิเช่น *Listeria spp.*, *Salmonella spp.* และ *Escherichia coli* (ปรีชา และคณะ, 2553)

จากรายงานการประเมินความเสี่ยงเนื่องจากการปนเปื้อนของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชและเชื้อจุลินทรีย์ตกค้างนั้นพบว่า การปนเปื้อนสารเคมีกำจัดศัตรูพืชมีสาเหตุมากจากการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชเป็นเวลานานในสวน หรือพื้นที่ที่เคยเป็นสถานที่ทิ้งขยะมีพิษมาก่อน และพืชหัวเป็นพืชที่เจริญเติบโตอยู่ใต้ดินหรือติดกับพื้นดิน อาจมีสารพิษที่ติดไปกับผิวของผลิตผลทำให้พืชที่รับประทาน หัว หรือรากมีความเสี่ยงที่ผู้บริโภคจะได้รับสารพิษจากการตกค้างของสารเคมี

ในส่วนของ การปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ในดิน พบว่า ผลิตผลบริโภคสด เจริญเติบโตในดินหรือสัมผัสกับผิวดินโดยตรง หรือมีพื้นที่ผิวสัมผัสกับดินมาก อย่างเช่น ขิง ข่า แครอท ผักกาดหอม และอื่นๆ รวมถึงผลิตผลที่บริโภคสด เจริญเติบโตพื้นดิน หรือมีเปลือกหุ้มอย่างเช่น แตงโม มะเขือเทศ แตงกวา มีความเสี่ยงสูงที่จะเกิดการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์มากที่สุด (Agriculture, Fisheries and Forestry, Australia, 2001) ปัญหาของการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์และสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างนั้นสามารถเกิดขึ้นได้ตั้งแต่ขั้นตอนการเพาะปลูกไปจนถึงกระบวนการล้างทำความสะอาด

ข่าเป็นพืชที่ใช้รับประทานบริเวณราก นิยมใช้ในการปรุงอาหารไทย อาทิเช่น รับประทานเป็นเครื่องเคียงในการรับประทานน้ำพริก หรือใช้บดละเอียดเพื่อใช้เป็นส่วนผสมในการทำพริกแกง โดยวิธีการที่ใช้ คือ การนำล้างทำความสะอาดและใช้ในการประกอบอาหารทันที จากปัญหาการปนเปื้อนของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชและเชื้อจุลินทรีย์ ดังนั้น ในขั้นตอนการล้างจึงมีความสำคัญมาก แต่เนื่องด้วยลักษณะของข่าทำให้บางจุดยากต่อการทำความสะอาด การใช้เครื่องล้างทำความสะอาดแบบอัลตราโซนิกส์ จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่จะเพิ่มประสิทธิภาพในการทำทำความสะอาด เนื่องจากคลื่นเสียงความถี่สูงของเครื่องล้างแบบอัลตราโซนิกส์ ทำให้เกิดปรากฏการณ์ Cavitation คือ การเกิดฟองขนาดเล็ก และขยายตัวจนแตกออกอย่างรุนแรงในตัวกลางอย่างเช่นน้ำหรือของเหลว และจำนวนของฟองอากาศจะเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง ขยายตัว และแตกออกอย่างสม่ำเสมอ โดยปรากฏการณ์นี้จะเกิดขึ้นในบริเวณรอยต่อของอนุภาคเจือปนของพื้นผิวของผัก (Fuchs, 2002) โดยการแตกตัวของฟองใกล้พื้นที่ผิวนี้อาจทำให้ของเหลวไหลพุ่งอย่างแรงบนพื้นผิวและสามารถกำจัดสิ่งสกปรก แบคทีเรีย และสิ่งแปลกปลอมได้ (Fuchs, 2002)

ดังนั้น วิธีการล้างฆ่าด้วยเครื่องอัลตราโซนิกส์จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของการล้างให้ปลอดภัยต่อผู้บริโภครวมได้มากขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1.2.1 ศึกษาอัตราส่วนของน้ำ ในการล้างฆ่าด้วยเครื่องอัลตราโซนิกส์
- 1.2.2 ศึกษาผลของโซเดียมไบคาร์บอเนตและอัตราส่วนของน้ำกับเครื่องล้างแบบอัลตราโซนิกส์ ต่อการลดปริมาณของสารเคมีตกค้างและเชื้อจุลินทรีย์ในฆ่า
- 1.2.3 ศึกษาคุณภาพอายุการเก็บรักษาของฆ่าโดยการใช้เครื่องล้างแบบอัลตราโซนิกส์และการล้างแบบใช้เครื่องอัลตราโซนิกส์ร่วมกับโซเดียมไบคาร์บอเนต เปรียบเทียบกับการล้างด้วยวิธีทั่วไป การใช้น้ำแรงดันฉีดพ่น

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

ศึกษาเวลาและอัตราส่วนระหว่างวัตถุดิบและน้ำที่เหมาะสมในการทำความสะดวกด้วยเครื่องอัลตราโซนิกส์ และการทำงานร่วมกันกับสารทำความสะอาดโซเดียมไบคาร์บอเนต โดยวัดประสิทธิภาพของการล้างด้วยการลดลงของปริมาณสารเคมีตกค้างกลุ่มออร์แกโนฟอสเฟต โดยทดสอบการตกค้างของสารกำจัดศัตรูพืชคลอไพริฟอสเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดและศึกษาอายุการเก็บรักษาโดยทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการล้างโดยวิธีการฉีดพ่นน้ำกับการล้างด้วยเครื่องอัลตราโซนิกส์และเครื่องอัลตราโซนิกส์ร่วมกับสารทำความสะอาดโซเดียมไบคาร์บอเนต

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ

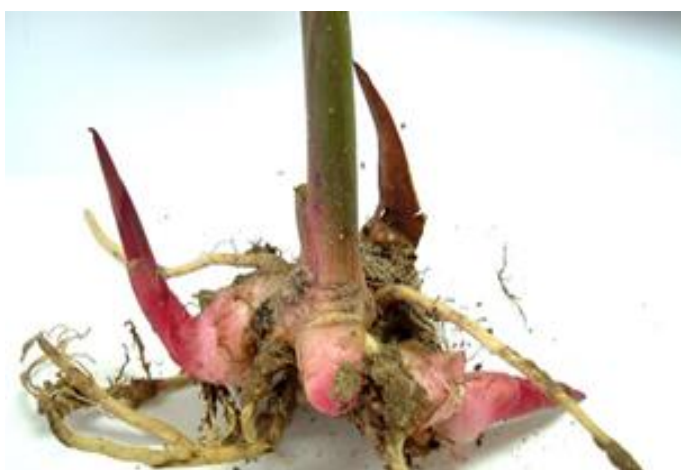
สถานะที่เหมาะสมของเครื่องล้างแบบ Ultrasonic ต่อการล้างพืชฆ่า เพื่อให้ผู้บริโภคได้รับความปลอดภัยจากการบริโภคเพิ่มมากขึ้น และได้บริโภคฆ่าที่มีคุณภาพ

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ข่า

ข่า (Galangal) เป็นพืชอยู่ในวงศ์ Zingiberaceae จำพวกเดียวกับพืชสมุนไพรชนิดอื่นๆ ได้แก่ จิง และกระชาย โดยข่าถูกจัดอยู่ในสกุล *Alpinia* มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ *Alpinia galanga* Linn เป็นพืชล้มลุกเนื้ออ่อนเจริญเติบโตได้ดีในดินร่วนเป็นพืชสมุนไพรสำคัญชนิดหนึ่งที่มีการใช้อย่างแพร่หลายในประเทศไทย ประชากรไทยนิยมนำข่ามาใช้ในการประกอบอาหาร และถือเป็นสมุนไพรที่อยู่คู่กับครัวเรือนไทย เป็นพืชที่ปลูกง่ายแตกหน่อดี ให้ผลผลิตตลอดทั้งปี นิยมปลูกไว้ตามหลังบ้าน ตามที่ว่างในสวนและคันนา สามารถส่งออกไปขายในต่างประเทศอย่างอินโดนีเซีย (มติชน Online, 2558) พื้นที่การผลิตข่าส่วนใหญ่อยู่ที่จังหวัดสมุทรปราการ ฉะเชิงเทรา อ่างทอง สระแก้ว พิจิตร ราชบุรี และสุพรรณบุรี ซึ่งพื้นที่ในกลุ่มนี้มีการผลิตข่าสูงสุดในช่วงเดือนมกราคม พ.ศ. 2559 (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2559) โดยข่าที่มีความนิยมปลูกในประเทศไทยได้แก่ ข่าแดง ข่าหลวง ข่าแกง และข่าเหลืองลักษณะของที่นำมาใช้ในการประกอบอาหารจะมีลักษณะข้อ ปล้อง สั้น ลักษณะเหง้าใต้ดินแสดงดังภาพที่ 2.1 เหง้าข่าอ่อนมีอายุการประมาณ 4-7 เดือน



ภาพที่ 2.1 ลักษณะเหง้าใต้ดิน

ที่มา : ฐานข้อมูลสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี (2559)

ส่วนข่าที่มีอายุ 8 เดือนขึ้นไปถือเป็นข่าแก่ ข่าเป็นพืชที่นิยมนำมาใช้ประกอบอาหาร และบริโภค โดยการลวกและรับประทานร่วมกับน้ำพริกหรือการนำไปใช้ในส่วนของเครื่องต้มยำ ต้มข่าไก่ แกง หรือการนำไปบดละเอียด เพื่อเป็นส่วนประกอบของพริกแกงและช่วยในการปรุงรสอาหาร

แต่งกลิ่น ดับกลิ่นคาวในเนื้อสัตว์ (อุบล, 2553) นอกจากข่าจะนำมาใช้ในการประกอบอาหารแล้วยังสามารถนำมาผลิตเป็นยารักษาโรค อย่างเช่น ยารักษาโรคผิวหนัง กลากเกลื้อน ลมพิษขับลม แก้ท้องอืด จุกเสียด แน่นเพื่อ คลื่นไส้ อาเจียน ช่วยให้เจริญอาหาร และอื่นๆอีกมากมาย (พีชเกษตร, 2559)

2.2 ประโยชน์ของข่า

ข่าในการประกอบอาหาร

พืชข่าเป็นที่นิยมนำมาใช้ในการประกอบอาหาร โดยจะใช้ส่วนต่างๆ ซึ่งขึ้นอยู่กับประเภทของอาหาร และความนิยมของผู้บริโภค ส่วนที่จะใช้มาประกอบอาหารของข่าได้แก่ เหง้าอ่อน เหง้าแก่ ลำต้นเทียม และช่อดอกอ่อน เหง้าแก่นิยมนำมาบดให้ละเอียดเพื่อเป็นส่วนผสมในพริกแกง และใช้ในการลดกลิ่นคาวในเนื้อสัตว์ ส่วนเหง้าอ่อนนิยมนำมาลวกเพื่อทานควบคู่กับน้ำพริกชนิดต่างๆ นอกจากนี้ยังมีการนำมาใช้เพื่อเป็นยาสมุนไพรรักษาโรคอย่างเช่น ยาระบายขับลม ยาขับเลือดเสีย ยารักษาโรคผิวหนัง กลากเกลื้อนและลมพิษหรือจะทางด้านอุตสาหกรรมข่ายังได้มีการนำมาใช้ประโยชน์ในการถนอมผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ ยืดอายุการเก็บรักษา ชะลอการเกิดอาหารเหม็นหืน (อุบล, 2553)

ข่าในการรักษาโรค

ในภาคอีสานจะมีการใช้เหง้าของข่าที่มีกลิ่นฉุนและรสชาติขมมาเป็นผงละลายน้ำเพื่อต้มดื่มสำหรับการขับลมแก้ท้องอืดท้องเฟ้อ ทางภาคเหนือมีการใช้ เหง้า ผสมใบมะกา เถาเชือก เขาน้ำ ห้วย ข้าวเย็นและเกลือ ต้มน้ำดื่ม เป็นยาถ่าย เหง้าอ่อน ผสมขันทองคุด ห้วยข่าเย็น ต้มน้ำดื่ม แก้กิดสีดวง ลำไส้ ลำต้นใต้ดิน รักษาโรคลากเกลื้อน เป็นส่วนประกอบในตำรับยาเจ็บเมื่อยเส้นเอ็น ยาเสียบคัด ยา มะเร็งครูด ยาไอ เป็นต้นซึ่งในตำรายาสมุนไพรไทย มีการใช้เหง้าแก่ รับประทานเป็นยาขับลม บำรุงธาตุ เป็นยาระบายอ่อนๆ แก้กูกเสียดปวดท้อง แก้โรคข้อและโรคหลอดลมอักเสบใช้ทาภายนอกรักษากลากเกลื้อน แก้ไฟลวด แก่น้ำร้อนลวก แก้มพิษ และโรคลมปวงแก้สันนิบาตหน้าเพลิง มีการใช้ผสมตำกับน้ำมะขามเปียกและเกลือให้สตรีกินหลังคลอดเพื่อขับน้ำคาวปลา แก้ฟกบวม โดยใช้ข่าแก่ฝานเป็นชิ้นบางๆ ชุบเหล้าโรงทา เหง้าแก่สดแก้โรคน้ำกัดเท้าโดยใช้ 1-2 หัวแม่มือ ตำให้ละเอียด เติมน้ำโรงพอกทั่วทั้งไว้ 2 วัน ใช้สำลีชุบทาวันละ 3-4 ครั้ง หรือทาลมพิษ(ทาบ่อยๆจนกว่าจะดีขึ้น) ใบ รสเผ็ดร้อน ฆ่าพยาธิ กลากเกลื้อน ต้มอาบ แก้ปวดเมื่อยตามข้อ ดอก รสเผ็ดร้อน ทาแก้กลากเกลื้อน ผลมีรสเผ็ดร้อนฉุน ช่วยย่อยอาหาร แก้ปวดท้อง แก้กลิ้นเหียนอาเจียน ท้องอืดเฟ้อ แก้บิดมีตัวและไม่มีตัว หน่อมีรสเผ็ดร้อนหวาน แก้มแน่นหน้าอก บำรุงไฟธาตุ ดับแก รสเผ็ดร้อนซ่า ตำผสมน้ำมันมะพร้าว ทาแก้ปวดเมื่อยตามกล้ามเนื้อ ตามข้อ แก้กะกริว ส่วนรากมีรสเผ็ดร้อนเช่นเดียวกันกับส่วนอื่นๆ มีสรรพคุณช่วยขับเลือดลม ให้เดินสะดวก แก้เหน็บชา แก้เสมหะ และโลหิต ส่วนหน่อมีรสเผ็ดร้อนหวาน แก้มแน่นหน้าอก บำรุงไฟธาตุเป็นต้น (ฐานข้อมูลสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2559)

2.3 องค์ประกอบทางเคมีและคุณค่าทางโภชนาการของข่า

ข่ามีน้ำมันระเหย ที่มีการระเหยได้ง่าย มีกลิ่นฉุน และรสเผ็ด ซึ่งจะประกอบด้วย

- Eugenol
- Cineol
- Camphor
- Methyl cinnamate
- Pinene
- Galangin
- Chavicol
- Trans-p-coumaryldiacetate
- Coniferyldiacetate
- P-hydroxy-trans-cinnamaldehyde
- Kaemferol, quercetin

ตารางที่ 2.1 คุณค่าทางโภชนาการของข่า 100 กรัม

พลังงาน	20 กิโลแคลอรี
กากใยอาหาร	1.1 กรัม
แคลเซียม	5 มิลลิกรัม
ฟอสฟอรัส	27 มิลลิกรัม
ธาตุเหล็ก	0.1 มิลลิกรัม
วิตามินบี 1	13 มิลลิกรัม
วิตามินบี 2	15 กรัม
วิตามินซี	23 มิลลิกรัม

ที่มา :ดัดแปลงมาจาก HonestDocs (2019)

2.4 การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวข่า

เกษตรกรจะทำการเก็บเกี่ยวข่าในช่วงเช้าเพื่อให้ทันต่อการขายให้กับพ่อค้าคนกลางในช่วงเย็น โดยหลังจากการขูด เกษตรกรจะทำการล้างทำความสะอาดเหง้าโดยการฉีบน้ำ โดยส่วนใหญ่เกษตรกรจะไม่นิยมแช่ข่าด้วยสารละลายใดๆ (อุบล และคณะ, 2545)

2.5 โรคและศัตรูพืชของข้าว

โรคหัวเน่า (Phytophthora Root Rot หรือ Wet Rot) เชื้อสาเหตุคือ *Phytophthora drechsleri* เชื้อโรคนี้อาจเกิดในระยะกล้าและลงหัวแล้ว มักจะพบในบริเวณที่ดินมีระบบน้ำยาก และอยู่ใกล้กับทางน้ำ หรือคลอง โรคนี้อาจทำความเสียหายถึง 80%

ลักษณะอาการ ถ้าเกิดกับต้นยังเล็กอยู่จะทำให้รากเป็นรอยช้ำสีน้ำตาลและเน่า ต้นจะเหี่ยวเฉา ถ้าเกิดกับหัวจะทำให้หัวเน่าอย่างรวดเร็ว และมีกลิ่นเหม็น ใบเหี่ยวแล้วรวงถ้าเกิดรุนแรงต้นจะตาย

การป้องกันกำจัด

- การเตรียมแปลงปลูก ควรจะเป็นดินร่วนมีการระบายน้ำดี ไม่ควรเป็นที่เคยมีน้ำท่วม ชั่งหรือใกล้ทางระบายน้ำ หากดินระบายน้ำยาก ควรปลูกโดยวิธียกร่อง
- ทำความสะอาดแปลงก่อนปลูกโดยการทำลายเศษพืชที่เป็นแหล่งเพาะเชื้อโรค
- คัดเลือกท่อนพันธุ์ที่สมบูรณ์และปราศจากโรค
- ถ้าพบอาการรากเน่าเกินกว่า 3% ควรดปลูกพืชนานอย่างน้อย 6 เดือน

2.6 วัตถุอันตรายทางการเกษตรและสารพิษตกค้าง

วัตถุอันตรายทางการเกษตร หมายถึง สารที่มีจุดมุ่งหมายป้องกัน ทำลาย ดึงดูด ขับไล่ เพื่อควบคุม วัชพืช ศัตรูพืช ที่ไม่พึงประสงค์ ทั้งในการเพาะปลูก การเก็บรักษา ตลอดไปจนถึงการขนส่งและการจัดจำหน่าย หรือแม้กระทั่งระหว่างกระบวนการผลิตสินค้า อาหาร หรืออาหารสัตว์ หรืออาจเป็นสารที่ใช้กับสัตว์ เพื่อควบคุมปรสิตภายใน และรวมไปถึงสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช ทำให้ใบร่วง ยับยั้งการแตกยอด และสารที่ใช้กับพืชก่อนและหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อป้องกันการเสื่อมเสียระหว่างกระบวนการหลังการเก็บเกี่ยวและการขนส่ง แต่วัตถุอันตรายทางการเกษตรนี้ ไม่รวมถึง ปุ๋ย สารอาหารของพืชและสัตว์ วัตถุเจือปนหรือเติมเข้าไปในอาหารสัตว์ และยาสำหรับสัตว์

สารพิษตกค้างหมายความว่า สารตกค้างในสินค้าเกษตรซึ่งเกิดจากการใช้วัตถุอันตรายทางการเกษตร รวมทั้งกลุ่มอนุพันธ์ของสารดังกล่าวได้แก่ สารในกระบวนการเปลี่ยนแปลงสามในกระบวนการสร้างและสลายสารที่เกิดจากปฏิกิริยา หรือสิ่งปลอมปนในวัตถุอันตรายทางการเกษตรที่มีความเป็นพิษซึ่งปนเปื้อนหรือตกค้างในอาหารที่มีความเป็นพิษอย่างมีนัยสำคัญ

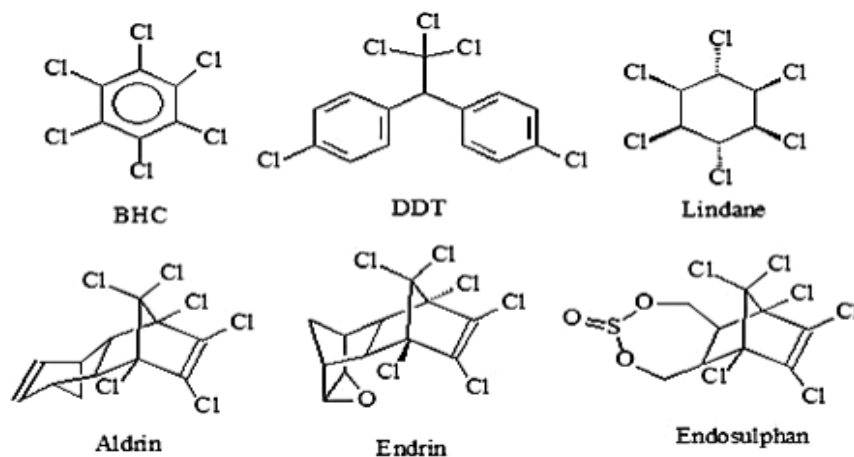
ปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด (Maximum Residue Limit; MRL) หมายถึง ปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุดที่มีได้ในอาหารและสินค้าทางการเกษตร ซึ่งจะถูกกำหนดขึ้นโดยคณะกรรมการมาตรฐานสินค้าเกษตร ซึ่งมาจากการใช้วัตถุอันตรายทางการเกษตร มีหน่วยเป็นมิลลิกรัมสารพิษตกค้างต่อกิโลกรัมอาหาร “ปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุดที่ปนเปื้อนจากสาเหตุที่ไม่อาจหลีกเลี่ยงได้ (Extraneous Maximum Residue Limit ; EMRL)” หมายถึง ปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุดที่มีได้ในอาหารและสินค้าเกษตรที่เกิดขึ้นจากการใช้วัตถุอันตรายทางการเกษตรในอดีตที่ถูกยกเลิกใช้ในประเทศมาเป็นเวลานานแล้ว แต่ยังคงมีการปนเปื้อน

ในสิ่งแวดล้อม เนื่องจากเป็นสารพิษที่สลายตัวได้ช้า และทำให้เกิดการปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม เป็นเวลานานทำให้ยังมีการตรวจพบในสินค้าเกษตรอยู่ทำให้ต้องมีการกำหนดค่าปริมาณสารพิษตกค้าง สูงสุด (มาตรฐานสินค้าเกษตร, 2556)

2.7 ประเภทของสารเคมีกำจัดศัตรูพืช

สารเคมีกำจัดศัตรูพืชทางการเกษตรปัจจุบันมีการจำหน่ายทางการค้ามากกว่า 1,000 ชนิด ซึ่งสามารถ แบ่งออกเป็นกลุ่มใหญ่ๆตามชนิดของสิ่งมีชีวิตที่ใช้ในการควบคุม กำจัด เช่น สารเคมีกำจัดแมลง ป้องกัน วัชพืช ป้องกันเชื้อรา หรือสารกำจัดหนูและสัตว์ฟันแทะ

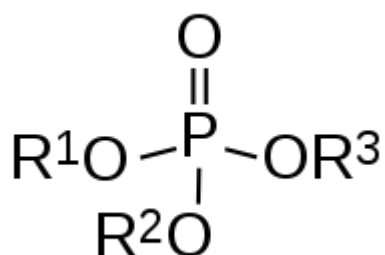
ในส่วนของสารเคมีกำจัดแมลงเป็นสารเคมีที่มีจำนวนมากที่สุด ที่เกษตรกรได้มีการนำไปใช้ โดยสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ (กรีนเนท, 2559) กลุ่มออร์แกโนคลอรีนในภาพที่ 2.2 เป็นสารเคมีที่ใช้กำจัดแมลงที่มีโครงสร้างของ ออร์แกโนคลอรีน (Organochlorine) หรือ ครอรีเนเตด ไฮโดรคาร์บอน (Chlorinated hydrocarbons) มีธาตุไฮโดรเจน คาร์บอนและคลอรีน เป็นองค์ประกอบ สูตรโครงสร้างของสารเคมีกลุ่มนี้เป็นไปตามรูปภาพที่ 2.2 สารเคมีในกลุ่มนี้ที่นิยมใช้ในเกษตรกร ได้แก่ ดีดีที ดีลดริน ออลดริน ท็อกซาฟีน และอื่นๆ เกษตรกรนิยมใช้กำจัดแมลงที่อยู่ใต้ดิน มีฤทธิ์ในการ ฆ่าแมลงได้ค่อนข้างช้า แต่ออกฤทธิ์นาน สารเคมีกลุ่มนี้สลายตัวได้ยาก เนื่องจากมีสมบัติในการสลายตัว ด้วยน้ำได้น้อยแต่ละลายในไขมันได้ดี จึงทำให้เกิดการสะสมในสิ่งแวดล้อมเนื่องจากเป็นสารเคมี ที่ละลายได้ดีในไขมันทำให้สามารถซึมผ่านผิวหนังของมนุษย์ได้ดี และเกิดการสะสมที่อวัยวะ ตับ ไต และระบบประสาทต่างๆ มีความเป็นพิษเฉียบพลัน ในบางประเทศมีการประกาศยกเลิกการใช้ แต่ใน ประเทศไทยยังมีการใช้อยู่ อากาศของผู้ที่ได้รับสารพิษของสารเคมีกลุ่มนี้ได้แก่ เกิดอาการชักเกร็ง คลื่นไส้ อาเจียน และพิษสามารถก่อให้เกิดอันตรายแบบเรื้อรังอย่างโรคมะเร็งได้



ภาพที่ 2.2 ตัวอย่างสูตรโครงสร้างสารกลุ่มออร์แกโนคลอรีน (Organochlorine insecticides)

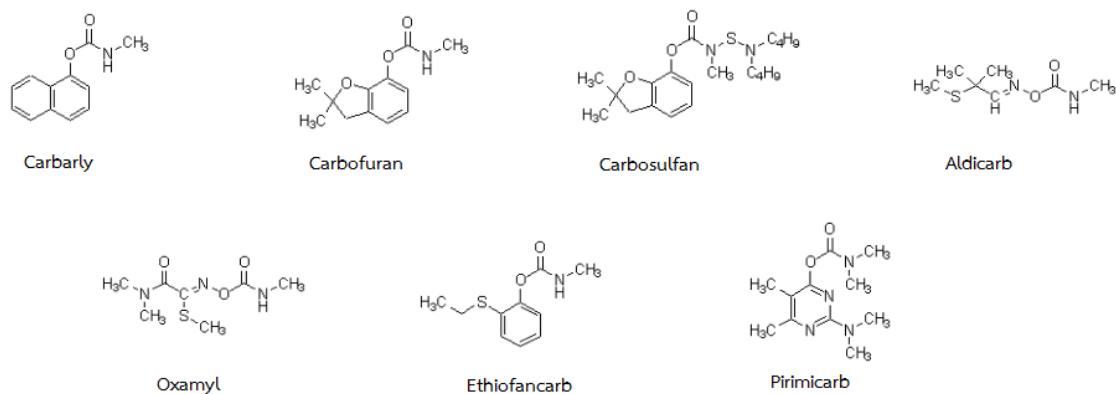
ที่มา :Intechopen (2017)

กลุ่มออร์แกโนฟอสเฟสในภาพที่ 2.3 เป็นสารเคมีที่มีกลุ่มฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบ เป็นกลุ่มที่มีพิษตกค้างที่สั้นกว่ากลุ่มของออร์แกโนคลอรีน แต่มีพิษต่อแมลงค่อนข้างสูง ในขณะที่ใช้จึงต้องมีการระวังเป็นพิเศษ สารเคมีในกลุ่มนี้ได้แก่ มาลาไธออน ไดออกซีโตน คลอไพริฟอส เป็นต้น เป็นสารกำจัดศัตรูพืชที่ใช้อย่างแพร่หลาย สารพิษของสารเคมีกลุ่มนี้สามารถดูดซึมได้ทางผิวหนังและระบบทางเดินอาหารอาการของผู้ที่ได้รับสารพิษคือ เบื่ออาหาร คลื่นไส้ อาเจียน ท้องเสีย น้ำตา น้ำลายไหล เหงื่อท่วมตัว เป็นต้น และอาการอาจรุนแรงถึงขั้นทำให้เสียชีวิตได้



ภาพที่ 2.3 ตัวอย่างสูตรโครงสร้างสารกลุ่มออร์แกโนฟอสเฟส
ที่มา : Wikipedia (2017)

กลุ่มคาร์บาเมตในภาพที่ 2.4 เป็นสารเคมีที่มีไนโตรเจนในสูตรโครงสร้าง มีฤทธิ์ต่อแมลงค่อนข้างสูง แต่มีพิษต่อสัตว์เลือดอุ่นต่ำ แต่อย่างไรก็ตามสารเคมีกลุ่มนี้เป็นกลุ่มที่มีราคาแพง จึงไม่ค่อยเป็นที่นิยมในหมู่เกษตรกร สารเคมีกลุ่มนี้บางชนิดนำมาใช้ในการฆ่าเชื้อราไล่เดือนฝอยและวัชพืช สารเคมีกลุ่มนี้ได้แก่ เดตาเมธริน คาร์บาริลคาร์โบฟูแรน เป็นต้น สารเคมีกำจัดศัตรูพืชกลุ่มนี้ส่วนใหญ่มีพิษที่ค่อนข้างรุนแรง ยกเว้น คาร์บาริว ที่มีพิษปานกลาง สารเคมีกลุ่มนี้สามารถดูดซึมได้ทางผิวหนังโดยตรง จึงควรหลีกเลี่ยงการสัมผัส เป็นอันตรายต่อตาเป็นอย่างมาก และอันตรายแบบเรื้อรังคือสามารถทำให้เกิดโรคมะเร็ง หรืออาจทำให้ทารกในครรภ์เกิดความผิดปกติอาการของผู้ที่ได้รับสารเคมีชนิดนี้ในระดับไม่รุนแรงมากจะแสดงอาการเหนื่อย อ่อนแรง วิงเวียนศีรษะ ส่วนระดับความรุนแรงแบบปานกลางคือปวดศีรษะ เหงื่อแตก อาเจียน น้ำลายไหล สายตาแคบลงและกระตุก ส่วนในระดับที่รุนแรงมากคือเป็นตะคริวที่ท้อง ปัสสาวะราด ท้องเสีย กล้ามเนื้อสั่น หายใจติดขัด ความดันต่ำ และอาจทำให้เสียชีวิตได้

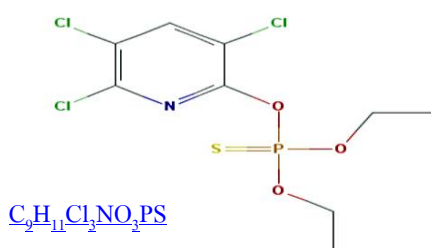


ภาพที่ 2.4 ตัวอย่างสูตรโครงสร้างสารกลุ่มคาร์บาเมต (Carbamates insecticides)

ที่มา :Chemistry in life (2017)

2.8 สารเคมีกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ชนิดคลอร์ไพริฟอส

สารเคมีกำจัดแมลงศัตรูพืชคลอร์ไพริฟอสถูกจัดอยู่ในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต เป็นสารอินทรีย์ที่มีส่วนประกอบสำคัญคือฟอสฟอรัส (ภาพที่ 2.5) มีฤทธิ์การยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส พิษตกค้างมีค่า LD₅₀ เท่ากับ 97-276 ถูกจัดความเป็นพิษอยู่ในระดับ 2 เมื่อได้รับเข้าทางปาก ทางผิวหนัง และจากการสูดดม จะมีวิงเวียน อาการคลื่นไส้ อ่อนเพลีย กล้ามเนื้อหดตัว แน่นหน้าอก อาเจียน ท้องเดิน ตาพร่า น้ำลายออกมากกว่าปกติ อาการพิษรุนแรง หมดสติ น้ำลายฟูมปาก อูจจาระ บัสสาวะรด หายใจลำบาก และหยุดหายใจ



ภาพที่ 2.5 โครงสร้างคลอร์ไพริฟอส

ที่มา : Pubchem (2018)

ชื่อทางการค้าของคลอร์ไพริฟอส

คลอร์ไพริฟอสมีชื่อทางการค้าตามที่ได้รับการขึ้นทะเบียนกับกลุ่มควบคุมวัตถุอันตราย ของกรมวิชาการเกษตร ซึ่งมีรายชื่อดังนี้ อาโซครอน, เดก้า, วันเคส, แพ็ค 40 ลิงท์ฟอส, ไพรีเน็กซ์ 40 อีซี (pyrinex 40 EC) และชื่ออื่นๆ

2.9 กลุ่มความรุนแรงของการเกิดพิษจากสารป้องกันและกำจัดศัตรูพืช

องค์การอนามัยโลกได้มีการจัดกลุ่มความรุนแรงของสารกำจัดศัตรูพืชตามลักษณะอันตรายไว้ 5 ระดับ โดยสารพิษของคลอร์ไพริฟอสถูกจัดให้อยู่ในกลุ่ม II ซึ่งมีการก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพในระดับปานกลางดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 กลุ่มความรุนแรงของการเกิดพิษจากสารป้องกันและกำจัดศัตรูพืช

Class		LD ₅₀ (มิลลิกรัม/กิโลกรัม/น้ำหนักตัว)	
		ทางปาก	ทางผิวหนัง
Ia	Extremely Hazardous	< 5	< 50
Ib	Highly Hazardous	5 - 50	50 – 200
II	Moderately Hazardous	50 – 2,000	200 – 2,000
III	Slightly Hazardous	Over 2,000	Over 2,000
U	Unlikely to present acute hazard	5,000 or higher	5,000 or higher

LD₅₀ (Lethal dose) หมายถึง ปริมาณสารที่ทำให้สัตว์ทดลองที่กินตายลงครึ่งหนึ่ง

ที่มา: ดัดแปลงจาก WHO (2009)

2.10 การควบคุมการใช้สารกำจัดศัตรูพืชทางการเกษตร

การควบคุมการใช้สารกำจัดศัตรูพืชของประเทศไทยพระราชบัญญัติมาตรฐานสินค้าเกษตร พ.ศ. 2556 เนื่องจากประเทศไทยกำลังเร่งรัดพัฒนาสินค้าทางการเกษตรเพื่อให้ได้ตามมาตรฐาน จึงมีการประกาศใช้พระราชบัญญัติฉบับนี้กับสินค้าเกษตรหลายชนิดในปัจจุบันที่ผลิตขึ้นทั้งในประเทศ และการนำเข้าสินค้าทางการเกษตรจากต่างประเทศ ซึ่งในขณะที่ยังไม่มีมาตรฐานการบังคับใช้สารกำจัดศัตรูพืชทำให้สินค้าทางการเกษตรด้อยคุณภาพไม่ปลอดภัยต่อผู้บริโภค และขาดความน่าเชื่อถือ ส่งผลกระทบต่อการประกอบกิจการค้าสินค้าเกษตรของไทย ทำให้ไม่สามารถแข่งขันในตลาดโลกได้ และก่อให้เกิดความเสียหายแก่เศรษฐกิจของประเทศ จึงสมควรให้มีกลไกในการกำหนดมาตรฐานและการตรวจสอบและรับรองมาตรฐานของสินค้าทางการเกษตรขึ้น เพื่อป้องกันความเสียหาย

ต่อประชาชนผู้บริโภค หรือแก่กิจการการค้าสินค้าเกษตร หรือเศรษฐกิจของประเทศ และเพื่อให้สอดคล้องกับพันธกรณีระหว่างประเทศ มาตรฐานสินค้าเกษตร สารพิษตกค้าง: ปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด (มกษ. 9002-2559) ปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุดในเครื่องเทศกลุ่มราก

ตารางที่ 2.3 ปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุดในเครื่องเทศกลุ่มราก

ลำดับ	วัตถุอันตรายทางการเกษตร	ชนิดสารเคมีตกค้าง	ปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด (MRL) มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (mg/kg)
1	โฟซาโลน (phosalone)	โฟซาโลน	3
2	ควินโตซีน (quintozene)	ควินโตซีน	2
3	คลอร์ไพริฟอส (chlorpyrifos)	คลอร์ไพริฟอส	1
4	ไดอะซินอน (diazinon)	ไดอะซินอน	0.5
5	มาลาไทออน (malathion)	มาลาไทออน	0.5
6	อีไทออน (ethion)	อีไทออน	0.3
7	ไซเพอร์เมทริน (cypermethrin)	ไซเพอร์เมทริน	0.2
8	อะซีเฟต (acephate)	อะซีเฟต	0.2
9	ไดโคฟอล (dicofol)	สินค้าจากพืช : ไดโคฟอล ผลรวมของออร์โทพาราและ พาราพาราไอโซเมอร์ (o,p' &p,p'-isomers) (ละลายใน ไขมัน)	0.1

ลำดับ	วัตถุอันตรายทางการเกษตร	ชนิดสารเคมีตกค้าง	ปริมาณสารพิษ ตกค้างสูงสุด (MRL) มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (mg/kg)
10	ไดเมโทเอต (dimethoate)	ไดเมโทเอต	0.1
11	ไตรอะโซฟอส (triazophos)	ไตรอะโซฟอส	0.1
12	เฟนิโตรไทออน (fenitrothion)	เฟนิโตรไทออน	0.1
13	ไอโพรไดโอน (iprodione)	ไอโพรไดโอน	0.1
14	ไดคลอรวอส (dichlorvos)	ไดคลอรวอส	0.1
15	เพอร์เมทริน (permethrin)	เพอร์เมทริน	0.05

ที่มา: ดัดแปลงจากสำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (2556)

2.11 การตรวจสอบสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้าง

การตรวจสอบสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างในอาหารด้วยวิธีมาตรฐานนั้น ได้แก่ GC (Gas Chromatography), Liquid Chromatography, GC/MS (Gas Chromatography ร่วมกับ Mass spectrometer) และ HPLC (High performance liquid chromatography) โดยวิธีการทดสอบสารเคมีตกค้างด้วยวิธีการ HPLC และ GC จะเป็นการแยกสารเคมีที่มีอยู่ในสารละลายออกจากกัน และแสดงผลออกมาเป็นกราฟจำเพาะของสารนั้นๆ ซึ่งเป็นวิธีที่มีความแม่นยำสูง แต่มีความยุ่งยากในการเตรียมตัวอย่าง ใช้เวลานานในการวิเคราะห์ และเครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์มีขนาดใหญ่ จึงสามารถทำได้เพียงแคในห้องปฏิบัติการ (วรรณวรงค์, 2555) ส่วนในการตรวจตามภาคสนามนิยมใช้วิธีการตรวจสอบแบบง่าย และมีความรวดเร็วอย่างเช่น จีที (GT-Pesticide Residual test kit) ชุดทดสอบสารพิษตกค้าง (Pesticides Residue Test Kit, PR) ซึ่งวิธีการเหล่านี้จะอาศัยหลักการเปลี่ยนแปลงสีของสาร ซึ่งหากมีสารที่ต้องการตรวจพบจะเกิดสีขึ้น

2.12 ปริมาณการลดลงของสารเคมีตกค้างจากแต่ละวิธีการล้าง

ตารางที่ 2.4 ตารางแสดงผลการลดปริมาณสารเคมีตกค้างจากแต่ละวิธีการล้างของผู้บริโภค

วิธีการล้าง	ร้อยละปริมาณการ ลดลงของสารเคมี ตกค้าง	ข้อจำกัด
การใช้โซเดียมไฮคาร์บอเนต 1 ช้อนโต๊ะกับน้ำ 20 ลิตร แช่นาน 15 นาที	90-95%	ผักอาจดูดซึมโซเดียมไฮคาร์บอเนต และถ้ารับประทานมากเกินไปอาจทำให้ท้องเสีย
การใช้น้ำส้มสายชู ความเข้มข้น 5% ผสมน้ำ อัตราส่วน 1:10 แช่นาน 10-15 นาที แล้วล้าง ออกด้วยน้ำสะอาด	60-84%	ผักอาจดูดคราบเปรี้ยว และ ภาชนะที่ใช้ล้างไม่ควรเป็น พลาสติก
การใช้น้ำส้มสายชูละลายในน้ำ ปริมาณ 20-30 แกลลอน ผสมน้ำ 4 ลิตร แช่นาน 10 นาที แล้วล้าง ออก	35-43%	การใช้น้ำส้มสายชูมากเกินไป เป็นอันตรายต่อระบบทางเดิน อาหารหรือหากสูดดมไอละ หยาบมากก็จะเป็นผลเสียต่อ ระบบหายใจ ถ้ามีการกระเด็น เข้าตาอาจทำให้ตาบอด
การล้างแบบน้ำไหลผ่าน	25-63%	ใช้น้ำปริมาณมาก
วิธีการล้าง	ร้อยละปริมาณการ ลดลงของสารเคมี ตกค้าง	ข้อจำกัด
การล้างโดยเกลือป่น 1 ช้อนโต๊ะ ผสมน้ำ 4 ลิตร แช่นาน 10 นาที	27-38%	อาจมีเกลือและรสเค็มอยู่ในผัก
การต้มหรือลวกด้วยน้ำร้อน	50%	ทำให้เสียคุณค่าทางอาหารไป กับน้ำ
การปลอกเปลือกนอกออกแล้วล้างน้ำสะอาด	27-72%	

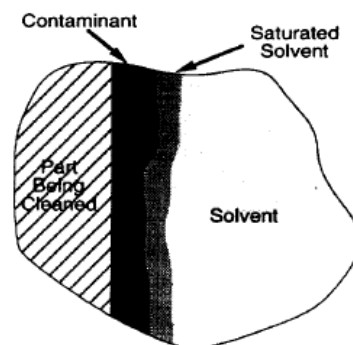
ที่มา : ผู้จัดการออนไลน์ (2017)

2.13 คลื่นเสียงความถี่สูง (Ultrasound)

คลื่นเสียงความถี่สูง คือ คลื่นเสียงที่อยู่นอกเหนือการได้ยินของมนุษย์ ซึ่งอยู่ในช่วง 20-100 กิโลเฮิรตซ์ เทคโนโลยีคลื่นเสียงความถี่สูงนำมาใช้ประโยชน์ได้ในหลายด้านอย่าง เช่น การล้างทำความสะอาดเครื่องมือแพทย์ ในอุตสาหกรรมอาหารนำมาใช้ในการทำให้ตกผลึก ไล่แก๊ส การสกัดสาร เป็นต้น สำหรับการล้างกำจัดสิ่งสกปรกแปลกปลอมออกด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงมีทฤษฎีดังนี้

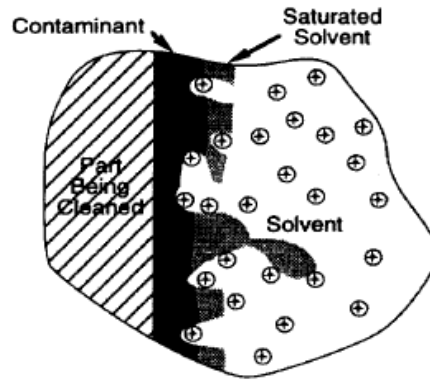
การเกิดปรากฏการณ์ Cavitation ซึ่งเกิดจากคลื่นเสียงความถี่สูงเป็นปรากฏการณ์ที่ทำให้เกิดฟองอากาศขนาดเล็ก และแตกตัวอย่างรุนแรงในของเหลว ซึ่งเกิดจากการสั่นสะเทือนของเครื่องอัลตราโซนิกส์ โดยปรากฏการณ์นี้มักเกิดขึ้นบริเวณรอยต่อของสิ่งเจือปนกับพื้นผิวของวัตถุ โดยฟองอากาศขนาดเล็กจะมีการรวมตัวกันทำให้เกิดฟองอากาศขนาดใหญ่ที่ไม่เสถียร และสุดท้ายจะแตกออกอย่างรุนแรงในช่วงความดันสูง จากนั้นก็จะเกิดฟองอากาศจำนวนเล็กๆขึ้นมาใหม่และแตกตัวอีกครั้งตลอดการกระตุ้นด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง การล้างด้วยเครื่องล้างอัลตราโซนิกส์ การแตกออกของฟองอากาศทำให้เกิดพลังงานกลในรูปไมโครเจ็ทหรือช็อคเวฟ และนอกจากนี้อนุภาคของของเหลวที่คลื่นความถี่สูงจะเกิดการผสมกันทำให้เกิดความร้อน และมีการถ่ายเท กระจายได้ทั่วทุกจุดของของเหลวแม้แต่ในรูเล็กๆ ทำให้สามารถล้างได้ในพื้นที่ซบซบ ของเหลวจะไหลไปพร้อมกับการแตกออกของฟองบนพื้นผิวทำให้สามารถกำจัดสิ่งสกปรกและแบคทีเรียออกได้ จะเห็นได้ว่าเครื่องล้างความถี่สูงสามารถล้างทำความสะอาดวัสดุต่างๆ ที่มีรูปร่างซับซ้อนที่ไม่สามารถล้างออกด้วยมือเปล่าได้ ทำให้การล้างด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงมีประสิทธิภาพอย่างยิ่งต่อการลดปริมาณสาเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างและแบคทีเรีย (Fuchs, 2002)

การล้างด้วยน้ำยาทำความสะอาด สำหรับสิ่งสกปรกที่ละลายน้ำได้ โดยน้ำยาทำความสะอาดจะทำหน้าที่ลดแรงตึงผิว เข้าไปจับกับสิ่งสกปรก เมื่อน้ำยาได้มีการจับสิ่งสกปรกที่สามารถละลายน้ำได้จนอิ่มตัวแล้วจะไม่สามารถจับกับสิ่งสกปรกได้อีกดังภาพที่ 2.6 แต่ถ้ามีการใช้คลื่นเสียงความถี่สูง ฟองอากาศจะแทรกซึมเข้าไปบริเวณสิ่งสกปรก ทำให้น้ำยาทำความสะอาดเข้าไปกำจัดสิ่งสกปรกได้อีกดังภาพที่ 2.7



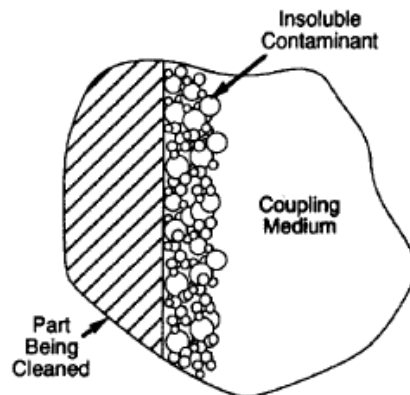
ภาพที่ 2.6 สิ่งสกปรกที่ละลายน้ำได้

ที่มา: (Fuchs, 2002)

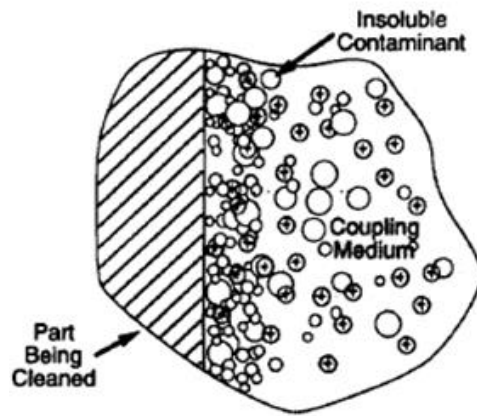


ภาพที่ 2.7 การล้างสิ่งสกปรกที่ละลายน้ำได้ ด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง
 ที่มา (Fuchs, 2002)

สำหรับสิ่งสกปรกที่ไม่สามารถละลายน้ำได้ สิ่งสกปรกจะยึดเกาะกันด้วยแรงยึดเกาะ ดังภาพที่ 2.7 โดยสามารถทำลายได้โดยการทำลายแรงดึงดูดอย่างเพียงพอเมื่อมีการใช้คลื่นเสียงความถี่สูงฟองอากาศจะเข้าแทนที่และจับกับสิ่งสกปรกทำให้สิ่งเหล่านั้นหลุดออกจากผิวตามภาพที่ 2.8



ภาพที่ 2.8 สิ่งสกปรกที่ไม่ละลายในน้ำ
 ที่มา (Fuchs, 2002)



ภาพที่ 2.9 การล้างสิ่งสกปรกที่ไม่ละลายน้ำด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง
ที่มา (Fuchs, 2002)

เครื่องล้างแบบอัลตราโซนิกส์ (Fuchs, 2002) ได้จำแนกอุปกรณ์กำเนิดคลื่นเสียงความถี่สูง ออกเป็น 2 ชนิดได้แก่ เครื่องกำเนิดคลื่นเสียงความถี่สูง ทำหน้าที่เปลี่ยนกระแสไฟฟ้าสลับส่งผ่านเข้า ทรานส์ดิวเซอร์ และทรานส์ดิวเซอร์ จะเป็นตัวกำเนิดคลื่นเสียงความถี่สูง โดยทำหน้าที่เปลี่ยนแปลง พลังงานไฟฟ้าไปเป็นพลังงานกลที่สั่นสะเทือน และส่งผ่านไปยังของเหลวภายในอ่าง

2.14 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

รติกร บัวคำ (2554) ศึกษาการล้างผักชี ผักคะน้า ถั่วฝักยาวและพริกชี้ฟ้าด้วยเครื่องล้างคลื่นเสียง ความถี่สูง เพื่อแก้ไขปัญหาการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ในผัก พบว่าการล้างพบว่าการล้างด้วยเครื่อง เสียงความถี่สูงสามารถลดสารเคมีกำจัดศัตรูพืชและเชื้อจุลินทรีย์ได้ดีกว่าการแช่น้ำ ๕ วินาที ยี่มะยมัย และ พวงแก้ว เตชะภัทร ทำงานวิจัยเรื่องการล้างผักและผลไม้ด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง ทำการทดลองใน พืช 4 ชนิดที่มีสารเคมีตกค้างมาก อย่าง ผักชีไทย ผักคะน้า พริกชี้ฟ้า และองุ่นเขียว ล้างด้วยเครื่องอัลตรา โซนิคส์เพื่อทดสอบสภาวะการล้างที่เหมาะสม พบว่า เครื่องล้างอัลตราโซนิกส์ที่ความถี่ 60 กิโลเฮิร์ตซ์ 140 วัตต์เหมาะสมที่สุด ปริมาณต่อน้ำที่เหมาะสม ของผักชี ผักคะน้า พริกชี้ฟ้า และองุ่นเขียว คือ 160 220 700 และ 600 กรัมต่อน้ำ 2 ลิตร เวลาที่เหมาะสมของผักชีคือ 3 นาที ส่วนผักคะน้า พริกชี้ฟ้า องุ่นเขียว คือ 7 นาที และการทดสอบการล้างร่วมกับสารโซเดียมไฮคาร์บอเนต สามารถกำจัดสารเคมีตกค้างได้ดีที่สุด (MGR online, 2551)

Cao *et.al* (2010) ศึกษาการล้างด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงต่อคุณภาพของสตรอเบอรี่ โดยแยกความถี่เป็นหลายระดับที่ 25 28 40 และ 59 กิโลเฮิร์ตซ์ ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 นาที หลังจากนั้นเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นาน 8 วันพบว่าความถี่ที่ 40 กิโลเฮิร์ตซ์ สามารถรักษาคุณภาพและลดปริมาณจุลินทรีย์ได้มากที่สุด

Zhao *et.al* (2009a) ศึกษาการล้างเห็ด *Thelephoraganbajun* ที่มีสิ่งสกปรกติดแน่นฝังลึกบริเวณรากปริมาณมากซึ่งทำความสะอาดได้ยากด้วยเครื่องล้างอัลตราโซนิกพบว่าปัจจัยที่เหมาะสมที่สุดในการทำทำความสะอาดคือ สารชำระล้างร้อยละ 0.67 อัตราส่วนตัวอย่างต่อน้ำ 1:100 อุณหภูมิ 21.5-25 องศาเซลเซียส เวลาในการล้าง 20 นาที การล้างด้วยเครื่องล้างความถี่สูงมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นร้อยละ 55 เมื่อเทียบจากการล้างปกติ

Zhou *et al.* (2009b) ได้มีการใช้คลื่นความถี่สูงร่วมกับน้ำยาทำความสะอาดต่อกาลดปริมาณ *E.coli* O157:H7 ในผักขม โดยการจุ่มเชื้อลงในตัวอย่าง และทำการล้างด้วยน้ำ คลอรีน โซเดียมคลอไรท์ ชนิดกรด และน้ำอเล็กโทรไลต์ชนิดกรด โดยการล้างแบบใช้เครื่องล้างความถี่สูงและไม่มี พบว่าการล้างด้วยโซเดียมชนิดกรดคลอไรท์ร่วมกับเครื่องล้างความถี่สูงสามารถเชื่อได้สูงสุด 2.2 log มากกว่าการล้างด้วยน้ำ ส่วนน้ำยาฆ่าเชื้อชนิดอื่น ๆ สามารถลดเชื่อได้ที่ประมาณ 1 log การใช้เครื่องล้างความถี่สูงร่วมกับน้ำยาฆ่าเชื้อสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของการลดปริมาณ *E. coli* ในผักขมในทุกวิธีจาก 0.7-1 log และมากกว่าการใช้ยาฆ่าเชื้อเพียงอย่างเดียว

บทที่ 3

เครื่องมือ อุปกรณ์ และวิธีดำเนินการทดลอง

3.1 วัสดุที่ใช้ในงานวิจัย

3.1.1 ข่าสลดปลอดสารพิษคลอไร์ไฟรฟอสปริมาณ 2 กิโลกรัม อายุข่าที่ 4-5 เดือนจากพื้นที่จังหวัด ฉะเชิงเทรา ตัดมาทั้งลำต้นพร้อมดิน โดยได้มีการนำข่าชุดที่จะใช้ในการทดลองดังกล่าว มาทำการตรวจสอบหาสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างโดยวิธีการ GC/MS ก่อนการนำไปใช้ทดลอง

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์หลักสำหรับการวิเคราะห์

- 3.2.1 GC/MS (Trace 1310, Thermouest, USA)
- 3.2.2 เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง (Balance) (Sartorius, Germany)
- 3.2.3 Eppendorf Centrifuge (5702, Eppendorf, Germany)
- 3.2.4 Rotary Evaporator (MD200, China)
- 3.2.5 Grindomix (GM200, Retsch, Germany)
- 3.2.6 ไมโครปิเปตขนาด 10 - 100 ไมโครลิตร (CU54095, BIOHIT Proline, Finland)
- 3.2.7 ไมโครปิเปตขนาด 100 - 1000 ไมโครลิตร (CU54133, BIOHIT Proline, Finland)
- 3.2.8 ไมโครปิเปตขนาด 1000 - 5000 ไมโครลิตร (CU77274, BIOHIT Proline, Finland)
- 3.2.9 ตู้บ่มเชื้อ (Incubator) อุณหภูมิ 37 และ 55 องศาเซลเซียส (Heraeus, Germany)
- 3.2.10 ไมโครเวฟ (Microwave) (Electrolux, China)
- 3.2.11 อ่างควบคุมอุณหภูมิ (Water bath) (Mettler, Germany)
- 3.2.12 หม้อนึ่งฆ่าเชื้อความดันไอน้ำ (Autoclave) (Tommy, Japan)
- 3.2.13 ไมโครปิเปต (Micropipette) ขนาด 1,000 ไมโครลิตร (Gilson, France)
- 3.2.14 เครื่องผสมสาร (Vortex mixer) (Scientific Industries, USA)
- 3.2.15 ห้องเย็น (Chill room) อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส
- 3.2.16 เครื่องตีปั่น (Stomacher) (IUL instruments, Spain)
- 3.2.17 จานเพาะเชื้อพลาสติก (Petri dish) ขนาด 15x100 มิลลิเมตร (Kartell, Italy)
- 3.2.18 ทิป (Tips) ขนาด 1,000 ไมโครลิตร (Gilson, France)
- 3.2.19 ขวดดูแรน (Laboratory bottle) ขนาด 100, 200, 500 และ 1,000 มิลลิเมตร (Duran, Germany)

- 3.2.20 ช้อนสแตนเลส (Stainless spoon)
- 3.2.21 หลอดทดลอง (Test tube) ขนาด 16x150 มิลลิลิตร
- 3.2.22 หลอดทดลอง (Test tube) ขนาด 13x150 มิลลิลิตร
- 3.2.23 บีกเกอร์(Beaker) ขนาด 50, 250, 500 และ 1,000 มิลลิลิตร
- 3.2.24 กระบอกตวง (Beaker) ขนาด 50, 250, 500 และ 1,000 มิลลิลิตร
- 3.2.25 ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask) ขนาด 250 และ 500 มิลลิลิตร
- 3.2.26 ปิเปตแก้ว (Pipettes) ขนาด 5 และ 10 มิลลิลิตร
- 3.2.27 ตะเกียง (Burner)
- 3.2.28 ถ้วยอลูมิเนียม (Aluminum can)
- 3.2.29 ปากคีบ (Forceps)
- 3.2.30 เครื่องวัดสี (Color meter) (CR-400, Konica Minolta, Japan)
- 3.2.31 ตู้อบลมร้อน (Hot air oven) (รุ่น DRYO54, Slimcell, Germany)
- 3.2.32 เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 2 ตำแหน่ง (Balance) (Mettler Toledo, Germany)
- 3.2.33 เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Balance) (Mettler Toledo, Germany)
- 3.2.34 Ultrasonic cleaner (GT Sonic, China)

3.3 สารเคมีและอาหารเลี้ยงเชื้อ

- 3.3.1 Acetic acid (Glacial, Reagent aldehyde Free, J.T.Baker, USA)
- 3.3.2 Acetonitrile (LC-MS, J.T.Baker, USA)
- 3.3.3 Ethyl acetate (Ultra Resi-Analyzed, J.T.Baker, USA)
- 3.3.4 Hexane (95% n-hexane HPLC&UHPLC&Spectrophotometry, J.T.Baker, USA)
- 3.3.5 Methanol (Ultra Resi-Analyzed, J.T.Baker, USA)
- 3.3.6 QuEChERS (Scientific, USA)
- 3.3.7 CRM Code TRM-S-5019 Lot No.250914-4 (NIMT, Thailand)
- 3.3.8 Alcohol 95% (องค์การสุราไทย, ประเทศไทย)
- 3.3.9 Plate Count Agar (PCA) (Difco, USA)
- 3.3.10 Chlopyriphos (Sotus, Thailand)

3.4 วิธีการทดลอง

3.4.1 ศึกษาอัตราส่วนของน้ำที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการล้างโดยใช้เครื่องอัลตราโซนิกส์

นำข่าขนาด 100 กรัม มาคัดเลือกส่วนที่เน่าเสียออกและล้างน้ำเพื่อกำจัดสิ่งสกปรกส่วนเกินออกแยก 1 ชุดสำหรับการแช่ข่าด้วยสารเคมีกำจัดศัตรูพืชคลอร์ไพริฟอสอัตราส่วนความเข้มข้น 12 ppm โดยละลายสารจำนวน 0.18 มิลลิลิตร ในน้ำ 6 ลิตร จากนั้นนำมาผึ่งลมในตู้ดูดควันประมาณ 30 นาที และนำมาล้างด้วยเครื่องล้างแบบอัลตราโซนิกส์ นำข่าปกติที่ทำการล้างน้ำกำจัดสิ่งสกปรกออก และข่าที่ผ่านการแช่สารเคมี นำไปล้างด้วยเครื่องอัลตราโซนิกส์ความถี่ที่ 40 กิโลเฮิรตซ์ อัตราส่วนวัตถุดิบต่อน้ำ 1:10 และ 1:20 และเวลาในการล้าง 10 และ 20 นาที โดยจัดสิ่งทดลองเป็นแบบ 2x2 แฟกทอเรียล และทำการทดลองทั้งหมด 3 ครั้ง เก็บตัวอย่างก่อนล้างและหลังการล้างจากนั้นตรวจสอบปริมาณจุลินทรีย์ที่ตกค้างด้วยวิธีการ FDA-BAM (2002) และตรวจสอบสารเคมีตกค้างด้วยวิธีการ GC-MS 2007.01 (2016)

3.4.2 ศึกษาผลร่วมระหว่างการทำความสะอาดข่าด้วยเครื่องอัลตราโซนิกส์และสารโซเดียมไฮโปคลอไรต์ที่มีผลต่อการลดปริมาณของสารเคมีตกค้างคลอร์ไพริฟอสและเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดในข่า

นำข่าขนาด 100 กรัม มาคัดเลือกส่วนที่เน่าเสียออกและล้างน้ำเพื่อกำจัดสิ่งสกปรกส่วนเกินออกและแยก 1 ชุดสำหรับการแช่ข่าด้วยสารเคมีกำจัดศัตรูพืชคลอร์ไพริฟอส อัตราส่วนความเข้มข้น 12 ppm โดยละลายสารจำนวน 0.18 ml ในน้ำ 6 ลิตร จากนั้นนำมาผึ่งลมในตู้ดูดควันประมาณ 30 นาที และนำมาล้างด้วยเครื่องล้างแบบอัลตราโซนิกส์ นำข่าที่ผ่านการแช่สารเคมี จากนั้นล้างด้วยเครื่องอัลตราโซนิกส์ที่ความถี่ 40 กิโลเฮิรตซ์ อัตราส่วนวัตถุดิบต่อน้ำ และเวลาในการล้างในจากการทดลองการหาสภาวะที่เหมาะสมของเครื่องล้างอัลตราโซนิกส์ ผสมกับโซเดียมไฮโปคลอไรต์ 0.15 กรัม ต่อน้ำ 2 ลิตร (ผู้จัดการออนไลน์, 2017) เก็บตัวอย่างก่อนล้างและหลังการล้างจากนั้นตรวจสอบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดที่ตกค้างด้วยวิธีการ วิธีการ FDA-BAM (2002) และตรวจสอบสารเคมีตกค้างด้วยวิธีการ GC-MS AOAC 2007.01 (2016)

3.4.3 ศึกษาอายุการเก็บรักษาของข่าที่ผ่านกระบวนการล้างด้วยเครื่องอัลตราโซนิกส์ ด้วยกรรมวิธีที่ดีที่สุดจากการทดลองข้างต้น

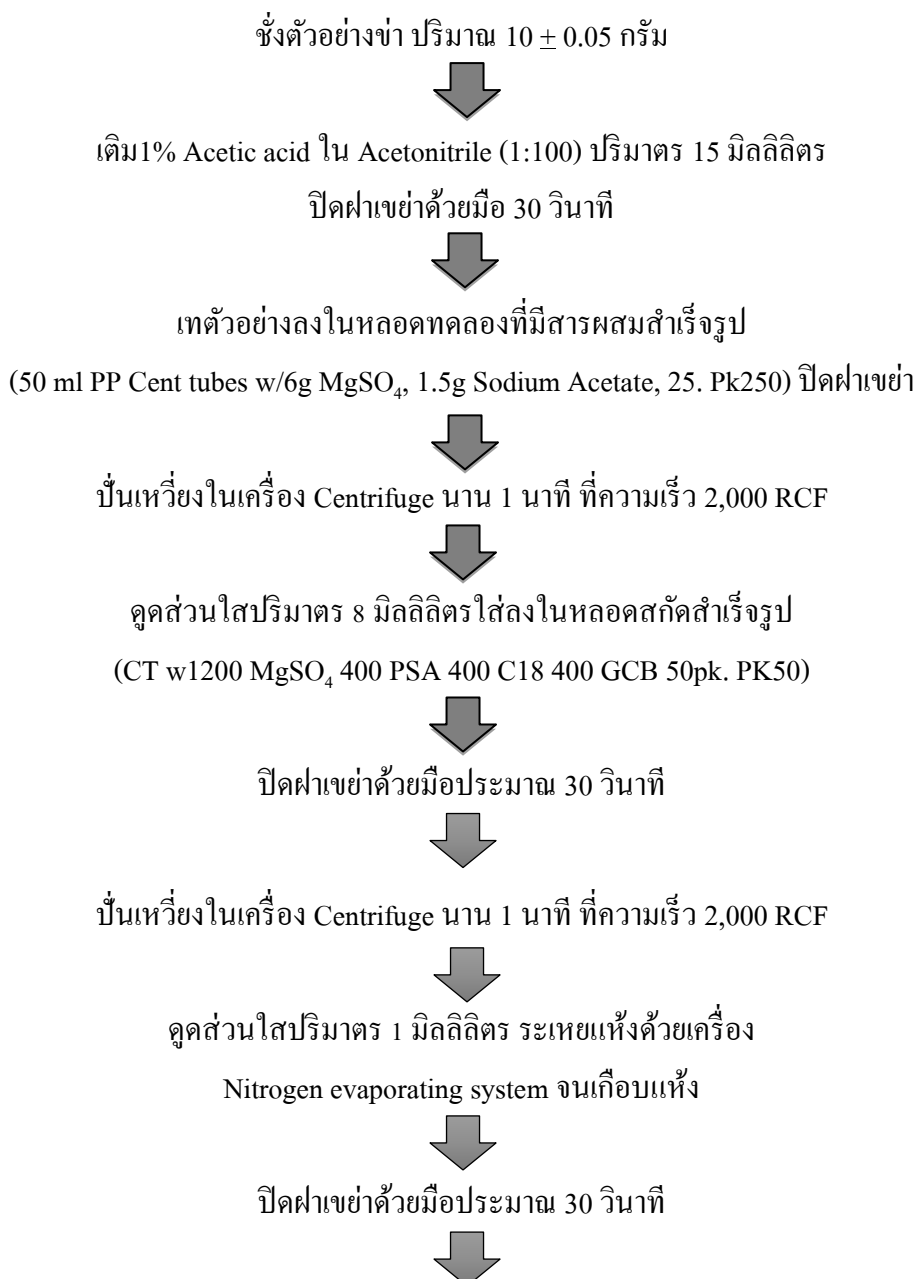
นำข่าขนาด 100 กรัม มาคัดเลือกส่วนที่เน่าเสียออกและล้างน้ำเพื่อกำจัดสิ่งสกปรกออก ล้างข่าด้วยวิธีการล้างแบบน้ำแรงดันฉีดพ่นโดยสายยางแบบเกษตรกรความแรงในการฉีดพ่นที่ 35 บาร์ ข่าที่ล้างด้วยเครื่องอัลตราโซนิกส์ และข่าที่ล้างด้วยเครื่องอัลตราโซนิกส์ร่วมกับสาร โซเดียมไฮโปคลอไรต์

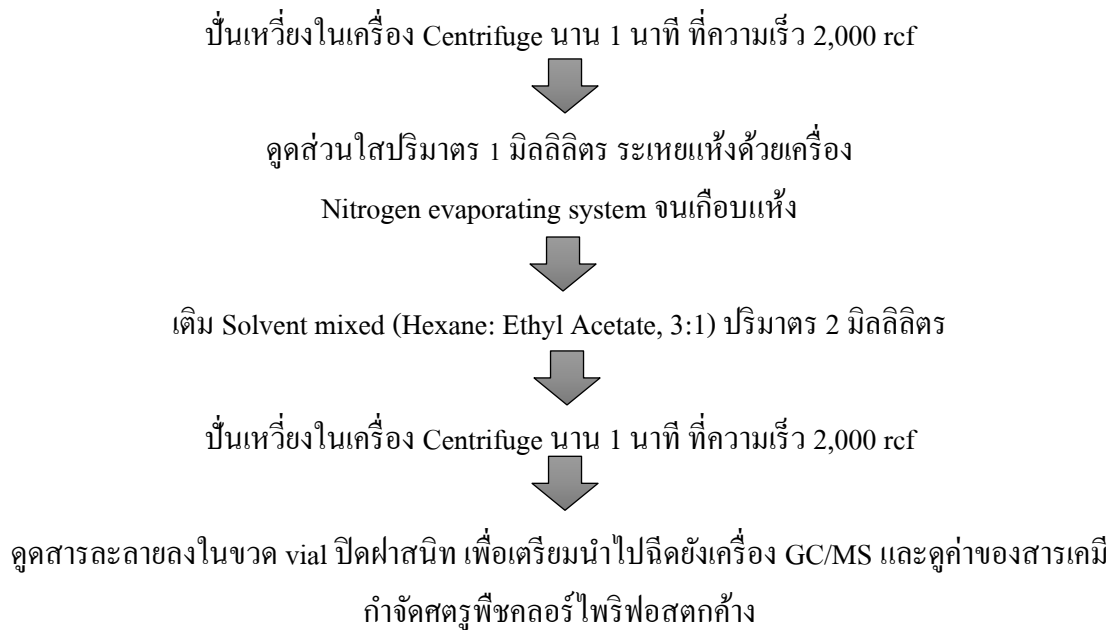
วิธีการเก็บรักษา

เก็บเข้าไว้ในภาชนะบรรจุถุงซิปลพลาสติก HDPE จำนวน 100 กรัม เก็บที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ตุ่มตรวจตัวอย่างวันที่ 1 และ วันที่ 7 ของการเก็บรักษา โดยทำการตรวจสอบสีและความชื้นของเหง้า บันทึกการเปลี่ยนแปลงสีของเหง้า โดยวัดจากค่า L^* , a^* และ b^* คัดแปลงวิธีการมาจากจากศรัณยา ลาก ส่องผล (2550) ที่ส่วนเหง้า 3 ตำแหน่งโดยเป็นตำแหน่งที่ไม่มีรอยตัดของราก และหาค่า % ความชื้นของเหง้าโดยวิธีการ AOAC (2005)

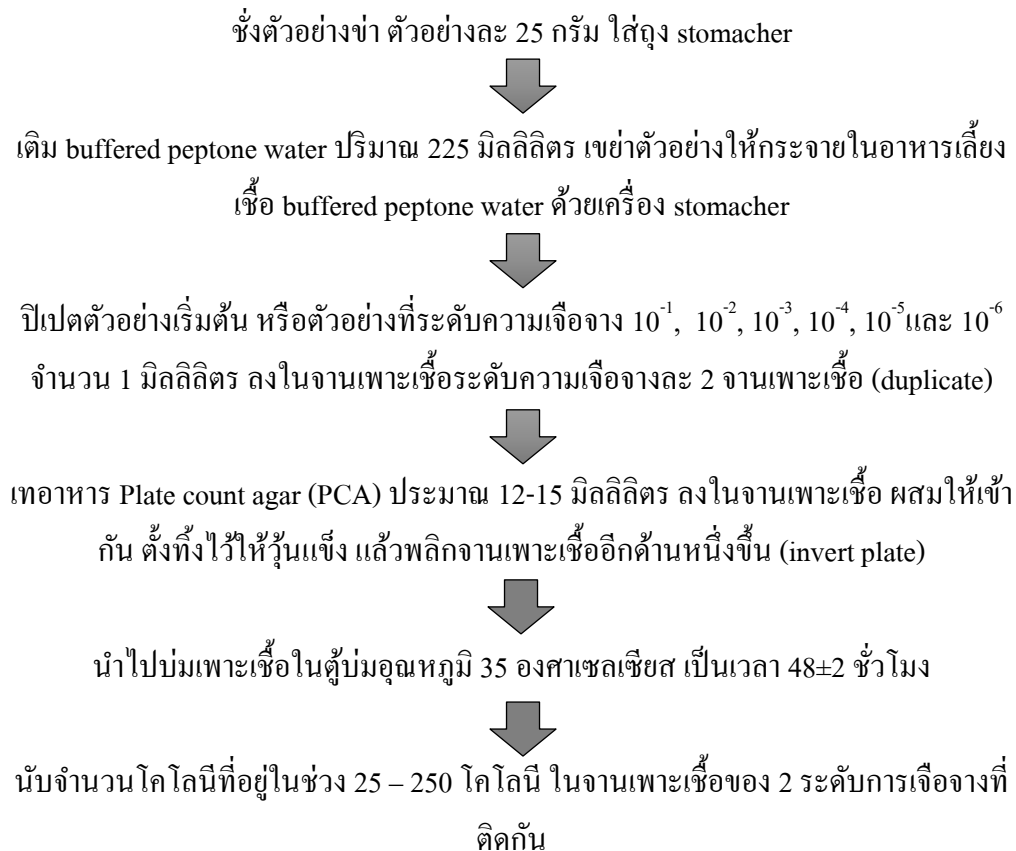
3.5 ขั้นตอนการวิเคราะห์

3.5.1 การตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชคลอไพริฟอสในตัวอย่างข้าว AOAC 2007.01 (2016)





3.5.2 การวิเคราะห์สารจุลินทรีย์หลงเหลือทั้งหมดในข้าว FDA-BAM (2002)



3.5.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์ห่ออายุการเก็บรักษาของข้าว AOAC (2005)

3.5.3.1 การวิเคราะห์ความชื้นในข้าว

อบด้วยอุณหภูมิเนียมที่ตู้อบลมร้อนอุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง



ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น 30 นาที



ชั่งตัวอย่างด้วยเครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง ตัวอย่างน้ำหนักที่ตัวอย่างละ 3 กรัม



อบที่ตู้อบลมร้อนอุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 5 ชั่วโมง



ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น 30 นาที



ชั่งตัวอย่างหลังอบ

การคำนวณหา % ความชื้น

$$MC = \frac{W2-W3}{W2-W1} \times 100 \dots\dots\dots \text{สมการที่ 3.1}$$

เมื่อ MC = ปริมาณความชื้น (ร้อยละ, %)

W1= น้ำหนักถ้วยเปล่า (กรัม)

W2= น้ำหนักถ้วยพร้อมตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)

W3= น้ำหนักถ้วยพร้อมตัวอย่างหลังอบ (กรัม)

3.4.3.2 การวิเคราะห์หีสึกของข้าว (L*, a*, b*) โดยใช้เครื่องวัดสี CR-400

ปรับมาตรฐานเครื่องวัดสีโดยใช้แผ่นสีขาวมาตรฐานในการปรับ



ทำการวัดสีข้าวด้านผิวตัดทั้งหมด 3 ค่า พร้อมหาค่าเฉลี่ย



บันทึกค่าสีที่ได้ได้แก่ค่า

L* ความสว่าง

a* ค่าสีแดงและสีเขียว

b* ค่าสีเหลือง น้ำเงิน

L* หมายถึง ค่าความสว่างมีค่าอยู่ในช่วง0-100

a* หมายถึง ค่าสีแดง และสีเขียว เมื่อ a* มีค่าเป็นบวก คือ สีแดง

เมื่อ a* มีค่าเป็นลบ คือ สีเขียว

b* หมายถึง ค่าสีเหลือง และสีน้ำเงิน เมื่อ b* มีค่าเป็นบวก คือ สีเหลือง

เมื่อ b* มีค่าเป็นลบ คือ สีน้ำเงิน

3.5.4 การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูล

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) โดยทำการทดลองวิธีละ 3 ซ้ำ โดยมีตัวแปรต้นคือวิธีการล้างชาด้วยวิธีการใช้เครื่องอัลตราโซนิกส์ และมีคุณภาพในปริมาณการลดลงของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชคลอร์ไพริฟอส เชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด และทางกายภาพด้านความชื้นและสีเป็นตัวแปรตาม วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS รุ่น 16.0 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธีหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

บทที่ 4

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 ผลของการศึกษาอัตราส่วนของน้ำและเวลาที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการล้างฆ่าโดยเครื่องอัลตราโซนิคส์

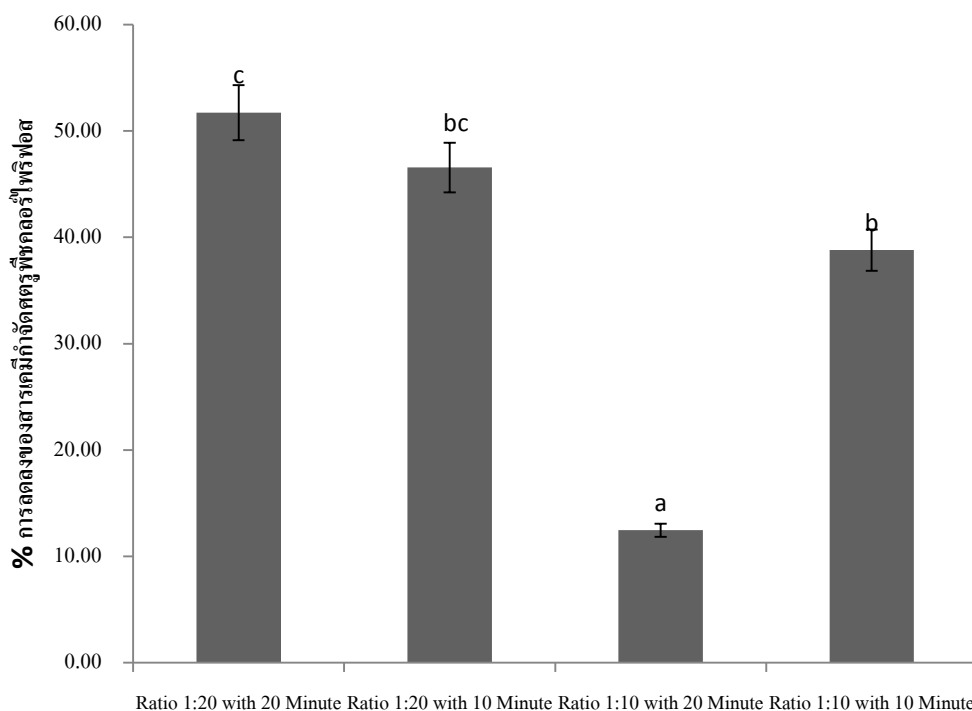
จากปรากฏการณ์ Cavitation ในการทำงานของเครื่องอัลตราโซนิคส์ทำให้เกิดคลื่นความถี่สูงทำให้เกิดฟองจำนวนมากบริเวณพื้นผิวของฆ่า และแตกออกจากพื้นผิว ทำให้สิ่งปนเปื้อนต่างๆถูกขจัดออกมาด้วย ทั้งสิ่งแปลกปลอมในด้านความสะอาด สิ่งแปลกปลอมที่มีอนุภาคขนาดเล็กอย่างเช่นเชื้อจุลินทรีย์ และสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้าง ทำให้ผลของการทดลองปรากฏตามรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1.1 การลดลงของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชคลอร์ไพริฟอสจากฆ่าโดยการล้างด้วยเครื่องอัลตราโซนิคส์

จากการศึกษาเปรียบเทียบการลดลงของสารเคมีด้วยวิธีการล้างด้วยเครื่องอัลตราโซนิคส์ โดยมีการใช้วัตถุค้ำที่ผ่านการทดสอบแล้วว่าไม่มีสารเคมีปนเปื้อนตกค้างโดยการนำฆ่าในชุดที่ใช้ในการทดสอบมาทำการวิเคราะห์โดยวิธีการ GC/MS พบว่าไม่มีสารเคมีตกค้าง โดยการกำหนดปัจจัยในเรื่องของเวลาและอัตราส่วนเป็น 4 วิธี ได้แก่ อัตราส่วนน้ำต่อฆ่า 1:10 และ 1:20 และเวลา 10 และ 20 นาที เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุมที่ได้มีการแช่สารเคมีกำจัดศัตรูพืชคลอร์ไพริฟอส โดยไม่ผ่านวิธีการล้างใดๆ และพิจารณาร้อยละของการลดลงของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชคลอร์ไพริฟอสเปรียบเทียบกันในแต่ละปัจจัย จากผลการทดลองพบว่า ปัจจัยของการล้างฆ่าทั้ง 4 ปัจจัย มีค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) โดยอัตราส่วนและเวลาที่สามารถลดสารเคมีกำจัดศัตรูพืชคลอร์ไพริฟอสได้มากที่สุดคือ อัตราส่วนของฆ่าต่อน้ำ 1:20 ในเวลา 20 นาที โดยสารเคมีกำจัดศัตรูพืชคลอร์ไพริฟอสลดลงจากตัวอย่างควบคุม 51.72 เปอร์เซ็นต์ โดยในตัวอย่างควบคุม มีการตรวจพบสารเคมีตกค้างค่าเฉลี่ยที่ 3.44 ppm และหลังจากวิธีการล้างดังกล่าวพบว่าเคมีตกค้างดังกล่าวลดลงเหลือเพียง 1.66 ppm สารเคมีตกค้างหลงเหลือในการทดลองรองลงมาคืออัตราส่วนของฆ่าต่อน้ำ 1:20 ในเวลา 10 นาที โดยสารเคมีกำจัดศัตรูพืชคลอร์ไพริฟอสลดลงจากตัวอย่างควบคุม 46.57 เปอร์เซ็นต์ ลำดับที่ 3 คือ อัตราส่วนของฆ่าต่อน้ำ 1:10 ในเวลา 10 นาที โดยสารเคมีกำจัดศัตรูพืชคลอร์ไพริฟอสลดลงจากตัวอย่างควบคุม 38.80 เปอร์เซ็นต์ และอัตราส่วนของฆ่าต่อน้ำ 1:10 ในเวลา 20 นาที มีความสามารถในการลดลงของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชคลอร์ไพริฟอสได้น้อยที่สุดจากตัวอย่างควบคุม 12.44 เปอร์เซ็นต์

อย่างไรก็ตามจากผลการทดลองเมื่อมีการล้างฆ่าเป็นเวลานานด้วยอัตราส่วนของฆ่าต่อน้ำ 1:10 ในเวลา 20 นาที มีการลดลงของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชคลอร์ไพริฟอสน้อยกว่าการล้างด้วยอัตราส่วนของฆ่าต่อน้ำ 1:10 ในเวลา 10 นาที เนื่องจากสารเคมีกำจัดศัตรูพืชคลอร์ไพริฟอสยากต่อการสลายตัว เมื่อสารเคมีกำจัดศัตรูพืชคลอร์ไพริฟอสถูกกำจัดออกจากพื้นผิวของฆ่า จะยังคงตัวอยู่ในน้ำที่ใช้ล้างในเครื่อง

อัลตราโซนิกส์ และเมื่อไม่มีการถ่ายเทของน้ำจะทำให้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชคลอโรไพริฟอสสะสมตัวมากขึ้น และเมื่อขำถูกล้างในเวลานานจะให้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชคลอโรไพริฟอสในน้ำถูกดูดซึมกลับเข้าไปในขำ ผลจากการทดลองเป็นไปตามภาพที่ 4.1 ปัจจัยในการใช้อัตราส่วนของขำต่อน้ำที่ 1:20 เวลา 10 นาที และการใช้อัตราส่วนของขำต่อน้ำ 1:10 เวลา 10 นาที ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) และในสภาวะปัจจัยที่อัตราส่วนขำต่อน้ำที่ 1:20 เวลา 20 นาที ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) 1:20 เวลา 10 นาที



ภาพที่ 4.1 ผลของการเปรียบเทียบร้อยละการลดลงของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชคลอโรไพริฟอส

Ratio 1:20 with 20 minute คือ อัตราส่วนขำ 100 กรัม ต่อน้ำ 2 ลิตร และเวลาในการล้าง 20 นาที

Ratio 1:10 with 20 minute คือ อัตราส่วนขำ 100 กรัม ต่อน้ำ 1 ลิตร และเวลาในการล้าง 20 นาที

Ratio 1:20 with 10 minute คือ อัตราส่วนขำ 100 กรัม ต่อน้ำ 2 ลิตร และเวลาในการล้าง 10 นาที

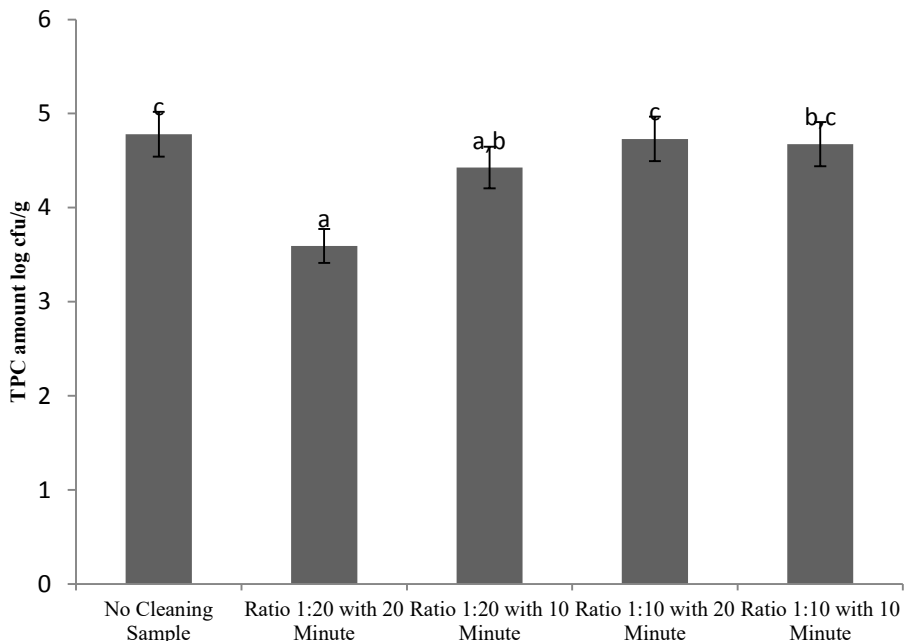
Ratio 1:10 with 10 minute คือ อัตราส่วนขำ 100 กรัม ต่อน้ำ 1 ลิตร และเวลาในการล้าง 10 นาที

^{a-c} หมายถึงค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวตั้งที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

4.1.2 ปริมาณหลงเหลือของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดจากขำโดยการล้างด้วยเครื่องอัลตราโซนิกส์

เปรียบเทียบการลดลงของเชื้อจุลินทรีย์ด้วยวิธีการล้างด้วยเครื่องอัลตราโซนิกส์ โดยการกำหนดจากการศึกษาปัจจัยในเรื่องของเวลาและอัตราส่วน เป็น 4 วิธี ได้แก่ อัตราส่วนน้ำต่อขำ 1:10 และ 1:20 และเวลา 10 และ 20 นาที เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุมพบว่าเชื้อจุลินทรีย์รวมทั้งหมดลดลงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) โดยวิธีการที่ทำให้ปริมาณหลงเหลือของเชื้อจุลินทรีย์รวมทั้งหมดน้อยที่สุด

คือ อัตราส่วนฆ่าต่อน้ำที่ 1:20 ล้างด้วยเวลา 20 นาที โดยเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดสามารถลดลงจากตัวอย่างควบคุมถึง 1.19 Log cycle คือจากตัวอย่างควบคุมที่ตรวจพบปริมาณ 6.03×10^4 CFU/g และหลังจากการล้างด้วยอัตราส่วนและเวลาดังกล่าวสามารถลดปริมาณลงที่ 3.92×10^3 CFU/g อัตราส่วนฆ่าต่อน้ำและเวลาในการล้างรองลงมาที่ปริมาณหลงเหลือของจุลินทรีย์ทั้งหมดได้คือ 1:20 เวลา 10 นาที ลำดับที่ 3 คืออัตราส่วนฆ่าต่อน้ำและเวลา 1:20 เวลา 20 นาที และลำดับสุดท้ายคือ 1:10 เวลา 10 นาทีจากการทดลองดังกล่าวพบว่าจุลินทรีย์สามารถถูกดูดซึมกลับเข้าไปในฆ่าเมื่อทำการล้างฆ่าเป็นเวลานานด้วยอัตราส่วนของน้ำที่ไม่มากเพียงพอจากภาพแสดงที่ 4.2 ปัจจัยในการใช้อัตราส่วนของฆ่าต่อน้ำที่ 1:20 เวลา 10 นาที และการใช้อัตราส่วนของฆ่าต่อน้ำ 1:20 เวลา 20 นาที ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ผลปริมาณการหลงเหลือของจุลินทรีย์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ถึงแม้ว่าการตรวจพบของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดในฆ่าชุดควบคุมจะไม่เกินกว่ามาตรฐานที่ประกาศจากกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กำหนดคือน้อยกว่า 1×10^6 แต่วิธีการล้างด้วยเครื่องอัลตราโซนิคก็สามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดตั้งต้นได้น้อยกว่าที่กำหนดถึงปริมาณถึง 2.41 Log cycle



ภาพที่ 4.2 ปริมาณหลงเหลือของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดจากการล้างด้วยปัจจัยต่างๆ

Ratio 1:20 with 20 minute คือ อัตราส่วนฆ่า 100 กรัม ต่อน้ำ 2 ลิตร และเวลาในการล้าง 20 นาที

Ratio 1:10 with 20 minute คือ อัตราส่วนฆ่า 100 กรัม ต่อน้ำ 1 ลิตร และเวลาในการล้าง 20 นาที

Ratio 1:20 with 10 minute คือ อัตราส่วนฆ่า 100 กรัม ต่อน้ำ 2 ลิตร และเวลาในการล้าง 10 นาที

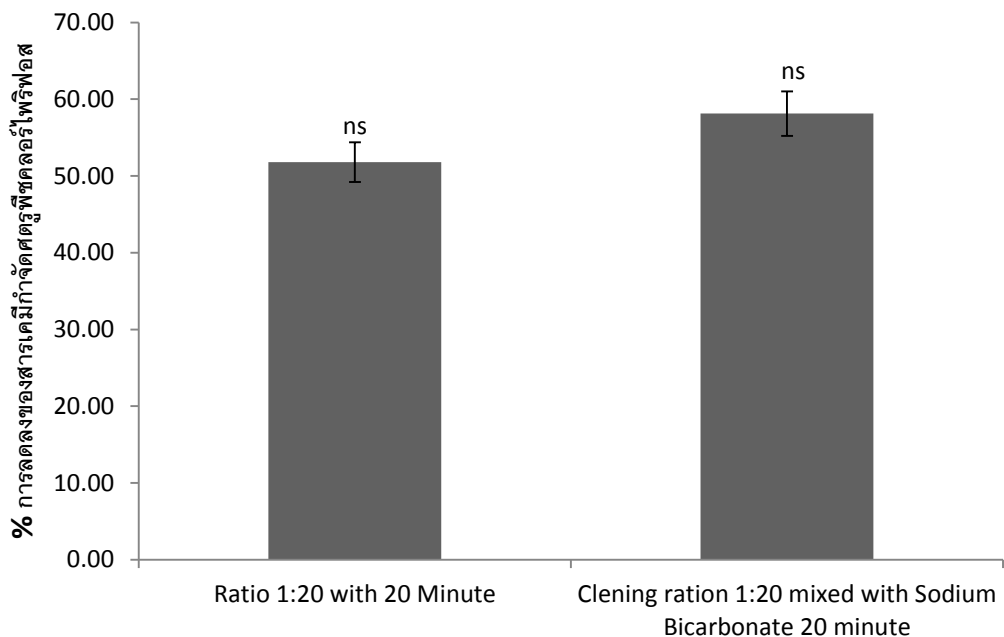
Ratio 1:10 with 10 minute คือ อัตราส่วนฆ่า 100 กรัม ต่อน้ำ 1 ลิตร และเวลาในการล้าง 10 นาที

หมายเหตุ: ^{a-c} หมายถึงค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวตั้งที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

4.2 ผลรวมของการทำความสะอาดฆ่าด้วยโซเดียมไบคาร์บอเนตกับอัตราส่วนของน้ำด้วยเครื่องอัลตราโซนิกส์

4.2.1 การลดลงของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชคลอร์ไพริฟอสจากฆ่าโดยการล้างด้วยน้ำผสมกับโซเดียมไบคาร์บอเนต และล้างด้วยเครื่องอัลตราโซนิกส์

จากการศึกษาผลร่วมของการล้างฆ่าด้วยเครื่องอัลตราโซนิกส์กับการใช้โซเดียมไบคาร์บอเนต 15 กรัม ผสมกับน้ำในอัตราส่วนฆ่าต่อน้ำ 1:20 ล้างด้วยเวลา 20 นาทีพบว่าสารเคมีกำจัดศัตรูพืชคลอร์ไพริฟอสลดลงจากตัวอย่างควบคุม 58.45% โดยมากกว่าการลดลงของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชคลอร์ไพริฟอสที่ใช้เพียงวิธีการล้างด้วยน้ำธรรมดาที่ลดลงเพียง 51.72% ซึ่งจากการวิเคราะห์ทางสถิติแล้ว พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ $P > 0.05$ โดยผลการล้างเป็นไปตามกราฟรูปภาพด้านล่าง เนื่องจากเครื่องอัลตราโซนิกส์เมื่อทำการล้างในเวลาที่เพิ่มมากขึ้น จะทำให้เกิดความร้อนในเครื่องและทำน้ำที่ใช้ในการล้างมีอุณหภูมิสูงขึ้น ดังนั้นในการที่มีการเติมสารโซเดียมไบคาร์บอเนตลงไปในน้ำที่ใช้ล้าง เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ทำให้เกิดการสลายของโซเดียมไบคาร์บอเนต จึงทำให้ผลของของการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \geq 0.05$) ทางด้านการลดลงของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชคลอร์ไพริฟอสในฆ่า โดยเมื่อทำการเปรียบเทียบกับวิธีการล้างที่ได้มีการแนะนำการล้าง (ผู้จัดการออนไลน์, 2017) พบว่าความสามารถในการล้างผักด้วยโซเดียมไบคาร์บอเนต มีความสามารถปริมาณสารเคมีตกค้างได้ถึง 90-95 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีผลสรุปมากกว่าการทดลองล้างฆ่าด้วยเครื่องอัลตราโซนิกส์ผสมโซเดียมไบคาร์บอเนต แต่เนื่องจากการทดลองดังกล่าวเป็นเพียงการทดลองของผักพืชในพืชใบชนิดต่างๆ จึงอาจทำให้ผลการทดลองในฆ่าแตกต่างไปจากผลกาทดลองในพืชใบ



ภาพที่ 4.3 ผลจากการเปรียบเทียบ % การลดลงของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชคลอร์ไพริฟอสด้วยวิธีการล้างด้วยน้ำ และวิธีการล้างด้วยน้ำผสมกับโซเดียมไบคาร์บอเนต

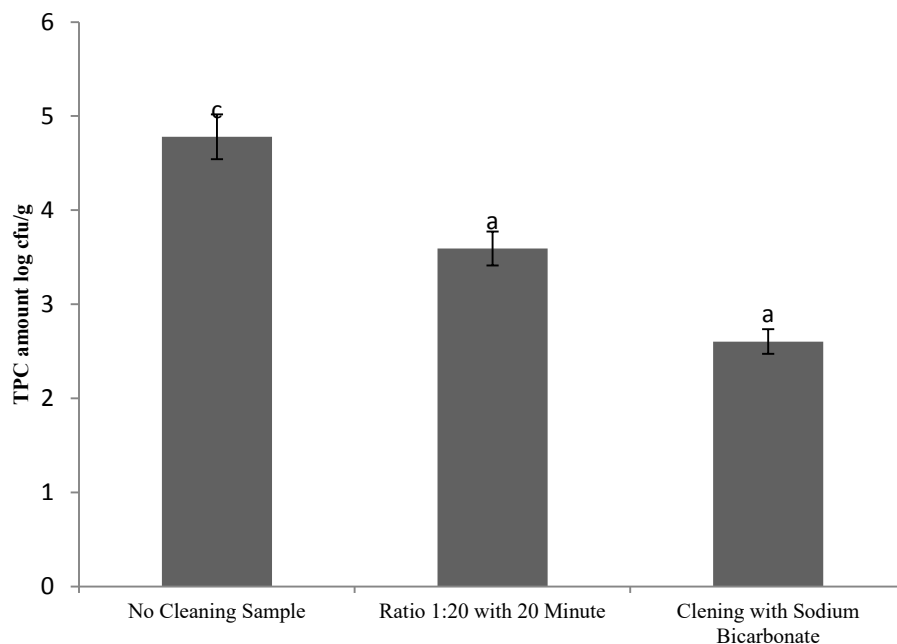
Ratio 1:20 with 20 minute คือ อัตราส่วนน้ำ 100 กรัม ต่อน้ำ 2 ลิตร และเวลาในการล้าง 20 นาที

Ratio 1:20 with Sodium Bicarbonate 20 minute คือ อัตราส่วนน้ำ 100 กรัม ต่อน้ำ 20 ลิตร โดยการผสม โซเดียมไบคาร์บอเนตจำนวน 1.5 กรัม และเวลาในการล้าง 20 นาที

หมายเหตุ^{ns} หมายถึงค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

4.2.2 ปริมาณการหลงเหลือของเชื้อจุลินทรีย์จากขาโดยการล้างด้วยน้ำผสมกับโซเดียมไบคาร์บอเนต และล้างด้วยเครื่องอัลตราโซนิคส์

จากการศึกษาผลร่วมของการล้างขาด้วยเครื่องอัลตราโซนิคส์กับการใช้โซเดียมไบคาร์บอเนต พบว่า ปริมาณการหลงเหลือจุลินทรีย์ทั้งเปรียบเทียบจากตัวอย่างควบคุมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยการล้างด้วยวิธีการร่วมกับการใช้สาร โซเดียมไบคาร์บอเนตทำให้ปริมาณปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ลดลงเท่ากับ 2 Log cycle คือจากตัวอย่างควบคุมที่ตรวจพบปริมาณ 6.03×10^4 CFU/g และหลังจากการล้างด้วยเครื่องอัลตราโซนิคส์ร่วมกับการใช้โซเดียมไบคาร์บอเนต สามารถลดปริมาณลงที่ 4.02×10^2 CFU/g เมื่อทำการเปรียบเทียบการล้างขาด้วยเครื่องอัลตราโซนิคส์กับการใช้โซเดียมไบคาร์บอเนตกับการล้างขาเพียงแค่น้ำพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) รายละเอียดเป็นไปตามข้อมูลภาพที่ 4.4 เนื่องจากเครื่องอัลตราโซนิคส์เมื่อทำการล้างในเวลาที่ยาวนานขึ้นจะทำให้เกิดความร้อนในเครื่อง และทำน้ำที่ใช้ในการล้างมีอุณหภูมิสูงขึ้น ดังนั้น ในการที่มีการเติมสาร โซเดียมไบคาร์บอเนตลงไป ในน้ำที่ใช้ล้าง เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ทำให้เกิดการสลายของโซเดียมไบคาร์บอเนต จึงทำให้ผลของการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางด้านจุลินทรีย์ทั้งหมดที่หลงเหลือในวัตถุขา



ภาพที่ 4.4 ปริมาณหลงเหลือของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดด้วยวิธีการล้างด้วยน้ำ และวิธีการล้างด้วยน้ำผสมกับโซเดียมไบคาร์บอเนต

Ratio 1:20 with 20 minute คือ อัตราส่วนข่า 100 กรัม ต่อน้ำ 2 ลิตร และเวลาในการล้าง 20 นาที

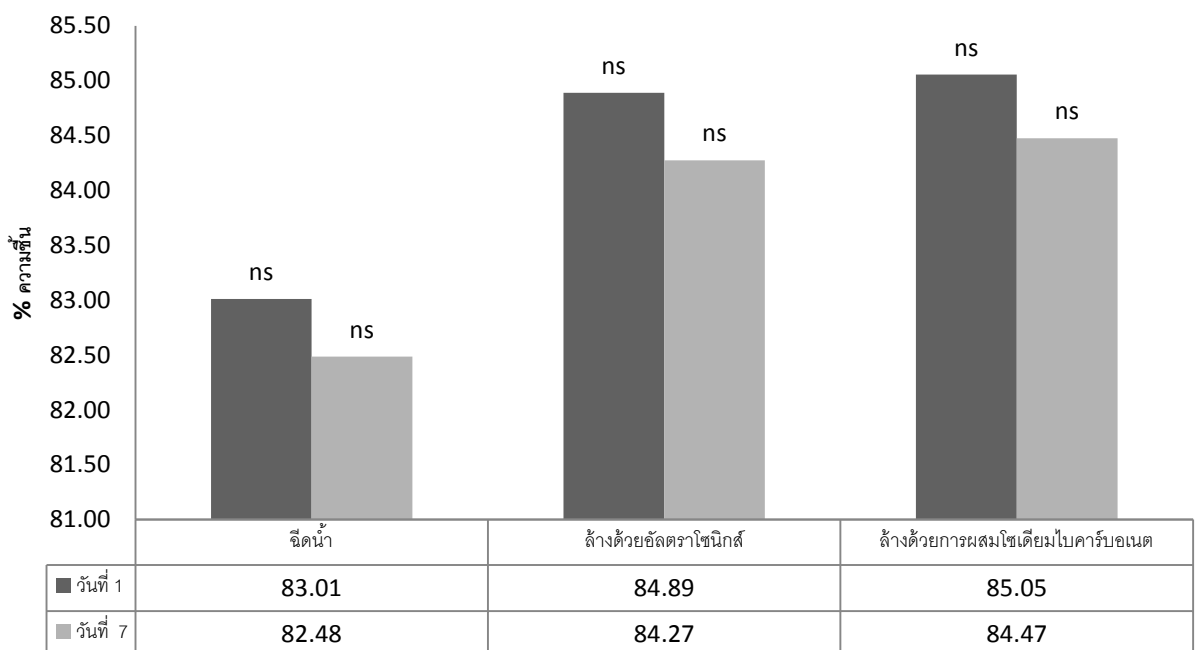
Ratio 1:20 with Sodium Bicarbonate 20 minute คือ อัตราส่วนข่า 100 กรัม ต่อน้ำ 20 ลิตร โดยการผสม โซเดียมไบคาร์บอเนตจำนวน 1.5 กรัม และเวลาในการล้าง 20 นาที

หมายเหตุ ^{a-c} หมายถึงค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

4.3 การศึกษาอายุการเก็บรักษาของข่าที่ผ่านกระบวนการล้างด้วยเครื่องอัลตราโซนิกส์ด้วยกรรมวิธีที่ดีที่สุดจากการทดลองข้างต้น

4.3.1 การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความชื้นจากการเก็บรักษาข่า

นำข่าที่ได้ปริมาณ 100 กรัม มาทำการล้างด้วยวิธีการล้างที่แตกต่างกัน 3 วิธีคือ ล้างด้วยวิธีการล้างด้วยการฉีดพ่น ล้างด้วยการใช้เครื่องอัลตราโซนิกส์ในปริมาณน้ำ 2 ลิตร ต่อข่า 100 กรัม เวลา 20 นาที และล้างด้วยการใช้เครื่องอัลตราโซนิกส์ปริมาณน้ำ 2 ลิตร ต่อข่า 100 กรัม ผสมน้ำด้วยโซเดียมไบคาร์บอเนตจำนวน 0.15 กรัม หลังจากนั้นตัดชิ้นส่วนข่าเพื่อนำมาหา % ความชื้น จากการล้างในวันที่ 1 และวันที่ 7 โดยจากผลการทดลองพบว่า เปอร์เซ็นต์ความชื้นของข่าของการล้างจากทั้ง 3 วิธีการล้างมีเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) เนื่องจากข่าเป็นพืชที่ลักษณะความแข็งมากกว่าสินค้าทางการเกษตรชนิดอื่นๆ เมื่อถูกล้างด้วยการฉีดพ่นน้ำแบบเกษตรกรรมไม่สามารถทำให้ข่ามีความชื้นน้ำมากเท่ากับพืชใบอื่นๆ ดังนั้น จึงไม่ทำให้ลักษณะของข่าเสื่อมสภาพจากการล้างแบบฉีดพ่นน้ำด้วยความแรงสูงทำให้ผลของการเสื่อมสภาพของเปอร์เซ็นต์ของความชื้นจึงไม่แตกต่างกันจากการล้างโดยวิธีการล้างด้วยเครื่องอัลตราโซนิกส์ รายละเอียดเป็นไปตามภาพที่ 4.5



ภาพที่ 4.5 แสดงถึงค่า % ความชื้นจากการล้าง โดย 3 วิธีที่แตกต่างกัน

ns หมายถึง ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

4.3.2 การเปรียบเทียบคุณลักษณะทางด้านสี

นำข่าที่ได้ปริมาณ 100 กรัม มาทำการล้างด้วยวิธีการล้างที่แตกต่างกัน 3 วิธีคือ ล้างด้วยวิธีการล้างด้วยการฉีดพ่น ล้างด้วยการใช้เครื่องอัลตราโซนิกส์ในปริมาณน้ำ 2 ลิตร ต่อข่า 100 กรัม เวลา 20 นาที และล้างด้วยการใช้เครื่องอัลตราโซนิกส์ปริมาณน้ำ 2 ลิตร ต่อข่า 100 กรัม ผสมน้ำด้วยโซเดียมไบคาร์บอเนตจำนวน 0.15 กรัม หลังจากนั้นตัดชิ้นส่วนข่าเพื่อนำมาวัดค่าสี L^* , a^* และ b^* จากการล้างในวันที่ 1 โดยจากผลการทดลองพบว่าค่าสีของข่าของการล้างจากทั้ง 3 วิธีการล้างมีค่าที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ผลการทดลองเป็นไปตามข้อมูลในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าสีของวิธีการล้างทั้ง 3 วิธีในวันที่ 1

วิธีการล้าง	สี		
	วันที่ 1		
	L^* (ns)	a^* (ns)	b^* (ns)
ฉีดน้ำ	69.592±3.00	1.40±1.36	18.47±3.09
ล้างด้วยอัลตราโซนิกส์	68.60±3.92	1.72±1.33	18.76±1.99
ล้างด้วยการผสมโซเดียมไบคาร์บอเนต	68.47±2.71	2.29±0.78	18.31±2.79

หมายเหตุ: แสดงค่าเฉลี่ย± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ns หมายถึงไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)



ภาพที่ 4.6 ลักษณะสีของข่าที่ทำการล้างด้วยวิธีการต่างๆในวันที่ 1

หมายเหตุ :เรียงลำดับการล้างจากทางด้านซ้ายไปขวา

ล้างด้วยวิธีการฉีดน้ำ

ล้างด้วยอัลตราโซนิกส์

ล้างด้วยการผสมโซเดียมไบคาร์บอเนต

เมื่อทำการเก็บตัวอย่างในวันที่ 7 เพื่อทำการตรวจสอบสีของตัวอย่างพบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) เช่นเดียวกับการตรวจสอบสีในวันที่ 1 เนื่องจากข่าเป็นพืชที่มีลักษณะความแข็งมากกว่าสินค้าทางการเกษตรชนิดอื่นๆ เมื่อถูกล้างด้วยการฉีดพ่นน้ำแบบเกษตรกร ไม่สามารถทำให้ข่ามีความชุ่มน้ำมากเท่ากับพืชใบอื่นๆ ดังนั้นจึงไม่ทำให้ลักษณะของข่าเสื่อมสภาพจากการล้างแบบฉีดพ่นน้ำด้วยความแรงสูง ทำให้ผลของการเสื่อมสภาพของ % ความชื้นไม่แตกต่างกัน จากการล้างโดยวิธีการล้างด้วยเครื่องอัลตราโซนิกส์ รายละเอียดเป็นไปตามตารางที่ 4.1 และ ตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าสีของวิธีการล้างทั้ง 3 วิธีในวันที่ 7

วิธีการล้าง	สี		
	วันที่ 7		
	L (ns)	a* (ns)	b* (ns)
ฉีดน้ำ	71.63±4.73	2.97±1.85	19.86±2.92
ล้างด้วยอัลตราโซนิกส์	71.43±7.29	3.25±3.47	20.84±2.40
ล้างด้วยการผสมโซเดียมไบคาร์บอเนต	71.53±3.52	3.10±1.32	19.17±1.34

หมายเหตุ: แสดงค่าเฉลี่ย± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ns หมายถึงไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)



ภาพที่ 4.7 ลักษณะสีของข่าที่ทำการล้างด้วยวิธีการต่างๆในวันที่ 7

หมายเหตุ: เรียงลำดับการล้างจากทางด้านซ้ายไปขวา

ล้างด้วยวิธีการฉีดน้ำ

ล้างด้วยอัลตราโซนิกส์

ล้างด้วยการผสมโซเดียมไบคาร์บอเนต

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองการใช้เครื่องอัลตราโซนิกส์สำหรับการล้างขา โดยการเปรียบเทียบปัจจัยในเรื่องของเวลาและอัตราส่วนในการล้างที่อัตราส่วนขาค่อน้ำ 1:10 และ 1:20 และเวลา 10 นาที และ 20 นาที พบว่า อัตราส่วนและเวลาที่ดียิ่งที่สุด ที่สามารถลดปริมาณสารเคมีตกค้างและเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดได้ คือ อัตราส่วนขาค่อน้ำ 1:20 เวลา 20 นาที จากการทดลองจะเห็นได้ว่าการใช้อัตราส่วนของน้ำต่อการล้าง และเวลาเป็นเวลานานจะทำให้ปริมาณสารเคมีตกค้างและเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดลดลงได้มากยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตาม จากการทดลองเปรียบเทียบเวลาและอัตราส่วนทั้ง 4 วิธี วิธีที่ดีที่สุด คือ อัตราส่วน 1:20 เวลา 20 นาที รองลงมาคือ อัตราส่วน 1:20 เวลา 10 นาที ลำดับที่ 3 คือ อัตราส่วน 1:10 เวลา 10 นาที โดยจากผลของการคำนวณทางสถิติ ผลของการลดลงของการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชคลอร์ไพริฟอส พบว่า ปัจจัยในการใช้อัตราส่วนของขาค่อน้ำที่ 1:20 เวลา 10 นาที และการใช้อัตราส่วนของขาค่อน้ำ 1:10 เวลา 10 นาที ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) และในสภาวะปัจจัยที่อัตราส่วนขาค่อน้ำที่ 1:20 เวลา 20 นาที ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) 1:20 เวลา 10 นาที ดังนั้น ผู้ใช้งานการล้างด้วยเครื่องอัลตราโซนิกส์ สามารถเลือกใช้งานโดยการลดเวลาในการล้างลง แต่ต้องทำการเพิ่มปริมาณอัตราส่วนการล้าง หรือจะทำการเพิ่มเวลาในการล้างแต่ลดปริมาณการใช้น้ำลง ส่วนผลทางสถิติของปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดหลงเหลือปัจจัยในการใช้อัตราส่วนของขาค่อน้ำที่ 1:20 เวลา 10 นาที และการใช้อัตราส่วนของขาค่อน้ำ 1:20 เวลา 20 นาที ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ดังนั้น ทางผู้ใช้งานสามารถเลือกใช้เวลานที่น้อยลง เพื่อประหยัดเวลาในการล้างที่อัตราส่วน 1:20 เวลา 10 นาที ในส่วนของวิธีที่สามารถลดปริมาณสารเคมีและเชื้อจุลินทรีย์ลงได้น้อยที่สุดคือ อัตราส่วน 1:10 เวลา 20 นาทีที่จะเห็นได้ว่า ถึงแม้จะมีการใช้เวลาในการล้างเป็นระยะเวลาที่นาน แต่มีอัตราส่วนขาค่อน้ำที่น้อย ก็ไม่สามารถล้างได้ดีกว่าการใช้อัตราส่วนที่เท่ากันในระยะเวลาที่น้อยกว่า เนื่องจากสารเคมีกำจัดศัตรูพืชคลอร์ไพริฟอส มีความสามารถในการสลายตัวได้ต่ำ ดังนั้นเมื่อทำการล้างเป็นเวลานาน โดยสภาพน้ำเดิม ที่ไม่ได้มีการถ่ายเทของน้ำจะทำให้สารเคมีอยู่ในน้ำในปริมาณที่มาก และเมื่อล้างในเวลาที่นานขึ้น ก็จะทำให้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชนั้นดูดซึมกลับเข้าที่ข่าได้เช่นเดิม และในส่วนของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดก็เช่นเดียวกัน เมื่อล้างในอัตราส่วนของน้ำที่น้อย เป็นเวลานาน ก็จะทำให้เชื้อจุลินทรีย์สะสมอยู่ในน้ำและถูกดูดซึมกลับเข้ามาที่ข่า เป็นไปตามคำแนะนำของ Hulland, 1980 ที่ระบุว่า ไม่ควรนำน้ำที่ใช้งานการล้างผักและผลไม้กลับมาใช้หมุนเวียนใหม่เนื่องจากจะทำให้มีการสะสมของจำนวนจุลินทรีย์เพิ่มมากขึ้น และจะเป็นการเพิ่มการปนเปื้อนให้กับวัตถุดิบ

สำหรับในขั้นตอนการใช้โซเดียมไฮโปคลอไรต์ผสมน้ำและทำการล้างด้วยเครื่องอัลตราโซนิกส์พบว่าสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการล้างข่าได้ดียิ่งขึ้น สามารถลดปริมาณสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างและเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดได้มากกว่าวิธีการล้างด้วยเครื่องอัลตราโซนิกส์เพียงอย่างเดียว แต่จากการทดลองพบว่าความสามารถในการลดลงของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้าง ยังไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ซึ่งจะแตกต่างจากการลดลงของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดที่สามารถลดลงได้ถึงปริมาณ 2 Log cycle และแตกต่างจากการล้างด้วยเครื่องอัลตราโซนิกส์เพียงอย่างเดียวอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ในส่วนของการทดลองเรื่องของอายุการเก็บรักษา คุณภาพของข่าจากการล้างด้วยวิธีทั้งหมด 3 วิธี ได้แก่ การล้างแบบฉีดพ่นน้ำแบบเกษตรกร การล้างด้วยเครื่องอัลตราโซนิกส์เพียงอย่างเดียว และการล้างด้วยการผสมโซเดียมไฮโปคลอไรต์กับน้ำ และล้างด้วยเครื่องอัลตราโซนิกส์ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันในเรื่องของคุณภาพข่าทางด้าน % ความชื้นและค่าของสี L, a* และ b* ทั้งจากการเก็บข้อมูลในวันที่ 1 และวันหมดอายุในวันที่ 7 พบว่าไม่มีความแตกต่างกันในเรื่องของคุณภาพจากวิธีการล้างทั้ง 3 วิธี เนื่องจากข่าเป็นพืชที่มีลักษณะความแข็งมากกว่าสินค้าทางการเกษตรชนิดอื่นๆ เมื่อถูกล้างด้วยการฉีดพ่นน้ำแบบเกษตรกรไม่สามารถทำให้ข่ามีความชุ่มน้ำมากเท่ากับพืชใบชนิดอื่นๆ ดังนั้น จึงไม่ทำให้ลักษณะของข่าเสื่อมสภาพจากการล้างแบบฉีดพ่นน้ำด้วยความแรงสูง และไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพทางด้านกายภาพทางด้าน % ความชื้น และสี

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการทดลองจะเห็นได้ว่า เครื่องอัลตราโซนิกส์มีประโยชน์ต่อผู้บริโภค เพราะสามารถใช้ล้างผักผลไม้ก่อนการรับประทานได้มีประสิทธิภาพมากกว่าวิธีการล้างแบบปกติ โดยการล้างด้วยเครื่องอัลตราโซนิกส์จะสามารถกำจัดได้ทั้งสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้าง และเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด และเป็นการลดปริมาณน้ำจากการล้างโดยวิธีการใช้น้ำไหลผ่านอีกด้วย ในส่วนของการทดลองที่มีการเติมโซเดียมไฮโปคลอไรต์เข้าไป ทำให้การล้างของเครื่องมีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น แต่ไม่มีความแตกต่างจากวิธีการล้างด้วยเครื่องอัลตราโซนิกส์เพียงอย่างเดียว เนื่องจากการที่เครื่องอัลตราโซนิกส์เมื่อทำงานไปในระยะหนึ่งแล้วจะทำให้เกิดความร้อน ในส่วนน้ำที่ใช้ล้างจึงมีอุณหภูมิสูงขึ้น ทำให้โซเดียมไฮโปคลอไรต์เกิดการสลายตัว แต่อย่างไรก็ดีแล้วแต่ ผู้บริโภคควรเลือกอัตราส่วนของน้ำและเวลาที่ใช้ในการล้างอย่างเหมาะสม และไม่ควรใช้น้ำในการล้างซ้ำควรเปลี่ยนน้ำในการล้างอย่างสม่ำเสมอ ถ้ามีการใช้อัตราส่วนและเวลาในการล้างที่ไม่เหมาะสมหรือมีการใช้น้ำซ้ำก็จะทำให้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้าง และเชื้อจุลินทรีย์สามารถ คู่มือกกลับมายังวัตถุดิบได้ การใช้เครื่องอัลตราโซนิกส์การล้างผักผลไม้ก่อนการบริโภคจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งของผู้บริโภคเพื่อเพิ่มความปลอดภัยในการรับประทาน

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2556. **มาตรฐานสินค้าเกษตรมกษ. 9002-2556 เรื่อง สารพิษตกค้าง : ปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด. คัดจากประกาศในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศและงานทั่วไป เล่มที่ 131 ตอนที่ 32 ง.**

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2559. **รายงานข้อมูลภาวะการผลิตพืช รัต01แบบรายปี [ออนไลน์].** เข้าถึงได้จาก production.doae.go.th/report/report_main_land_01_A_new2.php
14 มกราคม 2559

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2559. **รายงานข้อมูลภาวะการผลิตพืช (รัต.01) แบบรายปี[ออนไลน์].** \ เข้าถึงได้จาก:http://production.doae.go.th/report/report_main_land_01_A_new2.php
20 มีนาคม 2559

กรีนเน็ต. 2559.,**ชนิดของสารเคมีกำจัดศัตรูพืช [ออนไลน์].** เข้าถึงได้จาก:
<http://www.greenet.or.th/node/265>
20 มีนาคม 2559

นัศรภา หัตถโกศล **วิธีการล้างผักปลอดภัย [ออนไลน์].** เข้าถึงได้จาก:
<http://www.manager.co.th/Family/ViewNews.aspx?NewsID=9560000010741>
20 มีนาคม 2559

ฐานข้อมูลสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. 2559. **แหล่งข้อมูลสมุนไพร [ออนไลน์].** เข้าถึงได้จาก:
<http://www.phargarden.com/main.php?action=viewpage&pid=22>
27 เมษายน 2559

ปรีชา จึงสมานกุล, นวรัตน์ รัตนดิถก ณ ภูเก็ต และกมลวรรณ กันตัง .2553 .**การปนเปื้อนของ เชื้อจุลินทรีย์ในผักสด.รายงานจากห้องปฏิบัติการกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์.**

ผู้จัดการออนไลน์. 2558.มก. **แนะนำการล้างผักและผลไม้ ด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง [ออนไลน์].** เข้าถึงได้จาก:<http://www.manager.co.th/Campus/ViewNews.aspx?NewsID=9510000099354>.
12 เมษายน 2558

ผู้จัดการออนไลน์. 2560. มก. **แนะนำการล้างผักและผลไม้ [ออนไลน์].** เข้าถึงได้จาก:
<http://www.manager.co.th/Family/ViewNews.aspx?NewsID=9560000010741>
12 เมษายน 2558

พืชเกษตร. 2017. **ข่าและการปลูก [ออนไลน์].** เข้าถึงได้จาก:
<http://puechkaset.com/%E0%B8%82%E0%B9%88%E0%B8%B2/>. 21 มีนาคม 2559

มติชน ออนไลน์. 2559. **ฆ่าผักสวนครัวปลูกเล่นๆ ทำเงินเป็น 10 ปี** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:

http://www.matichon.co.th/news_detail.php?newsid=140878660620 มีนาคม 2559

มหาวิทยาลัยศิลปากร. 2560. **Chemistry in life** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:

<http://.pharm.su.ac.th/chemistry-in-life/d026.html>.

12 เมษายน 2560

มหาวิทยาลัยอุรธานี. **แหล่งข้อมูลสมุนไพร** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:

<http://www.phargarden.com/main.php?action=viewpage&pid=2227>.

11 เมษายน 2559

รติกร บัวคำ. 2554. **จลนพลศาสตร์การทดลองของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างและเชื้อจุลินทรีย์ใน**

ผักโดยการล้างด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิตสาขาวิชา

วิศวกรรมอาหาร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วรรณวรงค์ พัฒนะโพธิ์. 2555. **ความสำคัญและเทคนิคการวิเคราะห์สารเคมีตกค้างในผลผลิต**

เกษตร.สถาบันวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2556. **สารพิษตกค้าง: ปริมาณสารพิษตกค้าง**

สูงสุด. มกษ9002-2556

อุบล ชินวัง. 2553 **คุณภาพฆ่าอ่อนก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว.** วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์ปรัชญาดุษฎี

บัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อุบล ชินวัง, รักเกียรติ แสนประเสริฐ และ พิทักษ์ ดิ่งห่ทองลา. 2545. **การสำรวจด้านการผลิตและวิธีการ**

ปฏิบัติในระยะหลังเก็บเกี่ยวของฆ่าอ่อนในตำบลห้วยชะยุ่ง อำเภอวารินชำราบ จังหวัด

อุบลราชธานี.ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์. มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

Agriculture, Fisheries and Forestry. 2001. **Guidelines for On-farm Food Safety for Fresh**

Produce. Australia

Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 2007. **Official Methods of Analysis of**

AOAC international. 18th ed. Maryland: AOAC international.

Cao, S., Z. Hu, B. Pang, H. Xie and F. Wu. 2010. **Effect of ultrasonic treatment on fruit decay**

and quality maintenance in strawberry after harvest. Food Control. 21 : 529-532.

Department of Agriculture, Fisheries and Forestry. 2004. **Guidelines for On-farm Food Safety for**

Fresh Produce. 2nd ed. Australia: The Copyright Act1968

Fuchs, F. J. 2002. **Ultrasonic cleaning : Fundamental theory and application.** Blackstone-

New Ultrasonics, 1-14.

Honestdoc. 2019. **ประโยชน์ของฆ่า คุณค่าที่มาพร้อมกับความเผ็ดร้อน**[ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:

<https://www.honestdocs.co/benefits-of-galangal>. 12 เมษายน 2560

Hulland, E. D. 1980. **Hygeinichandlanding and the influence of raw material condition**. In R. Jowitt, (Ed), Hygienic Design and Operation of Food Plant. Westport: The AVI Publishing Company, 143-153.

Intechopen. 2017.**Pesticide in the modern world effects of pesticide exposure**. [Online]. Available from : <http://www.intechopen.com/books/pesticides-in-the-modern-world-effects-of-pesticidesexposure/a-forensic-view-of-pesticide-poisonings-in-brazil> (Accessed April 12, 2017)

Pubchem. 2019.**COMPOUND SUMMARY Chlorpyrifos**. [Online]. Available from : <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/2730> (Accessed July 1, 2019)

Tauxe, R.V. 1997. **Emerging foodborne diseases: an evolving public health challenge**. Emerging Infectious Diseases. 3(4) : 425-434.

U.S., Food and Drug Administration (FDA). 2003. **BAM : Aerobic plate count**. [Online]. Available from : <https://www.fda.gov/Food/FoodScienceResearch/LaboratoryMethods/ucm063346.htm> (Accessed April 12, 2017)

Wikipedia. 2017.**Organophosphate**. [Online]. Available from : <https://en.wikipedia.org/wiki/Organophosphate>(Accessed April 12, 2017)

World Health Organization.2009. **The WHO recommended classification of pesticides by hazard and guidelines to classification**. [Online]. Available from :http://www.who.int/ipcs/publications/pesticides_hazard_2009.pdf.

Zhao, Y., B. Z. Tang, X. Li and Y. Yang. 2009. **Application of ultrasonics to enhance the efficiency of cleaning *Thelephoraganbajun***. UltrasonicsSonochemistry. 16: 209-211.

Zhou, B., H. Feng and Y. Luo, 2009. **Ultrasound enhanced samitizer efficacy in reduction of *Escherichia coli* O157:H7 population on spinach leaves**. Journal of Food Science. 74(6) : 308-313.

Zhou, B., H. Feng and Y. Luo. 2009. **Ultrasound enhanced samitizer efficacy in reduction of *Escherichia coli* O157:H7 population on spinach leaves**. Journal of Food Science 75d

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

อุปกรณ์เครื่องและสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

อุปกรณ์เครื่องอัลตราโซนิกส์

Ultrasonic cleaner

Model: GT-1730QTS

Voltage: AX220-240V 50 Hz

Frequency: 33/40 kHz





ภาพที่ 1 อุปกรณ์เครื่องอัลตราโซนิกส์



01

ภาพที่ 2 ภาพสารเคมีกำจัดศัตรูพืชคลอร์ไพฟอส

ภาคผนวก ข

ภาพการทำงานของเครื่องอัลตราโซนิกส์ขณะล้าง



ภาพที่ 3 ขณะทำการล้างในเครื่องอัลตราโซนิกส์



ภาพที่ 4 ภาพฆ่าหลังการล้างในเครื่องอัลตราโซนิกส์

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวชุตินา ชุ่มกมล
วัน เดือน ปีเกิด	11 ตุลาคม 2531
ที่อยู่	189/67 หมู่บ้านเพอร์เฟกเพลส สุขุมวิท 77 สุวรรณภูมิ ตำบลราชาเทวะ อำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ 10540 E-mail:cfchutima@gmail.com
ประวัติการศึกษา	2554 วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยแม่ ฟ้าหลวง 2562 วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการความปลอดภัยอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ประสบการณ์การทำงาน	
2554-2555	QA Supervisor บริษัท สหฟาร์ม จำกัด
2556-2558	Sale coordinators บริษัท SK Food (Public) Limited
2558-2561	QA Assistant managers บริษัท Lenk Frozen Foods company limited
2561-ปัจจุบัน	Section head of purchasing บริษัท สุรพลนิธิเรฟูดส์ จำกัด
การนำเสนอผลงาน	Chutima Ch.and P. Srikalong. Effect of ultrasonic cleaning to reduce the chemical residue in Alpiniagalangal Linn In Proceedings of 21th Food Innovation Asia Conference 2019 (FIAC 2019) Future Food Innovation for Better Health and Wellness, pp 63.June 13–15, 2019, Bangkok, Thailand.