



รายงานการวิจัย

การพัฒนาและตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีการตรวจวิเคราะห์
ปริมาณสารพิษตกค้างประเภทสารกำจัดแมลงกลุ่ม carbamate
ด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง

**Development and Method Validation Determination of Residues
Carbamate insecticides by High-Performance Liquid
Chromatography.**

รุจิรา คุ่มทรัพย์ และเสาวภา ชุมณี
สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

ประจำปีงบประมาณ 2565

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาและตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีการตรวจวิเคราะห์
ปริมาณสารพิษตกค้างประเภทสารกำจัดแมลงกลุ่ม carbamate
ด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง

**Development and Method Validation Determination of Residues
Carbamate insecticides by High-Performance Liquid Chromatography.**

รุจิรา คุ่มทรัพย์

สาขาวิชาเคมี

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

เสาวภา ชุมณี

สาขาวิชาเคมี

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ทุนอุดหนุนงานวิจัย ด้านวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม (ววน.)

ผ่านกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.)

ภายใต้แผนยุทธศาสตร์การวิจัยและนวัตกรรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

ประจำปีงบประมาณ 2565

(ก)

ชื่อโครงการวิจัย	การพัฒนาและตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีการตรวจวิเคราะห์ ปริมาณสารพิษตกค้างประเภทสารกำจัดแมลงกลุ่ม carbamate ด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง
ชื่อผู้ทำการวิจัย	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ รุจิรา คุ่มทรัพย์
ผู้ร่วมวิจัย	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เสาวภา ชุมณี
สาขาวิชา	เคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ปีเสรีวิจัย 2565

บทคัดย่อ

Aldicarb, carbaryl, carbofuran, methomyl และ oxamyl เป็นสารกลุ่มคาร์บาเมต ซึ่งกลุ่มสารคาร์บาเมตที่กล่าวมาทั้ง 5 ชนิดนี้เป็นกลุ่มสารพิษตกค้างที่อันตรายในผักและผลไม้ หากมีมากเกินไปจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้บริโภค ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้พัฒนาวิธีวิเคราะห์สำหรับตรวจหาปริมาณสารกลุ่มคาร์บาเมตทั้ง 5 ชนิดด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูงในผลไม้ และพืชผักที่จำหน่ายตามตลาดทั่วไปในจังหวัดเพชรบูรณ์ จำนวน 55 ตัวอย่าง ในสถานะที่เหมาะสมสำหรับการแยกนี้ใช้คอลัมน์ YMC-Triart C18 (4.6×250 mm, 5 μ m) ใช้เฟสเคลื่อนที่ระบบเกรเดียน อัตราการไหลของเฟสเคลื่อนที่คือ 1 มิลลิลิตรต่อนาที อุณหภูมิของคอลัมน์ 40 องศาเซลเซียส ตรวจวัดด้วยไดโอดอาร์เรย์โดยที่สาร aldicarb, carbaryl และ carbofuran 220 นาโนเมตร methomyl และ oxamyl 234 นาโนเมตร ตามลำดับ ผลของวิธีที่พัฒนาขึ้นนี้สามารถแยกสารทั้ง 5 ชนิด มีช่วงความเป็นเส้นตรงของแต่ละสารดังนี้ aldicarb (0.03-2.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม), carbaryl (0.001-0.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม), carbofuran (0.001 2.50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม), methomyl (0.015-1.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) และ oxamyl (0.025-2.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ตามลำดับ LOD และ LOQ ของสารทั้ง 5 ชนิดมีอยู่ในช่วง 87.69% ถึง 105% และ%RSD ของสารทั้ง 5 ชนิด ไม่เกิน 10% จากวิธีดังกล่าวได้ทำการวิเคราะห์สารพิษตกค้างทั้ง 5 ชนิด พบว่าส้มโอแดง และกระชายมีปริมาณ carbofuran เกินเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้

คำสำคัญ : โครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง, สารพิษตกค้างคาร์บาเมต

Research Title Development and Method Validation Determination of Residues Carbamate insecticides by High-Performance Liquid Chromatography.

Researcher Ruchira Khoomsab

Co-Researcher Saowapa Chumanee

Major Chemistry

Phetchabun Rajabhat University **Year** 2022

Abstract

Aldicarb, carbaryl, carbofuran, methomyl and oxamyl are carbamates. The group of 5 mentioned carbamate is a group of harmful pesticide residues in fruits and vegetables. If there is too much, it will affect the health of consumers. Therefore, in this research, an analytical method was developed for the determination of the content of these 5 carbamates by high-performance liquid chromatography 55 samples of fruit and vegetables in the market at Phetchabun Province. In ideal conditions for this separation, column YMC-Triart C18 (4.6×250 mm, 5 µm) was used. water to methanol was mobile phase flow rate of mobile phase is 1 ml/min. Column temperatures of 40 °C were measured with a diode array where aldicarb, carbaryl and carbofuran were 220 nm, methomyl and oxamyl 234 nm, respectively. gradient The linear ranges for each substance were aldicarb (0.03-2.5 mg/kg), carbaryl (0.001-0.5 mg/kg), carbofuran (0.001 2.50 mg/kg), methomyl (0.015-1.0 mg/kg), and oxamyl. (0.025-2.00 mg/kg), respectively, the LOD and LOQ of the five substances ranged from 87.69% to 105% and the %RSD 5 substances not more than 10%. Found that red grapefruit and kaempferia contains carbofuran that exceeds the specified standards.

Keywords: high performance liquid chromatography, carbamate residues

(ก)

กิตติกรรมประกาศ

รายงานรายงานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ดีด้วยคำแนะนำต่าง ๆ จากคณาจารย์สาขาวิชาเคมี นักวิทยาศาสตร์ศูนย์วิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ซึ่งเสียสละเวลาให้คำปรึกษา และให้ข้อเสนอแนะกับคณะผู้วิจัยตลอดระยะเวลาการทำวิจัย

ผู้วิจัยขอขอบคุณงานศูนย์วิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ที่มีเครื่องมือชั้นสูงในการสนับสนุนในงานวิจัยครั้งนี้ และขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ที่ได้ทอดอุหนฺนงานวิจัยด้านวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม (ววน.) ผ่านกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สทสว.) ภายใต้แผนงานยุทธศาสตร์ การวิจัยและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ (65A145000033) มา ณ ที่นี้ด้วย

รุจิรา คุ่มทรัพย์ และเสาวภา ชุมณี

31 สิงหาคม 2565

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ (ภาษาไทย).....	ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ).....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	2
1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย.....	2
1.3 สมมุติฐานการวิจัย.....	2
1.4 ระเบียบวิธีวิจัย.....	3
1.5 ประโยชน์ของงานวิจัย	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 สารพืษตกค้าง	5
2.2 สารกลุ่มคาร์บาเมต.....	7
2.3 เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	9
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	15
3.1 เครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ สารเคมี และตัวอย่าง	14
3.2 วิธีการดำเนินการวิจัย	19
บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปรายผล	24
4.1 ผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการสกัดปริมาณสารพืษตกค้างกลุ่มคาร์บาเมตทั้ง 5 ชนิด	24
4.2 ผลการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ (Validation of the method).....	25
4.3 ผลการวิเคราะห์ผลสารคาร์บาเมตทั้ง 5 ชนิด จากตัวอย่างผัก และผลไม้จากตลาดในอำเภอเมือง จังหวัดเพรบูรณ์.....	31

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	33
5.1 สรุปผลการวิจัย	33
5.2 ข้อเสนอแนะ	34
บรรณานุกรม	35
ภาคผนวก	39
ภาคผนวกภาพงานวิจัย	40
ประวัติคณะผู้วิจัย.....	50

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 ตัวอย่างผัก และผลไม้ชนิดต่าง ๆ ที่สุ่มมาจากตลาดในจังหวัดเพชรบูรณ์	16
3.2 ตารางแสดงสัดส่วนเฟสเคลื่อนที่ไม่คงที่ (Gradient Elution) A-D	19
4.1 สารละลายมาตรฐานสารผสมกลุ่มคาร์บาเมตทั้ง 5 ชนิดที่เฟสเคลื่อนที่ต่าง ๆ	24
4.2 สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการแยกแยกของสารผสมกลุ่มคาร์บาเมตทั้ง 5 ชนิด	25
4.3 ผลแสดงการทดสอบช่วงความเป็นเส้นตรง สมการเส้นตรง และค่าสัมประสิทธิ์การ ตัดสิ้นใจของสารกลุ่มคาร์บาเมต 5 ชนิด	27
4.4 ตารางแสดงผลการเติม (fortify) สารละลายมาตรฐานกลุ่มคาร์บาเมตทั้ง 5 ชนิด ใน แบงก์ตัวอย่าง (sample blank) สำหรับการทดสอบ LOD	28
4.5 ตารางแสดงผลการเติม (fortify) สารละลายมาตรฐานกลุ่มคาร์บาเมตทั้ง 5 ชนิด ใน แบงก์ตัวอย่าง (sample blank) สำหรับการทดสอบ LOQ	29
4.6 ตารางแสดงผลของความเข้มข้นที่ทดสอบได้เมื่อเติมสารละลายที่ความเข้มข้นต่าง ๆ (n=10)	30
4.7 ผลการวิเคราะห์สารคาร์บาเมตทั้ง 5 ชนิด ในตัวอย่างผัก และผลไม้	31

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1	สารกลุ่มคาร์บาเมตที่ศึกษาในงานวิจัยนี้.....8
3	ชุดกรองตัวทำละลายหรือสารละลายเฟสเคลื่อนที่ (Mobile phase) สำหรับวิเคราะห์ด้วยเทคนิค HPLC.....18
4	โครมาโทแกรมของเบงก (A) และ (B) โครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานผสม ทั้ง 5 ชนิด (1 = oxamyl, 2 = methomyl, 3 = aldicarb, 4 = carbofuran และ 5 = carbaryl) ที่ความเข้มข้น 50 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร.....26
ผก 1.1	โครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานผสมทั้ง 5 ชนิด (1 = oxamyl, 2 = methomyl, 3 = aldicarb, 4 = carbofuran และ 5 = carbaryl) เกรเดียน A41
ผก 1.2	โครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานผสมทั้ง 5 ชนิด (1 = oxamyl, 2 = methomyl, 3 = aldicarb, 4 = carbofuran และ 5 = carbaryl) เกรเดียน B41
ผก 1.3	โครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานผสมทั้ง 5 ชนิด (1 = oxamyl, 2 = methomyl, 3 = aldicarb, 4 = carbofuran และ 5 = carbaryl) เกรเดียน C42
ผก 1.4	โครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานผสมทั้ง 5 ชนิด (1 = oxamyl, 2 = methomyl, 3 = aldicarb, 4 = carbofuran และ 5 = carbaryl) เกรเดียน D42
ผก 2.1	โครมาโทแกรมของตัวอย่าง S01 เมล่อนเขียว ¹43
ผก 2.2	โครมาโทแกรมของตัวอย่าง S02 เมล่อนเหลือง ¹43
ผก 2.3	โครมาโทแกรมของตัวอย่าง S03 แคนตาลูป ²44
ผก 2.4	โครมาโทแกรมของตัวอย่าง S04 ส้มโอแดง ²44
ผก 2.5	โครมาโทแกรมของตัวอย่าง S05 ส้มโอขาว ²45
ผก 2.6	โครมาโทแกรมของตัวอย่าง S06 อินทผลัมแดง ²45
ผก 2.7	โครมาโทแกรมของตัวอย่าง S07 อินทผลัมเหลือง ³46
ผก 2.8	โครมาโทแกรมของตัวอย่าง S08 ฝรั่ง ²46
ผก 2.9	โครมาโทแกรมของตัวอย่าง S09 แตงกวา ¹47
ผก 2.10	โครมาโทแกรมของตัวอย่าง S10 แตงกวา ²47
ผก 2.11 2.11	โครมาโทแกรมของตัวอย่าง S11 แตงกวา ⁴ ที่มี carbofuran ⁴48
ผก 2.12	โครมาโทแกรมของตัวอย่าง S21 ถั่วฝักยาว ⁴ ที่มี carbofuran.....48
ผก 2.13	โครมาโทแกรมของตัวอย่าง S18 มะเขือเปาะ ⁴ ที่มี carbofuran.....49

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

นโยบายการขับเคลื่อนเศรษฐกิจของจังหวัดเพชรบูรณ์ ประเด็นการเกษตร คือการผลิตสินค้าเกษตรมาตรฐานสูง สามารถสร้างมูลค่าเพิ่ม และส่งเสริมเกษตรปลอดภัย การยกระดับสินค้าเกษตรปลอดภัย ก็ต้องคำนึงถึงการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีและเหมาะสม (Good Agriculture Practices เรียกย่อๆว่า GAP) หมายถึง แนวทางในการทำการเกษตร เพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพดีตรงตามมาตรฐานที่กำหนด ได้ผลผลิตสูงคุ้มค่าการลงทุนและกระบวนการผลิตจะต้องปลอดภัยต่อเกษตรกรและผู้บริโภค มีการใช้ทรัพยากรที่เกิดประโยชน์สูงสุด เกิดความยั่งยืนทางการเกษตรและไม่ทำให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม โดยหลักการนี้ได้รับการกำหนดโดยองค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) ซึ่งกรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เป็นหน่วยงานที่มีหน้าที่ในการตรวจรับรองระบบการจัดการคุณภาพ : การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืช (GAP) (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (มกอช.), 2556) ได้มีงานวิจัยศึกษาความเสี่ยงจากสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างในดินของเกษตรกรผู้ปลูกผักคะน้าในจังหวัดขอนแก่น โดยเก็บตัวอย่างดินจากแปลง GAP และ non-GAP พบสารพิษตกค้างทุกแปลง ทั้งสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต และสารกลุ่มคาร์บาเมต โดยที่ความถี่การตรวจพบสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างในดินแปลง non-GAP มากกว่าแปลง GAP ดังนั้นจะเห็นได้ว่าเกษตรกร non-GAP มีความเสี่ยงสูงที่จะได้รับสารพิษเข้าสู่ร่างกาย (จารุพงศ์ ประสพสุข และคณะ, 2562) จังหวัดเพชรบูรณ์เป็นแหล่งผลิตสินค้าทางการเกษตรที่สำคัญ มีเกษตรกร ปลูกพืชผัก และผลไม้หลากหลายชนิด เป็นจำนวนมากเพื่อการจำหน่ายและเป็นเศรษฐกิจฐานรากของจังหวัด ดังนั้นการกำหนดนโยบายของจังหวัด มีเป้าประสงค์ยกระดับสินค้าเกษตรให้มีความปลอดภัยกับผู้บริโภค และเข้าสู่การรับรองมาตรฐานสินค้าเกษตรจึงเป็นเรื่องสำคัญ ดังนั้นการหาปริมาณสารกลุ่มคาร์บาเมต ในพืชผัก และผลไม้ จึงเป็นเรื่องจำเป็นและไม่ควรมีปริมาณที่ตกค้างเกินที่กระทรวงสาธารณสุขกำหนด

การตรวจหาปริมาณสารพิษกลุ่มคาร์บาเมตในพืชผัก และผลไม้ มีความซับซ้อน ต้องมีการสกัดสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างก่อนการวิเคราะห์ เทคนิคการสกัดก็มีหลายวิธี เช่นการสกัดของเหลวด้วยของเหลว (liquid-liquid extraction, LLE) การสกัดด้วยตัวดูดซับของแข็ง (Solid-phase extraction; SPE) สกัดด้วยเทคนิคอัลตราโซนิก แต่วิธีที่นิยมและเป็นที่ยอมรับในระดับสากลคือวิธี Quick, Easy Cheap, Effective, Rugged and Safe หรือ QuEChERS ซึ่งเป็นเทคนิคที่ง่ายและรวดเร็ว

(นฤพล วัฒนภาพ และ วิฑูรย์ บุญสง่า, 2562) มีรายงานวิจัยจำนวนมากวิเคราะห์สารพิษในเชิงปริมาณมีเทคนิคเดียวที่มีความเฉพาะเจาะจง สามารถพิสูจน์เอกลักษณ์ได้ และมีความไวสูง คือ เทคนิค Gas chromatography tandem mass spectrometry (GC-MS/MS) แต่มีข้อเสียมีราคาค่อนข้างแพง ไม่เหมาะกับสารประกอบที่ระเหยง่ายและมีขั้ว (polar) (Hassaan & El Nemr, 2020)

สำหรับงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยและคณะได้การพัฒนาและตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ปริมาณ สารพิษตกค้างกลุ่ม คาร์บาเมต ในพืชผัก ผลไม้ ที่มีขายในตลาดในเขตอำเภอเมืองของ จังหวัดเพชรบูรณ์ ด้วยเทคนิค HPLC-DAD ให้กับ งานศูนย์วิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ มีศักยภาพเพื่อใช้ในการตรวจวิเคราะห์เชิงปริมาณ กลุ่มสารดังกล่าวได้ให้กับท้องถิ่นหรือผู้มาขอรับบริการได้ ถึงแม้ว่าการตรวจสอบนี้ ห้องปฏิบัติการ ยังไม่ได้ระบบคุณภาพมาตรฐาน ISO 17025 แต่ก็อย่างน้อยก็ทำให้ทราบผลการทดสอบเบื้องต้น ซึ่งเป็นประโยชน์ให้กับท้องถิ่นของจังหวัดเพชรบูรณ์ ให้เกิดความตระหนักถึงการใช้อย่างเหมาะสม และความปลอดภัยของผู้บริโภค

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1.2.1 เพื่อพัฒนาและตรวจสอบใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณสารพิษตกค้างกลุ่มคาร์บาเมต ด้วยเทคนิค HPLC-DAD และเตรียมตัวอย่างโดยใช้วิธีการสกัดแบบ QuEChERS

1.2.2 เพื่อหาปริมาณสารพิษตกค้างกลุ่ม คาร์บาเมต ในตัวอย่างพืชผัก และผลไม้ที่ขายในตลาดอำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์

1.3 สมมติฐานการวิจัย

1.3.1 มีวิธีทดสอบที่ได้ผ่านการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ปริมาณ สารพิษตกค้างกลุ่ม คาร์บาเมต ด้วยเทคนิค HPLC-DAD ในตัวอย่าง ได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ ในห้องปฏิบัติการ ศูนย์วิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ สำหรับการบริการด้านวิชาการให้กับท้องถิ่นในจังหวัดเพชรบูรณ์

1.3.2 มีสารกลุ่ม คาร์บาเมต ตกค้างในตัวอย่างพืชผัก และผลไม้ ที่วางจำหน่ายในท้องตลาดของจังหวัดเพชรบูรณ์ ซึ่งอาจเกินมาตรฐานที่เกินกำหนดตามที่กระทรวงสาธารณสุขกำหนด

1.4 ระเบียบวิธีวิจัย

1.4.1 ทบทวนวรรณกรรมงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล แล้วนำไปปรับปรุงพัฒนาวิธีวิเคราะห์ปริมาณ สารพิษตกค้างกลุ่ม คาร์บาเมต ด้วยเทคนิค HPLC-DAD ให้สอดคล้องกับทรัพยากรที่มีอยู่ในศูนย์วิทยาศาสตร์ และการสกัดสารกลุ่ม คาร์บาเมต ออกจากตัวอย่างพืชผักและผลไม้ ด้วยวิธีการสกัดแบบ QuEChERS

1.4.2 ศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ วิเคราะห์ปริมาณสารพิษตกค้างกลุ่ม คาร์บาเมต ด้วยเทคนิค HPLC-DAD

1.4.3 ตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีการวิเคราะห์ โดยทดสอบวิธีวิเคราะห์ ตาม parameter ต่างๆ ดังนี้

- Linearity/range ทดสอบโดยการวิเคราะห์ตัวอย่างที่เดิมมาตรฐานที่ทราบความเข้มข้นที่แน่นอนอย่างน้อย 3 ความเข้มข้น ความเข้มข้นละ 3 ซ้ำ ประเมินค่า correlation coefficient ($r \geq 0.995$) ของแต่ละชนิดของสารพิษตกค้าง

- Accuracy และ precision ทดสอบโดยตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างที่เดิมมาตรฐานที่ทราบความเข้มข้นที่แน่นอน อย่างน้อย 3 ความเข้มข้นอย่างน้อย 10 ซ้ำ ประเมินผลการทดสอบจาก % recovery และ %RSD ตามเกณฑ์มาตรฐานการทดสอบ

- LOQ ทดสอบโดยการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างที่เดิมมาตรฐานที่ทราบความเข้มข้นแน่นอนอย่างน้อย 10 ซ้ำ ประเมินค่า % recovery และ %RSD

- LOD ทดสอบโดยการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างที่เดิมมาตรฐานที่ทราบความเข้มข้นแน่นอนอย่างน้อย 10 ซ้ำ ประเมินค่า % recovery และ %RSD

- สรุปผลการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีการวิเคราะห์

1.4.4 นำวิธีการวิเคราะห์ที่พัฒนาได้นี้ ไปวิเคราะห์ในตัวอย่างในพืชผัก และผลไม้ ที่มีจำหน่ายในจังหวัดเพชรบูรณ์

1.4.5 ถ่ายทอดความรู้ให้กับนักวิทยาศาสตร์และนักศึกษา

1.4.6 เผยแพร่ความรู้โดยการตีพิมพ์ในวารสารระดับชาติหรือนานาชาติ

1.5 ประโยชน์ของงานวิจัย

1.5.1 ศูนย์วิทยาศาสตร์มีวิธีการวิเคราะห์ปริมาณ สารพิษตกค้างกลุ่ม คาร์บาเมต ด้วยเทคนิค HPLC-DAD ที่มีความถูกต้องและแม่นยำ สำหรับการบริการวิชาการ และจัดหารายได้ให้กับมหาวิทยาลัย

1.5.2 ใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการวิจัยต่อเนื่อง และเป็นแนวทางในการควบคุมและป้องกันการใช้ สารกลุ่ม คาร์บาเมต ในพืชผักและผลไม้

1.5.3 เป็นข้อมูลให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องดำเนินการคุ้มครองผู้บริโภค

1.5.4 ให้ความรู้นักศึกษาและเพิ่มศักยภาพเพื่อนำไปใช้ในการประกอบอาชีพในอนาคตต่อไปได้

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การพัฒนาและตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ปริมาณสารพิษตกค้างกลุ่มคาร์บาเมตด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง รายละเอียดผลการศึกษาทฤษฎีและเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

2.1 สารพิษตกค้าง

ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (เล่มที่ 134 ตอนพิเศษ 228 ง) เลขที่ 387 พ.ศ. 2560 รายละเอียดที่ควรทราบ มีดังต่อไปนี้

วัตถุอันตรายทางการเกษตร (pesticide) หมายถึง สารที่มีจุดมุ่งหมายใช้เพื่อป้องกัน ทำลาย ดึงดูด ขับไล่ หรือควบคุม ศัตรูพืชและสัตว์หรือพืชและสัตว์ที่ไม่พึงประสงค์ ไม่ว่าจะเป็นการใช้ระหว่างการเพาะปลูก การเก็บรักษา การขนส่ง การจำหน่าย หรือระหว่างกระบวนการผลิตอาหาร หรือสารที่อาจใช้กับสัตว์เพื่อควบคุมปรสิตภายนอก (ectoparasites) และให้หมายความรวมถึง สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช สารทำให้ใบร่วง สารทำให้ผลร่วง สารยับยั้งการแตกยอดอ่อน และสารที่ใช้กับพืชผลก่อนหรือหลังการเก็บเกี่ยว เพื่อป้องกันการเสื่อมเสียระหว่างการเก็บรักษาและการขนส่ง แต่ทั้งนี้วัตถุอันตรายทางการเกษตรไม่รวมถึงปุ๋ย สารอาหารของพืชและสัตว์ วัตถุเจือปนอาหาร วัตถุที่เติม ในอาหารสัตว์ (feed additive) และยาสัตว์ (veterinary drug)

สารพิษตกค้าง (pesticide residue) หมายถึง สารตกค้างในอาหารที่เกิดจากการใช้ วัตถุอันตรายทางการเกษตร และให้หมายความรวมถึงกลุ่มอนุพันธ์ของวัตถุอันตรายทางการเกษตรนั้น ได้แก่ สารจากกระบวนการเปลี่ยนแปลง (conversion products) สารจากกระบวนการสร้างและสลาย (metabolites) สารจากการทาปฏิกิริยา (reaction products) และสารที่ปนอยู่ในวัตถุอันตรายทางการเกษตร (impurities) ที่มีความเป็นพิษอย่างมีนัยสำคัญ

ชนิดสารพิษตกค้าง (definition of residues) หมายความว่า สารพิษตกค้างชนิดที่กำหนดให้ตรวจวิเคราะห์ ซึ่งอาจเป็นชนิดเดียวหรือหลายชนิดรวมกัน

ปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด (Maximum Residue Limit; MRL) หมายความว่า ปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุดที่มีได้ในอาหาร อันเนื่องมาจากการใช้วัตถุอันตรายทางการเกษตร มีหน่วยเป็น มิลลิกรัมสารพิษตกค้างต่อกิโลกรัมอาหาร รายชื่อสารพิษอันตรายได้กำหนด MRL ตามชนิดของอาหาร ปรากฏอยู่ในบัญชีหมายเลข 2

ปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุดที่ปนเปื้อนจากสาเหตุที่ไม่อาจหลีกเลี่ยงได้ (Extraneous Maximum Residue Limit; EMRL) หมายถึง ปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุดที่มีได้ในอาหาร อันเนื่องมาจากสารพิษตกค้างที่ปนเปื้อนจากสิ่งแวดล้อม รวมสารพิษตกค้างจากวัตถุดิบทางการเกษตรที่เคยใช้มาก่อนและถูกยกเลิกการขึ้นทะเบียนการใช้ในประเทศแล้ว แต่เป็นสารพิษที่สลายช้าจึงปนเปื้อนหรือสะสมในสิ่งแวดล้อมเป็นเวลานานมีหน่วย มิลลิกรัมสารพิษตกค้างต่อกิโลกรัมอาหาร การตรวจพบปริมาณสารพิษกลุ่มนี้ ได้กำหนดไว้ในบัญชีหมายเลขที่ 4 รายชื่อวัตถุดิบได้กำหนดปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุดตามชนิดของอาหาร อยู่ในบัญชีหมายเลข 4

ดีฟอลต์ลิมิต (default limit) หมายความว่า ปริมาณสารพิษตกค้างที่มีได้ในอาหาร สำหรับวัตถุดิบทางการเกษตรที่ไม่ได้กำหนดปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด (MRL) ไว้ มีหน่วยเป็น มิลลิกรัมสารพิษตกค้างต่อกิโลกรัมอาหาร ปริมาณการตรวจพบที่กำหนดไว้ อยู่ในบัญชีหมายเลข 3

วัตถุดิบชนิดที่ 4 หมายความว่า วัตถุดิบที่ห้ามมิให้มีการผลิต การนำเข้า การส่งออก หรือการมีไว้ในครอบครอง โดยเป็นไปตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่องบัญชีรายชื่อวัตถุดิบ ซึ่งชนิดของอาหาร ต้องไม่ตรวจพบวัตถุดิบทางการเกษตรนี้ รายชื่อของสารพิษกลุ่มนี้อยู่ในบัญชีหมายเลข 1

สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช หรือยาฆ่าแมลง (ป่นดคา เทนสูลโฟธิ์ และคณะ, 2561) จัดเป็นวัตถุดิบทางการเกษตร แบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มออร์กาโนคลอรีน กลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต กลุ่มคาร์บาเมต และกลุ่มไพรีทรัมและสารสังเคราะห์ไพรีทรอย์ จากบทความรายงานวิจัยของ สุชาสินี อึ้งสูงเนิน (2558) กล่าวถึงความหมายสารกำจัดศัตรูพืช คือสารเคมีที่ผลิตขึ้นเพื่อทำลายสิ่งมีชีวิตที่มาแย่งแข่งขันทางการผลิตอาหาร เป็นสารที่ใช้เพื่อป้องกันโรคพืช และสัตว์เลี้ยงที่เกิดจากสิ่งมีชีวิตอื่นๆ อาจเป็นสารกำจัดแมลง กำจัดเชื้อรา กำจัดหนูหรือกำจัดวัชพืช หนูกะรอก และสารเร่งการเจริญเติบโตพืช เป็นต้น โดยสามารถลดประชากรของศัตรูพืชลงได้อย่างรวดเร็ว ทำให้ความเสียหายของพืชอาจเกิดขึ้นจากศัตรูพืชลดลง สารเคมีกำจัดแมลง ชนิดของสารกำจัดศัตรูพืชที่มีการใช้เป็นปริมาณมาก และมักทำให้ผู้ใช้งานเกิดการเจ็บป่วย มี 4 กลุ่มใหญ่ คือ สารเคมีกำจัดแมลง สารป้องกันกำจัดวัชพืช สารกำจัดเชื้อรา และสารกำจัดหนูและสัตว์ฟันแทะ โดยสารเหล่านี้สามารถเข้าสู่ร่างกายได้ทั้งทางผิวหนัง การหายใจ และการกลืนกิน

การจำแนกประเภทของสารป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืช (ชิตติมา ขวัญอยู่, 2561; นิรมล ธรรมวิริยสดี & สานิตา สิงห์สนั่น, 2559) ระดับความเป็นพิษของสาร ตามองค์การอนามัยโลก (WHO) โดยดูปริมาณของสารเคมีซึ่งเมื่อสัตว์ที่ใช้ในการทดลองได้รับเข้าสู่ร่างกายเพียงครั้งเดียว

โดยทางการกิน การฉีด หรือการสัมผัสทางผิวหนัง แล้วทำให้สัตว์ตาย 50% (LD_{50} value) แบ่งความเป็นพิษออกเป็น 4 ชั้น (class) คือ

ชั้น 1 เอ พิษร้ายแรงมาก (Ia Extremely hazardous) หมายถึง สารป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชที่มีความเป็นพิษร้ายแรงมาก และมีความเป็นอันตรายสูงมาก มีค่า LD_{50} ทางปาก น้อยกว่า 5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ชั้น 1 บี พิษร้ายแรง (Ib Highly hazardous) หมายถึง สารป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชที่มีความเป็นพิษร้ายแรง และมีความเป็นอันตรายสูง มีค่า LD_{50} ทางปากอยู่ระหว่าง 5-50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

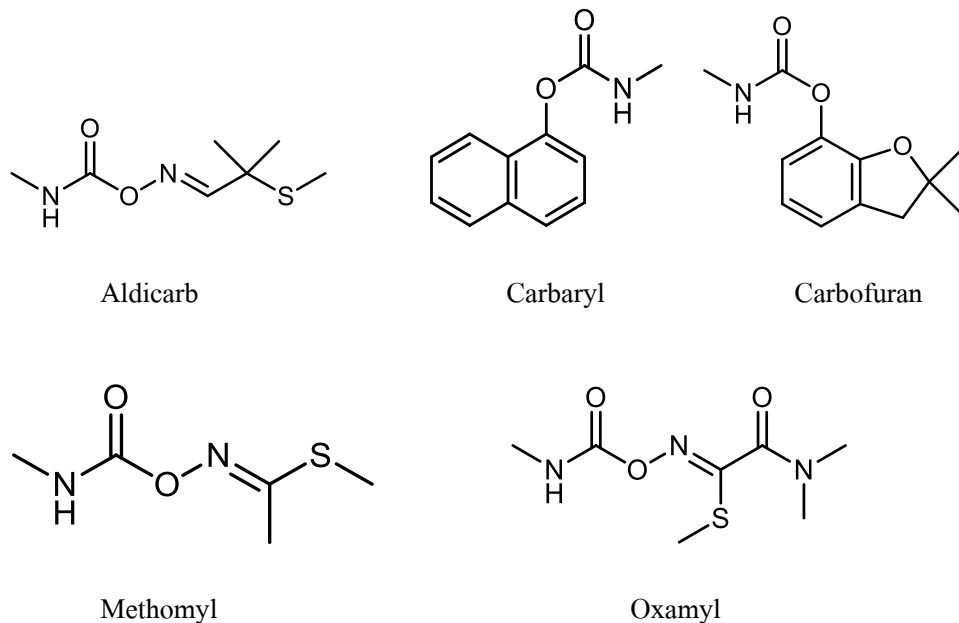
ชั้น 2 พิษปานกลาง (II Moderately hazardous) หมายถึง สารป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชที่มีความเป็นพิษปานกลาง และมีความเป็นอันตรายปานกลาง มีค่า LD_{50} ทางปากอยู่ระหว่าง 50-500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ชั้น 3 พิษน้อย (III slightly hazardous) หมายถึง สารป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชที่มีความเป็นพิษน้อย และมีความเป็นอันตรายน้อย มีค่า LD_{50} ทางปากอยู่ระหว่าง 500-5,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

2.2 สารกลุ่มคาร์บาเมต

สารกลุ่มคาร์บาเมต (carbamate) เป็นกลุ่มสารอินทรีย์ที่เป็นเอสเทอร์ของกรดคาร์บาไมค สารกลุ่มนี้ออกฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอ็นไซม์โคลีนเอสเตอเรส (acetylcholinesterase inhibitor, AChE inhibitor) สารพิษกลุ่มนี้ส่งผลโดยตรงต่อระบบประสาทส่วนกลางของแมลง เนื่องจากกลไกการทำงานของระบบประสาทส่วนกลางของแมลงซึ่งเชื่อมต่อกันมีลักษณะเหมือนกับกลไกของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม โดยต้องเชื่อมสัญญาณระหว่างประสาทส่วนกลางกับประสาทส่วนอื่นๆ อาการพิษของสารกลุ่มนี้ ได้แก่ ท้องเสีย คลื่นไส้ อาเจียน ปวดท้อง เหงื่อออก น้ำลายไหล ตาพร่า หายใจขัด ตัวสั่น กล้ามเนื้อกระตุก แขนขาเป็นอัมพาตชั่วคราว (พันธิทิพย์ หินหุ้มเพชร & วันดี วัฒนชัยยิ่งเจริญ, 2021; สุภาพร บังพรม & สุวัฒน์ ผาบุจินดา, 2555) กลไกของความเป็นพิษของคาร์บาเมตคล้ายกับของออร์กาโนฟอสเฟต เนื่องจากพวกมันยังยับยั้ง AChE อย่างไรก็ดีตาม มีรายงานว่าสารกำจัดศัตรูพืชชนิดคาร์บาเมตค่อนข้างเป็นพิษต่อมนุษย์น้อยกว่าออร์กาโนฟอสเฟตและย่อยสลายได้เร็วกว่าออร์กาโนคลอรีน (Ahn และคณะ, 2021) สำหรับงานวิจัยนี้จะกล่าวเฉพาะสารกลุ่มคาร์บาเมตมี

ทั้งหมด 5 ชนิด ประกอบด้วย aldicarb, carbofuran, methomyl, oxamyl และ carbaryl สูตรโครงสร้างแสดงดังภาพที่ 1 aldicarb, carbofuran, methomyl, และ oxamyl จัดเป็นกลุ่มสารพิษชั้น 1 บี (Ib) และ carbaryl จัดเป็นกลุ่มความเป็นต่ำ



ภาพที่ 1 สารกลุ่มคาร์บาเมตที่ศึกษาในงานวิจัยนี้

การตรวจวิเคราะห์สารเคมีกลุ่มคาร์บาเมต ในตัวอย่างผักสด ถ้าต้องการตรวจวิเคราะห์เพื่อให้ได้ความเที่ยงและแม่นยำสูง ก็จำเป็นต้องใช้เครื่องมือขั้นสูงเช่น LC-MS และ LC-MS/MS (Ma et al., 2020) เป็นเทคนิคใช้แมสสเปกโตรเมตรี (MS) ในการตรวจวัดซึ่งสามารถระบุชนิดของสารและบอกปริมาณได้ด้วยเครื่องตรวจวัดมวลซึ่งจะให้ข้อมูลรายละเอียดโครงสร้างโมเลกุลของสาร แต่อย่างไรก็ตามเครื่องมือมีต้นทุนราคาแพง ไม่มีในห้องปฏิบัติการทั่วไป ดังนั้นทางเลือกอีกทางหนึ่ง มีงานวิจัยจำนวนมากนิยมใช้เทคนิค HPLC-DAD/FLD ซึ่งมีใช้ง่ายถูกกว่าและหาได้ง่ายในห้องปฏิบัติการขนาดเล็ก

การสกัดสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างออกจากตัวอย่างพืชผัก ผลไม้ ปัจจุบันนิยมใช้เทคนิคแควเซอร์ (QuEChERS) หรือ Quick, Easy, Cheap, Effective, Rugged, และ Safe เป็นเทคนิคการสกัดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ที่เข้ากับน้ำได้ จากนั้นเติมเกลือจำนวนมากลงไปเพื่อคุดน้ำและทำให้เกิด salting-out effect ตามด้วยการกำจัดเมทริกซ์ในส่วนสกัดโดยใช้ dSPE (dispersive solid phase

extraction) ซึ่งเป็นเทคนิคในการเตรียมตัวอย่างที่ง่าย รวดเร็ว มีประสิทธิภาพ และปลอดภัย (ไกรวุฒิ นวลขาว, 2562a; นันทนา กลิ่นสุนทร และคณะ, 2557)

2.3 เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิธีวิเคราะห์ปริมาณสารพิษตกค้างกลุ่มคาร์บาเมตมีดังต่อไปนี้

ทองสุข ปายะนันท์ และคณะ (2558) ได้ทำการสำรวจปริมาณการตกค้างของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช 4 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มออร์กาโนคลอรีน กลุ่ม ออร์กาโนฟอสฟอรัส กลุ่มคาร์บาเมต และกลุ่มสารสังเคราะห์ ไพรีทรอยด์ ในผลส้ม รวม 203 ตัวอย่าง จำแนกเป็นส้มที่ปลูกภายในประเทศจากแหล่งจำหน่ายในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล จำนวน 20 ตัวอย่าง กับส้มที่นำเข้าจากต่างประเทศ ซึ่งส่วนใหญ่ มาจากเมียนมาร์และจีน จำนวน 183 ตัวอย่าง ตรวจวิเคราะห์โดยวิธี Gas chromatography และ Liquid chromatography ผลการวิเคราะห์ตรวจพบการตกค้างในผลส้มที่ปลูกในประเทศไทยทุกตัวอย่าง โดยชนิดของสารที่ตรวจพบมี 9 ชนิด ชนิดสาร ที่ ตรวจพบความถี่สูงสุด ได้แก่ ethion และ carbofuran ปริมาณที่ พบอยู่ระหว่าง $< 0.05 - 0.49$ และ $< 0.01 - 0.12$ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ส่วนผลส้มนำเข้าตรวจพบการตกค้างร้อยละ 71 (130 ตัวอย่าง) ชนิดสารที่ตรวจพบมี 14 ชนิด สาร ที่มีความถี่ของการตรวจพบสูง ได้แก่ chlorpyrifos, ethion, cypermethrin และ tetradifon ปริมาณที่พบอยู่ระหว่าง $< 0.05 - 0.25$, $< 0.05 - 3.06$, $< 0.05 - 2.16$ และ $< 0.05 - 0.72$ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ อย่างไรก็ตามส้ม เป็นผลไม้ที่รับประทานเฉพาะเนื้อ แต่ผลการตรวจวิเคราะห์จากห้องปฏิบัติการเป็นการตรวจทั้งเปลือกแต่เพื่อคลายกังวลและ เพิ่มความมั่นใจในการบริโภค ควรล้างก่อนการปอกเปลือกเสมอ

พัชร ภคกษมา และคณะ (2559) ได้ทำการตรวจสอบการตกค้างของสารเคมีฆ่าแมลงในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและ คาร์บาเมต ในตัวอย่างผักจากตลาดสดและผักปลอดสารพิษ จากห้างสรรพสินค้า ที่จำหน่ายในพื้นที่จังหวัด สมุทรปราการ รวมทั้งเปรียบเทียบความปลอดภัยของผักตัวอย่าง โดยการทดสอบใช้ชุดทดสอบ เอ็ม เจ พี เค ตรวจสอบการตกค้างของสารเคมีฆ่าแมลงในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมตในผักตัวอย่าง 5 ชนิด คือ ผักคะน้า ถั่วฝักยาว พริกสด แตงกวาและมะเขือ จำนวนรวมทั้งสิ้น 225 ตัวอย่าง จากผักที่จำหน่ายในตลาดสดจำนวน 200 ตัวอย่าง และผักปลอดสารพิษซึ่งจำหน่ายในห้างสรรพสินค้า จำนวน 25 ตัวอย่าง ผลการวิจัยด้วยชุดทดสอบพบว่า มีการตกค้างของสารเคมีกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมตในผักตัวอย่างจากทั้ง 2 แหล่ง อยู่ในระดับที่ไม่ปลอดภัยค่อนข้างสูงคือ 194 ตัวอย่าง (คิดเป็นร้อยละ 86.22) โดยเป็นผักจากตลาดสด 173 ตัวอย่าง และจากผักปลอดสารพิษ จากห้างสรรพสินค้า 21 ตัวอย่าง จากผลการทดสอบพบว่า แตงกวาและมะเขือเปราะมีการตรวจพบสารเคมีตกค้างใน ระดับที่ไม่ปลอดภัยมาก

ที่สุด คิดเป็นร้อยละ 95.56 ของจำนวนตัวอย่างแตงกวาและมะเขือเปราะที่นำมาตรวจสอบ ส่วน ถั่วฝักยาว กระเทียม และพริกสด ตรวจพบระดับสารเคมีในระดับที่ไม่ปลอดภัยคิดเป็นร้อยละ 86.67, 80.00 และ 73.33 ของตัวอย่างที่เก็บมาตามลำดับ และพบว่าชนิดของผักทั้งสองแหล่งมีสารเคมีฆ่าแมลงในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต และคาร์บาเมตตกค้างในระดับไม่ปลอดภัยที่ไม่แตกต่างกัน

ภัทราวดี วัฒนสุนทร และ จินตนา อมรสงวนสิน (2559) ได้ศึกษาชนิดและปริมาณของการตกค้างของสารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ จำนวน 4 กลุ่ม คือ ออร์กาโนคลอรีน ออร์กาโนฟอสเฟต คาร์บาเมต และ สารกำจัดวัชพืช ที่ตกค้างในดินจากนาข้าวในพื้นที่อำเภอวัดสิงห์ และ อำเภอบ้านคา จังหวัดชัยนาท เนื่องจากเป็น พื้นที่ที่เกษตรกรมีการใช้สารเคมีมากที่สุด โดยทำการเก็บตัวอย่างดิน จำนวน 90 ตัวอย่างในปี พ.ศ. 2557 นำมาสกัดด้วยวิธี solid-liquid extraction จากนั้นทำการวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณด้วย วิธี Liquid chromatography/Mass spectrophotometry (LC/MS) ผลการศึกษาพบว่าดินจากนาข้าวในพื้นที่ศึกษามีการปนเปื้อนสารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ ดังนี้ กลุ่ม คาร์บาเมต ชนิด Methomyl และกลุ่มออร์กาโนคลอรีน ชนิด Endosulfan นอกจากนี้ยังตรวจพบสารในกลุ่มสารกำจัดวัชพืช ชนิด Diuron และ Glyphosate ซึ่งปริมาณที่พบสูงกว่าค่ามาตรฐานที่กรมควบคุมมลพิษได้กำหนดไว้ จากการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าดินจากนาข้าว ในพื้นที่ที่ศึกษามีการตกค้างของสารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ ซึ่งปัญหาที่เกิดขึ้นจำเป็นต้องได้รับการแก้ไขเพื่อลดความเสี่ยงที่จะเกิดขึ้นกับคนและสัตว์ในพื้นที่ศึกษา และเป็นการเฝ้าระวังความเสี่ยงที่จะเกิดความเสียหายแก่เกษตรกรได้อีกด้วย

อรอุมา สร้อยจิต และ สุวิทย์ คล่องทะเล (2562) ได้สำรวจและตรวจหาสารเคมีกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมต ที่ตกค้างมาบนผักที่ใช้ประกอบอาหาร ในร้านอาหารของชุมชน ไกล้มหาวิทยาลัยรังสิต เนื่องจากเป็นชุมชนที่มีประชากรอาศัยอยู่หนาแน่นและใกล้สถานศึกษา โดยใช้ ชุดทดสอบเบื้องต้น จี พี โอ เอ็ม เก็บตัวอย่างจากร้านอาหารจำนวน 30 ร้าน รวม 186 ตัวอย่าง จากผลการวิจัยพบว่ามีผักที่ปนเปื้อน สารเคมีกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต และคาร์บาเมตจำนวนทั้งหมด 14 ตัวอย่าง (7.5%) เป็นผักที่อยู่ในระดับไม่ปลอดภัย 11 ตัวอย่าง (5.9%) และอยู่ในระดับเป็นพิษ 3 ตัวอย่าง (1.6%) โดยผักที่พบสารเคมีตกค้างในระดับที่ไม่ปลอดภัยมากที่สุดคือ ผักคะน้า ในจำนวนผักที่ปนเปื้อนสารเคมีกำจัดแมลงทั้งหมด 14 ตัวอย่าง พบว่าเป็นผักที่ใช้ ตกแต่งและโรยหน้าอาหารสูงถึง 7 ตัวอย่าง (50%) ซึ่งผักประเภทนี้จะไม่ผ่านความร้อนจากการปรุงอาหาร ทำให้ สารเคมีกำจัดแมลงไม่ถูกทำลายหรือสลายด้วยความร้อนและทำให้เพิ่มโอกาสที่สารเคมีกำจัดแมลงเหล่านี้ จะเข้าสู่ร่างกายของผู้บริโภคได้ มากขึ้น โดยผลการวิจัยครั้งนี้ จะมีการส่งต่อข้อมูลให้ผู้ที่เกี่ยวข้องด้านสาธารณสุขในชุมชน ดำเนินการต่อไป

วิจิตรา เหลียวตระกูล และคณะ (2563) ได้ศึกษาสารเคมีตกค้างในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต และคาร์บาเมตในผักสดที่ปลูก และจำหน่ายในพื้นที่จังหวัดพระนครศรีอยุธยา และศึกษาประสิทธิภาพการล้างผักต่อสารเคมีตกค้างในผักคะน้า โดยใช้ชุดทดสอบ เอ็ม เจ พี เค ตรวจสอบการตกค้างของสารเคมีในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมตในผักตัวอย่างจำนวน 150 ตัวอย่างจากผัก 21 ชนิด เป็นตัวอย่างผักที่ปลูกในพื้นที่จำนวน 65 ตัวอย่าง และผักจากแหล่งจำหน่ายในพื้นที่จำนวน 85 ตัวอย่าง ผลการวิจัยด้วย ชุดทดสอบพบว่า จากตัวอย่างผักทั้งหมด 150 ตัวอย่าง พบตัวอย่างที่มีสารเคมีตกค้างในระดับปลอดภัยจำนวน 81 ตัวอย่าง (ร้อยละ 54 ของผักทั้งหมด) เป็นผักที่ปลูกและจำหน่ายในพื้นที่จำนวน 45 และ 36 ตัวอย่าง ตามลำดับ ตัวอย่างที่มีสารเคมีตกค้างในระดับไม่ปลอดภัยจำนวน 69 ตัวอย่าง (ร้อยละ 46 ของผักทั้งหมด) เป็นผักที่ปลูกและจำหน่ายในพื้นที่จำนวน 20 และ 49 ตัวอย่าง ตามลำดับ จากการทดสอบพบว่า ชะอมผักสลัด มะระ และเห็ด พบสารเคมีตกค้างในระดับปลอดภัยเป็นร้อยละ 100 ของจำนวนผักแต่ละชนิดที่นำมาทดสอบ แต่ผักที่ตรวจพบสารเคมีตกค้างในระดับไม่ปลอดภัยมากที่สุดคือ ตะไคร้ ผักหวาน และผักชี (ร้อยละ 80, 80 และ 71 ตามลำดับ) รองลงมาคือ คะน้า ใบมะกรูด และถั่วพู (ร้อยละ 67) นอกจากนี้ ยังพบว่า วิธีการล้างผักคะน้ามีผลต่อสารเคมีตกค้างเมื่อเทียบกับผักคะน้าสด ดังนั้นผู้บริโภคควรล้างคะน้าหรือเตรียมผักให้ถูกวิธีก่อนรับประทาน ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 0.08 และโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตหรือด่างทับทิมความเข้มข้นร้อยละ 0.6 สามารถล้างสารเคมีในตัวอย่างผักคะน้าให้ อยู่ในระดับปลอดภัยได้ ในขณะที่วิธีการล้างผักคะน้าด้วยน้ำส้มสายชู น้ำเกลือ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ น้ำชาข้าว การล้างผักโดยให้ น้ำไหล การปอกเปลือกชั้นนอกและแช่น้ำ และการลวกนั้น ไม่สามารถกำจัดสารเคมีตกค้างในคะน้าให้ อยู่ในระดับปลอดภัยได้

อุทุมพร สมพงษ์ (2564) ได้ศึกษาปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชที่ตกค้างในแหล่งน้ำบริเวณพื้นที่เกษตรกรรม และหาปัจจัยที่เกี่ยวข้อง โดยวิเคราะห์ปริมาณสารกำจัดศัตรูพืช 4 กลุ่ม ได้แก่ คาร์บาเมต ออร์แกโนคลอรีน ออร์แกโนฟอสเฟต และไพรีทรอยด์ รวม 55 ชนิด ในน้ำคลองที่ไหลผ่านพื้นที่เกษตรกรรมในกรุงเทพมหานคร ผังธนบุรี 4 เขต ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีการทำเกษตรกรรมมาก ได้แก่ คลองลำปะโดง คลองปทุม คลองสี่วา และ คลองหนามแดง ในเขตคลองสาน เขตทวีวัฒนา เขตหนองแขม และเขตบางบอน ตามลำดับ โดยศึกษาในฤดูน้ำน้อย และฤดูน้ำมาก ในเดือนเมษายน และมิถุนายน 2564 ตามลำดับ แล้ววิเคราะห์อิทธิพลของฤดูกาล พื้นที่ กลุ่ม และชนิดของสารกำจัดศัตรูพืชที่มีต่อปริมาณสารกำจัดศัตรูพืช ผลการวิจัยพบสารกำจัดศัตรูพืช 7 ชนิด จาก 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มคาร์บาเมต 3 ชนิด ได้แก่ ฟิโนบุคาร์บ คาร์โบฟูเร็น และเมโทมิล และกลุ่มออร์แกโนฟอสเฟต 4 ชนิด ได้แก่ ไดอะซินอน คลอไพริฟอส อีริธรีน และไทอะโซฟอส ด้วยค่าเฉลี่ย 0.100, 0.100, 0.590, 0.100, 0.100, 0.100 และ 0.410 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ แต่ไม่พบอิทธิพลจาก ฤดูกาล

พื้นที่ กลุ่ม และชนิดของสารกำจัดศัตรูพืชต่อปริมาณของสารกำจัดศัตรูพืช ด้วย p-value 0.2610, 0.6440, 0.1150 และ 0.1510 ตามลำดับ นอกจากนี้ ผลการทดลองพบสหสัมพันธ์ของปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชในเขตหนองแขมและบางบอน ด้วยสัมประสิทธิ์ของ Pearson (r) = 0.9959 และสหสัมพันธ์ของปริมาณไดอะซินอน, คลอไพริฟอส และอีริธอน ด้วย $r = 1.0000$ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.001

พันธทิพย์ หินหุ้มเพชร และ วันดี วัฒนชัยยังเจริญ (2564) ได้ศึกษาสารเคมีตกค้างกลุ่มคาร์บาเมต และตรวจประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ จากการบริโภคเมลอนญี่ปุ่น โดยเก็บรวบรวมเมลอนญี่ปุ่น 9 ตัวอย่าง จากสวนเพาะปลูกเมลอน 3 แห่ง ในจังหวัด พิษณุโลก วิเคราะห์การตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมต 11 ชนิด ด้วยเทคนิค QuEChERS (quick, easy cheap, effective, rugged and safe) และตรวจวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC-QTOF-MS (high performance liquid chromatography coupled with quadrupole time-of-flight mass spectrometry) ปริมาณสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างสูงสุดที่ตรวจพบ คือ สาร carbaryl (0.574 ± 0.020 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) รองลงมา คือ สาร aldicarb sulfoxide (0.310 ± 0.622 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) สารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างกลุ่มคาร์บาเมตที่ตรวจพบใน ตัวอย่างเมลอนญี่ปุ่นมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานสินค้าเกษตรของประเทศไทย เมื่อพิจารณาถึงความเสี่ยงจากการบริโภค เมลอนญี่ปุ่นในเบื้องต้นพบว่าสารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่ตรวจพบมีค่าดัชนีบ่งชี้อันตรายอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ โดยค่าบ่งชี้ อันตรายที่สูงสุดพบในการตกค้างของสาร aldicarb sulfoxide ($HQ = 0.268$) และค่าบ่งชี้อันตรายที่ต่ำสุดพบในการตกค้างของสาร methomyl ($HQ = 0.007$) หน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรมีการดำเนินการตรวจสอบสารเคมีกำจัดศัตรูพืชชนิดอื่น ๆ ในเมลอนญี่ปุ่นเพื่อคุ้มครองผู้บริโภคในด้านความปลอดภัยทางอาหารต่อไป

Kongphonprom และ Burakham, (2016) ได้ศึกษาหาปริมาณสารกลุ่มคาร์บาเมตทั้ง 6 ชนิด (Methomyl, Aldicarb, Carbofuran, Carbaryl, Isoprocarb และ Methiocarb) ในน้ำ ผลไม้ และผัก โดยใช้เทคนิคการสกัดแบบ dispersive liquid-liquid microextraction (DLLME) และ HPLC สำหรับการวิเคราะห์เชิงปริมาณ การแยกใช้เฟสอยู่กับที่ คอลัมน์ C18 การชะแบบ gradient เฟสเคลื่อนที่ประกอบด้วย MeOH และ 0.1% (v/v) acetic acid อัตราการไหลเท่ากับ 1.0 min/mL ตั้งความยาวคลื่นเท่ากับ 270 นาโนเมตร ใช้เวลาในการแยก 14 นาที พารามิเตอร์ที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการสกัดคือ ชนิดและปริมาตรของตัวทำละลาย เวลาในการ sonicate และการเติมอิเล็กโทรไลต์ ต้องมีความเหมาะสม วิธีการสกัดนี้มีความรวดเร็ว ง่าย และไม่ต้องหมุนเหวี่ยง ภายใต้สภาวะที่เหมาะสมนี้มีช่วงความเป็นเส้นตรงตั้งแต่ 5 ถึง 10,000 $\mu\text{g/L}$ ขีดจำกัดการตรวจวัด (LOD) อยู่ในช่วงความเข้มข้น 2 ถึง 80 $\mu\text{g/L}$ ค่าความแม่นยำในการวิเคราะห์วันเดียวกัน (intra-day) และวิเคราะห์ต่างวันกัน

(inter-day) มีค่าน้อยกว่า 1.5% และ 9.0% วิธีดังกล่าวนี้ในการหาปริมาณสารกลุ่มคาร์บาเมตในน้ำผลไม้และผักได้

Ma และคณะ (2020) ได้ศึกษาหาปริมาณสารตกค้างสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมตจำนวน 12 ชนิดคือ diethofencarb, carbofuran, propoxur, fenobucarb, carbaryl, isoprocarb, pirimicarb, aldicarb, aldicarb sulfoxide, carbofuran-3-hydroxy, propamocarb and tsumacide ในแตงโม แตงกวา กะหล่ำปลีสีม่วง ส้ม ถั่วพุ่ม และผักสลัด (*Lactuca sativa* L.) การทดลองได้เปรียบเทียบวิธีการ cleanup แบบ d-SPE กับ m-PFC พบว่าวิธีแบบ m-PFC เป็นวิธีที่ง่าย สะดวก และกำจัด pigments ได้ดีกว่า ยกเว้นผักสลัด แล้วนำตัวอย่างที่สกัดได้วิเคราะห์เชิงปริมาณด้วยวิธี UPLC-ESI-MS/MS ผลการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีแสดงให้เห็นว่ามีความเป็นเส้นตรง เฉพาะเจาะจง และแม่นยำ มีขีดจำกัดของการหาปริมาณ (LOQs) อยู่ที่ 0.05–5.0 ไมโครกรัม/กก. และการกลับคืนอยู่ในช่วง 70.1–119.9% ในเมทริกซ์ที่ต่างกัน ทำการวิเคราะห์ในตัวอย่างทั้งหมด 50 ตัวอย่าง พบว่ามี carbofuran ในถั่วพุ่ม อยู่ในช่วง 119 – 229 ไมโครกรัม/กก. และในตัวอย่างส้ม 1 ตัวอย่าง มี isoprocarb เท่ากับ 94.6 ไมโครกรัม/กก.

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 เครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ สารเคมี และตัวอย่าง

3.1.1 เครื่องมือ วัสดุ และอุปกรณ์

1. เครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (High Performance Liquid Chromatography; HPLC) รุ่น Agilent series 1260 พร้อมด้วย Diode Array Detector ประกอบไปด้วย degasser (G1311C), Quaternary pump VL (G1311C), auto sample (G1329B), thermostate temperature (G1316A), Diode Array Detector (G1315D), ระบบการควบคุม และการประมวลผล ใช้ซอฟต์แวร์ OpenLAB CDS ChemStation เวอร์ชัน C.01.07 ผลิตจากบริษัท Agilent Technologies ประเทศสหรัฐอเมริกา

2. คอลัมน์รุ่น ZORBAX Eclipse Plus C18 (4.6×150 mm, 3.5 μm) ผลิตจากบริษัท Agilent Technologies ประเทศสหรัฐอเมริกา

3. 4. คอลัมน์รุ่น YMC-Triart C18 (4.6×250 mm, 5 μm) ผลิตจากบริษัท YMC America ประเทศสหรัฐอเมริกา

4. เครื่องชั่งไฟฟ้าอย่างละเอียด 4 ตำแหน่ง โมเดล MS204TS ผลิตจากบริษัท Mettler Toledo ประเทศสวิตเซอร์แลนด์

5. เครื่องชั่งไฟฟ้า 2 ตำแหน่ง โมเดล ME3002T ผลิตจากบริษัท Mettler Toledo ประเทศสวิตเซอร์แลนด์

6. เครื่องปั่นเหวี่ยงความเร็วสูงแบบควบคุมอุณหภูมิ (Centrifuge) ยี่ห้อ Dynamica รุ่น V18R ผลิตจากบริษัท Dynamica ประเทศจีน

7. เครื่องกลั่นระเหยสารสูญญากาศยี่ห้อ BUCHI รุ่น 9230 Flawil ที่ประกอบด้วย rotavapor R-300, vacuum pump V-300, Recirculating Chiller F-105, heating bath B-300 Base และ interface I-300 ผลิตจากบริษัท BUCHI Labortechnik AG ประเทศสวิตเซอร์แลนด์

8. ตู้เย็นสำหรับเก็บตัวอย่าง Direct Freezing -40 °C ยี่ห้อ Parasonic Model MDF-U5412

9. ตู้เย็นสำหรับเก็บสารละลายมาตรฐาน Mitsubishi Electric รุ่น MR-FC31EP

10. ตู้ดูดควัน (Hood) Model 252 ยี่ห้อ NEW LAB

11. Syringe filter Model FE1322, PTFE (Hydrophobic) ขนาด 0.22 μm x 13 mm

12. กระบอกฉีดยา (Disposable Syringe) ขนาด 3 มิลลิลิตร

13. ไมโครปิเปตขนาด 100 และ 1,000 ไมโครลิตร จากบริษัท Mettler Toledo ประเทศสหรัฐอเมริกา (ผ่านการสอบเทียบแล้ว)

14. ขวดวัดปริมาตรขนาด 1, 2, 5, 10, และ 25 มิลลิลิตร

15. บีกเกอร์ขนาด 25, 50, 100, 250 และ 500 มิลลิลิตร

16. ขวดกั่นกลมขนาด 25, 250, และ 500 มิลลิลิตร

17. ขวดบรรจุสารขนาดเล็ก (Vial) ขนาด 2 มิลลิลิตร และ Insert ขนาด 400 ไมโครลิตร

18. ขวดสีชาสำหรับใส่สารละลายมาตรฐานขนาด 20 และ 60 มิลลิลิตร

19. เครื่องเขย่า (Vortex) รุ่น GRNIE 2

20. หลอดทดลองขนาด 15 มิลลิลิตร

21. หลอดหยดสาร

22. ซ้อนตักสารเคมี

3.1.2 สารเคมี

1. อะซิโตไนไตรล์ (Acetonitrile; CH_3CN) เกรด HPLC ความบริสุทธิ์ 99.9 % มวลโมเลกุล 41.05 กรัมต่อโมล บริษัท CARLO ERBA ประเทศสหรัฐอเมริกา

2. เมทานอล (Methanol ; CH_3OH) เกรด HPLC ความบริสุทธิ์ 99.9 % มวลโมเลกุล 32.0 กรัมต่อโมล บริษัท J.T Baker ประเทศสหรัฐอเมริกา

3. สารมาตรฐานกลุ่ม Carbamate ทั้ง 5 ชนิดเป็นของบริษัท Dr. Ehrenstorfen GmbH ประเทศเยอรมนี สารทั้งหมดเป็น Reference Material ที่มีใบรับรองบอกความบริสุทธิ์ และค่าความไม่แน่นอนขยาย (U) ซึ่งสารแต่ละตัวมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 Aldicarb ($\text{C}_7\text{H}_{14}\text{N}_2\text{O}_2\text{S}$) มวลโมเลกุล 190.26 กรัมต่อโมล ความบริสุทธิ์ $99.08\% \pm 0.95\%$

3.2 Carbaryl, ($\text{C}_{12}\text{H}_{11}\text{NO}_2$) มวลโมเลกุล 201.22 กรัมต่อโมล ความบริสุทธิ์ $98.81\% \pm 0.65\%$

3.3 Carbofuran, ($\text{C}_{12}\text{H}_{15}\text{NO}_3$) มวลโมเลกุล 221.25 กรัมต่อโมล ความบริสุทธิ์ $99.65\% \pm 0.30\%$

3.4 Methomyl, ($\text{C}_5\text{H}_{10}\text{N}_2\text{O}_2\text{S}$) มวลโมเลกุล 162.21 กรัมต่อโมล ความบริสุทธิ์ $99.66\% \pm 0.57\%$

3.5 Oxamyl, ($C_7H_{13}N_3O_3S$) มวลโมเลกุล 219.26 กรัมต่อโมล ความบริสุทธิ์ $98.97\% \pm 0.53\%$

4. ชุดสกัดแคชเชอร์ตามวิธีของ EN (QuEChERS Extraction Pouch, EN method) Part No. 5982-0650 ประกอบด้วย 4 g Magnesium sulfate, 1 g Sodium chloride, 1 g Sodium Citrate Dihydrate และ 0.5 g disodium Hydrogencitrate sesquihydrate พร้อมด้วย Ceramic Homogenizer Part No. 5982-9313 สำหรับใส่ในหลอดทดลองขนาด 50 mL, ผลิตโดยบริษัท Agilent technologies ประเทศสหรัฐอเมริกา

5 ชุด Clean up: Dispersive SPE, EN method Part No. 5982-5386 ประกอบด้วย 150 mg Primary Secondary Amine (PSA), 45 mg Graphite Carbon Black (GCB) และ 855 mg Magnesium sulfate ($MgSO_4$) พร้อมด้วย Ceramic Homogenizer Part No. 5982-9312 สำหรับใส่ในหลอดทดลองขนาด 15 mL, ผลิตโดยบริษัท Agilent technologies ประเทศสหรัฐอเมริกา

3.1.3 ตัวอย่าง และการเตรียมตัวอย่าง

ตัวอย่างในงานวิจัยนี้จะประกอบไปด้วยผัก และผลไม้ชนิดต่าง ๆ ที่สุ่มจากตลาดในจังหวัดเพชรบูรณ์ ดังนี้ตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ตัวอย่างผัก และผลไม้ชนิดต่าง ๆ ที่สุ่มมาจากตลาดในจังหวัดเพชรบูรณ์

รหัสตัวอย่าง	ชนิดผลไม้ และพืชผัก	รหัสตัวอย่าง	ชนิดผลไม้ และพืชผัก
S01	เมล่อนเขียว ¹	S15	มะเขือเทศ ²
S02	เมล่อนเหลือง ¹	S16	มะเขือเปราะ ¹
S03	แคนตาลูป ²	S17	มะเขือเปราะ ²
S04	ส้มโอขาว ²	S18	มะเขือเปราะ ⁴
S05	ส้มโอแดง ²	S19	ถั่วฝักยาว ¹
S06	อินทผลัมแดง ¹	S20	ถั่วฝักยาว ²
S07	อินทผลัมเหลือง ³	S21	ถั่วฝักยาว ⁴
S08	ฝรั่ง ¹	S22	ข้าวโพดอ่อน ²
S09	แตงกวา ¹	S23	เห็ดนางฟ้าสีชมพู ¹
S10	แตงกวา ²	S24	กระเทียม ¹
S11	แตงกวา ⁴	S25	กระเทียม ²
S12	ผักกาดขาว ¹	S26	กระเทียม ⁴
S13	ผักกาดขาว ²	S27	หอมแดง ¹
S14	มะเขือเทศราชินี ¹	S28	หอมแดงแขก ²

ตารางที่ 3.1 (ต่อ)

รหัสตัวอย่าง	ชนิดผลไม้ และพืชผัก	รหัสตัวอย่าง	ชนิดผลไม้ และพืชผัก
S29	หอมหัวใหญ่ ²	S43	ผักสลัด (ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก) ⁴
S30	หัวไชเท้า ²	S44	ผักสลัด (เรดโอ๊ค) ²
S31	ฟัก ²	S45	ผักสลัด (เรดโอ๊ค) ⁴
S32	แครอท ²	S46	ผักชี ²
S33	กะหล่ำปลี ²	S47	ขึ้นฉ่าย ²
S34	กะหล่ำดอก ²	S48	ต้นหอม ²
S35	บรอกโคลี ²	S49	กระชาย ²
S36	ผักบุ้งจีน ²	S50	จิงอ้อน ²
S37	กวางตุ้งดอก ²	S51	ข่าอ้อน ²
S38	คะน้า ²	S52	พริกแดงจินดา ²
S39	ผักสลัด (ผักกาดหอม) ²	S53	พริกหยวก ²
S40	ผักสลัด (ผักคอส) ²	S54	แรดิช ³
S41	ผักสลัด (กรีนโอ๊ค) ²	S55	บัวหิมะ ³
S42	ผักสลัด (ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก) ²		

หมายเหตุ 1 คือ ผักจากตลาดนัดร้านไนน์ แทมมะรินทร์ อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์,

2 คือ ผักจากตลาดเทศบาล อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์,

3 คือ ผักจากอำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์

4 คือ ผักจากหมู่บ้านวังซอง อำเภอท่าพล จังหวัดเพชรบูรณ์

จากผักและผลไม้ผู้วิจัยได้ทำการสุ่มมาจากตลาดตามวิธีของ (Phansawan & Chantara, 2015) โดยสุ่มผลไม้ และพืชผักอย่างละ 1 กิโลกรัม จำนวน 55 ตัวอย่าง และนำผักที่สุ่มแล้วมาบดให้ละเอียดแล้วชั่งน้ำหนักของตัวอย่าง 10 กรัม ใส่ลงหลอดทดลองขนาด 50 mL จากนั้นนำไปเก็บที่ตู้เย็น -40 °C ของศูนย์วิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ก่อนการวิเคราะห์นั้น ผลไม้และพืชผักควรอยู่ในอุณหภูมิประมาณ 25 °C ทุกครั้งก่อนใช้งาน

3.1.4 การเตรียมสารละลาย

3.1.4.1. การเตรียมตัวทำละลายที่ใช้เป็นเฟสเคลื่อนที่

เฟสเคลื่อนที่ก่อนนำมาใช้ในระบบ HPLC จะต้องกรองผ่านแผ่นเมมเบรนในลอนขนาด 0.45 μm หรือ 0.22 μm ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 47 mm ด้วยชุดกรองแสดงดังภาพที่ 3

เตรียมการกรองได้โดยกรองน้ำ และเมทานอลลงในขวดสีชา จากนั้นนำเฟสเคลื่อนที่ที่กรองแล้วนำไปไล่ฟองอากาศด้วยเครื่องความถี่สูงเป็นเวลา 30 นาที ก่อนใช้งาน



ภาพที่ 3 ชุดกรองตัวทำละลายหรือสารละลายเฟสเคลื่อนที่ (Mobile phase) สำหรับวิเคราะห์ด้วยเทคนิค HPLC

3.1.4.1 การเตรียมสารละลายมาตรฐาน

(1). Stock standard solution ของสาร aldicarb, carbofuran, carbaryl, methomyl และ oxamyl ความเข้มข้น 1000 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร เตรียมโดยชั่งสารมาตรฐาน 0.050 กรัม ละลายในตัวทำละลายอะซิโตนไตรล์ ปริมาตร 50 มิลลิลิตร

(2). Stock standard solution ของสาร aldicarb, carbofuran, carbaryl, methomyl และ oxamyl ความเข้มข้น 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร เตรียมโดยปิเปตสารละลายมาตรฐานทั้ง 5 ชนิดที่ความเข้มข้น 1000 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร 1 มิลลิลิตร ละลายในตัวทำละลายอะซิโตนไตรล์ ปริมาตร 10 มิลลิลิตร

(3). Stock standard solution ของสาร aldicarb, carbofuran, carbaryl, methomyl และ oxamyl ความเข้มข้น 10 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร เตรียมโดยปิเปตสารละลายมาตรฐานทั้ง 5 ชนิดที่ความเข้มข้น 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร 1 มิลลิลิตร ละลายในตัวทำละลายอะซิโตนไตรล์ ปริมาตร 10 มิลลิลิตร

3.2 วิธีการดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย มีทั้งหมด 3 หัวข้อ ดังต่อไปนี้

1. พัฒนาวิธีวิเคราะห์ปริมาณสาร aldicarb, carbofuran, carbaryl, methomyl และ oxamyl ด้วยเทคนิคคลิควิดโครมาโทกราฟี ใช้ตัวตรวจวัดชนิด DAD

2. ตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ที่พัฒนาขึ้นสำหรับปริมาณสาร aldicarb, carbofuran, carbaryl, methomyl และ oxamyl ด้วยเทคนิคคลิควิดโครมาโทกราฟี ใช้ตัวตรวจวัดชนิด DAD

3. วิเคราะห์ปริมาณสารสาร aldicarb, carbofuran, carbaryl, methomyl และ oxamyl ด้วยเทคนิคคลิควิดโครมาโทกราฟี ใช้ตัวตรวจวัดชนิด DAD ในตัวอย่างผักที่มาจากแหล่งต่าง ๆ ในจังหวัดเพชรบูรณ์

3.2.1 การศึกษาชนิดของเฟสเคลื่อนที่ที่เหมาะสมสำหรับการแยกสาร aldicarb, carbofuran, carbaryl, methomyl และ oxamyl โดยใช้คอลัมน์ YMC-C18 (4.6 × 250 mm, 5 μ m) เฟสเคลื่อนที่ใช้น้ำ (A) ต่อเมทานอล (B) ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ตารางแสดงสัดส่วนเฟสเคลื่อนที่ไม่คงที่ (Gradient Elution) A-D

แบบ A			แบบ B			แบบ C			แบบ D		
Time	A	B	Time	A	B	Time	A	B	Time	A	B
0-1	90	10	0-2	80	20	0-1	90	10	0-1	90	10
1-5	60	40	2-7	60	40	1-5	40	60	1-5	60	40
5-10	50	50	7-10	50	50	5-10	20	80	5-8	60	40
10-18	30	70	10-15	30	70	10-20	20	80	8-15	30	70
18-20	30	70	15-20	0	100				15-20	30	70

ซึ่งในการทดสอบหาสภาวะที่เหมาะสมได้ดัดแปลงวิธีจาก (do Amaral และคณะ, 2022; Gonçalves Júnior และคณะ, 2017) โดยใช้สารละลายมาตรฐานผสมกลุ่มคาร์บาเมตทั้ง 5 ชนิด ที่ความเข้มข้น 50 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตรในการฉีด 10 ไมโครลิตร ตรวจวัดด้วย Diode Array Detector (DAD) โดยที่ aldicarb, carbaryl และ carbofuran ตรวจวัดที่ความยาวคลื่น 220 นาโนเมตร methomyl และ oxamyl ตรวจวัดที่ความยาวคลื่น 234 นาโนเมตร แล้วพิจารณาความเหมาะสมของระบบ (System suitability test) ซึ่งพิจารณาพารามิเตอร์ดังต่อไปนี้ R_t (Retention time), Peak area, Width, N (theoretical plates), k' (Retention factor), α (Selectivity Factor), R_s (Resolution factor) และ T (Tailing factor) (เกตุขกรหญิง รองศาสตราจารย์ ลาวัลย์ ศรีพงษ์, 2553; Bose, 2014)

3.2.2 ตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ที่พัฒนาขึ้นสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณสาร aldicarb, carbofuran, carbaryl, methomyl และ oxamyl ด้วยเทคนิคลิควิด โครมาโทกราฟี ใช้ตัวตรวจวัดชนิด DAD

จากการพัฒนาวิเคราะห์ปริมาณสาร aldicarb, carbofuran, carbaryl, methomyl และ oxamyl ในตัวอย่างผลไม้ และพืชผักนั้นต้องทำการทดสอบความถูกต้องของวิธีวิเคราะห์ (Method Validation) เพื่อยืนยันถึงความถูกต้อง และความเหมาะสมของวิธีวิเคราะห์ ก่อนนำมาใช้ในการวิเคราะห์จะต้องแสดงคุณลักษณะ (Performance Characteristics) ที่ทดสอบได้แก่พารามิเตอร์ต่อไปนี้ การทดสอบความจำเพาะเจาะจง (Specification/Selectivity) การทดสอบความเป็นเส้นตรง และช่วงของการวิเคราะห์ (Linearity and range) การทดสอบความแม่นยำ (Accuracy) การทดสอบความเที่ยง (Precision) การทดสอบขีดจำกัดของการตรวจพบ (Limit of detection, LOD) และการทดสอบขีดจำกัดของการตรวจวัดเชิงปริมาณ (Limit of quantitation, LOQ) และเพื่อทดสอบพารามิเตอร์เหล่านี้จะใช้สถานะที่เหมาะสมทางโครมาโทกราฟีที่ได้จากการทดลองข้างต้น (สุวรรณราช และคณะ, 2018; The Fitness for Purpose of Analytical Methods, 2014)

3.2.2.1 การทดสอบความจำเพาะเจาะจง (Specification/Selectivity)

การทดสอบความจำเพาะเจาะจงของวิธีวิเคราะห์ทางเทคนิค HPLC นั้น กระทำโดยการฉีดสารละลายเบสค์, สารละลายมาตรฐานผสมกลุ่มคาร์บาเมตทั้ง 5 ชนิดที่ความเข้มข้น 50 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร เพื่อศึกษาความแตกต่างของ Retention time ของสารกลุ่มคาร์บาเมตทั้ง 5 ชนิดนี้ ซึ่งจะต้องแยกออกจากสารอื่น โดยจะต้องไม่ถูกรบกวนจากสารอื่น

3.2.2.2 การทดสอบความเป็นเส้นตรง และช่วงของการวิเคราะห์ (Linearity and range)

เป็นการสร้างกราฟมาตรฐานในตัวอย่าง (Matrix match calibration) ประกอบด้วย 6 ความเข้มข้น โดยช่วงความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน aldicarb และ carbofuran อยู่ระหว่าง 0.025-2.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สาร methomyl อยู่ระหว่าง 0.025-1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม carbaryl อยู่ในช่วง 0.01-0.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และ oxamyl อยู่ในช่วง 0.025-2.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม นำสารละลายที่ได้กรองผ่าน filter membrane Nylon ขนาด 0.22 μm x 13 mm จากนั้นไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC-DAD โดยฉีดความเข้มข้นละ 3 μL โดยโดยใช้สถานะที่เหมาะสมสำหรับการแยก โดยกราฟมาตรฐานจะสร้างระหว่างแกน y คือพื้นที่ใต้กราฟ (Peak area) และแกน X คือความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานกลุ่มคาร์บาเมตทั้ง 5 ชนิด คำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient, r) จะต้องมากกว่า 0.995 ขึ้น (ไกรวุฒินวลขาว, 2562b)

3.2.2.2.1 การวิเคราะห์ Matrix sample

เป็นการตรวจสอบสารรบกวนที่อาจจะมาจากสารเคมีหรือตัวอย่างที่อาจส่งผลกระทบต่อวิเคราะห์ และเพื่อป้องกันความผิดพลาดที่จะเกิดขึ้นในการจำแนกและปริมาณสาร โดยการตรวจสอบ Matrix sample: เป็นการใช้วิธีการสกัดสารโดยใช้ตัวอย่างผักที่ไม่มีสารพิษตกค้างกลุ่มคาร์บาเมตทั้ง 5 ชนิด

3.2.2.3 การทดสอบขีดจำกัดของการตรวจพบ (Limit of detection, LOD) และการทดสอบขีดจำกัดของการตรวจวัดเชิงปริมาณ (Limit of quantitation, LOQ)

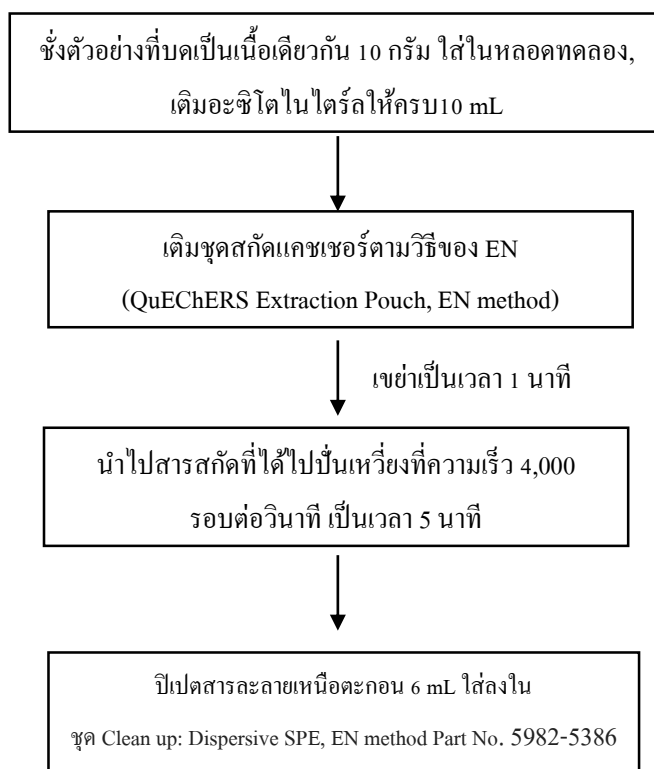
ฉีดสารตัวอย่าง เตรียมโดยเติม (Spike) สารละลายมาตรฐานผสมกลุ่มคาร์บาเมตทั้ง 5 ชนิดลงในตัวอย่างผลไม้หรือพืชผักที่ปราศจากสารพิษตกค้างที่ระดับความเข้มข้นต่ำสุดที่ให้ขนาดสัญญาณเป็น 3 เท่าของของขนาดสัญญาณรบกวน (Signal to noise ratio) วิเคราะห์ 7 ครั้ง คำนวณหา LOD เป็นความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานกลุ่มคาร์บาเมตทั้ง 5 ชนิด ในหน่วยมิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และการวิเคราะห์ LOQ วิเคราะห์ตัวอย่างโดยเติมสารละลายมาตรฐานผสมกลุ่มคาร์บาเมตทั้ง 5 ชนิด ลงในเบิ้ลล้างตัวอย่าง (Sample blank) ที่ระดับความเข้มข้นที่ให้ขนาดสัญญาณเป็น 10 เท่าของขนาดสัญญาณรบกวน (Signal to noise ratio) วิเคราะห์ 7 ครั้ง คำนวณร้อยละของการกลับคืน (%Recovery), ร้อยละของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (%RSD) คำนวณค่า LOQ เป็นความเข้มข้นสารละลายมาตรฐานผสมกลุ่มคาร์บาเมตทั้ง 5 ชนิด ในหน่วยมิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

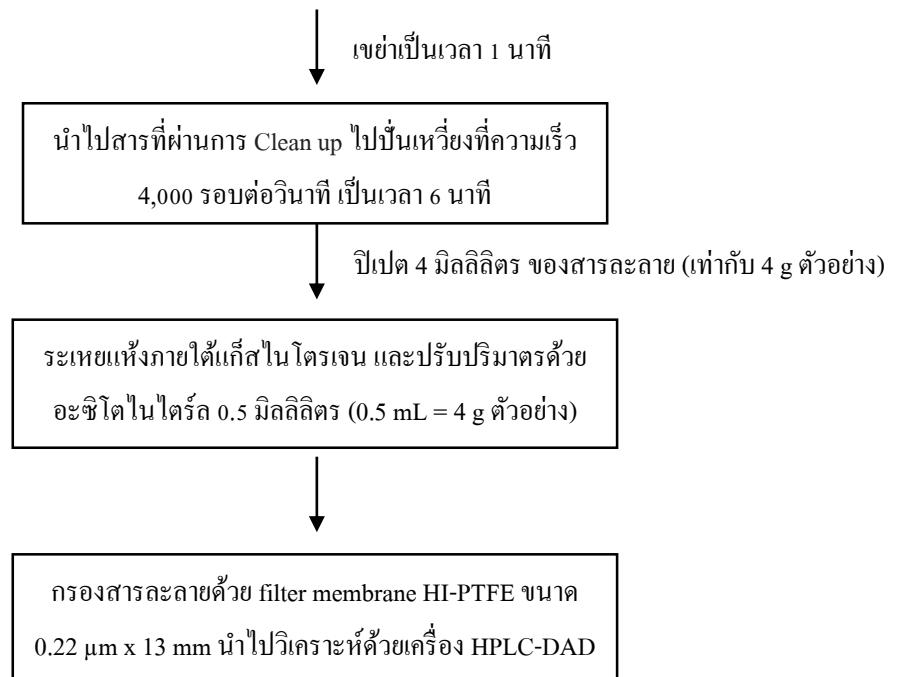
3.2.2.4 การทดสอบความแม่นยำและความแม่นยำของวิธีการวิเคราะห์ (Accuracy and Precision)

เกณฑ์การทดสอบความแม่นยำ และความเที่ยงคือ การคำนวณค่าร้อยละของการกลับคืน (%Recovery) ที่ความเข้มข้นอย่างน้อย 3 ระดับ ในช่วงของการทดสอบ ซึ่งการทดสอบความแม่นยำนี้ทำโดยการเติมสารละลายมาตรฐาน (Spiked sample) สารละลายมาตรฐานผสมกลุ่มคาร์บาเมตที่ระดับความเข้มข้นเท่ากับ LOQ, 3 เท่าของ LOQ และ 10 เท่าของ LOQ ในหน่วยมิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ทดสอบความเข้มข้นละ 7 ซ้ำ คำนวณค่าร้อยละของการกลับคืนแต่ละความเข้มข้น หาค่าเฉลี่ยร้อยละของการกลับคืน ค่าร้อยละของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (%RSD) ประเมินผลการทดสอบความแม่นยำ และความเที่ยงนี้ โดยค่าเฉลี่ยของร้อยละการกลับคืนจะต้องอยู่ในช่วง 80-110% (รัตยากร ศรีโคตร & วีรวุฒิ วิทยานันท์, 2561; Rivera และคณะ, 2011)

3.2.3 วิธีการสกัดตัวอย่าง และวิเคราะห์ปริมาณสารพิษตกค้างกลุ่มคาร์บาเมตทั้ง 5 ชนิด ในตัวอย่างผลไม้ และพืชผักตามท้องตลาดในจังหวัดเพชรบูรณ์

สำหรับงานวิจัยนี้ ได้ดัดแปลงวิธีการสกัดสารพิษตกค้างกลุ่มคาร์บาเมตทั้ง 5 ชนิด โดยใช้วิธี QuEChERS แบบ EN method (Fares และคณะ, 2021; Kim และคณะ, 2019) นำตัวอย่างที่ บดเตรียมพร้อมใช้งานแล้วเติมชุดสกัดสารแบบวิธีของอีเอ็น (Extraction kit, EN 15662 method) ตามด้วย 100% อะซิโตนไตรล์ 10 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปเขย่าให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วยเครื่อง Vortex mixer จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงความเร็วสูงที่ความเร็ว 4,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที ที่ 25 องศาเซลเซียส ปิเปตสารละลายที่สกัดได้ 6 มิลลิลิตร ลงในหลอด เซนติฟิวขนาด 15 มิลลิลิตร นำไปกำจัดสิ่งรบกวนตามวิธีของอีเอ็น (Clean up Dispersive kit, EN 15662 method) เขย่าเล็กน้อย และนำไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงความเร็วสูงที่ความเร็ว 4,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที ที่ 25 องศาเซลเซียส จากนั้นนำสารละลายผ่านการกำจัดสิ่งรบกวน แล้วกรองด้วย filter membrane Nylon ขนาด 0.22 μm x 13 mm จากนั้นนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC-DAD และสรุปเป็นแผนผังการเตรียมตัวอย่างผลไม้ และพืชผักในการวิเคราะห์สารพิษตกค้าง กลุ่มคาร์บาเมตได้ดังนี้





บทที่ 4

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

4.1 ผลการศึกษาสถานะที่เหมาะสมสำหรับการสกัดปริมาณสารพิษตกค้างกลุ่มคาร์บาเมตทั้ง 5 ชนิด

การศึกษาชนิดของเฟสเคลื่อนที่ที่เหมาะสมสำหรับการแยกสาร aldicarb, carbofuran, carbaryl, methomyl และ oxamyl โดยใช้คอลัมน์ YMC-C18 (4.6×250 mm, $5 \mu\text{m}$) จากการศึกษาหาเฟสเคลื่อนที่ที่เหมาะสมสำหรับการแยกสารพาทกค้างกลุ่มคาร์บาเมตทั้ง 5 ชนิด ดังตารางที่ 3.2 โดยใช้เฟสเคลื่อนที่แบบระบบเกรเดียน ที่ความเข้มข้น 50 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร อัตราการไหล 1 มิลลิลิตรต่อนาที ปริมาตรในการฉีด 10 ไมโครลิตร ตรวจวัดด้วย Diode Array Detector (DAD) โดยที่ aldicarb, carbaryl และ carbofuran ตรวจวัดที่ความยาวคลื่น 220 นาโนเมตร methomyl และ oxamyl ตรวจวัดที่ความยาวคลื่น 234 นาโนเมตร ผลการทดสอบความเหมาะสมของระบบ (System suitability Testing) ของวิธีทางโครมาโทกราฟี แสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงพารามิเตอร์ผลการทดสอบความเหมาะสมของระบบการแยกของสารละลายมาตรฐานสารผสมกลุ่มคาร์บาเมตทั้ง 5 ชนิดที่เฟสเคลื่อนที่ต่าง ๆ

สารกลุ่ม carbamate	R_t	Peak area	N	k'	R_s	T
เกรเดียน A						
Aldicarb	15.97	598.46	65811	5.407	1.1	1.03
carbaryl	19.60	2,984.75	96174	6.86	4.63	1.04
carbofuran	18.49	983.95	92626	6.42	2.43	1.04
methomyl	9.75	736.74	50813	2.91	4.25	1.12
oxamyl	8.84	537.79	54836	2.55	2.05	1.01

หมายเหตุ R_t คือ Retention time, N คือ theoretical plates, k' คือ Retention factor, R_s คือ Resolution factor และ T คือ Tailing factor

จากการศึกษาหาเฟสเคลื่อนที่ที่เหมาะสมสำหรับการแยกสารคาร์บาเมตทั้ง 5 ชนิดโดยใช้คอลัมน์ของ YMC-Triart C18 (4.6×250 mm, $5 \mu\text{m}$) เป็นเฟสอยู่กับที่ เมื่อเปรียบเทียบกับเกรเดียน A – C พบว่า เกรเดียน A พิกของสารพิษทั้ง 5 ชนิดที่ได้ เกิดการแยกออกอย่างชัดเจน และจากตารางที่

4.1 แสดงให้เห็นว่าเมื่อเราพิจารณาค่า Retention time, Peak area, Theoretical plates, Retention factor, Selectivity factor, Resolution factor และ Tailing factor ตามเกณฑ์ในการพิจารณามาตรฐานของการทดสอบความเหมาะสมของพารามิเตอร์พื้นฐาน และการควบคุมกระบวนการแยกทางโครมาโทก อยู่ในเกณฑ์การยอมรับทั้งหมด ในงานวิจัยนี้จึงขอเลือก เฟสเคลื่อนที่เกรดเอ A ในการแยกสารกลุ่มคาร์บาเมตที่ 5 ชนิด

ตารางที่ 4.2 สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการแยกแยกของสารผสมกลุ่มคาร์บาเมตทั้ง 5 ชนิด

สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการแยกของกลุ่มคาร์บาเมต 5 ชนิดด้วยเทคนิค HPLC	
คอลัมน์	YMC-Triart C18 (4.6×250 mm, 5 µm)
เฟสเคลื่อนที่	เกรดเอ A
อัตราการไหล	1 มิลลิลิตรต่อนาที
ปริมาตรในการฉีด	10 ไมโครลิตร
อุณหภูมิของคอลัมน์	40 องศาเซลเซียส
เวลาของสารที่อยู่ในคอลัมน์	20 นาที
ความยาวคลื่น (DAD)	aldicarb, carbaryl และ carbofuran 220 นาโนเมตร methomyl และ oxamyl 234 นาโนเมตร

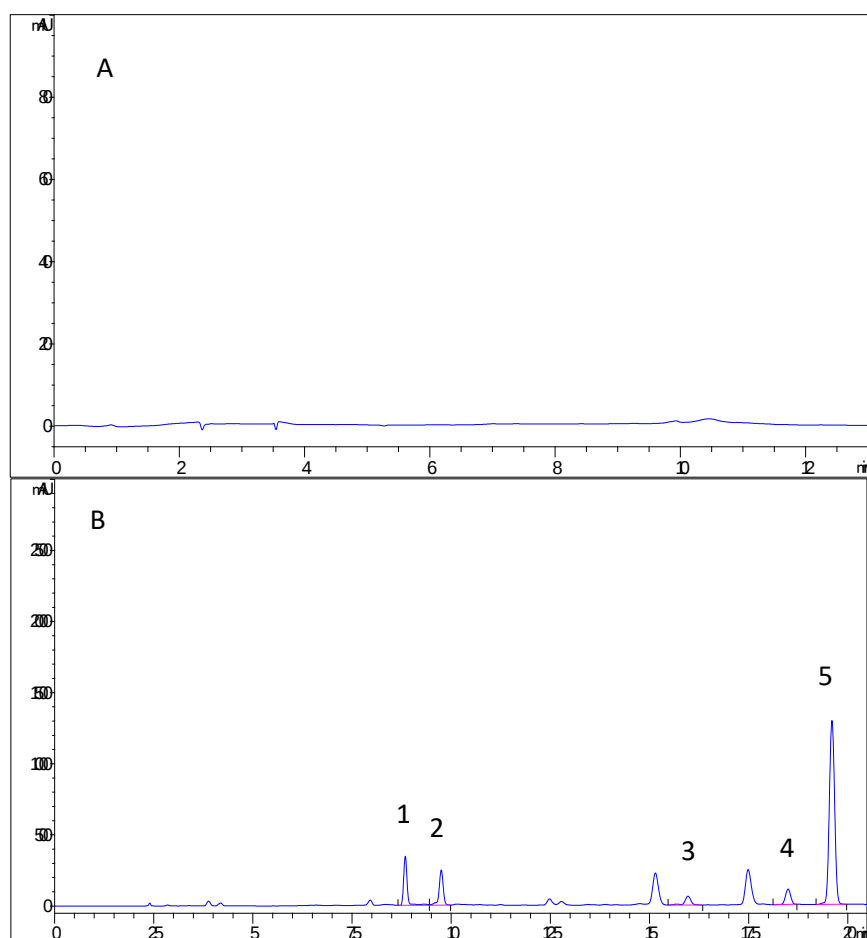
จากตารางที่ 4.3 จะนำมาวิเคราะห์พารามิเตอร์พื้นฐานสำหรับการทดสอบความเหมาะสมของระบบการแยกด้วยวิธีทางโครมาโทกราฟี ดังแสดงตารางต่อไปนี้

4.2 ผลการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ (Validation of the method)

4.2.1 จากการหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการแยกของสารคาร์เบนดาซิม และสารไทอะเบนดาโซลแล้ว จะต้องทดสอบว่าสภาวะที่ได้พัฒนาขึ้นนี้มีความถูกต้อง แม่นยำ และมีความเสถียรต่อการวิเคราะห์หรือไหม โดยจะต้องตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ที่พัฒนาขึ้นเพื่อให้แน่ใจว่าวิธีที่พัฒนาขึ้นมานี้ มีความเหมาะสมกับการวิเคราะห์ครั้งนี้ ซึ่งผลของการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์แสดงจากหัวข้อต่อไปนี้

4.3.1 ผลของความจำเพาะเจาะจงของวิธีวิเคราะห์ (Specificity/Selectivity)

ผลของความจำเพาะเจาะจงของวิธีวิเคราะห์แสดงได้จากโครมาโทแกรมในภาพที่ 4.1 พบว่า คอลัมน์ YMC-Triart C18 (4.6×250 mm, 5 μ m) ภายใต้สภาวะที่เหมาะสมของระบบของโครมาโทกราฟีที่พัฒนาขึ้นมา โดยการฉีดสารละลายเบงก์ (Blank) สารมาตรฐานผสมของสารกลุ่มคาร์บาเมตที่ความเข้มข้น 50 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร จากการศึกษาความจำเพาะเจาะจงนี้ได้ทำการเปรียบเทียบโครมาโทแกรม จะเห็นได้ว่า พีคของสารทั้ง 2 ชนิดในตัวอย่างไม่ถูกรบกวนจากการวิเคราะห์สารอื่นแสดงภาพที่ 4.1



รูปที่ 4 โครมาโทแกรมของเบงก์ (A) และ (B) โครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานผสมทั้ง 5 ชนิด (1 = oxamyl, 2 = methomyl, 3 = aldicarb, 4 = carbofuran และ 5 = carbaryl) ที่ความเข้มข้น 50 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

4.3.2 ผลการทดสอบความเป็นเส้นตรงและช่วงการวิเคราะห์ (Linearity and range)

ในการสร้างกราฟมาตรฐานแบบ Matrix-match calibration curve ที่ 6 ความเข้มข้นดังที่กล่าวไว้ข้างต้น ได้นำสารมาตรฐานผสมที่เตรียมไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC-FLD ที่ความเข้มข้นละ 3 ซ้ำ นำผลที่ได้ไปสร้างกราฟมาตรฐาน ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานกับพื้นที่ใต้พีค ได้สมการเส้นตรง และค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ ($r^2 > 0.995$) ซึ่งผลการทดลองนี้แสดงดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.3 ผลแสดงการทดสอบช่วงความเป็นเส้นตรง สมการเส้นตรง และค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจของสารกลุ่มคาร์บาเมต 5 ชนิด

สารกลุ่ม carbamate	ช่วงความเป็นเส้นตรง (mg/kg)	สมการเส้นตรง	r^2
Aldicarb	0.03-2.50	$y = 615.38x - 2.30$	0.9995
carbaryl	0.001-0.50	$y = 9948.2x + 8.64$	0.9997
carbofuran	0.001-2.50	$y = 1070.3x - 1.42$	0.9991
methomyl	0.015-1.00	$y = 2824.6x - 9.75$	0.9984
oxamyl	0.025-2.00	$y = 1537.9x - 10.19$	0.9999

4.3.3 ผลการทดสอบทดสอบของขีดจำกัดของการตรวจพบ (Limit of detection, LOD) และผลการทดสอบของขีดจำกัดของการตรวจวัดเชิงปริมาณ (Limit of quantitation, LOQ)

การคำนวณค่า LOD และ LOQ ของสารกลุ่มคาร์บาเมต 5 ชนิด ที่ได้จากการเติม (fortify) สารละลายมาตรฐาน aldaicarb, carbaryl, carbofuran, methomyl และ oxamyl ลงในเบงก์ตัวอย่าง (sample blank) โดยเติม (fortify) ที่ความเข้มข้นสูงกว่าที่ขนาดสัญญาณเป็น 3 เท่าของขนาดสัญญาณรบกวน (Signal to noise ratio) และ 10 เท่าของขนาดสัญญาณรบกวน ซึ่งแสดงดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.4 ตารางแสดงผลการเติม (fortify) สารละลายมาตรฐานกลุ่มคาร์บาเมตทั้ง 5 ชนิด ในเบงกั่วตัวอย่าง (sample blank) สำหรับการทดสอบ LOD

ครั้งที่	ความเข้มข้นที่ทำการทดสอบ LOD									
	Aldicarb (0.03 mg/kg)	%Recovery	Carbaryl (0.05 mg/kg)	%Recovery	Carbofuran (0.01 mg/kg)	%Recovery	Methomyl (0.01 mg/kg)	%Recovery	Oxamyl (0.01 mg/kg)	%Recovery
1	0.0275	91.7%	0.0043	86.4%	0.0102	102.3%	0.0096	96.5%	0.0117	116.5%
2	0.0323	107.6%	0.0044	87.5%	0.0106	106.4%	0.0105	105.0%	0.0102	102.1%
3	0.0308	102.8%	0.0042	83.7%	0.0097	97.4%	0.0098	98.1%	0.0103	102.9%
4	0.0318	106.0%	0.0042	83.7%	0.0103	103.2%	0.0112	111.7%	0.0094	93.9%
5	0.0275	91.8%	0.0041	82.3%	0.0105	105.5%	0.0103	102.7%	0.0095	95.3%
6	0.0289	96.4%	0.0044	87.3%	0.0114	113.5%	0.0112	111.9%	0.0096	96.2%
7	0.0308	102.6%	0.0049	97.6%	0.0091	90.8%	0.0101	100.9%	0.0096	96.2%
8	0.0322	107.2%	0.0042	83.7%	0.0111	111.0%	0.0112	111.8%	0.0103	102.6%
9	0.0340	113.5%	0.0045	90.4%	0.0105	105.5%	0.0098	98.2%	0.0106	105.9%
10	0.0318	106.0%	0.0047	94.4%	0.0114	113.5%	0.0095	94.7%	0.0096	96.2%
เฉลี่ย	0.0308	102.54%	0.0044	87.69%	0.0105	104.90%	0.0103	103.16%	0.0101	100.77%
SD	0.0021	0.0715	0.0003	0.0504	0.0007	0.0711	0.0007	0.0667	0.0007	0.0688
%RSD	6.98%	6.98%	5.75%	5.75%	6.77%	6.77%	6.46%	6.46%	6.83%	6.83%

ตารางที่ 4.5 ตารางแสดงผลการเติม (fortify) สารละลายมาตรฐานกลุ่มคาร์บาเมตทั้ง 5 ชนิด ในเบงกั่วตัวอย่าง (sample blank) สำหรับการทดสอบ LOQ

ครั้งที่	ความเข้มข้นที่ทำการทดสอบ LOQ									
	Aldicarb (0.07 mg/kg)	%Recovery	Carbaryl (0.01 mg/kg)	%Recovery	Carbofuran (0.04mg/kg)	%Recovery	Methomyl (0.025 mg/kg)	%Recovery	Oxamyl (0.025 mg/kg)	%Recovery
1	0.0748	106.9%	0.0090	90.2%	0.0386	96.4%	0.0228	91.3%	0.0237	94.6%
2	0.0695	99.4%	0.0092	92.4%	0.0387	96.8%	0.0214	85.4%	0.0231	92.4%
3	0.0672	96.0%	0.0092	92.4%	0.0404	101.0%	0.0233	93.3%	0.0246	98.4%
4	0.0704	100.6%	0.0102	102.0%	0.0419	104.9%	0.0240	96.2%	0.0254	101.5%
5	0.0748	106.9%	0.0091	91.0%	0.0414	103.6%	0.0245	98.1%	0.0264	105.5%
6	0.0763	108.9%	0.0092	92.4%	0.0435	108.8%	0.0255	102.1%	0.0242	96.7%
7	0.0758	108.2%	0.0094	94.0%	0.0435	108.6%	0.0241	96.3%	0.0247	98.7%
8	0.0732	104.6%	0.0091	91.0%	0.0438	109.6%	0.0240	95.9%	0.0266	106.5%
9	0.0729	104.1%	0.0091	91.0%	0.0437	109.1%	0.0241	96.3%	0.0260	104.0%
10	0.0734	104.8%	0.0090	90.2%	0.0437	109.4%	0.0233	93.3%	0.0264	105.6%
เฉลี่ย	0.0728	104.03%	0.0093	92.65%	0.0419	104.81%	0.0237	94.84%	0.0251	100.38%
SD	0.0029	0.0417	0.0003	0.0350	0.0021	0.0521	0.0011	0.0444	0.0012	0.0497
%RSD	4%	4.01%	3.77%	3.77%	4.97%	4.97%	4.68%	4.68%	4.95%	4.95%

4.3.4 ผลการทดสอบความแม่นยำ (Accuracy)

ผลการทดสอบความแม่นยำของวิธีวิเคราะห์นี้พิจารณาจากค่าร้อยละการกลับคืน (%Recovery) ต้องอยู่ในเกณฑ์ 70-110%

ตารางที่ 4.6 ตารางแสดงผลของความเข้มข้นที่ทดสอบได้เมื่อเติมสารละลายที่ความเข้มข้นต่าง ๆ (n=10)

สารกลุ่มคาร์บาเมต	ปริมาณสารที่พบ (mg/kg)	ความเข้มข้นที่เติม (mg/kg)	ปริมาณที่ตรวจพบ (mg/kg)	%RSD	%Recovery
Aldicarb	ไม่พบ	0.07	0.073	4.10%	104.03%
		0.21	0.204	3.16%	96.96%
		0.7	0.688	4.99%	98.34%
carbaryl	ไม่พบ	0.01	0.0093	3.77%	92.65%
		0.03	0.0292	1.80%	97.45%
		0.1	0.099	1.70	99.57%
carbofuran	ไม่พบ	0.04	0.0419	4.97%	104.81%
		0.12	0.1202	5.61%	100.19%
		0.4	0.3923	4.32%	98.07%
methomyl	ไม่พบ	0.025	0.0237	4.68%	94.84%
		0.075	0.0747	1.59%	99.63%
		0.25	0.2386	3.59%	95.45%
oxamyl	ไม่พบ	0.025	0.0251	4.95%	100.38%
		0.075	0.0782	3.35%	104.26%
		0.25	0.2451	4.78%	98.05%

จากการวิเคราะห์ตัวอย่างที่เติม (Spiked sample) สารละลายมาตรฐานผสมคาร์บาเมตทั้ง 5 ชนิด ที่ระดับความเข้มข้นตามตารางที่ 4.7 โดยทำการฉีด 10 ซ้ำ พบว่าความแม่นยำที่ประเมินจากร้อยละการกลับคืน (%Recovery) เฉลี่ยทั้ง 3 ระดับอยู่ในช่วง 90-110 และความเที่ยง (Precision) ที่ประเมินไม่เกิน 10% ซึ่งถือได้ว่าวิธีนี้มีความแม่นยำและความแม่นยำ

4.3 ผลการวิเคราะห์ผลสารคาร์บาเมตทั้ง 5 ชนิด จากตัวอย่างผัก และผลไม้

จากวิธีที่พัฒนาและทำการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธี ได้นำวิธีที่พัฒนาขึ้นมาวิเคราะห์ปริมาณสารกำจัดแมลงกลุ่มคาร์บาเมต 5 ชนิด ได้ผลการทดสอบในผลไม้ และพืชผักจำนวน 55 ชนิด ผลที่ได้จากการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 4.7 ซึ่งในผลไม้พบว่าสารพิษตกค้างในส้มโอขาว (S04) ตรวจพบสาร carbaryl และ carbofuran มีปริมาณเท่ากับ 0.03 และ 0.81 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส้มโอแดง (S05) พบ carbofuran 1.78 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อินทผลัมเหลือง (S07) พบ carbaryl 0.08 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และพืชผักในตัวอย่างที่ตรวจพบคือ แตงกวา (S11) พบ carbaryl 0.078 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ผักกาดขาว (S12) พบ carbofuran ปริมาณ 0.13 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มะเขือเทศ (S15) ตรวจพบ oxamyl มีปริมาณ 0.15 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มะเขือเปราะ (S18) พบ carbaryl และ carbofuran มีปริมาณ 0.016 และ 0.14 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ถั่วฝักยาว (S21) พบ carbaryl 0.004 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม กระเทียม (S25) มีปริมาณ carbaryl เท่ากับ 0.14 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม กระเทียม (S26) มีปริมาณ carbaryl เท่ากับ 0.004 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม หอมแดงแขก (S28) มีปริมาณสาร carbaryl เท่ากับ 0.027 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม หอมหัวใหญ่ (S29) พบ carbaryl และ carbofuran เท่ากับ 0.049 และ 0.35 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ กวางตุ้งดอก (S37) พบ carbofuran เท่ากับ 0.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ผักสลัด (S42) พบ carbofuran เท่ากับ 0.17 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ผักชี (S46) พบ carbaryl 0.03 ขึ้นฉ่าย (S47) พบ carbofuran 0.14 ต้นหอม (S48) พบ carbaryl และ carbofuran มีปริมาณ 0.04 0.33 กระชาย (S49) พบ carbaryl และ carbofuran เท่ากับ 0.07 และ 1.27 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ชিংอ่อน (S50) พบ carbaryl และ carbofuran เท่ากับ 0.04 และ 0.25 ตามลำดับ ข่าอ่อน (S51) พบ carbaryl และ carbofuran เท่ากับ 0.02 และ 0.74 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สุดท้ายแรดิช (S54) พบ carbaryl 0.13 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ตารางที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์สารคาร์บาเมตทั้ง 5 ชนิด ในตัวอย่างผัก และผลไม้จากตลาดในอำเภอเมือง จังหวัดเพรบูรณ์

รหัสตัวอย่าง	ชนิดผักและผลไม้	ปริมาณสารพิษตกค้างที่ตรวจพบ (mg/kg±SD)				
		Aldicarb	Carbaryl	Carbofuran	Methomyl	Oxamyl
S01	เมล่อนเขียว ¹	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	0.15
S02	เมล่อนเหลือง ¹	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
S03	แคนตาลูป ²	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
S04	ส้มโอขาว ²	ไม่พบ	0.03	0.81	ไม่พบ	ไม่พบ
S05	ส้มโอแดง ²	ไม่พบ	ไม่พบ	1.78	ไม่พบ	ไม่พบ

ตารางที่ 4.7 (ต่อ)

รหัสตัวอย่าง	ชนิดผักและผลไม้	ปริมาณสารพิษตกค้างที่ตรวจพบ (mg/kg±SD)				
		Aldicarb	Carbaryl	Carbofuran	Methomyl	Oxamyl
S06	อินทผลัมแดง ¹	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
S07	อินทผลัมเหลือง ³	ไม่พบ	0.08	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
S08	ฝรั่ง ¹	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
S09	แตงกวา ¹	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
S10	แตงกวา ²	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
S11	แตงกวา ⁴	ไม่พบ	0.078	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
S12	ผักกาดขาว ¹	ไม่พบ	ไม่พบ	0.13	ไม่พบ	ไม่พบ
S13	ผักกาดขาว ²	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
S14	มะเขือเทศราชินี ¹	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
S15	มะเขือเทศ ²	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	0.15
S16	มะเขือเปราะ ¹	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
S17	มะเขือเปราะ ²	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
S18	มะเขือเปราะ ⁴	ไม่พบ	0.016	0.14	ไม่พบ	ไม่พบ
S19	ถั่วฝักยาว ¹	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
S20	ถั่วฝักยาว ²	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
S21	ถั่วฝักยาว ⁴	ไม่พบ	0.004	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
S22	ข้าวโพดอ่อน ²	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
S23	เห็ดนางฟ้าสีชมพู ¹	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
S24	กระเทียม ¹	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
S25	กระเทียม ²	ไม่พบ	0.14	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
S26	กระเทียม ⁴	ไม่พบ	0.004	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
S27	หอมแดง ¹	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
S28	หอมแดงแขก ²	ไม่พบ	0.027	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
S29	หอมหัวใหญ่ ²	ไม่พบ	0.049	0.35	ไม่พบ	ไม่พบ
S30	หัวไชเท้า ²	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
S31	ฟัก ²	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
S32	แครอท ²	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	0.04
S33	กะหล่ำปลี ²	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
S34	กะหล่ำดอก ²	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
S35	บรอกโคลี ²	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ

ตารางที่ 4.7 (ต่อ)

รหัสตัวอย่าง	ชนิดผักและผลไม้	ปริมาณสารกำจัดโรคที่ตรวจพบ (mg/kg)				
		Aldicarb	Carbaryl	Carbofuran	Methomyl	Oxamyl
S36	ผักนึ่งจีน ²	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
S37	กวางตุ้งดอก ²	ไม่พบ	ไม่พบ	0.33	ไม่พบ	ไม่พบ
S38	คะน้า ²	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
S39	ผักสลัด (ผักกาดหอม) ²	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
S40	ผักสลัด (ผักกอส) ²	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
S41	ผักสลัด (กรีน โอ๊ค) ²	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
S42	ผักสลัด (ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก) ²	ไม่พบ	ไม่พบ	0.17	ไม่พบ	ไม่พบ
S43	ผักสลัด (ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก) ⁴	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
S44	ผักสลัด (เรด โอ๊ค) ²	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
S45	ผักสลัด (เรด โอ๊ค) ⁴	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
S46	ผักชี ²	ไม่พบ	0.03	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
S47	ขึ้นฉ่าย ²	ไม่พบ	ไม่พบ	0.14	ไม่พบ	ไม่พบ
S48	คื่นหอย ²	ไม่พบ	0.04	0.33	ไม่พบ	ไม่พบ
S49	กระชาย ²	ไม่พบ	0.07	1.27	ไม่พบ	ไม่พบ
S50	จิงอ่อน ²	ไม่พบ	0.04	0.25	ไม่พบ	ไม่พบ
S51	ข่าอ่อน ²	ไม่พบ	0.02	0.74	ไม่พบ	ไม่พบ
S52	พริกแดงจินดา ²	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
S53	พริกหยวก ²	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
S54	แรดิช ³	ไม่พบ	ไม่พบ	0.13	ไม่พบ	ไม่พบ
S55	บัวหิมะ ³	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ

หมายเหตุ : โครมาโทแกรมของตัวอย่างที่ไม่มีสารที่สนใจและมีสารที่สนใจในตัวอย่างจะแสดงในภาคผนวก ก
จะแสดงโครมาโทแกรมของตัวอย่างที่มีสารที่สนใจในภาคผนวก ก 1

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

การทดสอบนี้เป็นการวิเคราะห์หากลุ่มคาร์บาเมต 5 ชนิดด้วยเทคนิค HPLC ในตัวอย่างผลไม้ และพืชผัก ด้วยเครื่อง HPLC ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการทดลองหาสภาวะที่เหมาะสมของเครื่อง HPLC ได้ผลดังนี้

สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการแยกของกลุ่มคาร์บาเมต 5 ชนิดด้วยเทคนิค HPLC	
คอลัมน์	YMC-Triart C18 (4.6×250 mm, 5 µm)
เฟสเคลื่อนที่	เกรเดียน A
อัตราการไหล	1 มิลลิลิตรต่อนาที
ปริมาตรในการฉีด	10 ไมโครลิตร
อุณหภูมิของคอลัมน์	40 องศาเซลเซียส
เวลาของสารที่อยู่ในคอลัมน์	20 นาที
ความยาวคลื่น	aldicarb, carbaryl และ carbofuran 220 นาโนเมตร (ตรวจวัด DAD) methomyl และ oxamyl 234 นาโนเมตร (ตรวจวัด DAD)

จากการพัฒนาวิธีวิเคราะห์ และตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีในการหาปริมาณคาร์บาเมตทั้ง 5 ชนิด พบว่าความสัมพัทธ์เชิงเส้น (Linearity) ของ aldaicarb, carbaryl, carbofuran, methomyl และ oxamyl มีค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจคือ 0.9995, 0.9997, 0.9991, 0.9984 และ 0.9999 ตามลำดับ ความแม่นยำของวิธีนี้ทั้ง 5 ตัว มี %RSD ไม่เกิน 10% ค่า LOD LOQ ที่ได้คำนวณได้จากร้อยละการกลับคืนอยู่ในช่วง 90-110% และความถูกต้องของวิธีนี้มีร้อยละการกลับคืนตั้งแต่ช่วง 90-110% ถือว่าวิธีนี้มีความแม่นยำ มีความเที่ยง มีความจำเพาะเจาะจง จากวิธีที่พัฒนาขึ้นมาไปใช้ในการตรวจวัดสารพิษตกค้างกลุ่มคาร์บาเมตทั้ง 5 ชนิด พบว่ามีตัวอย่าง พบว่า มีตัวอย่าง ส้มโอขาว (S04), ส้มโอแดง (S05), ผักกาดขาว (S12), มะเขือเปราะ (S18), หอมหัวใหญ่ (S29), กวางตุ้งดอก (S37), ผักสลัด (S42), ขึ้นฉ่าย (S47), ต้นหอม (S48), กระชาย (S49), จิงอ้อน (S50), ข่าอ่อน (S51) แรดิช (S54) แคนตาลูป (S03) ผักกาดขาว (S12) หอมแดง (S27) กวางตุ้งดอก (S37) ต้นหอม (S48) มะเขือเทศ (S15) และแรดิช (S54) ตรวจพบสารพิษตกค้างอันตรายที่ห้ามมีตามประกาศของกระทรวงสาธารณสุข ได้แก่ carbofuran และ oxamyl ที่เกินค่า MRL

5.2 ข้อเสนอแนะ

การวิเคราะห์ปริมาณคาร์บาเมตด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีของเหลวประสิทธิภาพสูง จะต้องมีความถูกต้อง และแม่นยำเป็นอย่างมาก เนื่องจากในการวิเคราะห์เป็นสารที่อันตราย อาจทำให้เกิดข้อผิดพลาดในการวิเคราะห์หรือรายงานผลเป็นเท็จได้ และการวิเคราะห์นี้เป็นเพียงแค่การ สกีนว่าในตัวอย่างผลไม้ และพืชผักว่ามีสารพิษทั้ง 5 ชนิดหรือไม่ เนื่องจากมีตัวอย่างบางชนิดมี สิ่งรบกวนในการวิเคราะห์ ดังนั้นเพื่อที่จะให้เกิดความจำเพาะเจาะจงมากยิ่งขึ้น ต้องใช้ LC/MS หรือ LC/MS-MS เท่านั้น เนื่องจากเทคนิคนี้สามารถ identify สารที่เราสนใจ และยังสามารถบอกค่า identification poin ของเครื่องมือว่ามีประสิทธิภาพมากเท่าใด ความน่าเชื่อถือของเครื่องมือในการวิเคราะห์นั้นเชื่อถือได้ มากแค่ไหน ตามมาตรฐานของ EU และในการวิจัยนี้การวิเคราะห์พวกสารพิษตกค้างนี้มีค่าใช้จ่ายที่สูง ผู้วิจัยหรือผู้ที่นำวิธีนี้ไปประยุกต์ใช้ต้องคำนึงถึงการใช้จ่ายเป็นอย่างมาก

บรรณานุกรม

- ไกรวุฒิ นวลขาว. (2562a). การตรวจวิเคราะห์การปนเปื้อนของสารพิษจากเชื้อราหลายชนิดในอาหารสัตว์ ด้วยเทคนิค LC-MS/MS. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ไกรวุฒิ นวลขาว. (2562b). การตรวจวิเคราะห์การปนเปื้อนของสารพิษจากเชื้อราหลายชนิดในอาหารสัตว์ ด้วยเทคนิค LC-MS/MS. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- จารุพงศ์ ประสพสุข, สุวิทย์ เลหาศิริวงศ์, อรุณี พรหมคำบุตร, & ชุติมาศ บุญไทย อิวาย. (2562). การประเมินความเสี่ยงสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างในดินต่อสุขภาพของเกษตรกรผู้ปลูกคะน้าในจังหวัดขอนแก่น. *วารสารวิชาการเกษตร*, 37(3), 272–284.
- ทองสุข ปายะนันท์, จิตผกา สันพัตร, วิชาดา จงมีวาสนา, รัตยากร ศรีโคตร, & วิรุฒิ วิทยนันท์. (2558). การศึกษาสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชตกค้างในผลส้ม. *วารสารกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์*, 57(4), 391–400.
- ธิดิมา ขวัญอยู่. (2561). การกำจัดสารตกค้างคาร์บาริลจากผักคะน้าโดยใช้สารทำความสะอาด. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- นฤพล วัฒนภาพ & วิฑูรย์ บุญสง่า. (2562). การพัฒนาเครื่องเขย่าตัวอย่างในการสกัดสารป้องกันกำจัดแมลงตกค้าง [รายงานการวิจัย].
- นันทนา กลิ่นสุนทร, ดวงพร เข้มทอง, & ปรีชญา มาประดิษฐ์. (2557). การเตรียมตัวอย่างด้วยเทคนิคแคชเชอร์สำหรับหาปริมาณสเตียรอยด์ที่ปลอมปนในยาลูกกลอนสมุนไพร โดยโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง. *วารสารอาหารและยา*, 21(1), 59–66.
- นิรมล ธรรมวิริยสติ & สานิตา สิงห์สนั่น. (2559). การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในเลือดและพิษของยาฆ่าแมลงที่ส่งผลต่อสุขภาพในกลุ่มประชากรผู้ได้รับสารพิษตกค้างในผัก. มหาวิทยาลัยบูรพา.
- ปนัดดา แทนสุโพธิ์, ภิรมย์ สุวรรณสม, & ทองสุข พละมา. (2561). การหาปริมาณยาฆ่าแมลงตกค้างในผักและผลไม้สด และผลิตภัณฑ์แปรรูปจากผักและผลไม้ ในเขตจังหวัดมหาสารคาม. มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.
- พัชรี ภกขมา, สุวรรณิ สายสิน, & ศรมน สุทิน. (2559). การตรวจสอบสารเคมีฆ่าแมลงตกค้างของสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมต ในผักในพื้นที่ จังหวัดสมุทรปราการ. *วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 5(1), 22–30.

บรรณานุกรม (ต่อ)

- พันธ์ทิพย์ หินหุ้มเพชร, & วันดี วัฒนชัยยิ่งเจริญ. (2564). การตรวจประเมินปริมาณสารเคมีกำจัดศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมตที่ตกค้างในเมลอน. *Thai Science and Technology Journal*, 29(1), 62–72.
- ภัทราวดี วัฒนสุนทร, & จินตนา อมรสงวนสิน. (2559). การตรวจวิเคราะห์การตกค้างของสารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ในตัวอย่างดินจากนาข้าว ในพื้นที่จังหวัดชัยนาท. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์*, 11(2), 245–258.
- เกศษกรหญิง รองศาสตราจารย์ ลาวัลย์ ศรีพงษ์. (2553). การทดสอบความเหมาะสมของระบบในวิธีทางโครมาโทกราฟี (System Suitability Test in Chromatographic Method. *วารสารไทยเภสัชชนิพนธ์*, 1–19.
- รัตยากร ศรีโคตร, & วิรุฒิ วิทยานันท์. (2561). การพัฒนาวิธีวิเคราะห์ปริมาณสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างในเครื่องดื่มที่ทำจากผักผลไม้. *วารสารกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์*, 60(3), 108–122.
- วิจิตรา เหลียวตระกูล, วชิรญา เหลียวตระกูล, ปรียานุช เพียนเลี้ยงชีพ, & รวีวรรณ เต็มขันทมนิ. (2563). การตรวจสอบสารเคมีตกค้างกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมตในผักสด ในจังหวัดพระนครศรีอยุธยาและประสิทธิภาพในการล้างผักต่อสารเคมีตกค้างในผักคะน้า. *วารสารเกษตรพระจอมเกล้า*, 38(1), 131–138.
- สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (มกอช.). (2556). *การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืชอาหาร*. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- สุชาสินี อึ้งสูงเนิน. (2558). ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการใช้ยากำจัดศัตรูพืช. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย*, 9(1), 50–63.
- สุภาพร บังพรม, & สุวัฒน์ ผาบจันดา. (2555). การวิเคราะห์สารกำจัดแมลงกลุ่มคาร์บาเมตในตัวอย่างพริกด้วยเทคนิคทางโครมาโทกราฟีและวัดสี. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี*, 14(3), 45–54.
- สุวรรณราช, ก., กิตติพินิจนันท์, ก., ศิลาอ่อน, ว., พัวเพิ่มพูลศิริ, อ., อ่อนละออ, ส., & พิษญาจิตติพงษ์, ช. (2018). Method Validation for Vancomycin Analysis in Extemporaneous Suspensions via HPLC. *Isan Journal of Pharmaceutical Sciences, IJPS (Isan J Pharm Sci)*, 14(4), 132–141. <https://doi.org/10.14456/ijps.2018.46>

บรรณานุกรม (ต่อ)

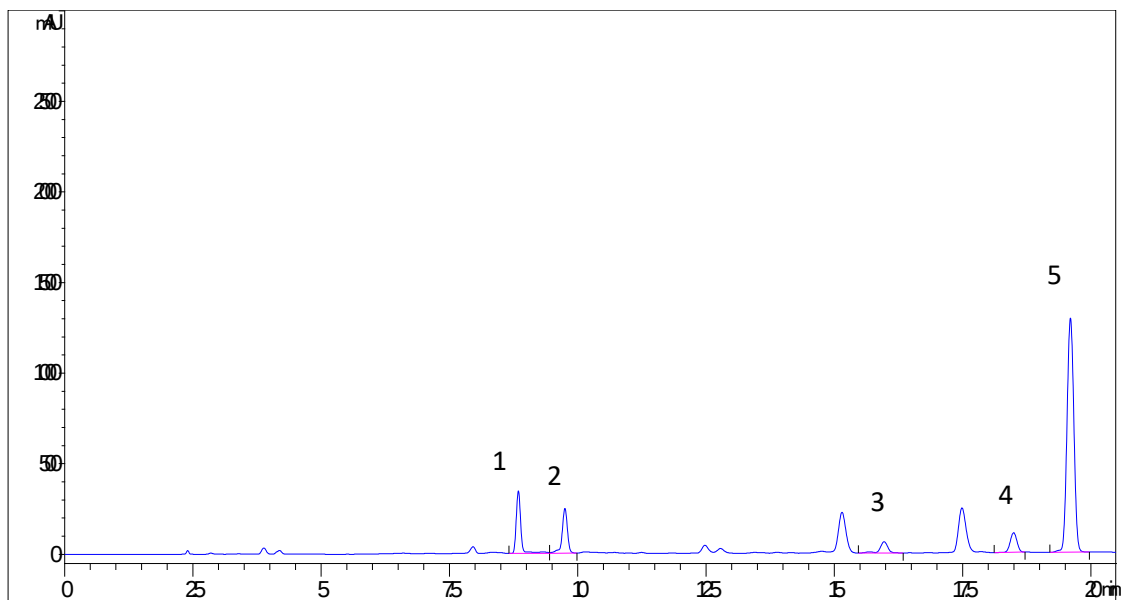
- อรอุมา ทรัพย์จิต, & สุวิทย์ คล่องทะเล. (2562). การตรวจหาสารเคมีกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมตที่ตกค้างมากับผักที่ใช้ประกอบอาหารในร้านอาหารของชุมชนใกล้เคียงมหาวิทยาลัยรังสิต ต.หลักหก อ.เมืองปทุมธานี จ.ปทุมธานี. งานประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยรังสิต ประจำปี ๒๕๖๒.
- อุทุมพร สมพงษ์. (2564). การศึกษาชนิดและปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างในน้ำบริเวณพื้นที่เกษตรกรรมของ กรุงเทพมหานครฝั่งธนบุรี. *วารสารวิชาการชาชนันท์เทคโนโลยี*, 5(2), 17–30.
- Ahn, S., Lee, J.-Y., & Kim, B. (2021). Accurate Determination of Carbaryl, Carbofuran and Carbendazim in Vegetables by Isotope Dilution Liquid Chromatography/Tandem Mass Spectrometry. *Chromatographia*, 84(1), 27–35. <https://doi.org/10.1007/s10337-020-03976-y>
- Bose, A. (2014). *HPLC Calibration Process Parameters in Terms of System Suitability Test*. 4.
- do Amaral, B., Peralta-Zamora, P., & Nagata, N. (2022). Simultaneous multi-residue pesticide analysis in southern Brazilian soil based on chemometric tools and QuEChERS-LC-DAD/FLD method. *Environmental Science and Pollution Research*. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-18292-7>
- Fares, N. V., Hassan, Y. A. A., Hussein, L. A., & Ayad, M. F. (2021). Determination of fungicides' residues and their degradation kinetics in orange tree fruits using liquid chromatography – Tandem mass spectrometry coupled with QuEChERS method. *Microchemical Journal*, 168, 106376. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2021.106376>
- Gonçalves Júnior, V., Queiroz-Hazarbassanov, N., de Siqueira, A., Flório, J., Ciscato, C., Maiorka, P., Fukushima, A., & Spinosa, H. (2017). Development and validation of carbofuran and 3-hydroxycarbofuran analysis by high-pressure liquid chromatography with diode array detector (HPLC-DAD) for forensic Veterinary Medicine. *Journal of Chromatography B*, 1065–1066. <https://doi.org/10.1016/j.jchromb.2017.09.021>

บรรณานุกรม (ต่อ)

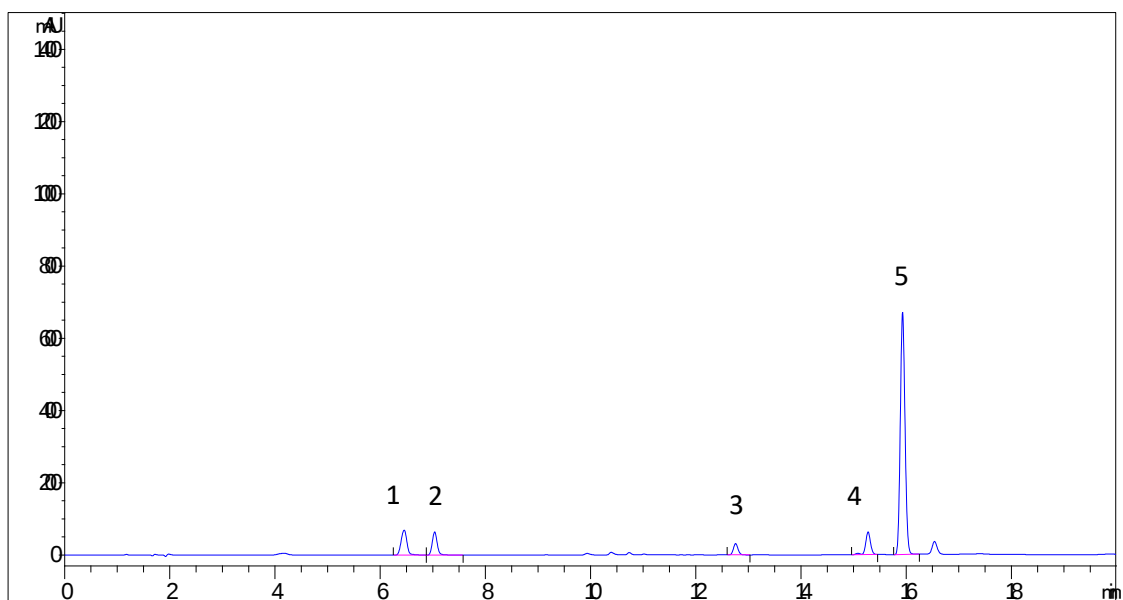
- Hassaan, M. A., & El Nemr, A. (2020). Pesticides pollution: Classifications, human health impact, extraction and treatment techniques. *The Egyptian Journal of Aquatic Research*, 46(3), 207–220. <https://doi.org/10.1016/j.ejar.2020.08.007>
- Kim, L., Lee, D., Cho, H.-K., & Choi, S.-D. (2019). Review of the QuEChERS method for the analysis of organic pollutants: Persistent organic pollutants, polycyclic aromatic hydrocarbons, and pharmaceuticals. *Trends in Environmental Analytical Chemistry*, 22, e00063. <https://doi.org/10.1016/j.teac.2019.e00063>
- Kongphonprom, K., & Burakham, R. (2016). Determination of Carbamate Insecticides in Water, Fruit, and Vegetables by Ultrasound-Assisted Dispersive Liquid–Liquid Microextraction and High-Performance Liquid Chromatography. *Analytical Letters*, 49(6), 753–767. <https://doi.org/10.1080/00032719.2015.1081917>
- Ma, L., Zhao, L., Wang, J., Pan, C., Liu, C., Wang, Y., Ding, Q., Feng, Y., Zhou, H., & Jia, L. (2020). Determination of 12 Carbamate Insecticides in Typical Vegetables and Fruits by Rapid Multi-Plug Filtration Cleanup and Ultra-Performance Liquid Chromatography/Tandem Mass Spectrometry Detection. *Journal of Chromatographic Science*, 58(2), 109–116. <https://doi.org/10.1093/chromsci/bmz081>
- Phansawan, B., & Chantara, S. (2015). A Sensitive Method for Determination of Carbendazim Residue in Vegetable Samples Using HPLC-UV and Its Application in Health Risk Assessment. *Chiang Mai J. Sci.*, 42(3), 681–690.
- Rivera, C., Rodríguez, R., & Pimentel, S. C. (2011). HORWITZ EQUATION AS QUALITY BENCHMARK IN ISO / IEC 17025 TESTING LABORATORY. *Undefined*. <https://www.semanticscholar.org/paper/HORWITZ-EQUATION-AS-QUALITY-BENCHMARK-IN-ISO-%2F-IEC-Rivera-Rodr%C3%ADguez/d6d6a38d1a9e01e526ca4e2b5b8d804670e5414f>
- The fitness for purpose of analytical methods: A laboratory guide to method validation and related topics.* (2014). https://www.eurachem.org/images/stories/Guides/pdf/MV_guide_2nd_ed_EN.pdf

ภาคผนวกภาพงานวิจัย

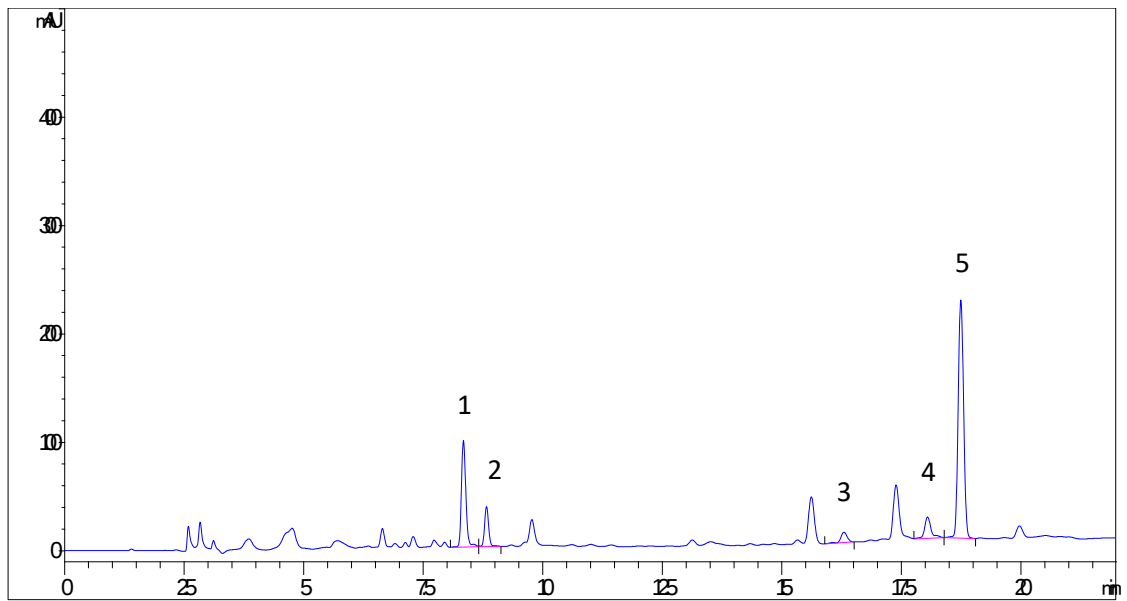
ผก 1 โครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานผสมคาร์บาเมตทั้ง 5 ชนิด ของคอลัมน์ YMC-C18 (4.6×250 mm, $5 \mu\text{m}$) ที่ความเข้มข้น 50 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร โดยใช้เฟสเคลื่อนที่ที่แตกต่างกัน ปริมาตรในการฉีด 10 ไมโครลิตร



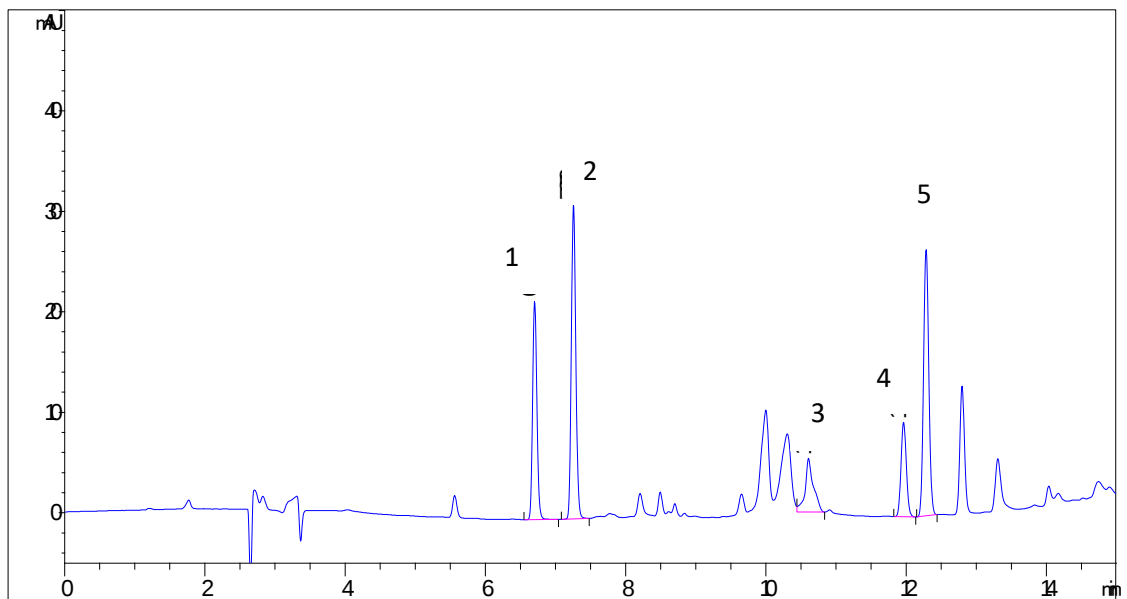
ภาพที่ ผก 1.1 โครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานผสมทั้ง 5 ชนิด (1 = oxamyl, 2 = methomyl, 3 = aldicarb, 4 = carbofuran และ 5 = carbaryl) เกรเดียน A



ภาพที่ ผก 1.2 โครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานผสมทั้ง 5 ชนิด (1 = oxamyl, 2 = methomyl, 3 = aldicarb, 4 = carbofuran และ 5 = carbaryl) เกรเดียน B

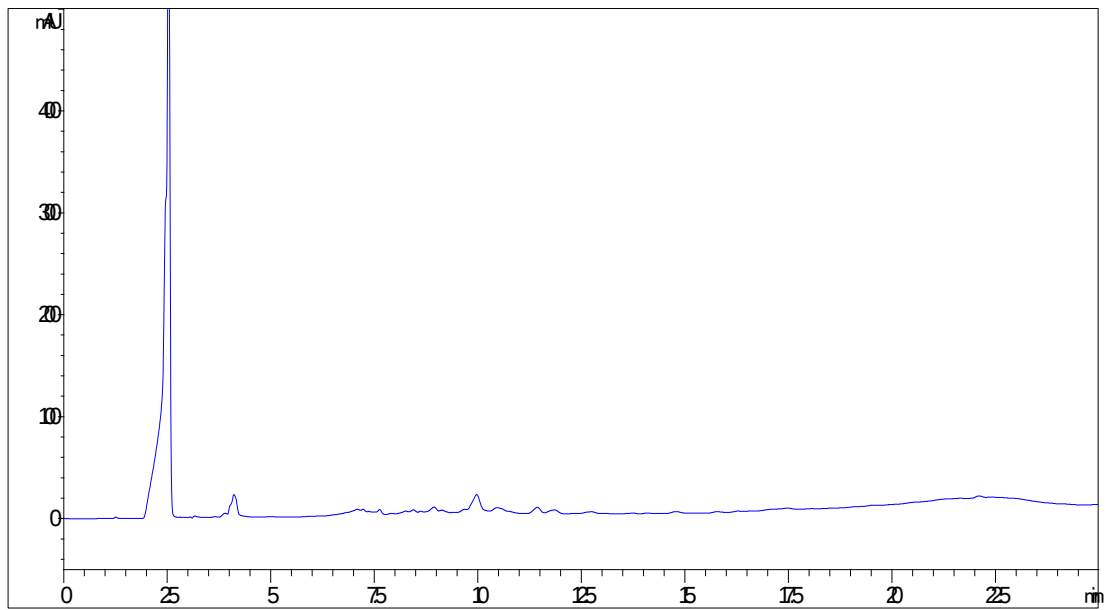


ภาพที่ ผก 1.3 โครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานผสมทั้ง 5 ชนิด (1 = oxamyl, 2 = methomyl, 3 = aldicarb, 4 = carbofuran และ 5 = carbaryl) เกรเดียน C

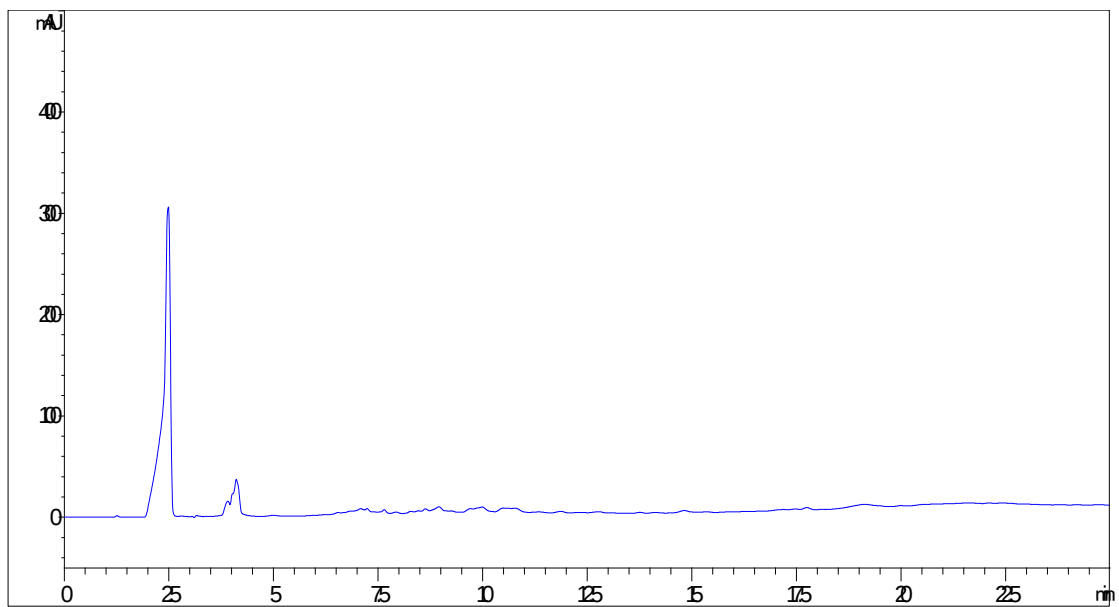


ภาพที่ ผก 1.4 โครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานผสมทั้ง 5 ชนิด (1 = oxamyl, 2 = methomyl, 3 = aldicarb, 4 = carbofuran และ 5 = carbaryl) เกรเดียน D

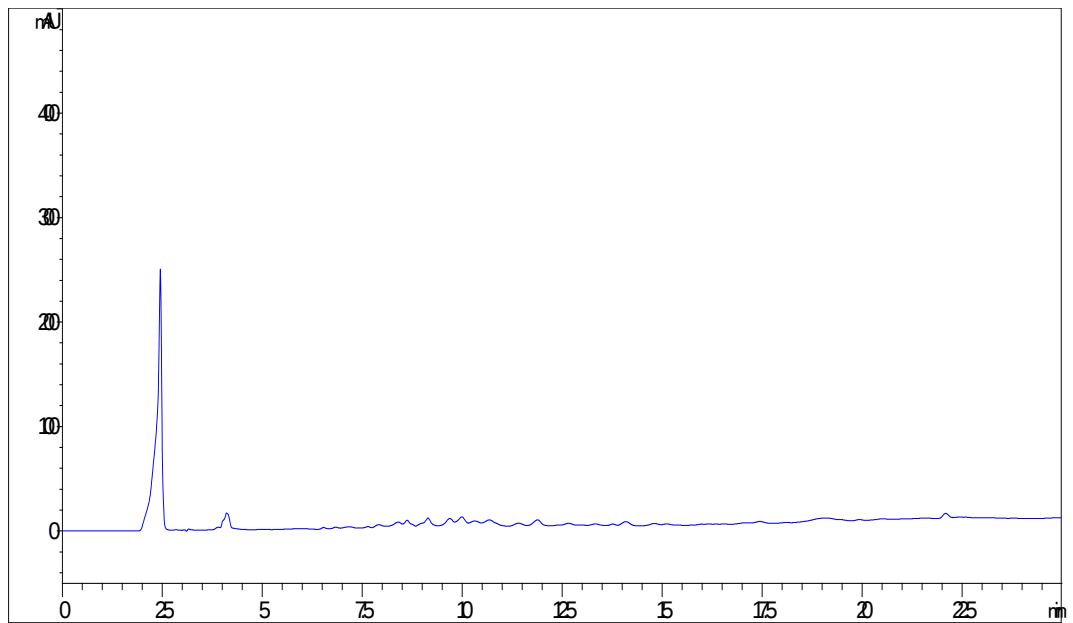
ผก 2 โครมาโทแกรมของตัวอย่างผลไม้ และพืชผักโดยใช้สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณคาร์บาเมตทั้ง 5 ชนิด oxamyl, methomyl, aldicarb, carbofuran และ carbaryl)



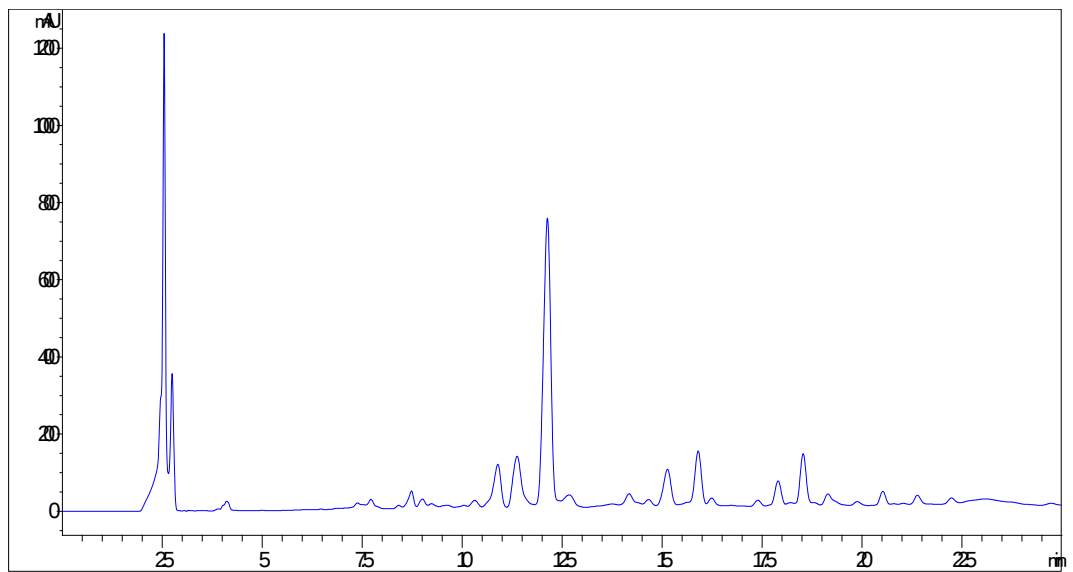
ภาพที่ ผก 2.1 โครมาโทแกรมของตัวอย่าง S01 เมล่อนเขียว¹



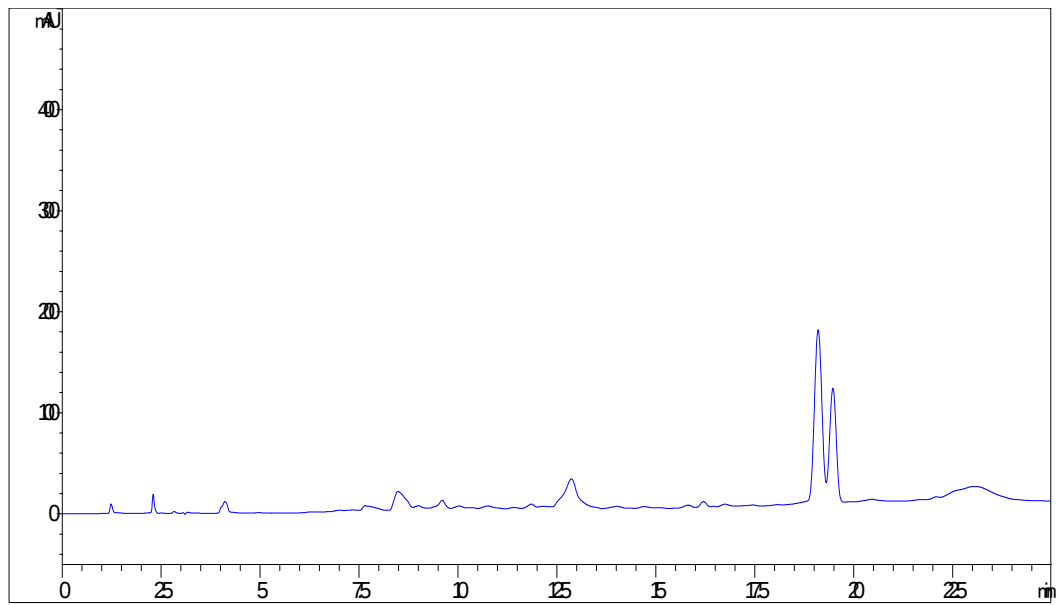
ภาพที่ ผก 2.2 โครมาโทแกรมของตัวอย่าง S02 มะม่วงเหลือง¹



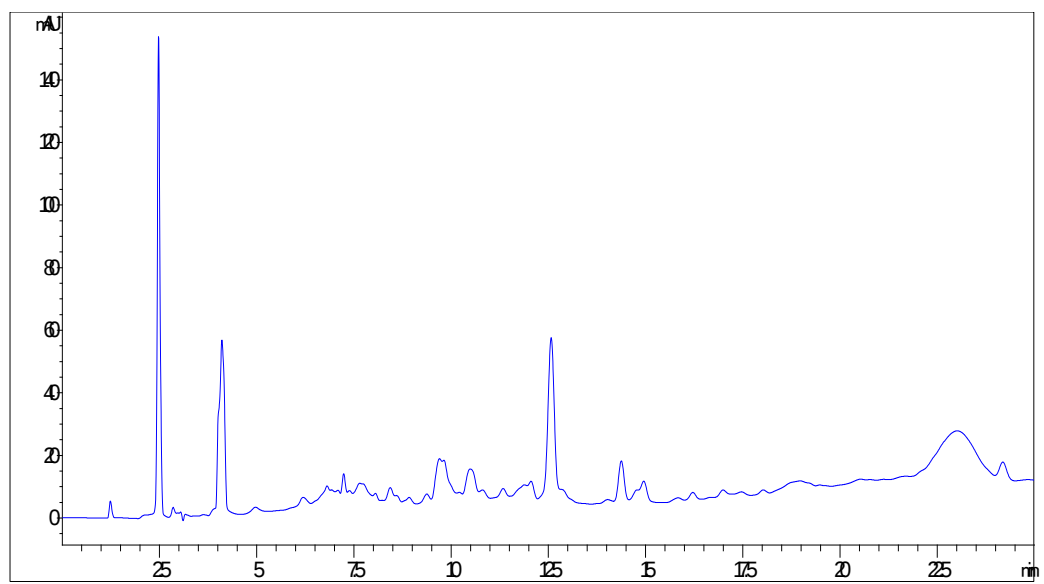
ภาพที่ ผก 2.3 โครมาโทแกรมของตัวอย่าง S03 แคนตาลูป²



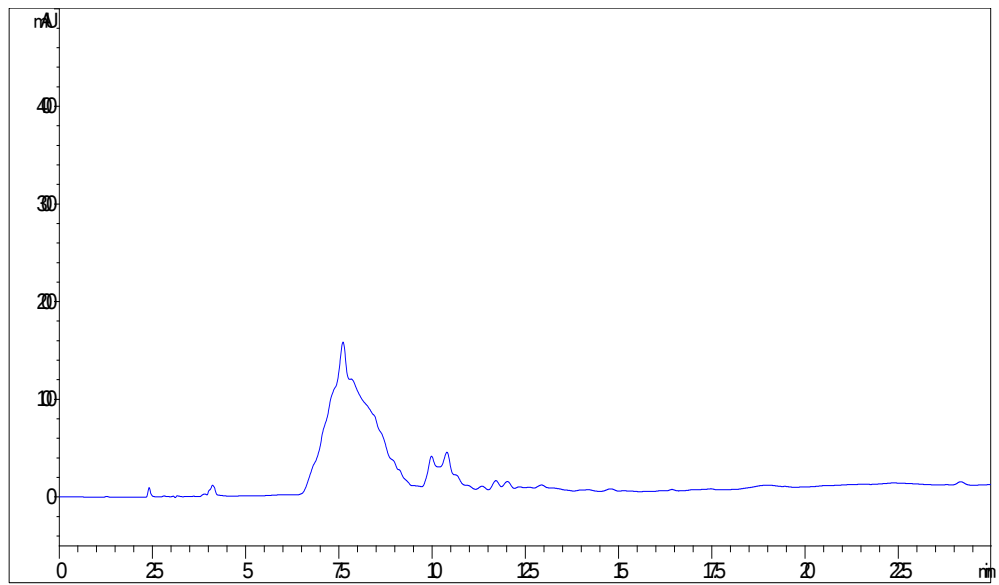
ภาพที่ ผก 2.4 โครมาโทแกรมของตัวอย่าง S04 ส้มโอแดง²



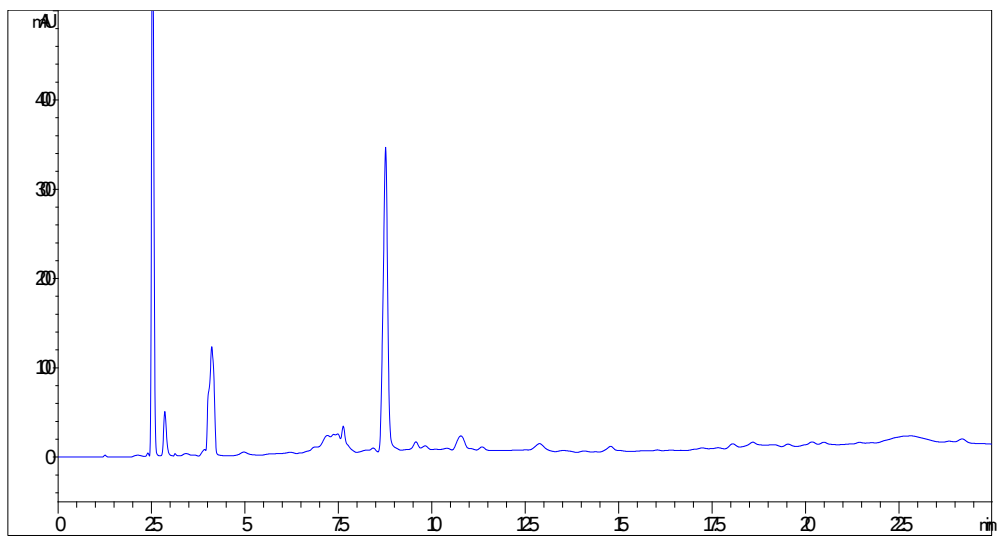
ภาพที่ ผก 2.5 โครมาโทแกรมของตัวอย่าง S05 ส้มโอขาว²



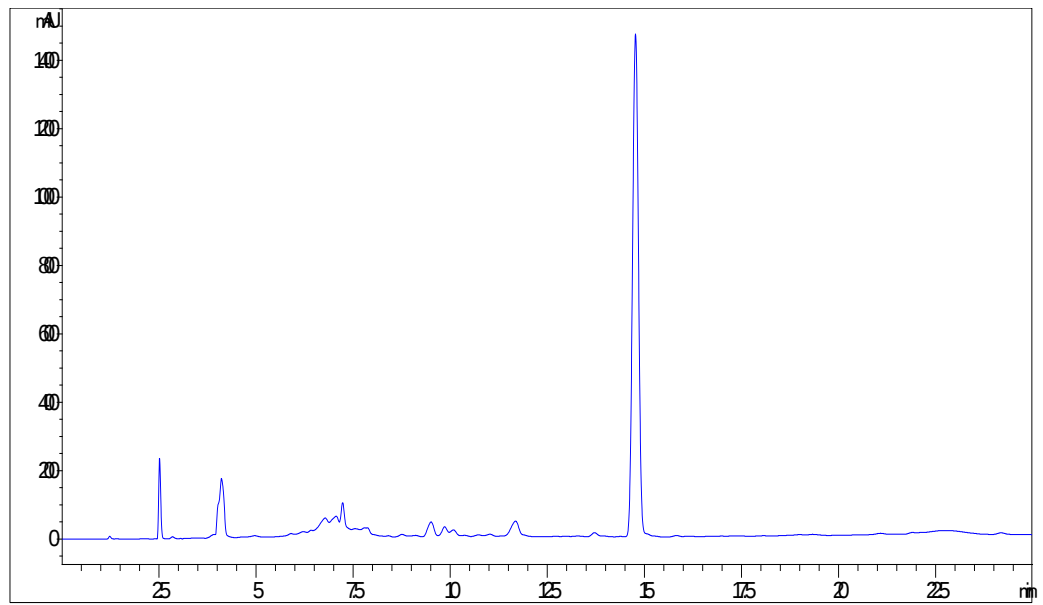
ภาพที่ ผก 2.6 โครมาโทแกรมของตัวอย่าง S06 อินทผาธัมแดง²



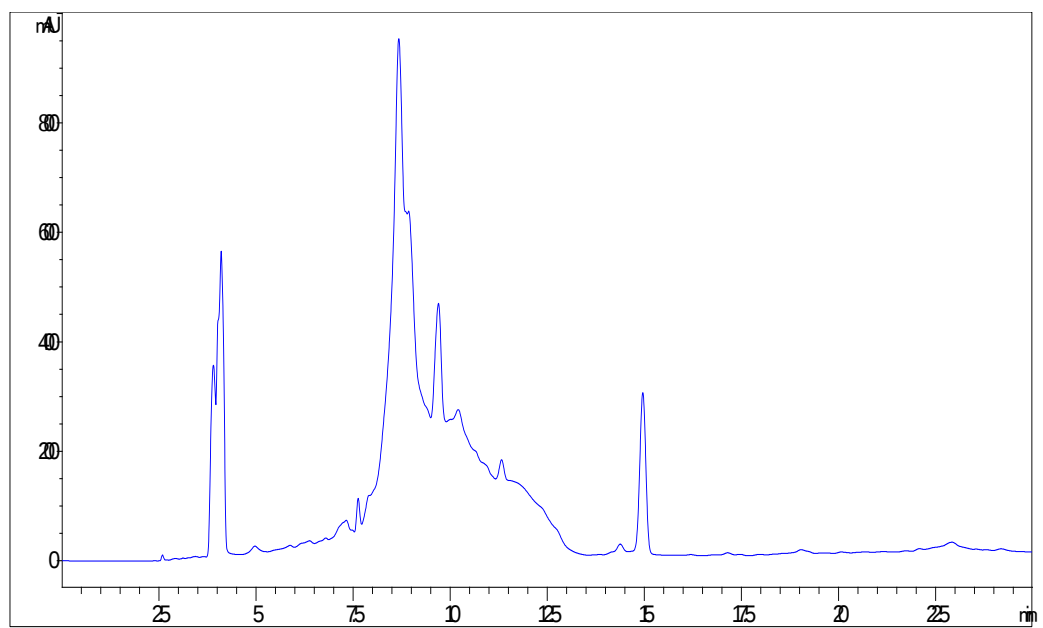
ภาพที่ ผก 2.7 โครมาโทแกรมของตัวอย่าง S07 อินทผาลัมเหลือง³



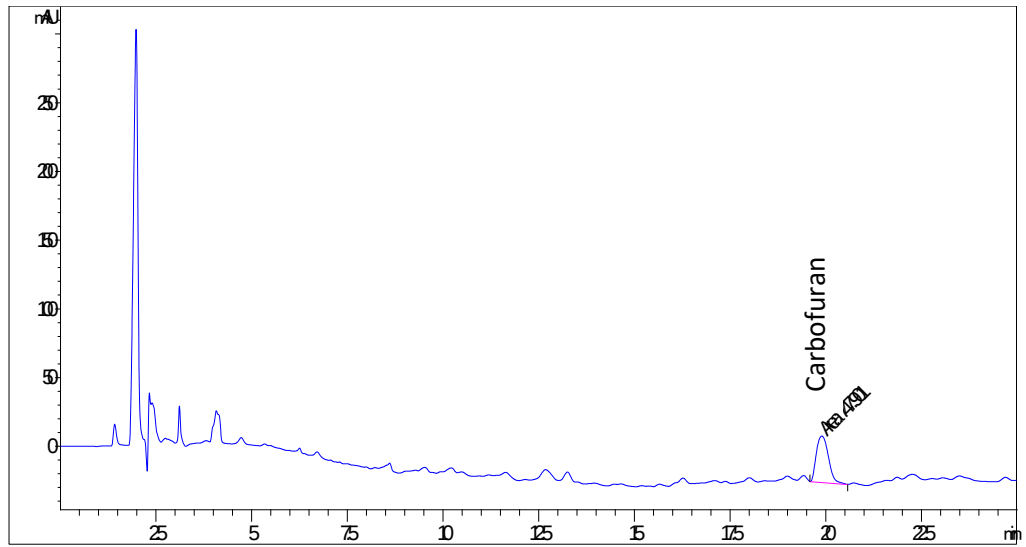
ภาพที่ ผก 2.8 โครมาโทแกรมของตัวอย่าง S08 ฝรั่ง²



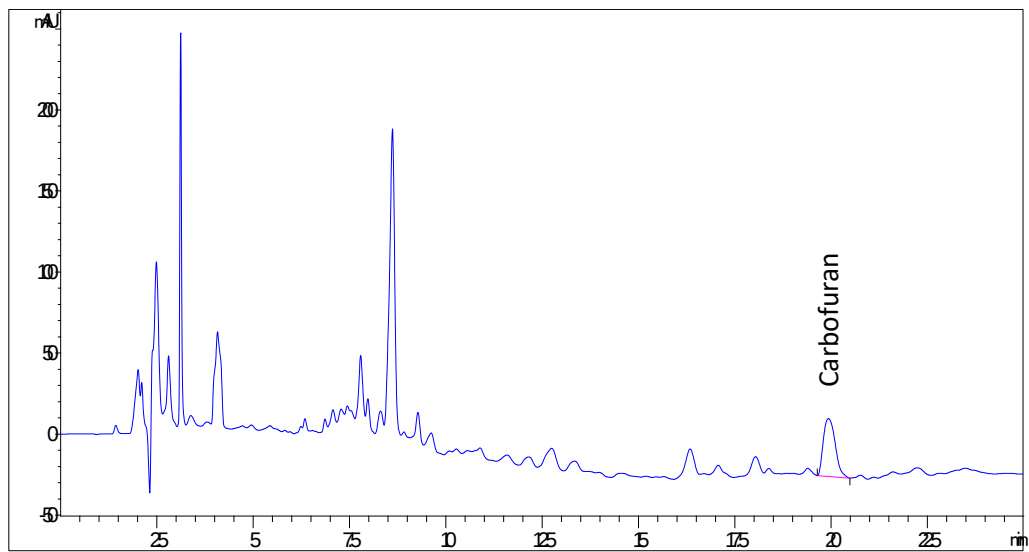
ภาพที่ ผก 2.9 โครมาโทแกรมของตัวอย่าง S09 แสดงกวา¹



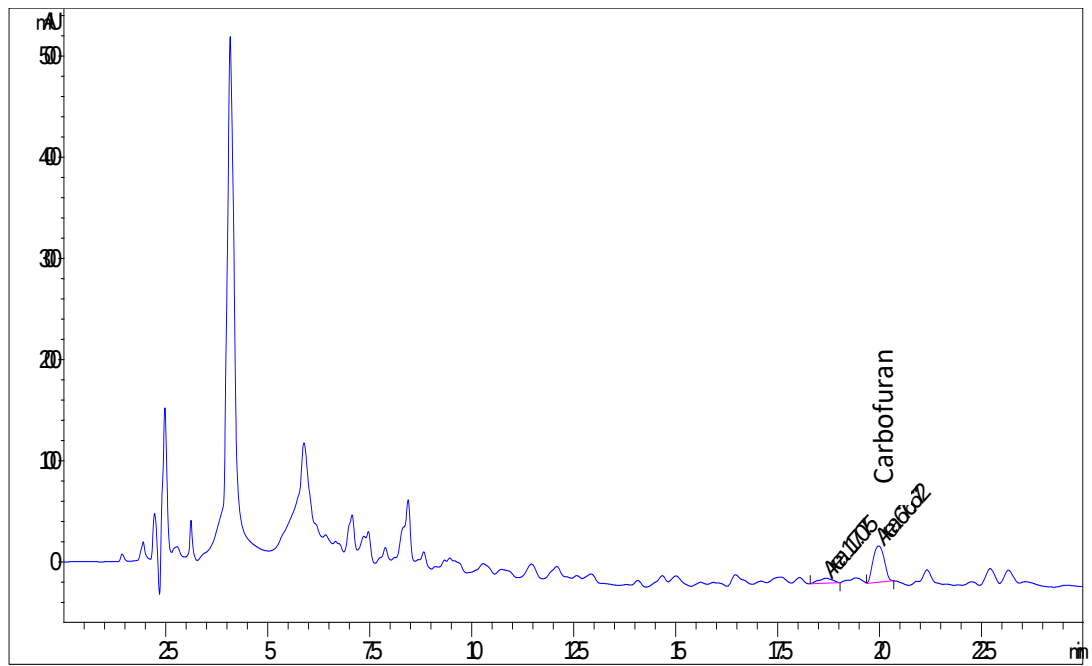
ภาพที่ ผก 2.10 โครมาโทแกรมของตัวอย่าง S10 แสดงกวา²



ภาพที่ ผก 2.11 โครมาโทแกรมของตัวอย่าง S11 แสดงว่า⁴ ที่มี carbofuran



ภาพที่ ผก 2.12 โครมาโทแกรมของตัวอย่าง S21 ถั่วฝักยาว⁴ ที่มี carbofuran



ภาพที่ ผก 2.13 โครมาโทแกรมของตัวอย่าง S18 มะเขือเปาะ⁴ที่มี carbofuran

ประวัติคณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการวิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นางสาวรุจิรา คุ่มทรัพย์
ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Miss Ruchira Khoomsab
2. ตำแหน่งปัจจุบัน พนักงานมหาวิทยาลัยสายวิชาการ
3. ตำแหน่งทางวิชาการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์
4. หน่วยงานที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ e-mail
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ อ.เมือง จ.เพชรบูรณ์ 67000
โทรศัพท์ (056) 717100 ต่อ 2713 โทรสาร (056) 717123
E - mail : rupinkaew13@pcru.ac.th

5. ประวัติการศึกษา

ปริญญา	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จ
วิทยาศาสตร์บัณฑิต (เคมี)	มหาวิทยาลัยนเรศวร	2551
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เคมี)	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	2554

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ

การวิเคราะห์น้ำ เคมีวิเคราะห์ เคมีทั่วไป

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นหัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละผลงานวิจัย

7.1 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว: ชื่อโครงการวิจัย ปีที่ดำเนินโครงการ และแหล่งทุน

1. งานวิจัย เรื่อง Derivative Spectrophotometry for The Simultaneous Determination of Acetyl Salicylic Acid, Caffeine and Paracetamol, ด้วยเงินอุดหนุนงานวิจัย สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก, 2550

2. วิทยานิพนธ์เรื่อง Exhaustive Separation of Fibroin, Sericin and Pigments from Yellow Thai Silk Cocoon, ตุลาคม 2554. ได้รับทุนจาก PERCH CIC และบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

- 3 งานวิจัยชั้นเรียน เรื่อง การพัฒนาการเรียนการสอนวิชาเคมีที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญกรณีศึกษา: การวิเคราะห์คุณภาพน้ำแม่ น้ำป่าสัก เขตเทศบาลเมืองเพชรบูรณ์ในรายวิชาการวิเคราะห์น้ำ ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี งบประมาณ พ.ศ. 2555
4. หัวหน้าโครงการวิจัย เรื่อง การผลิตและการเตรียมถ่านกัมมันต์จากขี้ข้าวโพด เพื่อใช้ในการดูดซับมีเทน แหล่งทุน ทุนอุดหนุนการวิจัยประเภททั่วไป มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ประจำปีงบประมาณ 2556
5. หัวหน้าโครงการวิจัย เรื่อง การพัฒนาความสามารถการเรียนรู้โดยใช้แผนผังมโนทัศน์ของนักศึกษาสาขาวิชาเคมี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ รายวิชา การวิเคราะห์น้ำ เรื่อง คุณภาพน้ำ ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยประเภทการเรียนการสอน มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ประจำปีงบประมาณ 2557
6. ผู้ร่วมวิจัยโครงการวิจัย เรื่อง การเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์อาหารสุขภาพข้าวสางอก “ข้าวไร้ลิ้มสัว” เพื่อพัฒนาเศรษฐกิจชุมชนอย่างยั่งยืน จังหวัดเพชรบูรณ์ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2557
7. หัวหน้าโครงการวิจัย เรื่อง ปริมาณธาตุอาหาร และคุณค่าทางโภชนาการในผลมะม่วงน้ำดอกไม้ในเขตเพาะปลูกตำบลดงมูลเหล็ก อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558
8. หัวหน้าโครงการวิจัยย่อย เรื่อง การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารสุขภาพข้าวไร้ลิ้มสัวสำหรับผู้สูงอายุเพื่อเศรษฐกิจชุมชน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558
9. หัวหน้าโครงการวิจัย เรื่อง “ความหลากหลายชนิดของแมลงกินได้ และพฤติกรรมการบริโภคอาหารที่ปรุงจากแมลงกินได้ ตามภูมิปัญญาท้องถิ่น” ได้รับทุนอุดหนุนจากโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาประจำปี งบประมาณ พ.ศ. 2559
10. หัวหน้าโครงการวิจัยย่อย เรื่อง พฤติกรรมการลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในชีวิตประจำวันของประชาชนในจังหวัดเพชรบูรณ์ ได้รับทุนอุดหนุนงบประมาณแผ่นดิน งบประมาณ พ.ศ. 2559.
11. หัวหน้าโครงการวิจัย เรื่อง การหาวิธีที่เหมาะสมในการสกัดและการวิเคราะห์ปริมาณสารแอนทราควิโนนและเมธิลแอนทรานิเลทจากพืช ได้รับทุนอุดหนุนงบประมาณแผ่นดิน งบประมาณ พ.ศ. 2560
12. ผู้ร่วมวิจัยโครงการวิจัย เรื่อง การพัฒนาเทคนิคการจับไล่แมลงก่อความรำคาญด้วยวิธีทางกายภาพและชีวเคมีได้รับทุนอุดหนุนงบประมาณแผ่นดิน งบประมาณ พ.ศ. 2561

13. หัวหน้าโครงการวิจัย เรื่อง การส่งเสริมเศรษฐกิจเชิงสร้างสรรค์วิสาหกิจชุมชน อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ด้วยดิจิทัลมาร์เก็ตติ้ง ได้รับทุนอุดหนุนงบประมาณแผ่นดินงบประมาณ พ.ศ. 2562

14. ผู้ร่วมวิจัยโครงการวิจัย เรื่อง ปัญหาพัฒนาและส่งเสริมธุรกิจแหล่งน้ำพุร้อนเพื่อสุขภาพ อำเภอ วิเชียรบุรี จังหวัดเพชรบูรณ์ ได้รับทุนอุดหนุนจากโครงการศึกษา ศักยภาพเพื่อยกระดับการพัฒนาเชิงพื้นที่ของเครือข่าย (Preliminary Research) มหาวิทยาลัยนเรศวร ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2564

7.2 การเผยแพร่งานวิจัย: ชื่อผลงานวิจัย ชื่อวารสารที่เผยแพร่ ปีที่พิมพ์

รุจิรา ปิ่นแก้ว เรื่องศรี วัฒนศักดิ์ และสุรศักดิ์ วัฒนศักดิ์. Effect of Solvent Systems on Reflux Extraction of Pigments in Yellow Thai Silk Cocoon. วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี). 3(2554): 226-233

Artit Hutem, Saowapa Chumanee, Wilaiporn Pongpian and Ruchira Khoomsab. Atomic Density Fluctuation of Harmonic Oscillator Cosine Asymmetric Potential via Numerical Shooting Method. **Advanced Studies in Theoretical Physics**. Vol. 8, 2014, no. 24, 1083 – 1088

รุจิรา คุ่มทรัพย์ วิไลพร ปองเพียร และปาริชาติ โฉมเฉลา. การเตรียมและวิเคราะห์ค่าการดูดซับของถ่านกัมมันต์จากขังข้าวโพดโดยวิธีการกระตุ้นทางเคมี, การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา“การวิจัยเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน”. 2558, 1393-1400.

รุจิรา คุ่มทรัพย์, การพัฒนาความสามารถการเรียนรู้โดยใช้แผนผังมโนทัศน์ของนักศึกษาสาขาวิชาเคมี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ รายวิชา การวิเคราะห์น้ำ เรื่อง คุณภาพน้ำ ในวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ปีที่ 1 ฉบับที่ 2 วันที่ 1 กรกฎาคม – ธันวาคม พ.ศ. 2559.. หน้า 16-23

กาญจน์ คุ่มทรัพย์, พรทวี กองร้อย, ธนาวรรณ สุขเกษม และรุจิรา คุ่มทรัพย์, การส่งเสริมการจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในจังหวัดเพชรบูรณ์ เพื่อมุ่งสู่การเป็นเมืองคาร์บอนต่ำ การนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ เครือข่ายบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏภาคเหนือ ครั้งที่ 17, 2785-2791.

รุจิรา คุ่มทรัพย์, เสาวภา ชุมณี, วิไลพร ปองเพียร, กาญจน์ คุ่มทรัพย์, ปริมาณธาตุอาหาร และคุณค่าทางโภชนาการ ในผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองในเขตเพาะปลูกตำบลดงมูล

เหล็ก อำเภอมือง จังหวัดเพชรบูรณ์, การประชุมวิชาการระดับชาติเครือข่ายวิจัยสถาบันอุดมศึกษาทั่วประเทศ ครั้งที่ ประจำปี 2559 เมื่อวันที่ 19-20 ธันวาคม 2560.

Saowapa Chumanee, Ruchira khoomsab, Chanai Munkalaratanasri, Sompng Sansenya. (2015) Effect of Cooking Methods on Gamma-Aminobutyric Acid (GABA) and Anthocyanin Content of Germinated Brown Rice (Leumpua Purple Sticky Rice. **TICST 2015: The international Conference on Science and Technology.**

รุจิรา คุ่มทรัพย์, ธนาวรรณ สุขเกษม และรุ่งนภา สนั่นดี (2561). พฤติกรรมการบริโภคแมลงกินได้ตามวิถีปัญญาท้องถิ่น กรณีศึกษา ตำบลปากช่อง อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์. **วารสารคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. ปีที่ 3 ฉบับที่ 2**

นันทกร รอดเกตุ, ศศิกานต์ ปานปราณีเจริญ, เสาวภา ชุมณี, วิไลพร ปองเพียร และรุจิรา คุ่มทรัพย์ (2561) การสกัดน้ำมัน และองค์ประกอบกรดไขมัน ของน้ำมันรำข้าวลิ้มผิวใน จังหวัดเพชรบูรณ์. **วารสารคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. ปีที่ 3 ฉบับที่ 2**

ศศิกานต์ ปานปราณีเจริญ, เสาวภา ชุมณี, วิไลพร ปองเพียร, รุจิรา คุ่มทรัพย์ และนันทกร รอดเกตุ. (2561) การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้แล้ว ด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ปีที่ 3 ฉบับที่ 1**

Khoomsab, R. and Khoomsab, K. (2019).Extraction and Determination of Anthraquinone from Herbal Plnt as Bird Repellent. **Science & Technology Asia.** 24(1), 14-20.

Khoomsab, R. and Khoomsab, K. (2019) Establishment of Methyl Anthranilate Quantification by UV-spectroscopy and Identification using FT-IR. **EAU Heritage Journal Science and Technology.**13(1).

Khoomsab, R. And Kratang, K. (2020). Quantitative Analysis of Anthraquinone From Plants Based On Reversed-Phase High Performance Liquid Chromatography. **PSRU Journal of Science and Technology.** 5(1): 52-65,

Chumanee, S., & Khoomsab, R. (2020). การหาปริมาณ สารพฤษเคมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และแร่ธาตุ จากใบถั่วดาวอินคา. **PSRU Journal of Science and Technology,** 5(2), 98-113.

Thaenthong, S., Patan, A., Rodkate, R., Deepanya, W., Khoomsab, R. (2021). Effect of Cooking Treatments on Resistant Starch Content in Local Rice Variety Grown in Phetchabun Province **PSRU Journal of Science and Technology,** 6(3) 135-146.

ผู้ร่วมวิจัย

- ชื่อ – นามสกุล (ภาษาไทย) นางสาวเสาวภา ชุมณี
ชื่อ – นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Miss Saowapa Chumanee
- ตำแหน่งปัจจุบัน รองคณบดีฝ่ายศูนย์วิทยาศาสตร์
และอาจารย์ประจำหลักสูตรสาขาวิชาเคมี
- ตำแหน่งทางวิชาการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์
- หน่วยงานและสถานที่ติดต่อได้สะดวก คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 83 หมู่ 11 ถนนสระบุรี-หล่มสัก ตำบลสะเตียง อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ 67000 โทรศัพท์ (056) 717100 ต่อ 1508
โทรสาร - โทรศัพท์มือถือ 08-8272-3349 e-mail : Saowapa@pcru.ac.th

5. ประวัติการศึกษา

ปริญญา	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จ
วิทยาศาสตร์บัณฑิต (เคมี)	มหาวิทยาลัยรามคำแหง	2531
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เคมี)	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	2541
ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (เคมี)	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	2550

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ

เคมีวิเคราะห์ เคมีสิ่งทอ และเคมีทั่วไป

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัย

7.1 หัวหน้าโครงการวิจัย:

พ.ศ. 2552 การพัฒนาวิธีการวิเคราะห์หาปริมาณสารกันเสีย (กรดเบนโซอิก กรดซอร์บิก เมทิลพาราเบน และโพรพิลพาราเบน) ในอาหาร และเครื่องสำอาง โดยเทคนิคโครมาโทกราฟีของเหลวแบบสมรรถนะสูง ได้รับทุนวิจัยจากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

พ.ศ. 2552 การวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหาร ในปุ๋ยน้ำชีวภาพและปุ๋ยอินทรีย์ขึ้นเม็ด ของกลุ่มเกษตรอินทรีย์และชีวภาพ

ได้รับทุนวิจัยจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) โครงการ IRPUS ประจำปีงบประมาณ เลขที่โครงการ I152C02001

พ.ศ. 2553 ศึกษาผลกระทบจากการใช้ปุ๋ยในทางเกษตรกรรม ที่มีต่อคุณภาพน้ำและดินในพื้นที่ลุ่มน้ำป่าสักตอนบน อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ได้รับทุนวิจัยจากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ผ่านการพิจารณาจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

พ.ศ. 2554 การศึกษากระบวนการผลิตและคุณภาพปุ๋ยน้ำหมักมูล

สุกรของเกษตรกรอินทรีย์ ตำบลกองทุล อำเภอนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์ ได้รับทุนวิจัยจากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

พ.ศ. 2555 การศึกษาการย้อมสีผ้าจีวรด้วยสีธรรมชาติ ได้รับทุนวิจัยจากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

พ.ศ. 2562 การศึกษาคุณค่าและการนำไปใช้ประโยชน์ของพืชหมัศจรรย์ "ถั่วดาวอินคา" เพื่อเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์และพัฒนาเศรษฐกิจชุมชนบ้านน้ำร้อน อำเภอมะนัง จังหวัดเพชรบูรณ์ ได้รับทุนวิจัยจากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ผ่านการพิจารณาจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

7.2 ผู้ร่วมวิจัย

พ.ศ. 2558 ศึกษาการสร้างสารหอม (2-อะเซทิล-1-ไพโรลีน) เพื่อเพิ่มมูลค่าผลผลิตข้าวไร่ลืมผัว โดยการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ ได้รับทุนวิจัยจากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ผ่านการพิจารณาจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

พ.ศ. 2562 การศึกษาการสกัดน้ำมัน ปริมาณ คาเฟอีน สารประกอบฟีนอลิก และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากกากกาแฟในอำเภอน้ำหนาว จังหวัดเพชรบูรณ์ ได้รับทุนวิจัยจากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ผ่านการพิจารณาจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

7.2 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว: ชื่อผลงานวิจัย ปีที่พิมพ์ การเผยแพร่ และแหล่งทุน

1. วารสารนานาชาติ

1) P. Sutthivaiyakit, S. Achatz, J. Linlelmann, T. Aungpradit, R. Chanwirat, S. Chumanee, and A. Kettrup. (2005). LC-MS/MS method for the confirmatory determination of aromatic amines and its application in textile analysis. **Anal. Bioanal. Chem.**, 381: 268-276.

2) S. Chumanee, S. Sutthivaiyakit, and P. Sutthivaiyakit. (2009). New Reagent for Trace Determination of Protein-Bound Metabolites of Nitrofurans in Shrimp Using Liquid Chromatography with Diode Array Detector, **J. Agric. Food Chem.**, 57, 1752–1759.

3) Sansenya, S., Hua, Y., Chumanee, S., Phasai, K., & Sricheewin, C. (2017). Effect of Gamma Irradiation on 2-Acetyl-1-pyrroline Content, GABA Content and Volatile Compounds of Germinated Rice (Thai Upland Rice). **Plants**, 6(2), 18.

4) Sansenya, S., Hua, Y., Chumanee, S., & Winyakul, C. (2017). Effect of gamma irradiation on the 2-acetyl-1-pyrroline content during growth of Thai black glutinous rice (Upland rice). **Australian Journal of Crop Science**, 11(5), 631.

5) Sansenya, S., Hua, Y., & Chumanee, S. (2018). The Correlation between 2-Acetyl-1-pyrroline Content, Biological Compounds and Molecular Characterization to the Aroma Intensities of Thai Local Rice. **Journal of oleo science**, 67 (7), 893-904.

6) Sansenya, S., Hua, Y., Chumanee, S., & Sricheewin, C. (2019) The Combination Effect of Gamma Irradiation and Salt Concentration on 2-acetyl-1-pyrroline Content, Proline Content and Growth of Thai Fragrant Rice (KDML 105). **Oriental Journal of chemistry**, 35(3), 938-946.

7) Sansenya, S., Payaka, A., Wannasut, W., Hua, Y., & Chumanee, S. (2020) Biological activity of rice extract and the inhibition potential of rice extract, rice volatile compounds, and their combination against α -glucosidase, α -amylase, and tyrosinase. **International Journal of Food Science & Technology**.

8) Panpraneecharoen, S., & Chumanee, S. (2020). Optimization of the Oil Extraction, Study the Chemical and Physical Properties of Arabica Spent Coffee Grounds. **Science & Technology Asia**, 25(4), 12-19.

2. วารสารระดับชาติ

1) Chumanee, S., & Khoomsab, R. (2020). การหาปริมาณ สารพฤกษเคมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และแร่ธาตุ จากใบถั่วดาวอินคา. **PSRU Journal of Science and Technology**, 5(2), 98-113.

3. Proceedings

1) สมพงษ์ แสนเสนยา, หยานหลิง หั่ว, เสาวภา ชุมณี, ดลนภา แก้วภา, ชาคร ชินอมรวงศ์, และ กรรณิกา ภาไสย. ผลของรังสีแกมมาต่อปริมาณสารหอม (2-acetyl-1-pyrroline) และปริมาณกรดแกมมาอะมิโนบิวทิริก (กาบา) ในข้าวไร้พญาลิ้มแกง. Proceeding. การประชุมวิชาการระดับชาติ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีระหว่างสถาบัน ครั้งที่ 4 ASTC2016: The 4th Academic Science and Technology Conference 2016 วันที่ 31 พฤษภาคม 2559.

2) วุฒิพงศ์ หอมหวล ปิยรัตน์ มูลศรี และ เสาวภา ชุมณี. การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการคำนวณ วิชาเคมี เรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับวิธีการสอนและมีผลการเรียนต่างกัน. รายงานสืบเนื่องการประชุมวิชาการ (Proceedings) การนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ เครือข่ายบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏภาคเหนือครั้งที่ 17 (21 กรกฎาคม 2560)

3) เสาวภา ชุมณี, วิไลพร ปองเพียร และ ศศิกานต์ ปานปราณี-เจริญ. การสกัดโดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูงเพื่อการวิเคราะห์แคลเซียมในถั่วดาวอินคา โดยเทคนิคเฟรมอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรสโกปี การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ครั้งที่ 5 “งานวิจัยเพื่อพัฒนาท้องถิ่น” วันที่ 8-9 เดือนมีนาคม พ.ศ. 2561

4) อาทิตยา จันทิ, เสาวภา ชุมณีและ ปิยรัตน์ มูลศรี. การพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนบึงสามพันวิทยาคม การประชุมวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ครั้งที่ 4 “การพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรมในยุค 4.0 เพื่อท้องถิ่นเข้มแข็งอย่างยั่งยืน” วันที่ 12-13 เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2561, หน้า 505-510.