



โครงการวิจัยทางเคมี

การกำจัดสารตกค้างคาร์บาริลจากผักคะน้าโดยใช้สารทำความสะอาด

REMOVAL OF CARBARYL RESIDUES FROM CHINESE KALE
(*BRASSICA OLERACEA*) USING CLEANING SOLUTIONS

นางสาวธิติมา ขวัญอยู่

โครงการจัดตั้งภาควิชาเคมี คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ.ศ. 2561



ใบรับรองโครงการงานวิจัยทางเคมี
โครงการจัดตั้งภาควิชาเคมี คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
วิทยาศาสตร์บัณฑิต
ปริญญา

เคมี

โครงการจัดตั้งภาควิชาเคมี

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การกำจัดสารตกค้างคาร์บาริลจากผักคะน้าโดยใช้สารทำความสะอาด

Removal of Carbaryl Residues from Chinese kale (*Brassica oleracea*)

Using Cleaning Solutions

นามผู้วิจัย นางสาวธิติมา ขวัญอยู่

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ฐิตียา แซ่ป้ง, Ph.D)

โครงการจัดตั้งภาควิชาเคมี คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์จรงค์ แก้วประสิทธิ์, Ph.D.)

ประธานโครงการจัดตั้งภาควิชาเคมี

วันที่..... เดือน..... พ.ศ.....

โครงการวิจัยทางเคมี

เรื่อง

การกำจัดสารตกค้างคาร์บาริลจากผักคะน้าโดยใช้สารทำความสะอาด
Removal of Carbaryl Residues from Chinese kale (*Brassica oleracea*)
Using Cleaning Solutions

โดย

นางสาวธิติมา ขวัญอยู่

เสนอ

โครงการจัดตั้งภาควิชาเคมี คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาบัตรวิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมี)

พ.ศ. 2561

ธิติมา ขวัญอยู่ 2561: การกำจัดสารตกค้างคาร์บาริลจากผักคะน้าโดยใช้สารทำความสะอาด
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมี) โครงการจัดตั้งภาควิชาเคมี ประชานกรรมการที่ปรึกษา:
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธิตติยา แซ่ป้ง Ph.D. 57 หน้า

ประสิทธิภาพของวิธีการล้างเพื่อกำจัดสารตกค้างคาร์บาริลบนคะน้า หลังจากฉีดพ่น
คาร์บาริล (2 กรัมต่อน้ำ 2 ลิตร) เป็นเวลา 1 วัน สุ่มเก็บตัวอย่างผักคะน้าจากแปลงปลูกพืช และล้าง
น้ำประปาเพื่อกำจัดเศษดินที่ปนเปื้อนและวางให้แห้งที่อุณหภูมิ 28-29 องศาเซลเซียส สารทำความสะอาด คือ น้ำประปาไหลผ่าน 5 นาที 5% โซเดียมไบคาร์บอเนต 5% น้ำยาล้างผักและผลไม้ทางการ
ค้าสวนจิตรลดา และ 5% น้ำยาล้างจานทางการค้า เปรียบเทียบกับการไม่ล้าง ผลการทดลองพบว่า
5% สารละลายล้างจานทางการค้า ช่วยลดปริมาณคาร์บาริลที่ตกค้างได้สูงสุด เปอร์เซ็นต์การลดลง
ของคาร์บาริลด้วย 5% น้ำยาล้างจานทางการค้า เท่ากับ 71.7 เปอร์เซ็นต์การลดของคาร์บาริล โดย
5% น้ำยาล้างผักและผลไม้ 5% โซเดียมไบคาร์บอเนต 5% และน้ำประปามีค่าเท่ากับ 65.7, 59.3
และ 55.9 ตามลำดับ งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าการใช้สารละลายในการทำทำความสะอาดสามารถขจัด
สารตกค้างของคาร์บาริลได้ อย่างไรก็ตามผักคะน้าหลังจากล้างด้วย 5% สารละลายล้างจานทาง
การค้าเป็นรอยขี้

..... /..... /.....
ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่อประธานกรรมการ

Thitima Khwanyoo 2018: Removal of Carbaryl Residues from Chinese kale (*Brassica oleracea*) Using Cleaning Solutions., Bachelor of Science (Chemistry), Chemistry Division. Special Problem Advisor: Asst. Prof. Thitiya Pung, Ph.D. 57 p.

The efficiency of washing methods to remove carbaryl residues on Chinese kale after spraying carbaryl 2 g/water 2 L for 1 day was studied. Chinese kales were randomly collected from planting field and washed by tap water to remove contaminated soil and then stayed at 28-29 °C for drying. The washing methods for 5 minute were running tap water, 5% sodium bicarbonate (NaHCO_3), 5% commercial washing solution for vegetable and fruits “the Royal Chitralada”, and 5% commercial dishwashing solution, compared to no washing. The results showed that 5% commercial dishwashing solution reduced carbaryl residue at the highest. The percentage of reduction of carbaryl by 5% commercial dishwashing solution was 71.7. The percentages of reduction of carbaryl by 5% vegetable wash and fruits, 5% sodium bicarbonate and running tap water were 65.7, 59.3 and 55.9, respectively. This research showed that the use of cleaning solutions could remove carbaryl residues. However, the Chinese kale leaves after washed by 5% commercial dish washing solution were bruise.

..... /..... /.....
Student's signature Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยครั้งนี้ สำเร็จลุล่วงได้ดีโดยได้รับความช่วยเหลือจากคณาจารย์หลายท่าน ผู้วิจัยจึงใคร่ขอขอบพระคุณคณาจารย์เป็นอย่างสูงโดยเฉพาะอย่างยิ่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จิตติยา แซ่ปึง ประธานกรรมการที่ปรึกษาโครงการงานวิจัยทางเคมี ที่ได้ให้ความรู้ คำแนะนำ รวมถึงให้คำปรึกษาทางด้านการเรียน ให้กำลังใจ ตลอดจนการใช้ชีวิตและแนวทางในการแก้ไขปัญหาระหว่างที่ได้ดำเนินการทำโครงการงานวิจัยทางเคมี ทำให้โครงการงานวิจัยนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณนายสุรชาติ พิมพา เจ้าหน้าที่ประจำโครงการจัดตั้งภาควิชาเคมี คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการใช้แปลงปลูกพืชทดลองเพื่อการทำงานวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณนางสาวนิภาวรรณ โพธิ์ศรี นิสิตปริญญาโท โครงการจัดตั้งภาควิชาเคมี คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ที่ได้ให้คำปรึกษา คำแนะนำต่าง ๆ ในการทำงานวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณโครงการจัดตั้งภาควิชาเคมี คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ที่ได้สนับสนุนทุนสำหรับงานวิจัยรวมถึงห้องปฏิบัติการ เครื่องมือ และอุปกรณ์ ในการทำงานวิจัยในครั้งนี้

สุดท้ายนี้ ขอขอบพระคุณบิดามารดา ที่เป็นผู้ส่งเสริมและสนับสนุนค่าใช้จ่ายและให้โอกาสทางการศึกษา ให้คำแนะนำ กำลังใจ รวมถึงเพื่อน ๆ พี่ ๆ และเจ้าหน้าที่ควบคุมห้องปฏิบัติการทุกคน ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการทำงานวิจัยในครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงด้วยดี หากงานวิจัยฉบับนี้ มีข้อมูลอันเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่มีความสนใจ ข้าพเจ้าขอยกความดีให้ผู้มีพระคุณทุกท่าน

จิตติมา ขวัญอยู่

พฤษภาคม 2561

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	i
สารบัญตาราง	ii
สารบัญภาพ	iii
คำอธิบายสัญลักษณ์ คำย่อ และอักษรย่อที่ใช้	v
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	16
อุปกรณ์และสารเคมี	16
วิธีการ	17
สถานที่และระยะเวลาทำการวิจัย	24
ผลและวิจารณ์ผล	25
สรุปและข้อเสนอแนะ	34
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	35
ภาคผนวก	39
ภาคผนวก ก	40
ภาคผนวก ข	51
ภาคผนวก ค	55
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	57

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 การจัดกลุ่มสารกำจัดศัตรูพืชตามความเป็นพิษ	8
ตารางที่ 2 การจัดหมวดหมู่ระดับความเป็นพิษของคาร์บาริล	10
ตารางที่ 3 ค่าที่ยอมให้มีการตกค้างสูงสุด (MRLs) ของคาร์บาริลบนคะน้า	12
ตารางที่ 4 ความเข้มข้นและพื้นที่ใต้กราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานคาร์บาริล	25
ตารางที่ 5 ความเข้มข้นและพื้นที่ใต้กราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐาน	27
ตารางที่ 6 ปริมาณการตกค้างคาร์บาริลบนคะน้าหลังการล้างด้วยสารทำความสะอาด ชนิดต่าง ๆ	30
ตารางที่ 7 ร้อยละการลดลงของสารคาร์บาริลบนคะน้าหลังการล้างด้วยสารทำความสะอาด ชนิดต่าง ๆ	31
ตารางภาคผนวกที่ ก1 ผลจากการคำนวณความเข้มข้นคาร์บาริลในตัวอย่างคะน้า ความเข้มข้น ไดออกซินอนที่เดิม และร้อยละการได้กลับคืนมาของการล้างด้วย สารทำความสะอาดชนิดต่าง ๆ ที่ความเข้มข้น 5%	41
ตารางภาคผนวกที่ ค1 ปริมาณความชื้น ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ แสงอาทิตย์ ในระยะเวลา เก็บเกี่ยวคะน้า ช่วงวันที่ 1- 15 เมษายน 2561	57

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1 ต้นคะน้า (Chinese Kale)	4
ภาพที่ 2 โครงสร้างของสารคาร์บาริล (Carbaryl) (ก) และ โครงสร้างสามมิติของสารคาร์บาริล (Carbaryl) (ข) ในกลุ่มของ Carbamate	8
ภาพที่ 3 โครงสร้างของสารไดอาซีนอน (Diazinon) (ก) และ โครงสร้างสามมิติของ สารไดอาซีนอน (Diazinon) (ข) ในกลุ่มของ organophosphate	11
ภาพที่ 4 การจัดแปลงในปลูกคะน้า	18
ภาพที่ 5 การสกัดในแต่ละขั้นตอนของสารตกค้างในคะน้า โดย (ก) การสกัดข้อ 4.1.1 – 4.1.2 (ข) การสกัดข้อ 4.1.3 และ (ค) การสกัดข้อ 4.1.4	21
ภาพที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ใต้กราฟและความเข้มข้นสารละลายมาตรฐานคาร์บาริล	26
ภาพที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ใต้กราฟและความเข้มข้นสารละลายมาตรฐานไดอาซีนอน	27
ภาพที่ 8 คะน้าก่อนล้าง (ก) คะน้าหลังล้างด้วยน้ำไหลผ่าน (ข) คะน้าหลังล้างด้วย 5% โซเดียม ไบคาร์บอเนต (ค) คะน้าหลังล้างด้วย 5% น้ำยาล้างผักสวนจิตรลดา (ง) และ คะน้าหลังล้างด้วย 5% น้ำยาล้างจานทางการค้า (จ)	29
ภาพที่ 9 ปริมาณการตกค้างคาร์บาริลหลังล้างด้วยสารทำความสะอาดชนิดต่างๆ	30
ภาพที่ 10 เปอร์เซ็นต์การลดลงของสารคาร์บาริลหลังการล้างด้วยสารทำความสะอาด ชนิดต่างๆ	32
ภาพผนวกที่ ก1 โครมาโทแกรมสารมาตรฐานคาร์บาริลความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร และ สารมาตรฐานไดอาซีนอนความเข้มข้น 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร	47
ภาพผนวกที่ ก2 โครมาโทแกรมสารมาตรฐานคาร์บาริลความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อลิตร และ สารมาตรฐานไดอาซีนอนความเข้มข้น .5 มิลลิกรัมต่อลิตร	47

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
ภาพผนวกที่ ก3 โครมาโทแกรมตัวอย่างผักคะน้าควบคุมที่ไม่ฉีดพ่นคาร์บาริล (control)	48
ภาพผนวกที่ ก4 โครมาโทแกรมตัวอย่างผักคะน้าควบคุมที่ฉีดพ่นคาร์บาริล แต่ไม่ล้าง (Polluted)	48
ภาพผนวกที่ ก5 โครมาโทแกรมตัวอย่างที่ล้างด้วยน้ำประปาไหลผ่าน	49
ภาพผนวกที่ ก6 โครมาโทแกรมตัวอย่างที่ล้างด้วย 5% โซเดียมไบคาร์บอเนต	49
ภาพผนวกที่ ก7 โครมาโทแกรมตัวอย่างที่ล้างด้วย 5% น้ำยาล้างผักสวนจิตรลดา	50
ภาพผนวกที่ ก8 โครมาโทแกรมตัวอย่างที่ล้างด้วย 5% น้ำยาล้างจานทางการค้า	50

คำอธิบายสัญลักษณ์ คำย่อ และอักษรย่อที่ใช้

EU	EU Commission	หน่วยงานที่กำหนดค่ายอมให้มีการ ตกค้างสูงสุดในกลุ่มประเทศสมาชิกยุโรป
FFCR	The Japan Food Chemical Research	หน่วยงานที่กำหนดค่ายอมให้มีการ ตกค้างสูงสุดในประเทศญี่ปุ่น
HPLC-UV	high-performance liquid chromatography with ultraviolet detection	
LC ₅₀	Lethal concentration Mean	ความเข้มข้นยาที่ทำให้ประชากร สัตว์ทดลองลดลงครึ่งหนึ่ง
LD ₅₀	Lethal dose Mean	ปริมาณยาที่ทำให้ประชากรสัตว์ทดลอง ลดลงครึ่งหนึ่ง
MRLs	Maximum Residue Levels	ค่าที่ยอมให้มีการตกค้างของสารกำจัด ศัตรูพืชสูงสุด
PSA	Primary secondary amine	
QuEChERS	Quick Easy Cheap Effective Rugged Safe Randomized	

การกำจัดสารตกค้างคาร์บาริลจากผักคะน้าโดยใช้สารทำความสะอาด

Removal of Carbaryl Residues from Chinese kale (*Brassica oleracea*) Using Cleaning Solutions

คำนำ

ปัจจุบันประเทศไทยมีลักษณะภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลง ทำให้เกษตรกรประสบปัญหาแมลงศัตรูพืชมากมาย ได้แก่ หนอนใยผัก หนอนกระทู้ผัก ตัวห้ำตัวเบียน เป็นต้น (Smith *et al.*, 2010) ที่ทำลายผลผลิตทางการเกษตร ซึ่งคะน้าเป็นหนึ่งในผักที่มีการส่งออกทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ อีกทั้งยังเป็นผักที่นิยมปลูกทั่วทุกภูมิภาคของประเทศไทย เกษตรกรจึงต้องป้องกันความเสียหายของผลผลิตโดยการฉีดพ่นยากำจัดแมลง ซึ่งคาร์บาริลเป็นหนึ่งในสารกำจัดแมลงที่นิยมฉีดในคะน้า และมีค่าปริมาณที่ยอมรับได้สูงสุดเกินค่าที่กำหนด (MRLs) มีรายงานวิจัยของ (Chowdhury *et al.*, 2013) ได้ศึกษาสารกำจัดแมลงในบังคลาเทศที่ใช้ในการเกษตรจำนวน 19 ชนิด จำนวน 210 ตัวอย่างจากผัก 8 ชนิด ตรวจพบสารกำจัดแมลงตกค้างในตัวอย่างทั้งหมด 51.30% ซึ่งในตัวอย่าง 38.89% มีการตกค้างสูงกว่าค่า (Maximum Residue Levels, MRLs) ของ EU Commission โดยสารกำจัดแมลงที่ตรวจพบส่วนใหญ่ ได้แก่ คาร์โบฟูรา (17) ไดอะซินอน (16) คาร์บาริล (14) มาลาไทออน (11) เอนโดซัลเฟน (8) ไซเพอร์เมทริน (7) และ ไดเมโทเอท (6) และเนื่องจากคาร์บาริลมีความเป็นพิษในการออกฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ acetylcholine-terase (AChE) ในระบบประสาททำให้มีการสะสมของ acetylcholine บริเวณ synaptic จึงทำให้เกิดอาการพิษ เช่น แน่นอก ถ้าหากได้รับในปริมาณสูงอาจพบอาการพิษเฉียบพลัน เช่น ตาพร่ามัว เยื่อตาอักเสบ น้ำตาไหล เหงื่อออกมาก คลื่นไส้อาเจียน ท้องเสีย (รัตน, 2557) ดังนั้น เพื่อความปลอดภัยในการรับประทานผักผลไม้ ควรล้างทำความสะอาดก่อนนำไปปรุงอาหาร ซึ่งกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ เผยแพร่ว่า ผู้บริโภคสามารถบริโภคผักผลไม้ได้อย่างปลอดภัย มีวิธีการล้างอย่างถูกวิธี ได้แก่ การล้างด้วยน้ำไหลผ่าน การแกะกลีบ ใบ ตัดส่วนที่ไม่รับประทานออก หรือ เคาะดินออกจากรากก่อนนำไปล้างด้วยความแรงของน้ำพอประมาณ คลี่ใบผัก แล้วนำไปอบนผิวผักผลไม้ประมาณ 2 นาที จะช่วยลดสารพิษตกค้างได้ 25-65% และปัจจุบันมีวิธีการล้างผักเพื่อลดความเข้มข้นของสารตกค้างให้ลดน้อยลงหลากหลายวิธี ซึ่งแต่ละวิธีมีข้อดีและข้อจำกัดแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับความเหมาะสม เช่น การเลือกใช้โซเดียมไบคาร์บอเนต (NaHCO_3) ในการล้างผัก สามารถลดสารตกค้างได้ 43.40% (เอนก และธวัชชัย, 2555) แต่ข้อจำกัดของโซเดียมไบคาร์บอเนต คือ

มีโซเดียมเป็นส่วนประกอบ ดังนั้น ถ้าล้างทำความสะอาดไม่หมด โซเดียมจะสามารถดูดซึมเข้าสู่ผักและผลไม้ได้ ทำให้เกิดท้องเสีย (สมชาย, 2559) การใช้น้ำยาล้างผัก โดยการแช่ผักในน้ำยาล้างผักที่มีความเข้มข้นประมาณ 0.3% ในน้ำ 4 ลิตร และนำผักหรือผลไม้มาแช่ทิ้งไว้ประมาณ 15 นาที สามารถลดปริมาณของสารตกค้างจากสารกำจัดแมลงได้ประมาณ 25-70% ขณะที่การใช้น้ำยาล้างจานล้างผัก ลดโอกาสการติดเชื้อที่อยู่บริเวณผิวของผลไม้ได้ โดยวิธีนี้จะช่วยลดการปนเปื้อนของเชื้อได้มากกว่า 95% ดังนั้น ผู้วิจัยเห็นว่าควรศึกษาประสิทธิภาพของสารทำความสะอาดชนิดต่าง ๆ เพื่อลดปริมาณสารตกค้างบนผัก และลดความเสี่ยงต่อผู้บริโภค

วัตถุประสงค์

เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการล้างผัก ได้แก่ น้ำประปาไหลผ่าน โซเดียมไบคาร์บอเนต (NaHCO_3) ผลผลิตพันธุ์ล้างผักและผลไม้โครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดา และผลผลิตพันธุ์ล้างงานทางการค้า ในการลดความเข้มข้นสารคาร์บาริลที่ปนเปื้อนในผักคะน้า

การตรวจเอกสาร

1. ที่มาและความสำคัญ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ประชาชนส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกร มีการทำนาข้าว ปลูกผักผลไม้ไว้รับประทานเองภายในประเทศและยังส่งออกไปยังต่างประเทศอีกด้วย เมื่อมีการบริโภคเพิ่มมากขึ้น เกษตรกรส่วนใหญ่เห็นว่าสารเคมีนั้นจะทำให้ผักสวยงาม น่ารับประทาน ขายได้ราคาดี และเป็นที่ต้องการของผู้บริโภค เพื่อให้ได้ผลผลิตที่เพิ่มมากขึ้น สารเคมีจึงเป็นทางเลือกที่เกษตรกรเลือกใช้ในการกำจัดแมลงศัตรูพืชมากขึ้นแทนการใช้สารอินทรีย์ แต่มีการละเลยต่อการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชอย่างถูกวิธี และไม่ตระหนักถึงความเป็นพิษและอันตรายของสารเคมีที่มีผลกระทบต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม ทำให้เกษตรกรได้รับผลกระทบทั้งทางตรงและทางอ้อมจากการกำจัดแมลงศัตรูพืชนี้ โดยผลกระทบทางตรง คือ การสัมผัสสารเคมีทางการเกษตรจากละอองของการฉีดพ่นหรือการสัมผัสกับสารเคมีโดยตรง ทำให้เกิดความเป็นพิษแบบเฉียบพลันและแบบเรื้อรัง และโดยทางอ้อม คือ สารเคมีกำจัดแมลงศัตรูพืชที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ดิน น้ำ ระบบนิเวศ และห่วงโซ่อาหาร ซึ่งพืชผักและเนื้อสัตว์ที่นำมาเป็นอาหารนั้น ได้รับการปนเปื้อนสารเคมีกำจัดศัตรูพืชไปด้วย และวิธีที่ง่ายที่สุดในการช่วยลดสิ่งเจือปนและสารเคมีตกค้างในผักผลไม้ คือ การล้างผักและผลไม้อย่างถูกวิธี ก่อนนำไปประกอบอาหาร ปัจจุบันผู้บริโภคได้รับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับสารกำจัดแมลงศัตรูพืชอย่างแพร่หลาย ทำให้ผู้บริโภคมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับความปลอดภัยในการประกอบอาหารมากขึ้น โดยคำนึงถึงสารเคมีตกค้างที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค

1.1. คื่นฉ่าย



ภาพที่ 1 ต้นคะน้า (Chinese Kale)

คะน้าเป็นผักชนิดหนึ่ง มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Brassica oleracea* จัดอยู่ในวงศ์ Brassicaceae มีต้นกำเนิดในทวีปเอเชียและปลูกกันมากในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เพาะปลูกมากในประเทศจีน เป็นพืชล้มลุกในตระกูลกะหล่ำปลี มีอายุการเก็บเกี่ยวประมาณ 45-55 วัน สามารถปลูกได้ตลอดทั้งปี (แต่ช่วงเวลาที่เพาะปลูกได้ผลดีที่สุดจะอยู่ในช่วงเดือนตุลาคม - เมษายน) มีระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวสั้น ลำต้นของผักคะน้า มีลำต้นตั้งตรงสูงประมาณ 30 เซนติเมตร ลำต้นอวบชุ่มน้ำ ใบมีสีเขียวเข้ม ส่วนของยอดมีลักษณะเป็นใบอ่อน คล้ายดอกบัวตูม มีสีเขียวอ่อน (ประสิทธิ์, 2557) คะน้ามีแนวโน้มการส่งออกสูงขึ้นตามความต้องการของตลาดทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ แต่ยังไม่เพียงพอต่อความต้องการของตลาด เนื่องจากด้วยสภาพภูมิอากาศมีการเปลี่ยนแปลงก่อให้เกิดโรคพืช และแมลงศัตรูพืชทำให้เกิดความเสียหายต่อผลผลิต การเลือกใช้สารกำจัดแมลงศัตรูพืชจึงเป็นทางเลือกหลักของเกษตรกร เนื่องจากเห็นผลรวดเร็วกว่า การใช้สารอินทรีย์ในการกำจัดแมลง ทำให้เกิดการตกค้างในผลิตผลทางการเกษตรเกินค่าการควบคุมปริมาณสารตกค้างสูงสุดที่ยอมรับได้ (Maximum Residue Levels, MRLs) (European Commission) จากการสำรวจของ เครือข่ายเตือนภัยสารเคมีกำจัดศัตรูพืช ในปี พ.ศ. 2558 พบว่า การสุ่มเก็บตัวอย่างผักที่ประชาชนนิยมบริโภคมากที่สุด 10 ชนิด ประกอบด้วย คะน้า ผักกาดขาว กะหล่ำปลี แตงกวา ถั่วฝักยาว มะเขือเปราะ พริกแดง กระเพรา กวางตุ้ง และผักบุ้งจีน ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑลจากห้างเทสโกโลดส์ บิ๊กซี แม็คโคร และจากตลาดค้าส่ง จำนวน 4 แห่ง ประกอบด้วย ตลาดไท ปากคลองตลาด ตลาดสี่มุมเมือง และตลาดบางใหญ่ พบว่า ผักที่มีการปนเปื้อนมากที่สุด คือ กระเพรา มีสารเคมีตกค้างเกินมาตรฐานถึง 62.5 % ถั่วฝักยาวและคะน้า 37.5 % ผักบุ้งจีน กวางตุ้ง และมะเขือเปราะมีค่าเกินมาตรฐานถึง 25% และการสำรวจในปี 2559 พบว่า การสุ่มเก็บตัวอย่างผักและผลไม้ที่ประชาชนนิยมบริโภค เช่น กะหล่ำปลี แตงกวา ผักบุ้งจีน มะเขือเทศ ผักกาดขาวปลี คะน้า ถั่วฝักยาว มะเขือเปราะ กระเพรา และพริกแดง แตงโม มะม่วง น้ำดอกไม้ มะละกอ แก้วมังกร ฝรั่ง และส้มสายน้ำผึ้ง จำนวน 138 ตัวอย่าง ในเขต กรุงเทพมหานคร ปริมณฑล เชียงใหม่และอุบลราชธานี โดยวิเคราะห์หาสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างแบบ Multi Residue Pesticide Screen (MRPS) พบปริมาณสารพิษตกค้างเกินค่า MRLs ได้แก่ พริกแดง 100% ของตัวอย่าง กระเพราและถั่วฝักยาว 66.7% คะน้า 55.6% ผักกาดขาวปลี 33.3% ผักบุ้งจีน 22.2% มะเขือเทศและแตงกวา 11.1% มะเขือเปราะพบสารพิษตกค้างแต่ไม่เกินค่า MRLs 66.7% และยังพบอีกว่าผักและผลไม้ที่วางจำหน่ายในห้างโมเดิร์นเทรดหรือค้าปลีก มีสารตกค้างเกินมาตรฐาน 46% ตลาดสดมีสารตกค้างเกินมาตรฐาน 48% และพบว่ามีสารกำจัดศัตรูพืชที่ถูกห้ามใช้แล้วไม่ได้รับอนุญาตให้ขึ้นทะเบียนรวม 11 ชนิด ได้แก่ คาร์โบฟูราน เมโทมิล ที่เป็นส่วนประกอบ

ของยากันยุง พบตกค้างในผักคะน้า 1 ตัวอย่าง จารุพงษ์และคณะ (2557) ได้วิเคราะห์สารพิษตกค้างในผักและผลไม้ เพื่อรับรองระบบปฏิบัติการทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืชในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน 11 จังหวัด ณ ห้องปฏิบัติการ จำนวน 36 ชนิด ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟีและเครื่องไฮเปอร์ฟอร์แมนลิวิดโครมาโทกราฟี ในตัวอย่างผักและผลไม้จากแปลงที่ขอรับรองระบบปฏิบัติการทางการเกษตรที่ดี (GPA) พบว่า ชนิดของสารพิษตกค้างที่พบมากที่สุดคือ คลอไพริฟอส รองลงมา คือ ไซเปอร์เมทริน เมโธมิล และ คาร์บาริล ตามลำดับ ในปี 2556 จากตัวอย่างจำนวน 1,103 ตัวอย่าง ตรวจพบ สารพิษตกค้าง 332 ตัวอย่าง (30.1%) และพบปริมาณเกินค่า MRLs 24 ตัวอย่าง (2.2%) พืชที่ตรวจพบสารพิษตกค้างเกินค่า MRLs ได้แก่ กะหล่ำดอก ขึ้นฉ่าย คะน้า ผักชี ผักแพว พริก มะนาว มะม่วง มันแกว เห็ด และหอมแบ่ง

1.2 แมลงศัตรูพืชของคะน้า

แมลงหลากหลายชนิดส่งผลกระทบต่อผลผลิตของผักคะน้า ทำให้เกิดความเสียหายต่อสินค้าทางการเกษตรและคุณภาพของผลผลิตลดลง ได้แก่ หนอนใยผัก (*Plutella xylostella*, Linnaeus) หนอนกระทู้ผัก (*Spodoptera litura*, Hübner) หนอนคืบกะหล่ำ (*Trichoplusia ni* Hubner) ตัวห้ำตัวเบียน (*Phyllotreta vittula*) (Kianmatee and Ranamukhaarachchi, 2007)

2. สารกำจัดแมลง

สารกำจัดแมลงเกือบทุกชนิดที่ใช้กันอย่างแพร่หลายเป็นสารที่มีพิษต่อระบบประสาทรอบนอกของแมลงซึ่งมีความซับซ้อนน้อยกว่าระบบประสาทรอบนอกของสัตว์เลื้อยคลานด้วยนม ถ้าขาและปีกของแมลงสัมผัสกับสารพิษจะสามารถซึมผ่านเข้าสู่เนื้อเยื่อด้านในได้ ทำให้สารพิษแพร่กระจายเข้าสู่อวัยวะส่วนต่าง ๆ ของแมลงได้อย่างรวดเร็ว สารกำจัดแมลงถูกพัฒนาตามความสัมพันธ์ของโครงสร้างของสาร (specific-structure relationship) เป็นพิษต่อระบบประสาทของแมลงและสัตว์อื่นและมีผลต่อมนุษย์น้อยที่สุด โดยจะไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์และสารสื่อประสาท มีผลให้แมลงเป็นอัมพาตและตายในที่สุด ความเป็นพิษของสารกำจัดแมลงขึ้นอยู่กับชนิดของสารกำจัดแมลงและปริมาณการได้รับ (จิตติยา, 2551)

สารกำจัดแมลงสามารถแบ่งออกเป็นกลุ่มตามชนิดของโครงสร้างทางเคมี 4 ประเภท คือ

2.1. สารกำจัดแมลงกลุ่มออร์แกโนคลอรีน (Organochlorine insecticides) เป็นสารที่มีอะตอมของคลอรีนและไฮโดรคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ สารกลุ่มนี้จะละลายได้ดีในไขมันและมีอัตราการสลายตัวช้า แบ่งออกเป็น 3 กลุ่มย่อย ได้แก่ กลุ่มอนุพันธ์คลอรีนเตตระ เช่น ดีดีที เป็นต้น กลุ่มอนุพันธ์ไซโคลไดอิน เช่น แอลดริน เป็นต้น กลุ่มอนุพันธ์คลอรีนเตเตต เบนซีน ไซโคลเฮกเซน เช่น ลินเดน เป็นต้น ปัจจุบันได้มีการประกาศยกเลิกการใช้ดีดีทีแล้ว

2.2. สารกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส (Organophosphorus insecticides) ประกอบด้วยสาร 2 กลุ่มใหญ่ คือ กลุ่มของไดเมทอกซีมีอะตอมของฟอสฟอรัสต่อกับอะตอมของซิลเฟอร์ เช่น ไดคลอวอส ไดเมพโทเอท เป็นต้น กลุ่มไดเอทอกซีมีอะตอมของฟอสฟอรัสต่อกับอะตอมของออกซิเจน เช่น โฟเรต ไดอาซินอน เป็นต้น สารกลุ่มนี้สลายตัวเร็วกว่าสารกลุ่มออร์แกโนคลอรีนและมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างเมื่อเข้าสู่ร่างกาย

2.3. สารเคมีกลุ่มคาร์บาเมต (Carbamate insecticides) เป็นสารที่มีอะตอมของไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ เช่น คาร์บาริล คาร์โบฟูแรน เป็นต้น สารกลุ่มนี้สลายตัวได้ง่ายในธรรมชาติ กลไกการออกฤทธิ์คล้ายคลึงกับสารกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส คือ การยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะเซทิลโคลีน

2.4. สารเคมีกลุ่มไพรีทรอยด์ (Pyrethroid insecticides) เป็นสารเคมีที่สังเคราะห์เลียนแบบไพรีทริน ซึ่งเป็นสารสกัดที่ได้จากดอก Chrysanthemum มีกลไกการออกฤทธิ์เช่นเดียวกับสารกลุ่มออร์กาโนคลอรีน เป็นพิษต่อสัตว์เลื้อยลูกด้วยนมค่อนข้างต่ำ

นอกจากวิธีการจัดกลุ่มสารดังกล่าวแล้ว องค์การอนามัยโลกยังจัดกลุ่มของสารกำจัดศัตรูพืชออกเป็นกลุ่มต่าง ๆ ตามความเป็นพิษของสาร แสดงในตารางที่ 1 การจัดกลุ่มตามความเป็นพิษเฉียบพลัน โดยดูปริมาณของสารเคมีซึ่งเมื่อสัตว์ที่ใช้ในการทดลองได้รับเข้าสู่ร่างกายเพียงครั้งเดียวโดยทางการกิน การฉีด หรือ การสัมผัสทางผิวหนัง แล้วทำให้สัตว์ตาย 50 เปอร์เซ็นต์ (LD₅₀ value) ของจำนวนสัตว์ทดลองทั้งหมดแบ่งความเป็นพิษออกเป็น 4 กลุ่ม คือ Ia Ib II และ III โดย Ia เป็นกลุ่มที่มีความเป็นพิษสูงมาก Ib มีความเป็นพิษสูง II มีความเป็นพิษปานกลาง III มีความเป็นพิษน้อย (จุฑามาศ และ มธุรส, 2549)

ตารางที่ 1 การจัดกลุ่มสารกำจัดศัตรูพืชตามความเป็นพิษในหนูทดลอง

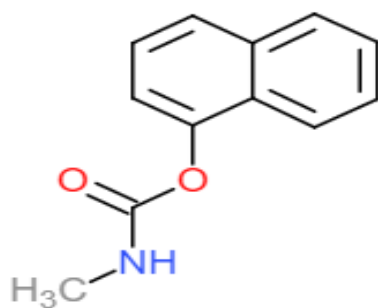
ระดับ ความเป็นพิษ	LD ₅₀ ทางปาก (มก./กก., 24 ชม.)	LD ₅₀ ทางการหายใจ (มก./กก., 24 ชม.)	LD ₅₀ ทางผิวหนัง (มก./ลิตร, 4 ชม.)
Ia พิษสูงมาก	< 5	< 10	< 5
Ib พิษสูง	5 - 50	10-100	5-500
II พิษปานกลาง	50-500	100-1,000	50-350
III พิษน้อย	500-5,000	1,000-10,000	350-3,000

ที่มา : วินัยและอนันต์, 2525

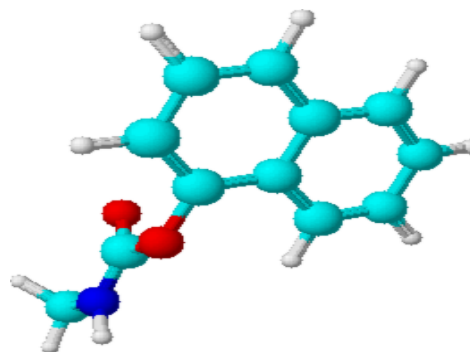
3. สารกำจัดแมลงที่ใช้ในงานวิจัย

3.1 คาร์บาริล (Carbaryl)

3.1.1 โครงสร้างและสมบัติของสาร



(ก)



(ข)

ภาพที่ 2 โครงสร้างของสารคาร์บาริล (Carbaryl) (ก) และ โครงสร้างสามมิติของสารคาร์บาริล (Carbaryl) (ข) ในกลุ่มของ Carbamate

- ชื่อทั่วไป คือ คาร์บาริล (Carbaryl)
- ชื่อตามโครงสร้างตาม IUPAC คือ Naphthalene-1-yl methylcarbamate
- สูตรโมเลกุล คือ $C_{12}H_{11}NO_2$
- มวลโมเลกุล เท่ากับ 201.225 กรัมต่อโมล
- สมบัติการละลายน้ำ เท่ากับ 110 มิลลิกรัมต่อลิตร อุณหภูมิ 22 องศาเซลเซียส
- สมบัติทางกายภาพ ดังนี้

1. จุดเดือด มีการสลายตัว (ไม่ระบุข้อมูล)
2. จุดหลอมเหลว 142 องศาเซลเซียส (293 องศาฟาเรนไฮต์)
3. ความหนาแน่น 1.2 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (อุณหภูมิ 25 องศา

เซลเซียส)

4. ลักษณะเป็นผลึกสีขาว ละลายได้ดีในตัวทำละลายมีขี้ เช่น อะซีโตน (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2517)

3.1.2 ความเป็นพิษ

คาร์บาริลเป็นสารกำจัดแมลงที่ใช้แพร่หลายในการเกษตร ซึ่งสารชนิดนี้จะส่งผลต่อระบบประสาทของแมลงโดยการสัมผัสหรือการกลืนกิน และจะรบกวนการทำงานของระบบประสาทโดยการเพิ่ม carbamyl moiety ไปยังตำแหน่งที่ใช้งานของเอนไซม์ acetylcholinesterase ซึ่งจะป้องกันไม่ให้เกิดปฏิกิริยากับ acetylcholine ทำให้ระบบประสาทเกิดความผิดปกติ (Environmental Protection Agency [EPA], 2000) ซึ่งมีรายงานการวิจัยของ Ann *et al.*, (n.d.) พบว่า คาร์บาริลมีความเป็นพิษปานกลางในช่องปากของหนูและมีความเป็นพิษต่ำเมื่อมีการสูดดม หรือการหายใจเข้าไป ในการศึกษาเกี่ยวกับความเป็นพิษเฉียบพลัน เมื่อหนูได้รับสารคาร์บาริลทางปากจะมีค่า LD_{50} เท่ากับ 614 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม-น้ำหนักตัว ขณะที่ได้รับสารคาร์บาริลทางผิวหนังจะมีค่า LD_{50} เท่ากับ > 5000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม-น้ำหนักตัว การศึกษาการสูดดมแบบเฉียบพลัน พบว่า ปริมาณคาร์บาริลส่งผลให้ค่า LC_{50} ในหนูเพศชายสูงกว่า 4.62 มิลลิกรัมต่อลิตร-น้ำหนักตัว และในหนูเพศหญิงมีค่า 2.43 มิลลิกรัมต่อลิตร-น้ำหนักตัว

จากข้อมูลดังกล่าว จึงได้มีการจัดหมวดหมู่ระดับความเป็นพิษของสารคาร์บาริล เพื่อเป็นการเตือนและมีความระมัดระวังในการใช้สารเคมี เพื่อความปลอดภัยต่อผู้ใช้งาน ดังตารางที่ 2

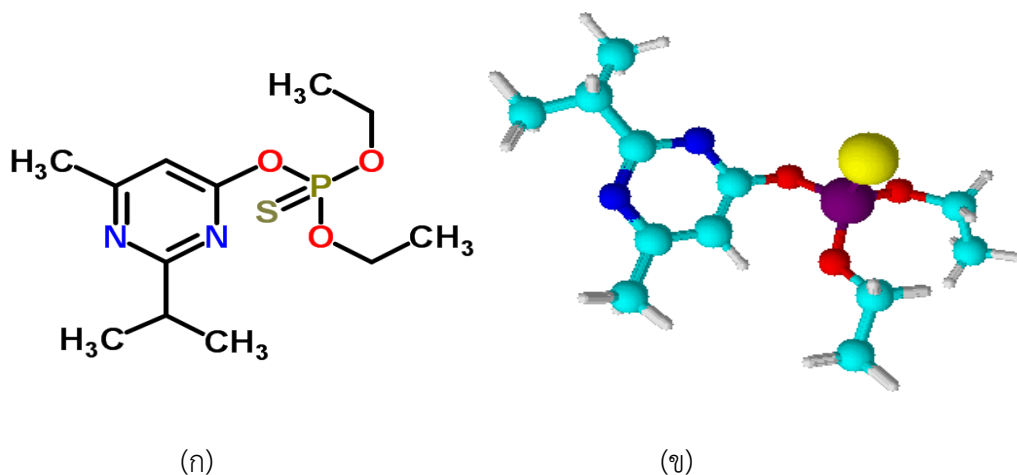
ตารางที่ 2 การจัดหมวดหมู่ระดับความเป็นพิษ

	ความเป็นพิษสูง	ความเป็นพิษปานกลาง	ความเป็นพิษต่ำ	ความเป็นพิษต่ำมาก
ความรุนแรงที่รับ ทางปาก LD ₅₀ (มิลลิกรัมต่อ กิโลกรัม·น้ำหนักตัว)	≤ 50	> 50-500	> 500-5000	> 5000
ความรุนแรงที่รับ ทางผิวหนัง LD ₅₀ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม· น้ำหนักตัว)	≤ 200	> 200-2000	> 2000-5000	> 5000
ความรุนแรงที่รับ ทางการหายใจ LD ₅₀ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม· น้ำหนักตัว)	≤ 0.05	≥ 0.05-0.5	> 0.5-2.0	> 2.0

ที่มา: Office of Pesticide Programs U.S. Environmental Protection Agency, [EPA] (2015)

3.2 ไดอาซีนอน (Diazinon)

3.2.1 โครงสร้างและสมบัติต่าง ๆ ของสาร



ภาพที่ 3 โครงสร้างของสารไดอาซีนอน (Diazinon) (ก) และ โครงสร้างสามมิติของสารไดอาซีนอน (Diazinon) (ข) ในกลุ่มของ organophosphate

- ชื่อทั่วไป คือ ไดอาซีนอน (Diazinon)
- ชื่อตามโครงสร้างตาม IUPAC คือ *O,O-Diethyl O-[4-methyl-6-(propan-2-yl)pyrimidin-2-yl] phosphorothioate*
- สูตรโมเลกุล คือ $C_{12}H_{21}N_2O_3PS$
- มวลโมเลกุล เท่ากับ 304.34 กรัมต่อโมล
- สมบัติการละลายน้ำ เท่ากับ 40 มิลลิกรัมต่อลิตร อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส
- สมบัติทางกายภาพ ดังนี้
 1. จุดเดือด มีการสลายตัว > 248 องศาฟาเรนไฮต์
 2. จุดหลอมเหลว < 25 องศาเซลเซียส
 3. ความหนาแน่น 1.116-1.118 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส)
 4. ลักษณะเป็นของเหลวไม่มีสี มีกลิ่นฉุน ละลายได้ดีในตัวทำละลายมีขั้ว เช่น อะซีโตน (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2517)

3.4 ค่าปริมาณที่ยอมให้มีการตกค้างสูงสุด (Maximum Residue Levels, MRLs)

เนื่องจากหลายประเทศมีการใช้สารกำจัดศัตรูพืชหลากหลายชนิดในการเกษตร ทำให้มีสารตกค้างบนผักและผลไม้ และเพื่อให้ผู้บริโภคได้รับสารพิษตกค้างจากสารกำจัดศัตรูพืชน้อยที่สุด ทำให้เกิดการกำหนดค่าที่ยอมให้มีสารตกค้างบนผักและผลไม้ เรียกว่า Maximum Residue Levels (MRLs) ของคะน้าและสารกำจัดแมลงคาร์บาริล ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าที่ยอมให้มีการตกค้างสูงสุด (MRLs) ของคาร์บาริลในคะน้า

หน่วยงานที่เป็นผู้กำหนดค่า ยอมให้มีการตกค้างได้สูงสุด	สารคาร์บาริลที่ตกค้างบนคะน้า (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	แหล่งอ้างอิง
กระทรวงเกษตรและสหกรณ์	1.00	กระทรวงเกษตรและ สหกรณ์ (2557)
EU Commission	0.01	European Commission (2016)
The Japan Food Chemical Research Foundation (FFCR)	10.00	Chemical Research Foundation (2016)

3.5 สารทำความสะอาด

1. โซเดียมไบคาร์บอเนต (Sodium bicarbonate) หรือ เบกกิ้งโซดา (NaHCO_3) มีลักษณะเป็นผลึกสีขาวที่ละลายน้ำได้ดี มีความเป็นด่าง

วิธีใช้ โซเดียมไบคาร์บอเนต 1 ช้อนโต๊ะ ผสมน้ำอุ่น 1 กระละมัง (20 ลิตร) แช่นาน 15 นาที แล้วนำไปล้างด้วยน้ำสะอาด ลดปริมาณสารพิษลงได้ถึงร้อยละ 90-95 (ฉัตรนภา, 2556)

2. น้ำยาล้างผักโครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดา มีส่วนประกอบสำคัญ คือ Amino Soap Sodium Chloride

วิธีใช้ กดผลิตภัณท์ล้างผักและผลไม้ 2 ครั้ง (หัวปั๊ม) ผสมน้ำ 3 ลิตร

3. น้ำยาล้างจานทางการค้า มีส่วนประกอบสำคัญ คือ Sodium lauryl ether sulphate 17.5% w/w, Cocamidopropyl betaine 7.5% w/w และ Ethoxylated alcohol 5.0% w/w : ซึ่งยังไม่เคยมีรายงานการล้างสารกำจัดศัตรูพืช

วิธีใช้ ผสมผลิตภัณฑ์ 3 มิลลิลิตร (เท่ากับการกดหนึ่งครั้งด้วยหัวกดของน้ำยาล้างจาน) ต่อน้ำ 5 ลิตรในอ่างล้างจาน

มีรายงานการวิจัยที่ศึกษาวิธีการล้างเพื่อลดปริมาณคลอรีนไฟฟอสในโหระพา ด้วยวิธีการล้าง 7 วิธี ได้แก่ 2% CH_3COOH , 2% KMnO_4 2% NaHCO_3 2% Na_2CO_3 5% NaHCO_3 5% Na_2CO_3 และผลิตภัณฑ์ล้างผักและผลไม้โครงการสวนพระองค์สวนจิตรลดาในปริมาตร 2 ลิตร นาน 5 นาที ในการลดความเข้มข้นสารคลอรีนไฟฟอสที่ปนเปื้อนในโหระพาที่อัตราแนะนำ (40 มิลลิลิตร ต่อน้ำ 20 ลิตร) (ธัญรดี, 2560) เก็บตัวอย่าง 1 วันหลังการฉีดพ่นตัวอย่างโหระพา พบว่า การแช่ 2% CH_3COOH และ 2% KMnO_4 ทำให้เกิดการเหี่ยวช้ำและติดสีของโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ในขณะที่ 2% NaHCO_3 , 2% Na_2CO_3 และผลิตภัณฑ์ล้างผักและผลไม้โครงการสวนพระองค์สวนจิตรลดา มีแนวโน้มของปริมาณการตกค้างเพิ่มขึ้น อาจเป็นเพราะขณะที่ล้างและแช่ในสารละลายที่ทดสอบนาน 5 นาที แล้วจึงล้างด้วยน้ำไหลอีกประมาณ 3 วินาที ทำให้สารตกค้างบนใบโหระพานั้น อาจจะถูกชะออกไม่หมด จึงเกิดจากการปนเปื้อนในระหว่างขั้นตอนการทดลอง เมื่อเพิ่มความเข้มข้น NaHCO_3 , Na_2CO_3 เป็น 5% และนำมาล้างด้วยน้ำไหลอีก 5 นาที หลังการแช่สารละลาย พบว่า ผลิตภัณฑ์ล้างผักและผลไม้โครงการสวนพระองค์สวนจิตรลดา ลดลงมากที่สุด รองลงมาคือ 5% NaHCO_3 และ 5% Na_2CO_3 ตามลำดับ มีเปอร์เซ็นต์การลดลงเท่ากับ 29.8% 27.7% และ 21.2% ตามลำดับ

การลดปริมาณเมโธมิล ซึ่งเป็นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมตจากมะเขือเทศ หลังจากใช้สารชักพอกหลายรูปแบบ โดยการล้างด้วย น้ำกลั่น นม น้ำมะนาว 5% และโซเดียมไบคาร์บอเนต (NaHCO_3) 5% เป็นเวลา 10 นาที (Rasolonjatovo, M. A. *et al.*, 2017) พบว่า การล้างมะเขือเทศด้วยน้ำกลั่นมีประสิทธิภาพในการลดความเข้มข้นของเมโธมิลได้ดีที่สุด รองลงมา คือ โซเดียมไบคาร์บอเนต และน้ำมะนาว มีเปอร์เซ็นต์การลดลงอยู่ที่ 66% 56% และ 46% ตามลำดับ และการล้างด้วยนมมีประสิทธิภาพในการลดเมโธมิลได้น้อยที่สุด คือ 37%

ผลของกระบวนการทางครีวเรื่อนที่มีผลต่อการลดปริมาณสารตกค้างในผัก เช่น การล้าง การต้ม ในตัวอย่างผักสามชนิดที่มีการปนเปื้อนสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมต (คาร์โบฟูแรน) ได้แก่ มะเขือ กระหล่ำปลี และกระเจี๊ยบ (Chaudhary *et al.*, 2008) โดยนำตัวอย่างผักทั้งสามชนิด ล้างด้วยน้ำประปาเป็นเวลา 1 นาที พบว่า สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมต ซึ่งตรวจพบในมะเขือ เท่านั้น มีการลดลง 21%

วิธีการลดปริมาณความเข้มข้นของสารเคมีกำจัดแมลงศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมต ได้แก่ เมโธมิล และคาร์บาริล ด้วยการใช้น้ำในครีวเรื่อน ซึ่งประกอบด้วยโซเดียมคลอไรด์ 0.9% โซเดียมโบคาร์บอเนต 0.1% โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต 0.001% กรดอะซิติก 0.1% และน้ำประปา ในการล้างคะน้า (Klinhom *et al.*, 2008) พบว่า การใช้โซเดียมคลอไรด์ 0.9% ลดปริมาณความเข้มข้นของเมโธมิลและคาร์บาริลลง 48% และ 93% โซเดียมโบคาร์บอเนต 0.1% ลดปริมาณความเข้มข้นของเมโธมิลและคาร์บาริลลง 39% และ 91% โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต 0.001% ลดปริมาณความเข้มข้นของเมโธมิลและคาร์บาริลลง 43% และ 91% กรดอะซิติก 0.1% มีปริมาณความเข้มข้นของเมโธมิลและคาร์บาริลลดลง 43% และ 90% และน้ำประปา มีปริมาณความเข้มข้นของเมโธมิลและคาร์บาริลลดลง 38% และ 88% ตามลำดับ ซึ่งจากผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าการล้างคะน้าด้วยสารเคมีในครีวเรื่อน มีประสิทธิภาพในการลดความเข้มข้นของสารเคมีกำจัดแมลงได้ดีกว่าการใช้น้ำล้างผักเพียงอย่างเดียว

ผลของการล้างสารกำจัดศัตรูพืชในกลุ่มออร์แกโนฟอสฟอรัสตกค้างจากในครีวเรื่อนในแตงกวาสด (Liang *et al.*, 2012) โดยการตรวจวัดระดับสารตกค้างในกลุ่มออร์แกโนฟอสฟอรัส (trichlorfon, dimethoate, dichlorvos, fenitrothion และ chlorpyrifos) ทำการล้างสารตกค้างด้วยน้ำประปา และสารละลายต่างๆ ได้แก่ NaCl (2%และ5%), CH_3COOH (2% และ 5%), Na_2CO_3 (2% และ 5%) และ NaHCO_3 (2% และ 5%) นาน 5 10 และ 20 นาที พบว่าเวลา 5 นาที ที่ความเข้มข้น 2% NaHCO_3 สามารถลดสารตกค้างคลอร์ไพริฟอสได้มากที่สุด รองลงมา คือ 2% - ของ Na_2CO_3 ตามมาด้วย NaCl และ CH_3COOH ตามลำดับ มีเปอร์เซ็นต์การลดลงอยู่ที่ 75.3% 60.4% 55.6% และ 54.3% ตามลำดับและที่ความเข้มข้น 5% NaHCO_3 ลดสารตกค้างคลอร์ไพริฟอสได้มากที่สุด รองลงมาคือ Na_2CO_3 ตามมาด้วย NaCl และ CH_3COOH ตามลำดับ มีเปอร์เซ็นต์การลดลงอยู่ที่ 80.2% 65.4% 58.0% และ 56.8% ซึ่งน้ำประปาสามารถลดปริมาณคลอร์ไพริฟอสได้น้อยที่สุดคือ 53.1%

การลดปริมาณสารพิษตกค้างโปรพิโนฟอสและไซเปอร์เมทรินด้วยการล้าง 4 วิธี คือ การล้างน้ำไหลผ่าน การล้างด้วยโซเดียมไบคาร์บอเนต (NaHCO_3) การล้างด้วยน้ำส้มสายชู และการล้างด้วยด่างทับทิม (KMnO_4) (Wanwimolruk *et al.*, 2015) พบว่า การล้างน้ำไหลผ่านเป็นวิธีที่สามารถลดการตกค้างโปรพิโนฟอสได้มากที่สุด 54% รองลงมา คือ โซเดียมไบคาร์บอเนต น้ำส้มสายชู และการล้างด้วยด่างทับทิม ตามลำดับ ขณะที่การใช้น้ำส้มสายชูเป็นวิธีที่ลดการตกค้างของไซเปอร์เมทรินได้มากที่สุด 48 % รองลงมา คือ การใช้ด่างทับทิม การล้างน้ำไหลผ่าน และโซเดียมไบคาร์บอเนต ตามลำดับ

ผลของการล้างสารตกค้างคาร์บาริล และแมนโดเซ็บ ในแตงกวาที่ปลูกในเรือนกระจก (Saeedi *et al.*, 2016) โดยมีวิธีการล้างสองวิธี คือ การล้างแตงกวาด้วยน้ำประปาเป็นเวลา 10 นาที และวิธีการล้างโดยใช้ผงซักฟอกจากนั้นล้างด้วยน้ำไหลผ่านเป็นเวลา 10 นาที พบว่า การล้างด้วยน้ำประปาและผงซักฟอกมีการลดลง 41.6% และ 54.6% ตามลำดับ

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์และสารเคมี

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. ผักคะน้ายอด พันธุ์ไต้หวัน บางบัวทอง 35
2. กระจกฉีดพ่นยาฆ่าแมลง ขนาด 2 ลิตร ชนิดหัวกดแบบปั๊มฉีดด้วยแรงดัน (Garden pump & spray)
3. เครื่องแก้วพื้นฐาน
4. เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง (METTER TOLEDO รุ่น ML204)
5. หลอดเซนติฟิวก์ ขนาด 50 มิลลิตร
6. หลอดไมโครเซนติฟิวก์ ขนาด 1.50 มิลลิตร
7. ขวดแก้วไวโอล (vial)
8. ไมโครปิเปต (100-1000 ไมโครลิตร)
9. เข็มฉีดยา ขนาด 1 มิลลิตร (NIPRO, Thailand)
10. เข็กรองไนลอน ขนาด 0.45 ไมโครเมตร
11. เครื่องปั่น (Tefal)
12. เครื่องเขย่า (Vortex Mixer) (VELP SCIENTIFICA)
13. เครื่องเซนติฟิวก์ (EPPENDORF, Centrifuge 5810 R)
14. เครื่องไมโครเซนติฟิวก์ (MIKRO 120) (Hettirh Zentrifugen รุ่น D-78523 tuttling)
15. เครื่องระเหยแบบหมุน (Rotary Evaporator) (BUCHI Rotavapor R-200, Thailand)
16. เครื่อง High-performance liquid chromatography (HPLC) (Hitachi CM-5000)

สารเคมี

1. คาร์บาริล (Carbaryl, 1-naphthyl methylcarbamate, เซฟทริน 85), (มิตรสมบูรณ์ บจก., มีความเข้มข้น 85 %W/V WP)
2. คาร์บาริล (Carbaryl, 1-naphthyl methylcarbamate, $C_{12}H_{11}NO_2$, Sigma-Aldrich, มีความบริสุทธิ์ร้อยละ 98)
3. ไดอะซินอน (Diazinon, *O,O*-Diethyl *O*-[4-methyl-6-(propan-2-yl) pyrimidin-2-yl] phosphorothioate, $C_{12}H_{21}N_2O_3PS$, Dr. Ehrenstorfer มีความบริสุทธิ์ร้อยละ 98.91)
4. อะซิโตนไทรล์ (Acetonitrile, CH_3CN , Daejung Chemical &, HPLC Grade)
5. โซเดียมคลอไรด์ (Sodium chloride, NaCl, Ajax Finechem Ptyltd, AR Grade)
6. แมกนีเซียมซัลเฟต-ดรายด์ (Magnesium Sulfate, $MgSO_4$, QREC, AR Grade)
7. ไพรมารี เซคคันดารี เอมีน (Primary secondary amine (40 μ m), Agilent Technologies)
8. โซเดียมไบคาร์บอเนต ((Baking Soda), sodium bicarbonate, $NaHCO_3$, Mc garret) ผลิตภัณฑ์ล้างผักและผลไม้โครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดา
9. น้ำยาล้างจานทางการค้า (ส่วนประกอบหลัก คือ Sodium lauryl ether sulphate 17.5%w/w , Cocamidopropyl betaine 7.5%w/w และ Ethoxylated alcohol 5.0%w/w)

วิธีการ

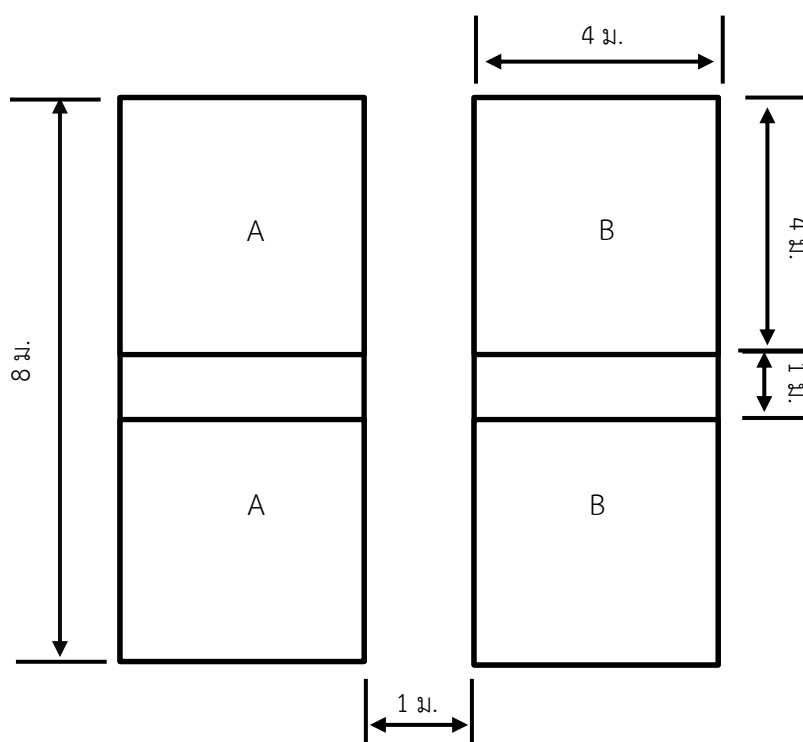
1. ออกแบบการทดลอง

ผักที่วางขายตามตลาด ไม่สามารถบอกได้ว่าปลอดภัยจากสารกำจัดศัตรูจริงหรือไม่ ดังนั้น เพื่อเป็นการมั่นใจว่าผักที่ทำการทดลองเป็นผักปลอดสารพิษ ผู้วิจัยจึงได้ปลูกพืชทดลองในแปลงเอง

แปลงการทดลอง ประกอบด้วยแปลงหลัก 2 แปลง แต่ละแปลงมีขนาด 4×8 เมตร และในแปลงหลักแต่ละแปลงประกอบด้วยแปลงทดลองย่อย 2 แปลง มีขนาดของแปลงทดลองย่อย 4×4 เมตร มีระยะห่างระหว่างแปลงย่อย 1 เมตร ระยะห่างระหว่างแปลงหลัก 1 เมตร โดยลักษณะของแปลงทดลอง คือ

1. แปลงควบคุม (A) (control) คือ แปลงที่ไม่มีการฉีดพ่นคาร์บาริล และสารกำจัดแมลงชนิดอื่น

2. แปลงที่มีการฉีดพ่นคาร์บาริล (B)



ภาพที่ 4 การจัดแปลงปลูกคะน้า

2. การทดลองในแปลง

2.1 การปลูกและการดูแลรักษา

ปลูกคะน้าโดยใช้แปลงปลูกของเกษตรกร ในตำบลทุ่งกระพังโหม อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม วิธีการปลูกใช้การหว่านเมล็ดคะน้าลงในแปลงเพาะกล้า หลังจากนั้น 15 -20 วัน ทำการย้ายต้นกล้าไปปลูกในแปลงทดลอง ใส่ปุ๋ยอินทรีย์และให้น้ำโดยใช้สปริงเกอร์เปิดน้ำวันละ 2 ครั้ง ในช่วงเช้าและเย็นอย่างสม่ำเสมอ

2.2. การฉีดพ่นคาร์บาริลและการเก็บตัวอย่าง

แปลง A ไม่มีการฉีดพ่นคาร์บาริล แต่ฉีดพ่นน้ำ

แปลง B ฉีดพ่นคาร์บาริลในอัตราส่วน 2 กรัมต่อน้ำ 2 ลิตร โดยลักษณะการฉีดพ่น ฉีดใกล้ใบคะน้าทั่วทั้งลำต้น มีระยะห่างโดย ประมาณ 5-7 เซนติเมตร (ฉีดสารละลายคาร์บาริลด้วย อัตรา 1 ลิตรต่อ 1 แปลงย่อย) สุ่มเก็บตัวอย่างคะน้าหลังการฉีดพ่นคาร์บาริล 1 วัน โดยสุ่มเก็บตัวอย่างในแต่ละแปลงใส่ในถุงพลาสติกแล้วจึงปิดถุง นำตัวอย่างไปเก็บไว้ในตู้แช่เย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อรอการวิเคราะห์ปริมาณคาร์บาริล

3. การล้างผักเพื่อลดความเข้มข้น

ผู้วิจัยได้เลือกวิธีการล้างที่ใช้ในการกำจัดสารคาร์บาริล 4 วิธี คือ ล้างด้วย น้ำประปาไหลผ่าน 5% โซเดียมไฮโปคลอไรต์ 5% ผลิตภัณฑ์ล้างผักและผลไม้โครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดา และ 5% น้ำยาล้างจานทางการค้า โดยนำผักคะน้าที่ไม่มีการฉีดพ่นสารคาร์บาริลที่เก็บแยกไว้ และ นำผักคะน้าที่มีการฉีดพ่นสารคาร์บาริลรวมกันทั้งหมด ล้างคะน้าด้วยน้ำประปาเพื่อกำจัดเศษดินและ ฝุ่นออก วางไว้ให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง 28-29 องศาเซลเซียส จากนั้นสุ่มตัวอย่างผักคะน้าเพื่อนำมา ล้างด้วยวิธีด้านล่าง

3.1 นำผักคะน้าที่ไม่มีการฉีดพ่นสารคาร์บาริลที่เก็บแยกไว้ ล้างด้วยน้ำประปาเพื่อกำจัดเศษดินและฝุ่นออก ทั้งไว้ให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง 28-29 องศาเซลเซียส (3 ชั่วโมง)

3.2 ตัวอย่างคะน้าที่มีการปนเปื้อนคาร์บาริลมีวิธีล้าง ดังนี้

3.2.1 ล้างน้ำประปาเพื่อกำจัดเศษดินและฝุ่นออก (เพื่อเป็นตัวอย่างกลุ่มควบคุมที่ไม่ล้าง)

3.2.2 ล้างน้ำประปาไหลผ่าน เป็นเวลา 5 นาที ขณะล้างทำการถูที่ผิวใบผัก

3.2.3 ล้างด้วย 5% โซเดียมไฮโปคลอไรต์ แช่เป็นเวลา 5 นาที ขณะล้างทำการถูที่ผิวใบผัก และล้างด้วยน้ำประปาไหลผ่านอีก 5 นาที

3.2.4 ล้างด้วย 5% ผลิตภัณฑ์ล้างผักและผลไม้โครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดา
แช่เป็นเวลา 5 นาที ขณะล้างทำการถูที่ผิวใบผัก และล้างด้วยน้ำไหลผ่านอีก 5 นาที

3.2.5 ล้างด้วย 5% น้ำยาล้างจานทางการค้า แช่เป็นเวลา 5 นาที ขณะล้างทำการ
ถูที่ผิวใบผัก และล้างด้วยน้ำไหลผ่านอีก 5 นาที

3.3 ทิ้งให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง 28-29 องศาเซลเซียส (3 ชั่วโมง)

4. การวิเคราะห์หาปริมาณสารตกค้างคาร์บาริล

4.1. วิเคราะห์ปริมาณของคาร์บาริลด้วยวิธี multiresidue ซึ่งดัดแปลงจากวิธี QuEChERS
ของ (Anastassiades, *et al.*, 2003) มีวิธีการดังนี้

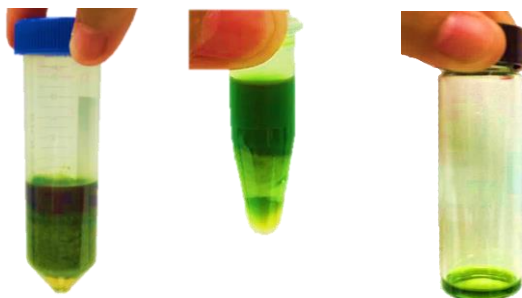
4.1.1 นำตัวอย่างผักคะน้ามาหั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ แล้วนำมาปั่นให้ละเอียด ชั่งตัวอย่าง
ผัก 10 กรัม (เทคนิค 4 ตำแหน่ง) ใส่หลอดเซนติฟิวก์ขนาด 50 มิลลิลิตร โดยทำการทดลอง 5 ซ้ำ

4.1.2 เติมอะซิโตนไธล์ 10.00 มิลลิลิตร และเติมสารไดอะซินอน 500 มิลลิกรัม
ต่อลิตร ปริมาตร 100 ไมโครลิตร (สารมาตรฐานภายใน) ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่อง vortex mixer
เป็นเวลา 1. นาที จากนั้นเติมแมกนีเซียมซัลเฟต 4.00 กรัม และโซเดียมคลอไรด์ 1.00 กรัม ผสมให้
เข้ากันด้วยเครื่อง Vortex Mixer เป็นเวลา 1. นาที จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องเซนติฟิวก์
ความเร็วรอบ 4,000 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 นาที

4.1.3 ดูดสารละลายส่วนใสที่ได้จากการปั่นเหวี่ยง 1.00 มิลลิลิตร ใส่ในหลอด
ไมโครเซนติฟิวก์ขนาด 1.5 มิลลิลิตร ที่บรรจุสาร solid phase extraction (SPE) ชนิด primary
secondary amine (PSA) 50 มิลลิกรัม และแมกนีเซียมซัลเฟต 150 มิลลิกรัม บรรจุอยู่ภายใน
ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่อง vortex mixer นาน 30 วินาที จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องเซนติ
ฟิวก์ความเร็วรอบ 5,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที

4.1.4 ปิเปตสารละลายที่ได้ 0.5 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดไวโอล ขนาด 20.00
มิลลิลิตร แล้วจึงนำไประเหยด้วยเครื่อง rotary evaporator ที่อุณหภูมิ 30.0 องศาเซลเซียสจนแห้ง

4.1.5 จากนั้นเติมตัวทำละลายอะซิโตนไธล์ 1.00 มิลลิลิตร แล้วกรองผ่านเยื่อ
membrane nylon filter 0.45 ไมโครเมตร แล้วจึงนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC-UV



ภาพที่ 5 การสกัดในแต่ละขั้นตอนของสารตกค้างในค่าน้ำ โดย (ก)

การสกัดตามข้อ 4.1.1 – 4.1.2 (ข) การสกัดตามข้อ 4.1.3 และ (ค)

การสกัดตามข้อ 4.1.4

5. การทดสอบด้วยเครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง

สภาวะของเครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (High Performance Liquid Chromatography, HPLC)

- ตัวอย่างปริมาตร 10.0 ไมโครลิตร
- อุณหภูมิของคอลัมน์ คือ 24.0 องศาเซลเซียส
- อัตราการไหลผ่านคอลัมน์ 1.0 มิลลิลิตรต่อนาที
- คอลัมน์ที่ใช้เป็น Reverse Phase Columns ชนิด ACE Generix 5 C18 (250×4.0 มิลลิเมตร)
- เฟสเคลื่อนที่ (mobile phase) คือ อะซิโตน-ไทล-น้ำ (55:45 ร้อยละโดยปริมาตร)
- ดีเทคเตอร์ที่ใช้ คือ อัลตราไวโอเลต ความยาวคลื่น 219 นาโนเมตร

6. การตรวจสอบความถูกต้องของวิธีการวิเคราะห์

6.1 เตรียมสารละลายมาตรฐานคาร์บาริล

เตรียมสารละลายมาตรฐานคาร์บาริลที่ระดับความเข้มข้น 0.5000, 1.0000, 2.0000, 3.0000 และ 5.0000 มิลลิกรัม/ลิตร โดยใช้อะซิโตรไนโตรไธลปริมาณ 10 มิลลิตร เป็นตัวทำละลาย ฉีดสารละลายมาตรฐานเข้าเครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง สร้างกราฟมาตรฐานระหว่างความเข้มข้นกับพื้นที่ใต้พีค หาค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ (R^2) เพื่อศึกษาความเป็นเส้นตรงของกราฟมาตรฐาน

6.2 เตรียมสารละลายมาตรฐานไดอาซินอน

เตรียมสารละลายมาตรฐานคาร์บาริลที่ระดับความเข้มข้น 0.5000, 1.0000, 1.5000, 2.0000, 2.5000 และ 5.0000 มิลลิกรัม/ลิตร โดยใช้อะซิโตรไนโตรไธลปริมาณ 10 มิลลิตร เป็นตัวทำละลาย ฉีดสารละลายมาตรฐานเข้าเครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง สร้างกราฟมาตรฐานระหว่างความเข้มข้นกับพื้นที่ใต้พีค หาค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ (R^2) เพื่อศึกษาความเป็นเส้นตรงของกราฟมาตรฐาน

6.3 การหาประสิทธิภาพของวิธีการสกัด

ในการสกัดสารกำจัดแมลงศัตรูพืชด้วยวิธี multiresidue ซึ่งดัดแปลงจากวิธี QuEChERS ของ (Anastassiades *et al.*, 2003) ซึ่งการสกัดมีหลายขั้นตอน ทำให้สารกำจัดแมลงเกิดการสูญเสียในระหว่างการสกัดได้ เพื่อทดสอบว่าสารสกัดว่ามีค่าที่เหมาะสมหรือไม่ โดยการเติมสารละลายมาตรฐานภายในไดอาซินอนที่ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัม/ลิตร ปริมาตร 100 ไมโครลิตร ลงในสารสกัดตัวอย่าง และดำเนินการตามวิธีการสกัดต่อไป จากนั้นนำไปวิเคราะห์หาปริมาณด้วยเครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง จะได้พื้นที่ใต้กราฟนำไปคำนวณหาความเข้มข้น เพื่อหาร้อยละการได้กลับคืนมาได้ ดังสมการที่ 1

$$\text{ร้อยละการได้กลับคืนมา (\%recovery)} = \frac{\text{ความเข้มข้นของไดอาซินอนที่วัดได้}}{\text{ความเข้มข้นของไดอาซินอนที่เติม}} \times 100 \dots 1$$

7. การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธีของ Duncan's new multiple range test ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป IBM SPSS Statistic 23

สถานที่และระยะเวลาทำการวิจัย

สถานที่

1. โครงการจัดตั้งภาควิชาเคมี คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม
2. ห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยา โครงการจัดตั้งภาควิชาจุลชีววิทยา คณะศิลปศาสตร์และ
วิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม
3. ห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะศิลปศาสตร์และ
วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม
4. แปลงปลูกทดลองของนายสุรชาติ พิมพ์ ณ ตำบลทุ่งกระพังโหม อำเภอกำแพงแสน
จังหวัดนครปฐม

ระยะเวลาในการทดลอง

เริ่มตั้งแต่เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2560 - เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2561

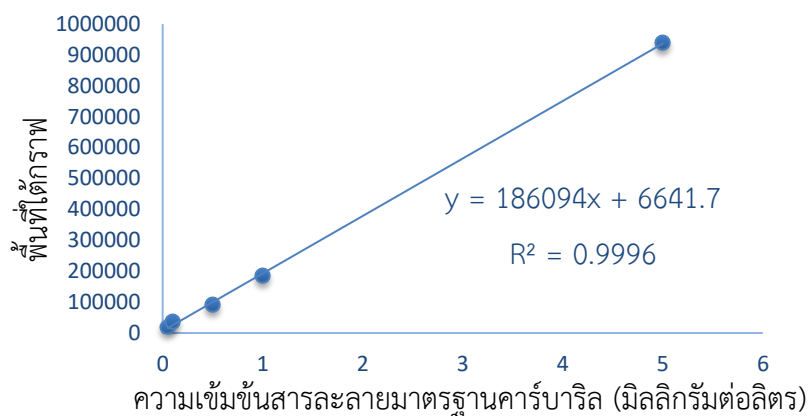
ผลและวิจารณ์ผล

1. ผลการทดสอบวิธีการวิเคราะห์

การวิเคราะห์ผลการทดลอง การหาปริมาณสารตกค้างของคาร์บาริลในค่น้ำหลังการล้างด้วยเครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง เพื่อใช้ในการเทียบหาปริมาณสารตกค้างของคาร์บาริล โดยการเตรียมความเข้มข้นสารละลายมาตรฐานคาร์บาริล 0.0500, 0.1000, 0.5000, 1.0000 และ 5.0000 มิลลิกรัมต่อลิตร นำไปวัดด้วยเครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง ได้พื้นที่ใต้กราฟ แสดงในตารางที่ 5 สมการที่ได้ $y = 186094x + 6641.7$ และ $R^2 = 0.9996$ ดังภาพที่ 6 มีเวลาที่สารเคลื่อนที่ผ่านคอลัมน์ถึงสัญญาณสูงสุดเท่ากับ 5.89 - 5.91 นาที ดังนั้น สมการนี้สามารถใช้เปรียบเทียบเพื่อคำนวณหาความเข้มข้นของคาร์บาริลในตัวอย่างได้

ตารางที่ 4 ความเข้มข้นและพื้นที่ใต้กราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานคาร์บาริล

ความเข้มข้นสารละลายมาตรฐาน คาร์บาริล (มิลลิกรัมต่อลิตร)	พื้นที่ใต้กราฟ
0.0500	18726
0.1000	36149
0.5000	91892
1.0000	184718
5.0000	939251

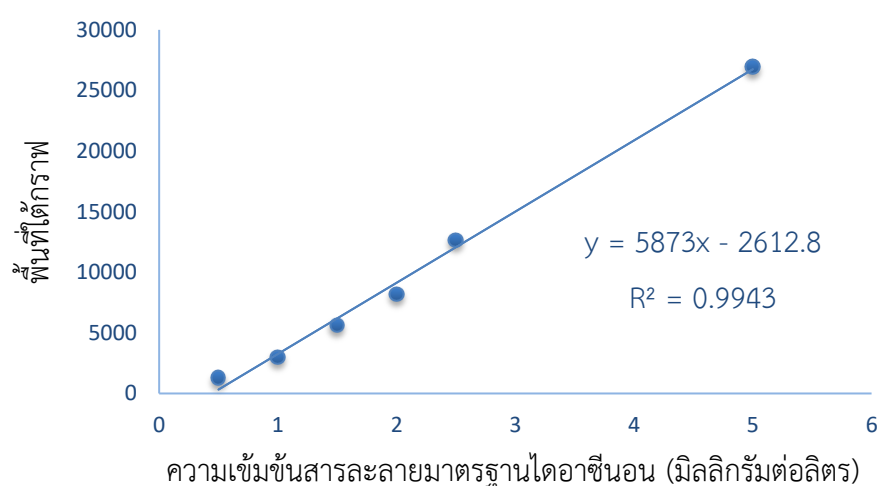


ภาพที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ใต้กราฟและความเข้มข้นสารละลายมาตรฐานคาร์บาริล

การวิเคราะห์ผลการทดลอง การหาปริมาณสารตกค้างของคาร์บาริลบนคะน้าหลังการล้าง ด้วยเครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง เพื่อใช้ในการเทียบหาปริมาณสารตกค้างของ ไดอาซินอนซึ่งเป็นสารมาตรฐานที่เติมลงในตัวอย่าง (internal standard) จึงมีการเตรียมความเข้มข้นสารละลายมาตรฐานไดอาซินอน 0.0500, 0.1000, 0.5000, 1.0000 และ 5.0000 มิลลิกรัมต่อลิตร นำไปวัดด้วยเครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง ได้พื้นที่ใต้กราฟ แสดงในภาคผนวกที่ ก (ตารางที่ 5) สมการที่ได้ $y = 57843x - 2612.8$ และ $R^2 = 0.9943$ ดังภาพที่ 7 มีเวลาที่สารเคลื่อนที่ผ่านคอลัมน์ถึงสัญญาณสูงสุดเท่ากับ 24.14 - 24.50 นาที ดังนั้น สมการนี้สามารถใช้เปรียบเทียบเพื่อคำนวณหาความเข้มข้นของไดอาซินอนในตัวอย่างได้

ตารางที่ 5 ความเข้มข้นและพื้นที่ใต้กราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐาน

ความเข้มข้นสารละลายมาตรฐาน ไดอะซีนอน (มิลลิกรัมต่อลิตร)	พื้นที่ใต้กราฟ
0.5000	1278
1.0000	3006
1.5000	5647
2.0000	8202
2.5000	12646
5.0000	26957



ภาพที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ใต้กราฟและความเข้มข้นสารละลายมาตรฐานไดอะซีนอน

ร้อยละการได้กลับคืนของไดอะซีนอนอยู่ในช่วงระหว่าง 84.79 - 117.09 (แสดงในภาคผนวกที่ ก 1-ก 6)

2. ผลของการล้างด้วยสารทำความสะอาด

จากการศึกษาวิธีการล้างคาน้ำเพื่อลดความเข้มข้นของสารคาร์บาริลด้วยวิธีการล้างน้ำไหลผ่านและการล้างด้วยสารละลายทำความสะอาด ได้แก่ 5% โซเดียมไฮดรอกไซด์ 5% น้ำยาล้างผัก โครงการหลวง และ 5% น้ำยาล้างจานทางการค้า พบว่า วิธีการล้างด้วยน้ำประปาไหลผ่าน และ

วิธีการล้างด้วย 5% โซเดียมไบคาร์บอเนต และ 5% น้ำยาล้างผักโครงการหลวง แช่เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นนำมาล้างน้ำไหลผ่านอีก 5 นาที ลักษณะทางกายภาพของคะน้า ไม่มีรอยด่างดำ ซึ่งแตกต่างจากการล้างด้วยน้ำยาล้างจานทางการค้า ความเข้มข้น 5% แช่เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นนำมาล้างน้ำไหลผ่านอีก 5 นาที ที่พบว่า คะน้า มีรอยด่างดำ (ภาพที่ 8) เมื่อทิ้งไว้ให้แห้งเป็นเวลา 3 ชั่วโมง คะน้ายังคงมีรอยด่างดำติดอยู่ที่ผิวใบ โดยน้ำยาล้างจานทางการค้า มีส่วนประกอบหลักเป็นสารลดแรงตึงผิวประเภท sodium lauryl ether sulphate ทำให้สิ่งสกปรกหลุดออกและแขวนลอยอยู่ในน้ำ จึงทำความสะอาดที่พื้นผิว และอาจทำให้ผิวใบของคะน้าเกิดรอยด่างดำได้



(ก)



(ข)



(ค)



(ง)



(จ)

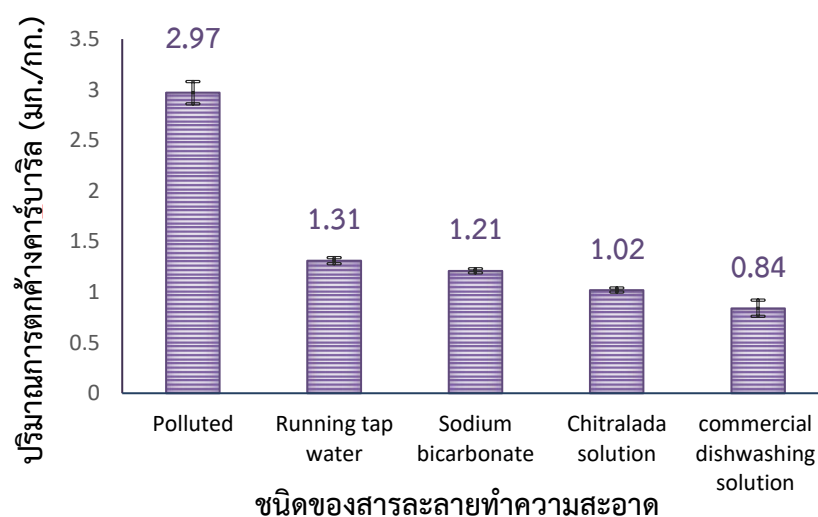
ภาพที่ 8 ลักษณะทางกายภาพคะน้าก่อนล้าง (ก) คะน้าหลังล้างด้วยน้ำไหลผ่าน (ข) คะน้าหลังล้างด้วย 5% โซเดียมไฮคาร์บอเนต (ค) คะน้าหลังล้างด้วย 5% น้ำยาล้างผักโครงการหลวง (ง) และ คะน้าหลังล้างด้วย 5% น้ำยาล้างจานทางการค้า (จ)

ตารางที่ 6 ปริมาณคาร์บาริลบนค่น้ำหลังการล้างด้วยสารทำความสะอาดชนิดต่างๆ

ชนิดของสารทำความสะอาดที่ใช้ล้าง	ปริมาณคาร์บาริลตกค้างในค่น้ำ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)
ผักค่น้ำควบคุมที่ไม่ฉีดพ่นคาร์บาริล	ไม่สามารถตรวจวัดได้
ผักค่น้ำที่ฉีดพ่นคาร์บาริล	2.97 ± 0.11^a
น้ำไหลประปาผ่าน	1.31 ± 0.03^b
5% โซเดียมไบคาร์บอเนต (NaHCO_3)	1.21 ± 0.02^b
5% น้ำยาล้างผักโครงการหลวง	1.02 ± 0.02^c
5% น้ำยาล้างจานทางการค้า	0.84 ± 0.08^d

หมายเหตุ 1. ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของสาร $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (5 ซ้ำ)

2. a, b, c, d อักษรต่างกัน แสดงว่า แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เปรียบเทียบโดยใช้ Duncan's new multiple range test



ภาพที่ 9 ปริมาณการตกค้างคาร์บาริลหลังล้างด้วยสารทำความสะอาดชนิดต่าง ๆ

จากวิธีการลดปริมาณของสารตกค้างคาร์บาริลโดยการล้างด้วยน้ำประปาไหลผ่านและสารทำความสะอาด ได้แก่ 5% โซเดียมไบคาร์บอเนต (NaHCO_3) 5% น้ำยาล้างผักโครงการหลวง และ 5% น้ำยาล้างจานทางการค้า พบว่า เมื่อเปรียบเทียบกับผักคะน้าที่ฉีดพ่นคาร์บาริลแต่ไม่ล้าง (Polluted) ปริมาณสารตกค้างคาร์บาริลลดลงอย่างมีนัยสำคัญจากวิธีการล้าง 4 วิธี อย่างไรก็ตาม ปริมาณสารตกค้างคาร์บาริลยังคงมีค่าการตกค้างเกินกว่าค่าที่ยอมให้มีการตกค้างสูงสุด (MRLs) ของ EU Commission (EU) และในประเทศไทย ตามมาตรฐานสินค้าเกษตรของกระทรวงการเกษตรและสหกรณ์ ซึ่งยอมให้มีการตกค้างสูงสุดเท่ากับ 0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และ 1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ยกเว้นการล้างคะน้าด้วย 5% น้ำยาล้างจานทางการค้า ที่มีปริมาณการตกค้างอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ขณะที่ปริมาณการตกค้างสูงสุดของ The Japan Food Chemical Research Foundation (FFCR) อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ เท่ากับ 10.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

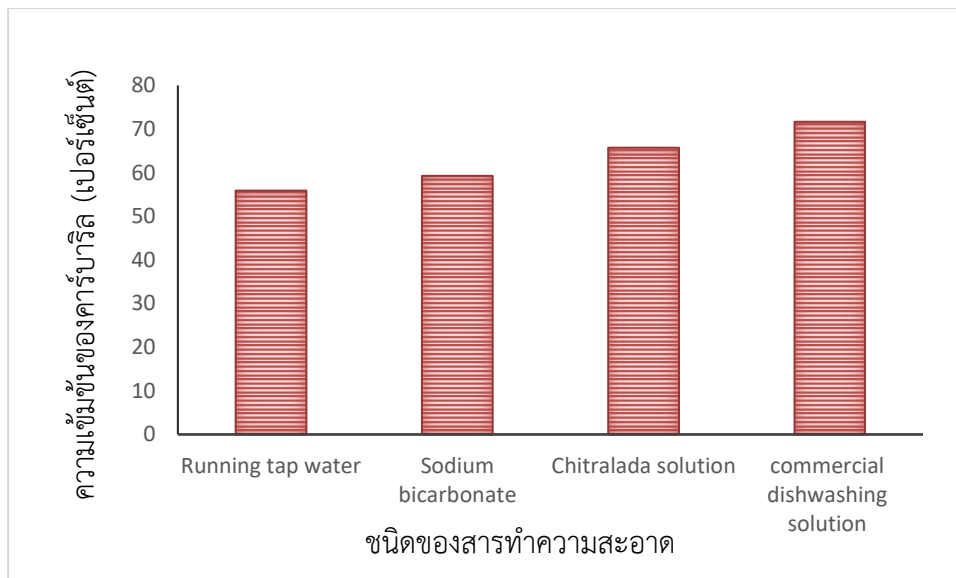
3. เปอร์เซ็นต์การลดลงของสารคาร์บาริล

จากข้อมูลปริมาณสารตกค้างของสารคาร์บาริล นำมาคำนวณเปอร์เซ็นต์การลดลงดังสมการ

$$\text{เปอร์เซ็นต์การลดลง} = \frac{\text{ความเข้มข้นคาร์บาริล (Polluted)} - \text{ความเข้มข้นหลังการล้าง}}{\text{ความเข้มข้นคาร์บาริล (Polluted)}} \times 100 \quad (2)$$

ตารางที่ 7 เปอร์เซ็นต์การลดลงของสารคาร์บาริลบนคะน้าหลังการล้างด้วยสารทำความสะอาดชนิดต่างๆ

ชนิดของสารทำความสะอาดที่ใช้ล้าง	เปอร์เซ็นต์การลดลงของคาร์บาริล
น้ำประปาไหลผ่าน	55.9
5% โซเดียมไบคาร์บอเนต (NaHCO_3)	59.3
5% น้ำยาล้างผักโครงการหลวง	65.7
5% น้ำยาล้างจานทางการค้า	71.7



ภาพที่ 10 เปอร์เซ็นต์การลดลงของสารตกค้างคาร์บาริลหลังการล้างด้วยสารทำความสะอาดชนิดต่าง ๆ

จากตารางที่ 7 พบว่า เปอร์เซ็นต์การตกค้างของคาร์บาริลหลังการล้างด้วยน้ำไหลผ่านและการล้างด้วยสารทำความสะอาด ได้แก่ 5% โซเดียมไบคาร์บอเนต (NaHCO_3) 5% น้ำยาล้างผักโครงการหลวง และ 5% น้ำยาล้างจานทางการค้า พบว่า 5% น้ำยาล้างจานทางการค้าสามารถลดสารตกค้างคาร์บาริลได้ดีที่สุด มีเปอร์เซ็นต์การลดลงอยู่ที่ 71.7% รองลงมา คือ 5% น้ำยาล้างผักโครงการหลวง และ 5% โซเดียมไบคาร์บอเนต (NaHCO_3) มีเปอร์เซ็นต์การลดลงอยู่ที่ 65.7% และ 59.3% ตามลำดับ และวิธีการล้างด้วยน้ำประปาไหลผ่านสามารถลดปริมาณการตกค้างคาร์บาริลได้น้อยที่สุด เท่ากับ 55.9% ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (Phongchai *et al.*, 2008) ในการศึกษาผลของการลดสารตกค้าง เมโธมิล และ คาร์บาริล โดยใช้สารเคมีในครัวเรือน ได้แก่ 0.9 % NaCl และ 0.1% NaHCO_3 พบว่า ปริมาณการตกค้างสารคาร์บาริลและเมโธมิลมีเปอร์เซ็นต์การลดลง 91% และ 43% ,91% และ 39% ตามลำดับ และในงานวิจัยของ เอนก และคณะ, 2555 ซึ่งได้ศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพน้ำยาล้างผักทางการค้า 3 ชนิด (St Andrew, Hemwadee และ Sodiumbicarb) ซึ่งสามารถลดปริมาณเมโธมิลในคะน้าได้ 52.15%, 49.36% และ 46.56% ตามลำดับ ทั้งนี้ น้ำยาล้างผัก St Andrew มีส่วนประกอบหลักเป็นสารลดแรงตึงผิวประเภทเดียวกับน้ำยาล้างจาน คือ Sodium lauryl ether sulphate เหมือนกับน้ำยาล้างผักโครงการหลวงที่มีส่วนประกอบหลัก คือ Amino soap โดย amino soap มีส่วนประกอบของสารลดแรงตึงผิว

Sodium lauryl ether sulphate อีกทั้งยังมี Sodium chloride เป็นองค์ประกอบทำให้สามารถขจัดคราบสิ่งสกปรกหลุดออกได้ ทำให้สามารถทำความสะอาดเฉพาะพื้นผิวได้

ขณะที่น้ำยาล้างจานทางการค้ามีส่วนเป็นประกอบหลัก คือ Sodium lauryl ether sulphate 17.5% w/w , Cocamidopropyl betaine 7.5% w/w และ Ethoxylated alcohol 5.0% w/w ซึ่งส่วนประกอบหลักทั้ง 3 ชนิดนี้ เป็นสารลดแรงตึงผิวที่มีปริมาณความเข้มข้นมาก ทำให้สิ่งสกปรกสามารถหลุดออกได้ ดังนั้นในงานวิจัยนี้ สารทำความสะอาด (5% น้ำยาล้างจานทางการค้า) จึงมีประสิทธิภาพในการกำจัดสารตกค้างคาร์บาริลได้ดีที่สุด รองลงมา คือ น้ำยาล้างผักโครงการหลวง

สรุปและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาการกำจัดสารตกค้างคาร์บาริลโดยใช้สารทำความสะอาด เพื่อลดปริมาณการตกค้างคาร์บาริลบนคะน้า ภายหลังการฉีดพ่นคาร์บาริลด้วยอัตรา (2 กรัมต่อน้ำ 2 ลิตร) และทำการเก็บตัวอย่างหลังการฉีดพ่น 1 วัน โดยการล้างด้วยน้ำประปาไหลผ่านและสารทำความสะอาด ได้แก่ 5% โซเดียมไบคาร์บอเนต (NaHCO_3) 5% น้ำยาล้างผักโครงการหลวง และ 5% น้ำยาล้างจานทางการค้า ซึ่งมีการแช่ผัก เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นล้างด้วยน้ำไหลผ่านอีก 5 นาที สกัดตัวอย่างด้วยวิธี QuEChERS และวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (HPLC) พบปริมาณการตกค้างของสารคาร์บาริลลดลง เมื่อใช้สารทำความสะอาดล้างผัก ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การลดลงของสารตกค้างคาร์บาริลที่ล้างด้วย 5% น้ำยาล้างจานทางการค้า มีประสิทธิภาพในการลดสารตกค้างคาร์บาริลได้สูงที่สุด เท่ากับ 71.7% รองลงมา คือ การล้างด้วย 5% น้ำยาล้างผักโครงการหลวง เท่ากับ 65.7% และ การล้างด้วยน้ำประปาไหลผ่านและ 5% โซเดียมไบคาร์บอเนต เท่ากับ 55.9% และ 59.3% ตามลำดับ ซึ่งทั้งสองวิธีนี้ให้ผลลัพธ์ของการลดปริมาณคาร์บาริลใกล้เคียงกัน ทั้งนี้ยังมีปริมาณคาร์บาริลที่เหลือปนเปื้อนอยู่เกินกว่าค่าปริมาณที่ยอมให้มีการตกค้างสูงสุดบนคะน้า (MRLs) ของ EU Commission กำหนด เนื่องจากมีปริมาณการตกค้างคาร์บาริลเริ่มต้นค่อนข้างสูง เท่ากับ 2.97 ± 0.11 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

โดยงานวิจัยนี้ มีข้อเสนอแนะ ที่ได้จากการทดลอง ดังนี้

1. การเลือกซื้อผัก ควรเลือกซื้อผักที่มีรูปทรงเป็นรอยกุดแหวะของหนอน และแมลง
2. ไม่ควรใช้น้ำยาล้างจานทางการค้าล้างผักและผลไม้ เนื่องจาก มีส่วนประกอบหลักเป็นสารลดแรงตึงผิวที่มีความเข้มข้นสูง ทำให้ผักมีรอยด่างดำ ไม่น่ารับประทาน
3. การล้างทำความสะอาดผักและผลไม้ โดยใช้สารทำความสะอาด แต่ละวิธีของการล้างมีข้อดีและข้อเสียต่างกัน ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมและความสะดวก รวมถึงปริมาณและชนิดของผักผลไม้ ซึ่งจากงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยขอแนะนำผลิตภัณฑ์น้ำยาล้างผักและผลไม้ของโครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดา เนื่องจากสามารถลดปริมาณสารตกค้างคาร์บาริลได้ดี รองลงมาจากน้ำยาล้างจานทางการค้า ผักไม่มีรอยด่างดำ รวมถึงมีราคาถูกและสามารถหาซื้อได้ตามศูนย์จำหน่ายผลิตภัณฑ์โครงการหลวง

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- กรมส่งเสริมการเกษตร. 2517. **วัตถุพิษที่ใช้ในการเกษตรและการสาธารณสุข (Pesticides).**
ร.พ. ชุมชนสหกรณ์การขายและการซื้อแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ.
- เครือข่ายเตือนภัยสารเคมีกำจัดศัตรูพืช. 2558. **ผลการเฝ้าระวังสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างในผัก ประจำปี 2558.** แหล่งที่มา: <https://thaipublica.org/wp-content/uploads/2015/03/%E0%B8%95%E0%B8%A3%E0%B8%A7%E0%B8%88%E0%B8%9C%E0%B8%B1%E0%B8%81-2558.pdf>, 12 พฤศจิกายน 2559.
- เครือข่ายเตือนภัยสารเคมีกำจัดศัตรูพืช. 2559. **ผลการเฝ้าระวังสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างในผัก ประจำปี 2559.** แหล่งที่มา: http://www.thaipan.org/sites/default/files/file/pesticide_doc24_press_4_5_2559.pdf, 12 พฤศจิกายน 2559.
- จารุพงษ์ ประสพสุข, ปริญานุช สายสุพรรณ และวัชรพร ศรีสว่างวงศ์. 2557. การวิเคราะห์สารพิษตกค้างในผักและผลไม้เพื่อการรับรองระบบปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืชในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน. **แก่นเกษตร** 42(2): 430-439.
- จุฑามาศ สัตยวิวัฒน์, มธุรส รุจิวิวัฒน์. 2549. **พิษวิทยาสิ่งแวดล้อม.** พิมพ์ครั้งที่ 1. บริษัท ทรินิตี้พับลิชชิ่ง จำกัด, กรุงเทพฯ.
- ฉัตรภา หัตถโกศล. 2556. **วิธีการล้างผักผลไม้ให้ปลอดภัย.** /ดร.ฉัตรภา หัตถโกศล. แหล่งที่มา: <http://www.manager.co.th/Family/ViewNews.aspx?NewsID=9560000010741>, 12 พฤศจิกายน 2559.
- ฐิตยา แซ่ป้ง. 2551. **พิษวิทยาสิ่งแวดล้อม.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
- ธัญรัตน์ บริสุทธิ์นันท์. 2560 **การศึกษาวิธีการล้างเพื่อลดความเข้มข้นคลอรีนไฟฟอสในโหระพา.** ปัญหาพิเศษปริญญาตรี, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ประสิทธิ์ กาบจันทร์. 2557. **คู่มือการปลูกคะน้าอินทรีย์.** ฝายนวัตกรรมและถ่ายทอดเทคโนโลยี สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

- รัตนา ทรัพย์บำเรอ. 2557. สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชและผลกระทบต่อสุขภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 1. โอ. เอส. พริ้นติ้ง เฮ้าส์, กรุงเทพฯ
- วินัย รัชปกรณชัย, อนันต์ วัฒนัญญกรรม. 2525. **สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชในประเทศไทย 1981.** กองกัญและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร., กรุงเทพฯ
- สมชาย สกฤตอ. 2559 **เทคนิควิธีการล้างสารพิษตกค้างในผักผลไม้แบบชาวบ้าน.** แหล่งที่มา: <http://www.thansettakij.com/content/18537>, 10 พฤษภาคม 2561.
- สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ 2557 **ประกาศ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เรื่อง กำหนดมาตรฐานสินค้าเกษตร : สารพิษตกค้าง : ปริมาณสูงสุดตามพระราชบัญญัติมาตรฐานสินค้าเกษตร พ.ศ. 2551 13 กุมภาพันธ์ 2557.**
- เอนก ทาลี, ธวัชชัย ศุภวิทิตพัฒนา. 2555. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารละลายต่างทับทิม และน้ำยาล้างผักทางการค้า 3 ชนิด ในการลดปริมาณเมโทมิลในผักคะน้า. **วารสารเกษตร พระจอมเกล้า** 30(1): 55–61
- Anastassiades, M., S.J. Lehotay, D. Stajnbaher and F.J. Schenck. 2003. Fast and easy multiresidue method employing acetonitrile extraction/partitioning and “dispersive solid-phase extraction” for the determination of pesticide residues in produce. **J AOAC Int.** 86(2): 412–431.
- Blacker, A. M. Lunchick, C. Lasserre-Bigot, D. ,Payraudeau, V. and Krolski, M. E. 2010. Toxicological Profile of Carbaryl. **Hayes' Handbook of Pesticide Toxicology.** 1607–1617
- Chowdhury, A.M.Z., Fakhruddin, A.N.M., Islam Md.N., Moniruzzaman, M., Gan S. H. and Alam, K Md. 2013. Detection of the residues of nineteen pesticide in fresh vegetable sample using gas chromatography-mass spectrometry. **Food Cont.** 34: 457–465.

Chaudhary, C. 2008. Effects of Household Processing on Reduction of Pesticide Residues in vegetables. **Res. J. Agric. & Biol. Sci** 3(4) : 1–6.

Environmental Protection Agency [EPA], 2000. **Carbaryl (Technical Fact Sheet)**.

Available Source: <http://npic.orst.edu/factsheets/archive/carbtech.pdf>, May 5, 2018.

European Commission. 2016. **EU - Pesticides Database**. Available Source:

<http://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticidesdatabase/public/?event=pesticide.residue.selection&language=EN>, May 5, 2018.

Halee, A, B. Rttanapun and W. Singkong. 2013. The Efficiencies of Various Washing Agents for Removing Residual Pesticide Content in Chinese-kale. **J. KKU Res.** 18(4): 577–584.

Kianmatee, S. and Ranamukhaarachahi S.L. 2007. Pest Repellent Plants for Management of Insect Pests of Chinese Kale, *Brassica oleracea* L. **Res. J. Agric. & Biol. Sci** 1560–8530.

Klinhom, P., A. Halee and S. Methawiwat. 2008. The Effectiveness of Household Chemicals in Residue Removal of Methomyl and Carbaryl Pesticides on Chinese-Kale. **Nat Sci.** 42: 136–143.

Liang, Y., W. Wang, Y. Shen, Y. Liu, and X.J. Liu. 2012. Effects of home preparation on organophosphorus pesticide residues in raw cucumber. **Food Chem.** 133: 636–640.

Nakonpathom Meteorological Station. 2018. Agrometeorological Data for April 2018. (Computer Program). Nakonpathom Meteorological Station.

Office of Pesticide Programs U.S. Environmental Protection Agency. 2015. **Label Review Manual**. Available Source: <http://www2.epa.gov/sites/production/files/2015-08/documents/lrm-chap1-18-aug-2015.pdf>, May 1, 2018.

- Rasolonjatovo, M. A., Cemek, M., Cengiz M. F., Ortaç, D., Konuk H. B., Karaman, E., Kocaman, T. A. and Göneş, S. 2017. Reduction of methomyl and acetamiprid residues from tomatoes after various household washing solutions. **Int. J Food Prop.** 20:11, 2748–2759.
- Saeedi, SS. S., and M. Shokrzadeh. 2016. Effects of washing, peeling, storage, and fermentation on residue contents of carbaryl and mancozeb in cucumbers grown in greenhouses. **Toxicol ind health.** 32(6) 1135–1142.
- Smith, H. A. Niño, A. and Webb, S. E. **Insect Management for Crucifers (Cole Crops) (Broccoli, Cabbage, Cauliflower, Collards, Kale, Mustard, Radishes, Turnips).** Available Source: <http://edis.ifas.ufl.edu/ig150>, May 5, 2018.
- The Japan Food Chemical Research Foundation. 2016. **Maximum Residue Limits (MRLs) List of Agricultural Chemicals in Foods.** Available Source: <http://www.m5.ws001.squarestart.ne.jp/foundation/search.html>, May 5, 2017.
- Wanwimolruk, S. O., Kanchanamayoon, K. Phopin, V. Prachayasittikul. 2015. Food safety in Thailand 2: Pesticide residues found in Chinese kale (*Brassica oleracea*), a commonly consumed vegetable in Asian countries. **Sci Total Environ.** (532): 447–55.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ภาคผนวก ก

1. ผลของการล้างสารตกค้างคาร์บาริล

ตารางผนวกที่ ก1 ผลจากการคำนวณความเข้มข้นคาร์บาริลในตัวอย่างคະນ້າ ความเข้มข้นไดอาซีนอนที่เดิม และร้อยละการได้กลับคืนมาของการล้าง ด้วยสารทำความสะอาดชนิดต่าง ๆ ที่ความเข้มข้น 5%

ลำดับ	ตัวอย่าง	พื้นที่ใต้กราฟ ไดอาซีนอน	ความเข้มข้น ไดอาซีนอน (มิลลิกรัมต่อลิตร)	พื้นที่ใต้กราฟ คาร์บาริล	ความเข้มข้น คาร์บาริล (มิลลิกรัมต่อ ลิตร)	น้ำหนัก ตัวอย่าง (กรัม)	คาร์บาริลใน ตัวอย่าง (มิลลิกรัมต่อ กิโลกรัม)	ปริมาณคาร์	ร้อยละการ ได้กลับคืน
								บาริลตกค้าง ที่แท้จริง (มิลลิกรัมต่อ กิโลกรัม)	
1	Control 1	10971	2.3129	-	-	10.0692	-	-	92.25
2	Control 2	9837	2.1198	-	-	10.0783	-	-	84.79
3	Control 3	14579	2.9273	-	-	10.0271	-	-	117.09
4	Control 4	10925	2.3051	-	-	10.0849	-	-	92.20
5	Control 5	9948	2.1387	-	-	10.0904	-	-	85.55

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ) ผลจากการคำนวณความเข้มข้นคาร์บอนในตัวอย่างตะกอน ความเข้มข้นไดออกซินอนที่เดิม และร้อยละการได้กลับคืนมาของการล้าง
ด้วยสารทำความสะอาดชนิดต่างๆที่ความเข้มข้น 5%

ลำดับ	ตัวอย่าง	พื้นที่ได้กราฟ ไดออกซินอน	ความเข้มข้น ไดออกซินอน (มิลลิกรัมต่อลิตร)	พื้นที่ได้กราฟ คาร์บอน	ความเข้มข้น คาร์บอน (มิลลิกรัมต่อ ลิตร)	น้ำหนัก ตัวอย่าง (กรัม)	คาร์บอน ในตัวอย่าง (มิลลิกรัมต่อ กิโลกรัม)	ปริมาณ คาร์บอนตก ค้างที่แท้จริง (มิลลิกรัมต่อ กิโลกรัม)	ร้อยละการ ได้กลับคืน
6	Polluted 1	10150	2.1731	266342	1.3955	10.0354	2.7812	3.1996	86.93
7	Polluted 2	10076	2.1605	266290	1.3953	10.0208	2.7847	3.2223	86.42
8	Polluted 3	12947	2.6494	289370	1.5193	10.0795	3.0146	2.8446	105.98
9	Polluted 4	13772	2.7899	312316	1.6426	10.0461	3.2701	2.9303	111.59
10	Polluted 5	13734	2.7834	281671	1.4780	10.0198	2.9500	2.6496	111.34

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ) ผลจากการคำนวณความเข้มข้นคาร์บาริลในตัวอย่างคะน้ำ ความเข้มข้นไดอาซินอนที่เดิม และร้อยละการได้กลับคืนมาของการล้าง
ด้วยสารทำความสะอาดชนิดต่างๆที่ความเข้มข้น 5%

ลำดับ	ตัวอย่าง	พื้นที่ได้กราฟ	ความเข้มข้น	พื้นที่ได้กราฟ	ความเข้มข้น	น้ำหนัก	คาร์บาริล	ปริมาณคาร์	ร้อยละการ ได้กลับคืน
		ไดอาซินอน	ไดอาซินอน (มิลลิกรัมต่อลิตร)	คาร์บาริล	คาร์บาริล (มิลลิกรัมต่อ ลิตร)	ตัวอย่าง (กรัม)	ในตัวอย่าง (มิลลิกรัมต่อ กิโลกรัม)	บาริลตกค้าง ที่แท้จริง (มิลลิกรัมต่อ กิโลกรัม)	
11	น้ำประปา ไหลผ่าน 1	12994	2.6574	125990	0.6413	10.0266	1.2793	1.2035	106.30
12	น้ำประปา ไหลผ่าน 2	11249	2.3603	128093	0.6526	10.0246	1.3021	1.3792	94.41
13	น้ำประปา ไหลผ่าน 3	11306	2.3700	121048	0.6148	10.0516	1.2232	1.2904	94.80
14	น้ำประปา ไหลผ่าน 4	10664	2.2607	120137	0.6099	10.0429	1.2146	1.3431	90.43
15	น้ำประปา ไหลผ่าน 5	11748	2.4452	129672	0.6611	10.0544	1.3151	1.3445	97.81

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ) ผลจากการคำนวณความเข้มข้นคาร์บาริลในตัวอย่างคะน้ำ ความเข้มข้นไดอาซินอนที่เดิม และร้อยละการได้กลับคืนมาของการล้าง
ด้วยสารทำความสะอาดชนิดต่างๆที่ความเข้มข้น 5%

ลำดับ	ตัวอย่าง	พื้นที่ใต้	ความเข้มข้น	พื้นที่ใต้กราฟ	ความเข้มข้น	น้ำหนัก	คาร์บาริลใน	ปริมาณคาร์	ร้อยละการได้ กลับคืน
		กราฟไดอา ซินอน	ไดอาซินอน (มิลลิกรัมต่อลิตร)	คาร์บาริล (มิลลิกรัมต่อ ลิตร)	คาร์บาริล (มิลลิกรัมต่อ ลิตร)	ตัวอย่าง (กรัม)	ตัวอย่าง (มิลลิกรัมต่อ กิโลกรัม)	บาริลตกค้าง ที่แท้จริง (มิลลิกรัมต่อ กิโลกรัม)	
16	โซเดียมไบ คาร์บอเนต 1	11212	2.3540	114245	0.5782	10.0334	1.1526	1.2241	94.16
17	โซเดียมไบ คาร์บอเนต 2	11389	2.3841	116213	0.5888	10.0380	1.1731	1.2302	95.37
18	โซเดียมไบ คาร์บอเนต 3	12583	2.5873	119910	0.6087	10.0412	1.2123	1.1714	103.50
19	โซเดียมไบ คาร์บอเนต 4	12192	2.5208	116801	0.5920	10.0516	1.1778	1.1681	100.83
20	โซเดียมไบ คาร์บอเนต 5	11733	2.4427	120227	0.6104	10.0147	1.2189	1.2475	97.71

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ) ผลจากการคำนวณความเข้มข้นคาร์บาริลในตัวอย่างคะน้ำ ความเข้มข้นไดอาซีนอนที่เดิม และร้อยละการได้กลับคืนมาของการล้าง
ด้วยสารทำความสะอาดชนิดต่างๆที่ความเข้มข้น 5%

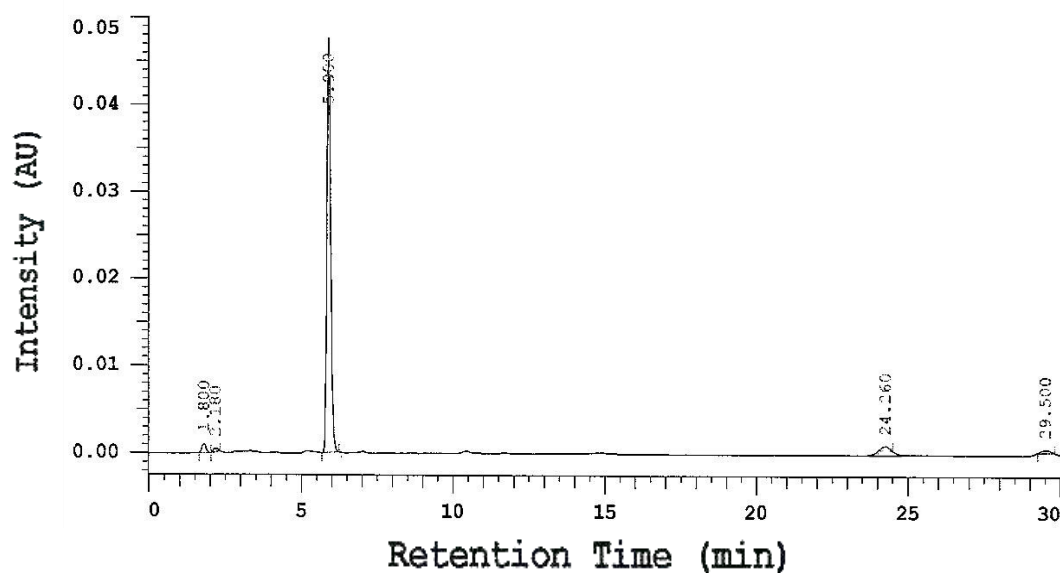
ลำดับ	ตัวอย่าง	พื้นที่ได้กราฟ ไดอาซีนอน	ความเข้มข้น ไดอาซีนอน (มิลลิกรัมต่อ ลิตร)	พื้นที่ได้กราฟ คาร์บาริล	ความเข้มข้น คาร์บาริล (มิลลิกรัมต่อ ลิตร)	น้ำหนัก ตัวอย่าง (กรัม)	คาร์บาริลใน ตัวอย่าง (มิลลิกรัมต่อ กิโลกรัม)	ปริมาณคาร์ บาริลตกค้าง ที่แท้จริง (มิลลิกรัมต่อ กิโลกรัม)	ร้อยละการ ได้กลับคืน
21	น้ำยาล้างผัก 1	12190	2.5205	103888	0.5226	10.0124	1.0438	1.0302	100.82
22	น้ำยาล้างผัก 2	13308	2.7108	103888	0.5226	10.0209	1.0430	0.9618	108.43
23	น้ำยาล้างผัก 3	12561	2.5837	101838	0.5115	10.0092	1.0226	0.9891	103.35
24	น้ำยาล้างผัก 4	11835	2.4600	100594	0.5049	10.0487	1.0048	1.0212	98.40
25	น้ำยาล้างผัก 5	11276	2.3649	102094	0.5129	10.0945	1.0162	1.0743	94.59

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ) ผลจากการคำนวณความเข้มข้นคาร์บาริลในตัวอย่างคะน้า ความเข้มข้นไดอาซินอนที่เดิม และร้อยละการได้กลับคืนมาของการล้าง
ด้วยสารทำความสะอาดชนิดต่างๆที่ความเข้มข้น 5%

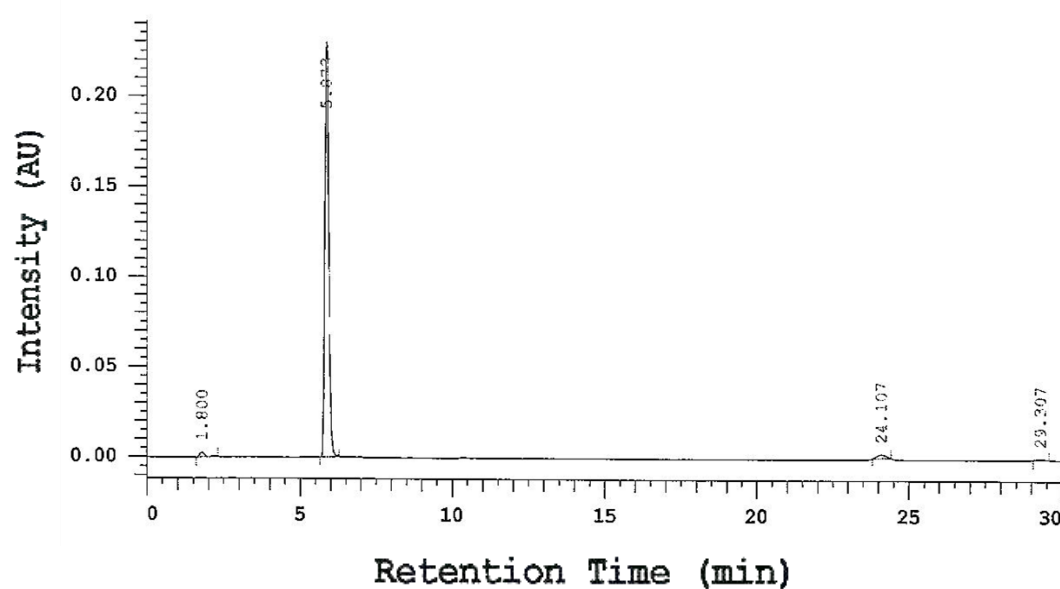
ลำดับ	ตัวอย่าง	พื้นที่ใต้กราฟ ไดอาซินอน	ความเข้มข้น ไดอาซินอน (มิลลิกรัมต่อลิตร)	พื้นที่ใต้กราฟ คาร์บาริล	ความเข้มข้น คาร์บาริล (มิลลิกรัมต่อ ลิตร)	น้ำหนัก ตัวอย่าง (กรัม)	คาร์บาริลใน ตัวอย่าง (มิลลิกรัมต่อ กิโลกรัม)	ปริมาณคาร์ บาริลตกค้าง ที่แท้จริง (มิลลิกรัมต่อ กิโลกรัม)	ร้อยละการ ได้กลับคืน
26	น้ำยาล้างจาน 1	11478	2.3993	80066	0.3946	10.0461	0.7855	0.8185	95.97
27	น้ำยาล้างจาน 2	12197	2.5217	84664	0.4193	10.0841	0.8315	0.8244	100.86
28	น้ำยาล้างจาน 3	10322	2.2024	83559	0.4133	10.0399	0.8234	0.9346	88.10
29	น้ำยาล้างจาน 4	12417	2.5591	77090	0.3786	10.0895	0.7504	0.7331	102.37
30	น้ำยาล้างจาน 5	10581	2.2465	80867	0.3989	10.0544	0.7934	0.8829	89.86

2. โครมาโทแกรม

2.1 โครมาโทแกรมของสารมาตรฐานคาร์บาริลและไดอาซีนอน

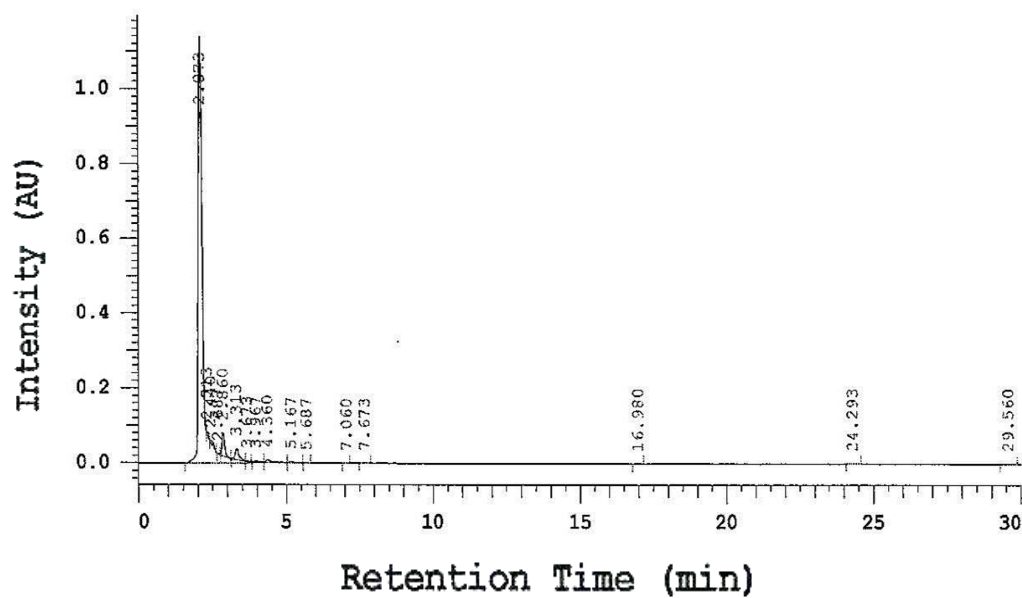


ภาพผนวกที่ ก1 โครมาโทแกรมสารมาตรฐานคาร์บาริลความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร และ
สารมาตรฐานไดอาซีนอนความเข้มข้น 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร

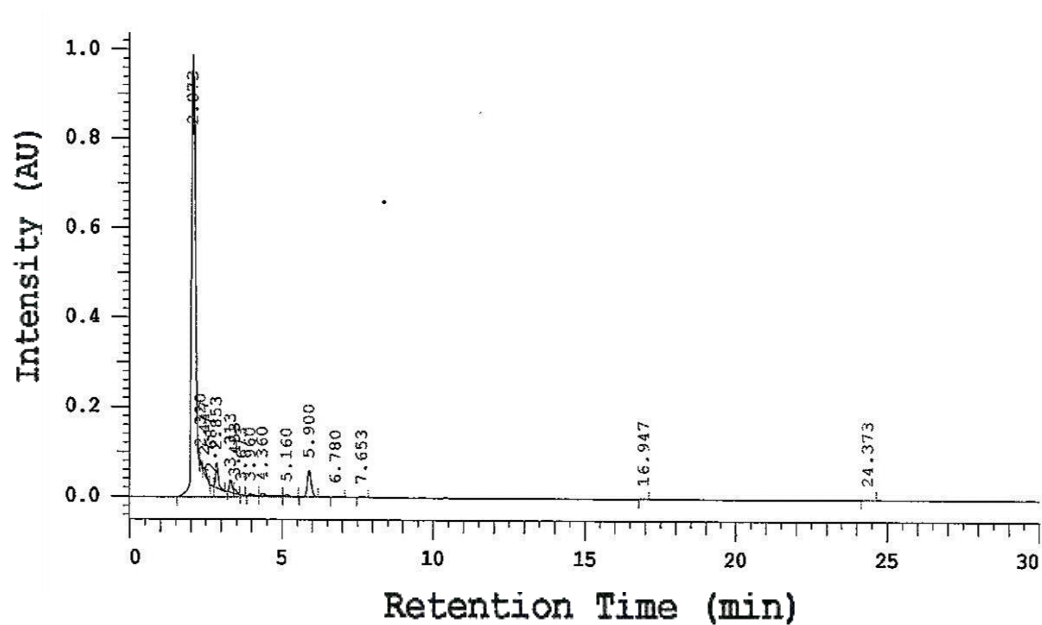


ภาพผนวกที่ ก2 โครมาโทแกรมสารมาตรฐานคาร์บาริลความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อลิตร และ
สารมาตรฐานไดอาซีนอนความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อลิตร

2.2 โครมาโทแกรมของผลการล้างสารคาร์บาริล



ภาพผนวกที่ ก3 โครมาโทแกรมตัวอย่างผักคะน้าควบคุมที่ไม่ฉีดพ่นคาร์บาริล (control)



ภาพผนวกที่ ก4 โครมาโทแกรมตัวอย่างผักคะน้าที่ฉีดพ่นคาร์บาริลแต่ไม่ล้าง (Polluted)

ภาคผนวก ข

ภาคผนวก ข

1. การเทียบความเข้มข้นตัวอย่างกับสารละลาย

1.1. ความเข้มข้นที่วัดได้จากเครื่องมือ

จากตัวอย่าง 5% น้ำยาล้างผัก1 มีพื้นที่ใต้กราฟไดอะแกรมที่ตรวจวัดได้ในสารสกัดตัวอย่าง (y) เท่ากับ 12190 และมีสมการที่ได้จากการสร้างกราฟมาตรฐานไดอะแกรมเท่ากับ $y = 5873x - 2612.8$ (ดังตารางที่ 8) สามารถหาความเข้มข้นได้ดังนี้

$$y = 5873x - 2612.8$$

$$x = \frac{y + 2612.8}{5873}$$

$$= 2.5204 \text{ มิลลิกรัมต่อลิตร}$$

ดังนั้น ความเข้มข้นไดอะแกรมที่วัดได้เท่ากับ 2.5204 มิลลิกรัมต่อลิตร

1.2. ความเข้มข้นที่เติม ณ ขณะวัดด้วยเครื่องมือโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง

ความเข้มข้นไดอะแกรมที่เติมลงในตัวอย่างสกัด เท่ากับ 500 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 100 ไมโครลิตร ปริมาณไดอะแกรมที่เติมในตัวอย่างมีดังนี้.

สารละลาย	1000 มิลลิตร	มีไดอะแกรม	500	มิลลิกรัม
สารละลาย	0.10 มิลลิตร	มีไดอะแกรม..	$\frac{500 \text{ มิลลิกรัม} \times 0.10 \text{ มิลลิกรัม}}{1000 \text{ มิลลิตร}}$	$= 0.05$ มิลลิกรัม
ในอะซีโตนไตรล์	10.00 มิลลิตร	มีไดอะแกรม	0.05	มิลลิกรัม
ดูดสารละลาย	1.00 มิลลิตร	มีไดอะแกรม	$\frac{0.05 \text{ มิลลิกรัม} \times 1.00 \text{ มิลลิตร}}{1.00 \text{ มิลลิตร}}$	$= 0.005$ มิลลิกรัม
สารละลาย	1.00 มิลลิตร	มีไดอะแกรม	0.005	มิลลิกรัม
ดูดสารละลาย	0.50 มิลลิตร	มีไดอะแกรม	$\frac{0.005 \text{ มิลลิกรัม} \times 0.50 \text{ มิลลิตร}}{1.00 \text{ มิลลิตร}}$	$= 0.0025$ มิลลิกรัม
สารละลาย	1.00 มิลลิกรัม	มีไดอะแกรม	1000	ไมโครกรัม
ถ้าสารละลาย	1.00 มิลลิตร	มีไดอะแกรม	$\frac{1000 \text{ ไมโครกรัม}}{1 \text{ มิลลิกรัม}} \times \frac{0.0025 \text{ มิลลิกรัม}}{1 \text{ มิลลิตร}}$	$= 2.5$ มิลลิกรัม

2. การคำนวณร้อยละการได้กลับคืนมา (%recovery)

จากตัวอย่างหลังการล้างผักด้วย 5% น้ำยาล้างผักโครงการหลวง มีความเข้มข้นที่วัดได้จากเครื่องมือโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูงเท่ากับ 2.5205 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเข้มข้นไดอะซินอนที่เติม ณ ขณะวัดด้วยโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูงเท่ากับ 5.0000 มิลลิกรัมต่อลิตร มีการคำนวณดังนี้

$$\begin{aligned}\text{ร้อยละการได้กลับคืนมา (\%recovery)} &= \frac{\text{ความเข้มข้นของไดอะซินอนที่วัดได้}}{\text{ความเข้มข้นของไดอะซินอนที่เติม}} \times 100 \\ &= \frac{2.5205 \text{ มิลลิกรัมต่อลิตร}}{2.5000 \text{ มิลลิกรัมต่อลิตร}} \times 100 \\ &= 100.82\end{aligned}$$

ดังนั้น ร้อยการได้กลับคืนมา มีค่าเท่ากับ 100.82

3. การคำนวณปริมาณสารตกค้างคาร์บาริลจากการสกัดตัวอย่าง

จากตัวอย่างหลังการล้างผักด้วย 5% น้ำยาล้างผักโครงการหลวง มีความเข้มข้นของสารคาร์บาริล เท่ากับ 1.0452 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำการคำนวณย้อนกลับ โดยมีขั้นตอนการคำนวณดังนี้

สารละลาย	1000 มิลลิลิตร	วัดความเข้มข้นคาร์บาริลได้	1.0452	มิลลิกรัม
ขณะฉีดสาร	0.50 มิลลิลิตร	มีคาร์บาริล	$\frac{1.0452 \text{ มิลลิกรัม} \times 0.50 \text{ มิลลิลิตร}}{1000 \text{ มิลลิลิตร}}$	$= 0.00052$ มิลลิกรัม
สารละลาย	0.50 มิลลิลิตร	มีคาร์บาริล	0.00052	มิลลิกรัม
สารละลาย	1.00 มิลลิลิตร	มีคาร์บาริล	$\frac{0.000523 \text{ มิลลิกรัม} \times 1.00 \text{ มิลลิลิตร}}{0.5 \text{ มิลลิลิตร}}$	$= 0.00104$ มิลลิกรัม
สารละลาย	1.00 มิลลิลิตร	มีคาร์บาริล	0.00104	มิลลิกรัม
สารละลาย	10.00 มิลลิลิตร	มีคาร์บาริล	$\frac{0.00104 \text{ มิลลิกรัม} \times 10.00 \text{ มิลลิลิตร}}{1.00 \text{ มิลลิกรัม}}$	$= 0.0104$ มิลลิกรัม
ตัวอย่าง	10.0124 กรัม	มี คาร์บาริลตกค้าง	0.0104	มิลลิกรัม
ถ้าตัวอย่าง	1000 กรัม	มีคาร์บาริลตกค้าง	$\frac{0.0104 \text{ มิลลิกรัม} \times 1000 \text{ กรัม}}{10.0124 \text{ กรัม}}$	$= 1.0387 \dots\dots$ มิลลิกรัม

ซึ่งการคำนวณปริมาณการตกค้างของคาร์บาริลที่แท้จริง มีการคำนวณดังนี้
 ร้อยละการได้กลับคืนมา 100.82 มีปริมาณการตกค้างอยู่ 1.0387 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
 ร้อยละการได้กลับคืนมา 100.00 มีปริมาณการตกค้างอยู่ $\frac{1.0387 \text{ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม} \times 100}{100.82}$
 $= 1.0302$ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
 ดังนั้น ปริมาณการตกค้างของสารคาร์บาริลที่แท้จริง คือ 1.0302 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

3. การคำนวณเปอร์เซ็นต์การตกค้างจากสารสกัดตัวอย่าง

ปริมาณการตกค้างของสารคาร์บาริลบนค่น้ำ ระยะเวลาการเก็บเกี่ยวภายหลังการฉีดพ่น 1 วัน จากนั้นนำผักมาล้างด้วยสารทำความสะอาดชนิดต่าง ๆ ได้แก่ ล้างน้ำไหลผ่าน 5% โซเดียมไบคาร์บอเนต (NaHCO_3) 5% น้ำยาล้างผักโครงการหลวง และ 5% น้ำยาล้างจานทางการค้า พบว่า มีปริมาณการตกค้างของคาร์บาริล 1.31, 1.21, 1.02, และ 0.84 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ และให้ปริมาณการตกค้างคาร์บาริลของที่ไม่ผ่านการล้าง 2.97 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เป็น 100 % โดยนำค่าเหล่านี้มาคำนวณร้อยละการตกค้างของสารสกัดตัวอย่าง (สมการที่ 3) ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{ร้อยละการลดลงของการล้างน้ำไหลผ่าน} &= \frac{2.97 \text{ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม} - 1.31 \text{ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม}}{2.97 \text{ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม}} \times 100 \\ &= 55.9 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ร้อยละการลดลงของการล้างด้วย} &= \frac{2.97 \text{ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม} - 1.21 \text{ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม}}{2.97 \text{ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม}} \times 100 \\ \text{5\% โซเดียมไบคาร์บอเนต} &= 59.3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ร้อยละการลดลงของการล้างด้วย} &= \frac{2.97 \text{ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม} - 1.02 \text{ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม}}{2.97 \text{ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม}} \times 100 \\ \text{5\% น้ำยาล้างผักโครงการหลวง} &= 65.7 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ร้อยละการลดลงของการล้างด้วย} &= \frac{2.97 \text{ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม} - 0.84 \text{ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม}}{2.97 \text{ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม}} \times 100 \\ \text{5\% น้ำยาล้างจานทางการค้า} &= 71.7 \end{aligned}$$

ภาคผนวก ค

ภาคผนวก ค

ตารางผนวกที่ ค1 ปริมาณความชื้น ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ แสงอาทิตย์ ในระยะเวลาเก็บเกี่ยว
คาน้ำ ช่วงวันที่ 1- 15 เมษายน 2561

วันที่	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)			ความชื้น (%)		ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร)	แสงอาทิตย์ (ชั่วโมง)
	ต่ำสุด	สูงสุด	เฉลี่ย	ต่ำสุด	สูงสุด		
1	23.0	32.0	18.5	66	98	0.0	0.6
2	25.0	33.1	20.6	61	98	T	4.5
3	23.5	34.4	19.0	57	97	0.0	6.4
4	24.2	35.0	19.0	54	97	0.0	8.4
5	24.5	34.8	19.4	61	95	1.2	4.8
6	23.8	34.6	18.5	55	98	0.0	6.8
7	21.0	26.5	18.0	62	92	T	0.0
8	20.5	27.1	15.0	55	90	0.0	2.7
9	19.5	33.2	13.3	45	97	0.0	10.6
10	22.0	36.0	13.3	40	95	0.0	10.1
11	23.5	36.1	15.6	47	96	0.0	10.8
12	25.0	36.8	17.5	50	95	0.0	10.8
13	25.2	37.6	22.5	48	98	0.0	11.2
14	25.0	37.0	17.2	50	94	0.0	11.1
15	26.4	38.8	19.5	37	92	0.0	11.0

ที่มา: Nakhonpathom Meteorological Station, 2018

หมายเหตุ T = ฝนเล็กน้อยวัดปริมาณไม่ได้ (น้อยกว่า 0.1 มิลลิเมตร)

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ-นามสกุล นางสาวธิติมา ขวัญอยู่

วันเดือนปีเกิด 13 มิถุนายน พ.ศ. 2538

สถานที่เกิด 142 ม.12 บางอ้อ บ้านนา นครนายก

ประวัติการศึกษา

ระดับประถมศึกษา โรงเรียน วัดเลขธรรมกิตติ์ (กริเมธอุทิศ) (นครนายก)

ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียน บ้านนา “นายกพิทยากร”(นครนายก)

ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียน บ้านนา “นายกพิทยากร” (นครนายก)

ประสบการณ์ฝึกงาน สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

