

การหาปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างที่สำคัญและประสิทธิภาพ ของกระบวนการล้างสำหรับตัวอย่างส้มสายน้ำผึ้ง

DETERMANATION OF MAJOR PESTICIDE AND EFFICIENCY OF WASHING FOR ORANGE (SAI NAM PHUENG) SAMPLE

ภาเกล้า ภูมิใหญ่* และ วรพจน์ แสนบุญมา

Paklao Phoomyai*, and Worapoj Saenboonma

สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

Program in Chemistry, Faculty of Science and Technology Kamphaeng Phet Rajabhat University

*corresponding author e-mail: paklao2523@gmail.com

(Received: 27 August 2023; Revised: 4 January 2024; Accepted: 23 January 2024)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาชนิดและปริมาณสารพิษตกค้างในส้มสายน้ำผึ้ง และศึกษาประสิทธิภาพในการล้าง 4 วิธี คือ การล้างด้วยการแช่น้ำ การล้างด้วยการแช่น้ำเกลือ การล้างด้วยการแช่น้ำส้มสายชู และการล้างด้วยการแช่โซเดียมไฮดรอกไซด์ โดยทำการศึกษากับสารพิษตกค้าง จำนวน 4 กลุ่ม ได้แก่ สารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต กลุ่มคาร์บาเมต กลุ่มไพรีทรอยด์ และกลุ่มออร์กาโนคลอรีน ซึ่งตัวอย่างจะถูกสกัดด้วยวิธี QuEChERS และวิเคราะห์คุณภาพและปริมาณด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโตรเมทรี/แมสสเปกโตรเมทรี (GC-MS/MS) และลิควิดโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโตรเมทรี/แมสสเปกโตรเมทรี (LC-MS/MS) พบว่า ในตัวอย่างตรวจพบสารกำจัดศัตรูพืชตกค้าง 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต จำนวน 2 ชนิด คือ อีโธออนและฟิโนฟอส กลุ่มคาร์บาเมต จำนวน 3 ชนิด คือ 3-ไฮดรอกซิลคาร์โบฟูแรน ฟิโนบูคาร์บ และคาร์โบฟูแรน กลุ่มไพรีทรอยด์ จำนวน 3 ชนิด คือ โบเพนทริน ไชฟลูทริน และแลมบ์ดา ไชฮาโลทริน และประสิทธิภาพการล้าง 4 วิธี พบว่า ประสิทธิภาพการล้างทั้ง 4 วิธี มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยการล้างด้วยการแช่โซเดียมไฮดรอกไซด์สามารถลดปริมาณสารพิษตกค้างตกค้างกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต มากที่สุด ส่วนการล้างที่สามารถลดปริมาณสารพิษตกค้างกลุ่มคาร์บาเมตได้มากที่สุด คือ การล้างด้วยการแช่น้ำเกลือ และการล้างที่สามารถลดปริมาณสารพิษตกค้างกลุ่มไพรีทรอยด์ได้มากที่สุด คือ การล้างด้วยการแช่น้ำส้มสายชู จากผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการล้าง 4 วิธี สามารถเลือกวิธีการล้างที่จำเพาะเจาะจงต่อสารพิษตกค้างก่อนการบริโภค

คำสำคัญ: สารกำจัดศัตรูพืช ประสิทธิภาพวิธีการล้าง ส้มสายน้ำผึ้ง

Abstract

This research aimed to determine the qualitative and quantitative of the pesticide residues in Sai Nam Phueng oranges and investigated the efficiency of four washing methods. The washing methods included soaking water, saline, vinegar and sodium carbonate, respectively. The extracted samples by QuEChERS method were analyzed by Gas Chromatography–Mass Spectrometry/ Mass Spectrometry (GC–MS/MS) and Liquid Chromatography–Mass Spectrometry/ Mass Spectrometry (LC–MS/MS) techniques. The 3 groups of pesticide residues were found, 1) Ethion and Profenofos of Organophosphate groups, 2) 3–Hydroxy Carbofuran, Fenobucarb and Carbofuran of Carbamate groups and 3) Bifenthrin, Cyfluthrin and L–Cyhalothrin of Pyrethroid groups. The significant was differed of the 4 washing methods effectiveness was showed at $p < 0.05$. Sodium carbonate washing method was the most effective regarded to eliminate pesticide residues of organophosphate group. Saline washing was showed the most effective for carbamate group and vinegar washing method was most suitable for pyrethroid group. The results of analyzing the efficiency of four washing methods were specified to pesticide residues, which can be selected before consumption.

Keywords: Pesticide, Washing efficiency, Sai Nam Phueng

บทนำ

ส้ม เป็นผลไม้เป็นที่นิยมทั่วไป มีรสเปรี้ยวอมหวาน มีคุณค่าทางอาหาร เป็นผลไม้สารพัดประโยชน์ มีวิตามินซี และสารต้านอนุมูลอิสระ ช่วยบำรุงผิวพรรณให้เปล่งปลั่ง เป็นยาขับลม แก้อาหารไม่ย่อย ช่วยลดคอเลสเตอรอลในเลือด ช่วยเรื่องระบบขับถ่ายทำงานปกติ และต่อต้านอนุมูลอิสระ เป็นต้น ส้มมีสายพันธุ์หลายชนิด ส้มที่นิยมปลูกมาก ได้แก่ ส้มเกลี้ยง ส้มเขียวหวาน ส้มजू และส้มสายน้ำผึ้ง เป็นต้น แต่ละชนิดจะมีลักษณะและรสชาติที่แตกต่างกันออกไป การเลือกซื้อส้มให้รสชาติหวานอร่อยควรเลือกส้มที่ผิวเรียบเนียน เปลือกบาง เพราะจะให้น้ำเยอะ ฉะนั้นส้มสายน้ำผึ้งจึงเป็นพันธุ์ที่ได้รับความนิยมมากที่สุด มีลักษณะคล้ายส้มเขียวหวาน มีเนื้อแน่น สีส้มสวยงาม รสชาติหวานแหลมอมเปรี้ยวเล็กน้อย มีน้ำในปริมาณมากและมีวิตามินซีสูง ช่วยบำรุงผิวพรรณให้เปล่งปลั่ง มีสารต้านอนุมูลอิสระและช่วยเสริมสร้างระบบขับถ่ายให้ดีขึ้นอีกด้วย ส้มสายน้ำผึ้งเป็นพืชไร่ที่ถูกแมลงศัตรูพืชรบกวน (อำไพวรรณ, 2542) ตั้งแต่ต้นเล็กๆ จนถึงระยะติดดอกออกผลจนระยะเก็บเกี่ยว จึงมีการนำสารเคมีกำจัดแมลงมาใช้ค่อนข้างสูง เพื่อป้องกันไม่ให้แมลงมากัดกิน โดยเฉพาะการใช้สารกำจัดแมลงและสารกำจัดวัชพืช กลุ่ม

สารกำจัดแมลง ได้แก่ ออร์กาโนฟอสเฟต ออร์กาโนคลอรีน ไพรีทรอยด์และคาร์บาเมท ซึ่งสารเคมีกำจัดแมลงอาจตกค้าง ซึ่งสารพิษในผักและผลไม้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี (เครือข่ายเตือนภัยสารเคมีกำจัดศัตรูพืช, 2559) ผลการเฝ้าระวังสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างในผักและผลไม้ ประจำปี 2559 ของสำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ (สสส.) และเครือข่ายเตือนภัยสารเคมีได้สุ่มเก็บตัวอย่างผักและผลไม้ในห้างสรรพสินค้าและตลาดค้าส่ง พบผลไม้หลายชนิดมีค่าสารตกค้างเกินมาตรฐานความปลอดภัยโดยเทียบกับค่าปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด (Maximum Residues Limit; MRL) การรับพิษจากสารเคมีตกค้างทำให้มีผลต่อร่างกายทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณที่ร่างกายได้รับ เช่น เมื่อได้รับสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต จะมีการอ่อนเพลีย ปวดศีรษะ เวียนศีรษะ ตาพร่า เหนื่อยและน้ำลายออกมาก คลื่นไส้ อาเจียน ปวดท้อง ท้องเสีย สารกลุ่มคาร์บาเมท จะยับยั้งการทำงานของแอสีทิลโคลีนเอสเตอเรส ทำให้สารสื่อประสาทแอสีทิลโคลีนถูกทำลายลง จึงเกิดอาการพิษเนื่องจากการทำงานของระบบสื่อประสาทโคลิเนอร์จิก (Cholinergic neurotransmission) ทำงานมากเกินไป สารฆ่าแมลงกลุ่มคาร์บาเมทส่วนใหญ่มีพิษค่อนข้างรุนแรง สารกลุ่มไพรีทรอยด์จะทำให้คลื่นไส้อาเจียน เป็นตะคริวที่ท้อง เบื่ออาหาร อ่อนเพลีย มีอาการล้า ปวดศีรษะ และสารกลุ่มออร์กาโนคลอรีนไปจะกระตุ้นระบบประสาทอย่างรุนแรง ทำให้เกิดอาการปวดศีรษะ คลื่นไส้ อาเจียน มึนงง ถ้าสะสมระยะยาว อาจเกิดมะเร็งหรือโลหิตจางได้ (กระทรวงสาธารณสุข, 2547) ผู้บริโภคควรหลีกเลี่ยงการบริโภคผักผลไม้ที่มีสารเคมีตกค้าง หากไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้เพื่อความปลอดภัยต่อการบริโภค การล้างที่เหมาะสมวิธี จะสามารถช่วยลดสารพิษตกค้างได้

ดังนั้นผู้วิจัยจึงต้องการศึกษาสารพิษตกค้าง 4 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต (Organophosphate) กลุ่มคาร์บาเมท (Carbamate) กลุ่มไพรีทรอยด์ (Pyrethroid) และกลุ่มออร์กาโนคลอรีน (Organochlorine) ด้วยวิธี QuEChERS เป็นวิธีการเตรียมตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์สารเคมีปราบศัตรูพืช ประกอบด้วยสองขั้นตอนหลัก ได้แก่ การสกัด (Extraction) โดยใช้เกลือสำหรับการสกัดและตัวทำละลายผสมเข้ากับตัวอย่างให้เกิดการแยกชั้น และการทำความสะอาดตัวอย่างใช้ตัวดูดซับผสมเข้ากับตัวอย่างเพื่อกำจัดสิ่งรบกวน (ทองสุข และคณะ, 2558) โดยศึกษาการล้าง 4 วิธี (การล้างด้วยการแช่น้ำ การล้างด้วยการแช่ด้วยน้ำเกลือ การล้างด้วยการแช่น้ำส้มสายชู และการล้างด้วยการแช่โซเดียมคาร์บอเนต) ในตัวอย่างส้มสายชูน้ำผึ้ง การดำเนินการเก็บตัวอย่างจากตลาดสดในจังหวัดกำแพงเพชร ตรวจสอบหาสารพิษตกค้างการวิเคราะห์ด้วยแก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโตรเมทรี (Gas Chromatography–Mass Spectrometry, GC–MS) และลิควิดโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโตรเมทรี (Liquid Chromatography–Mass Spectrometry, LC–MS) เป็นวิธีที่แม่นยำ รวดเร็ว

วิธีดำเนินการวิจัย

1. สารเคมีและสารมาตรฐาน

1.1 สารเคมี: อะซีโตไนไตรล์ (Acetonitrile; AR) กรดแอสติก (Acetic acid; AR) แมกนีเซียม ซัลเฟต แอนไฮไดรรัส (Magnesium sulfate anhydrous; AR) โซเดียมคลอไรด์ (Sodium Chloride; AR) อะซีโตน (Acetone; AR) กรดฟอร์มิก (Formic acid; AR) เมทานอล (Methanol; AR) แอมโมเนียมฟอร์เมต (Ammonium formate; AR)

1.2 สารมาตรฐาน (Standards): กลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต (Organophosphate) ได้แก่ อะซีเฟต (Acephate) อะซีนฟอส เอทิล (Azinphos-ethyl) อะซีนฟอส เมทิล (Azinphos-methyl) คลอร์ไพริฟอส (Chlorpyrifos) ไดเมโทเอต (Dimethoate) ไดคลอวอส (Dichlorvos) อีไทออน (Ethion) เฟนไทออน (Fenthion) ฟีนโตรไทออน (Fenitrothion) เฮปตาคลอร์ (Heptachlor) มาลาไทออน (Malathion) เมตามิโดฟอส (Methamidophos) เมทิดาไทออน (Methidathion) โมโนโครโตฟอส (Monocrotophos) โอเมโทเอต (Omethoate) พาราไทออน-เมทิล (Parathion methyl) โปรเฟโนฟอส (Profenofos) กลุ่มคาร์บาเมต (Carbamate) ได้แก่ 3-ไฮดรอกซีคาร์โบฟูแรน (3-Hydroxy Carbofuran) อัลดิคาร์ (Aldicarb) อัลดิคาร์บ-ซัลโฟน (Aldicarb-sulfone) อัลดิคาร์บ-ซัลฟอกไซด์ (Aldicarb-sulfoxide) ฟีนบูคาร์บ (Fenobucarb) เบนไดโอคาร์บ (Bendiocarb) คาร์โบฟูแรน (Carbofuran) เมทีโอคาร์บ-ซัลฟอกไซด์ (Methiocarb sulfoxide) เมทีโอคาร์บ (Methiocarb) เมทโอคาร์บ (Metolcarb) พิริมิคาร์บ (Pirimicarb) ไอโซโปรคาร์บ (Isoprocarb) กลุ่มไพเรทรอยด์ (Pyrethroid) ได้แก่ ไบเฟนทริน (Bifenthrin) ไซฟลูทริน (Cyfluthrin) ไซเพอร์เมทริน (Cypermethrin) เดลตาเมทริน (Deltamethrin) ฟลูไซทรินา (Flucythrinate) เฟนวาลีเรต (Fenvalerate) แลมบ์ดา ไซฮาโลทริน (L-Cyhalothrin) เพอร์เมทริน (Permethrin) กลุ่มออร์กาโนคลอรีน (Organochlorine) ได้แก่ อัลดริน (Aldrin) แอลฟา บีเอชซี (Alpha BHC) แกรมมา บีเอชซี (gamma BHC) แอลฟา เอนโดซัลแฟน (Alpha Endosulfan) เบตา บีเอชซี (Beta BHC) เบต้า เอนโดซัลแฟน (Beta Endosulfan) ดีลดริน (Dieldrin) คลอร์เดน ซีส (Chlordane cis) เดลตา บีเอชซี (Delta BHC) เอ็นดริน (Endrin)

2. การเตรียมสารมาตรฐาน

เตรียมสารมาตรฐานแต่ละกลุ่มความเข้มข้น 500 ไมโครกรัมต่อลิตร เก็บไว้ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส ทำการเตรียมสารผสมแต่ละชนิด ความเข้มข้น 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยเปิดสารละลายสารมาตรฐานเข้มข้นแต่ละชนิด 100 ไมโครกรัม ในขวดปรับปริมาตรขนาด 10 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยอะซีโตไนไตรล์ เตรียมสารผสมของสารมาตรฐาน ความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 1000 ไมโครลิตร ในขวดปรับปริมาตรขนาด 10 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยอะซีโตไนไตรล์ เพื่อทำ Intermediate solution และ Working solution ช่วง 5 10 25 50 100 200 มิลลิกรัมต่อลิตร

3. การสร้างกราฟมาตรฐาน

การเตรียมสารมาตรฐานผสมของสารกำจัดศัตรูพืชทั้งหมด (Mixed Working standard Pesticide solution) ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ปิเปต Mixed intermediate standard Pesticide solution ความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 1000 ไมโครลิตร ใส่ในขวดปรับปริมาตรขนาด 10 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยอะซีโตไนโตรล์ เก็บในขวดสีชา

4. การตรวจวิเคราะห์ด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโตรเมทรี/แมสสเปกโตรเมทรี (LC-MS/MS)

การตรวจวิเคราะห์ด้วยเทคนิค LC-MS/MS ประกอบด้วย คอลัมน์ (ZORBAX Eclips Plus C18 (2.10x100 มิลลิเมตร) อัตราการไหล 0.50 mL/min อุณหภูมิคอลัมน์ 45 องศาเซลเซียส ปริมาตรฉีด 1 ไมโครลิตร เฟสเคลื่อนที่ A: 5 มิลลิโมลาร์ แอมโมเนียมฟอเมทใน 0.10% กรดฟอริกในน้ำปราศจากไอออน) เฟสเคลื่อนที่ B: 5 มิลลิโมลาร์ แอมโมเนียมฟอเมทใน 0.10% กรดฟอริกในเมทานอล)

5. การตรวจวิเคราะห์ด้วยแก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโตรเมทรี/แมสสเปกโตรเมทรี (GC-MS/MS)

การตรวจวิเคราะห์ด้วยเทคนิค GC-MS/MS ประกอบด้วย คอลัมน์: HP-5MS Ultra Inert (15 m x 250 μ m x 0.25 μ m): อุณหภูมิคอลัมน์ 280 องศาเซลเซียส อัตราการไหล 1 มิลลิลิตร ต่อนาที

6. การเตรียมตัวอย่างและการสกัดและการทำให้บริสุทธิ์

การเตรียมตัวอย่างในการวิเคราะห์ ดัดแปลงจาก QuEChERS method (ทองสุข และคณะ, 2558; Anastassiades et al., 2003) นำส้มทั้งผล 1 กิโลกรัม ทำความสะอาดให้เรียบร้อย หั่นเป็นชิ้นเล็กๆ บดให้ละเอียดเป็นเนื้อเดียวกันมากที่สุด นำส้มที่ปั่นละเอียด 10 กรัม ใส่ในหลอดเซนตริฟิวจ์ ขนาด 50 มิลลิลิตร และเติมสารมาตรฐานภายในหรือ Intermediate internal standard Atrazine-D5 solution ความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 100 ไมโครลิตร เติมน้ำ กรดแอสติกใน อะซีโตไนโตรล์ ปริมาตร 10 มิลลิลิตร นำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าสารให้เข้ากัน จากนั้นเติมน้ำ 6 กรัม แมกนีเซียมซัลเฟต และ 1.50 กรัม โซเดียมคลอไรด์ และนำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าสารให้เข้ากันเป็นเวลา 1 นาที นำไปหมุนเหวี่ยงด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยงด้วยความเร็ว 3500 รอบต่อนาที นาน 5 นาที ปิเปตสารละลายส่วนบน ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอด SPE ขนาด 2 มิลลิลิตร และนำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าสารให้เข้ากัน และนำไปหมุนเหวี่ยงด้วยความเร็ว 12000 รอบต่อนาที นาน 2 นาที กรองสารละลายด้วยกระบอกชนิดยา 13 มิลลิลิตร กรองผ่านไนลอนเมมเบรน ขนาดรูพรุน 0.20 ไมโครลิตร ลงในขวดสีชา นำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊ส

โครมาโทกราฟี-แมสสเปกโตรเมตรี/แมสสเปกโตรเมตรี และลิกวิดโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโตรเมตรี/แมสสเปกโตรเมตรี

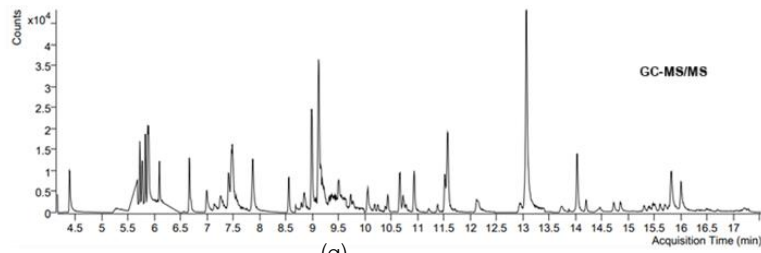
7. การศึกษาประสิทธิภาพการล้าง (ดัดแปลงจาก ราเมศ และพิมใจ, 2559)

การศึกษาประสิทธิภาพการล้าง 4 วิธี ได้แก่ การล้างด้วยการแช่น้ำ การล้างด้วยการแช่ด้วยน้ำเกลือ การล้างด้วยการแช่น้ำส้มสายชู และการล้างด้วยการแช่โซเดียมคาร์บอเนต เปรียบเทียบผลกับตัวอย่างที่ปราศจากการล้าง นำตัวอย่างมาแบ่งเป็นส่วนๆ เท่ากัน ส่วนที่ 1 ปราศจากการล้าง ส่วนที่ 2 ล้างด้วยการแช่น้ำ (การล้างด้วยการแช่น้ำ เตรียมน้ำปริมาตร 5 ลิตร) ส่วนที่ 3 ล้างด้วยน้ำเกลือ (น้ำเกลือ 1/2 ช้อนโต๊ะ (7.50 กรัม) ต่อน้ำ 5 ลิตร) ส่วนที่ 4 ล้างด้วยน้ำส้มสายชู (น้ำส้มสายชู 1/2 ช้อนโต๊ะ (7.50 มิลลิลิตร) ต่อน้ำ 5 ลิตร) และส่วนที่ 5 ล้างด้วยโซเดียมโบคาร์บอเนต (โซเดียมโบคาร์บอเนต 1/2 ช้อนโต๊ะ (7.50 กรัม) ต่อน้ำอุ่น 5 ลิตร) แต่ละวิธีใช้เวลา 10 นาที หลังจากนั้นทำการล้างตัวอย่างผ่านน้ำอีกครั้ง นำตัวอย่างที่ได้จากการล้างแต่ละวิธีไปทำการเตรียมตัวอย่างและการสกัด สำหรับการวิเคราะห์ต่อไป

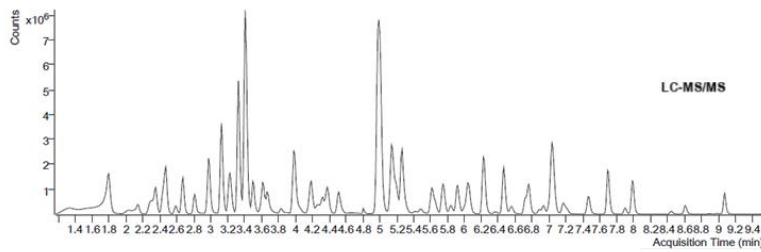
ผลการวิจัย

1. ผลการวิเคราะห์สารมาตรฐานด้วยเทคนิค GC-MS/MS และ LC-MS/MS

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาสารพิษตกค้างตกค้างในส้มสายน้ำผึ้ง การวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC-MS/MS และ LC-MS/MS ด้วยการ Mixed intermediate standard Pesticide solution จะได้โครมาโทแกรมแสดงเวลาของสารมาตรฐานแต่ละชนิด การวิเคราะห์สารพิษตกค้าง 4 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต (Organophosphate) ได้แก่ Acephate Azinphos-ethyl Azinphos-methyl Chlorpyrifos Dimethoate Dichlorvos Ethion Fenthion Fenitrothion Heptachlor Malathion Methamidophos Methidathion Monocrotophos Omethoate Parathion methyl Profenofos กลุ่มคาร์บาเมท (Carbamate) ได้แก่ 3-Hydroxy Carbofuran Aldicarb Aldicarb-sulfone Aldicarb-sulfoxide Fenobucarb Bendiocarb Carbofuran Methiocarb sulfoxide Methiocarb Metolcarb Pirimicarb Isoprocarb กลุ่มไพรีทรอยด์ (Pyrethroid) ได้แก่ Bifenthrin Cyfluthrin Cypermethrin Deltamethrin Flucythrinate Fenvalerate L-Cyhalothrin Permethrin กลุ่มออร์กาโนคลอรีน (Organochlorine) ได้แก่ Aldrin Alpha BHC grama BHC Alpha Endosulfan Beta BHC Beta Endosulfan Dieldrin Chlordane cis Delta BHC Endrin โครมาโทแกรมของสารมาตรฐาน และโครมาโทแกรมของส้มสายน้ำผึ้งได้ผล ดังภาพที่ 1-2

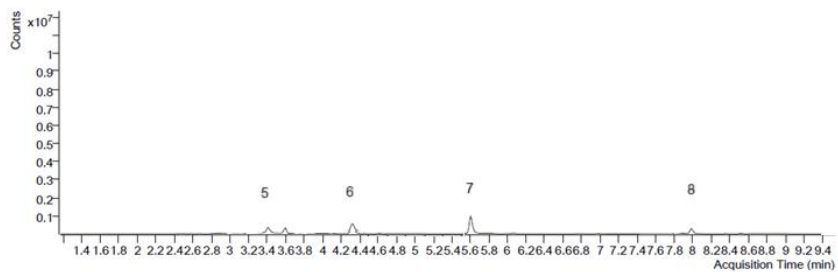
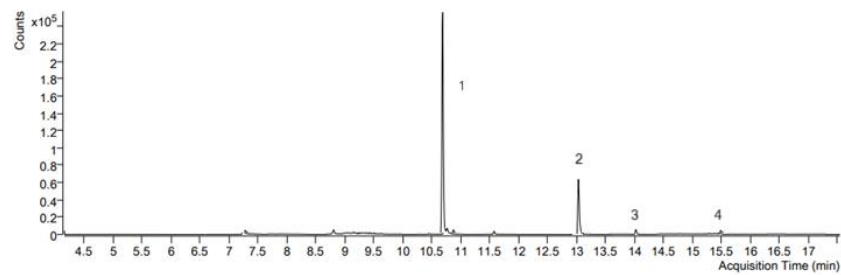


(a)



(b)

ภาพที่ 1 โครมาโทแกรมของสารมาตรฐานแต่ละชนิดของ (a) GC-MS/MS และ (b) LC-MS/MS



หมายเหตุ 1 = Profenofos 2 = Bifenthrin 3 = L-Cyhalothrin 4 = Cyfluthrin 5 = 3-Hydroxy Carbofuran
6 = Carbofuran 7 = Fenobucarb 8 = Ethion

ภาพที่ 2 แสดงโครมาโทแกรมของส้มน้ำฝั่กับโครมาโทแกรมของสารมาตรฐาน

จากโครมาโทแกรมของสารมาตรฐานและโครมาโทแกรมสมุ่สายน้ำผึ้ง ตรวจพบสารพิษตกค้าง ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การตรวจพบสารพิษตกค้างในสมุ่สายน้ำผึ้ง

กลุ่ม	ชนิดสารพิษ	ปริมาณ (ppm)
Organophosphate(OP)	Ethion	0.0168±0.0010
	Profenofos	0.6535±0.0065
Carbamate (CA)	3-Hydroxy Carbofuran	0.0229±0.0009
	Fenobucarb	0.1399±0.0015
	Carbofuran	0.0569±0.0021
Pyrethroid (PY)	Cyfluthrin	0.0239±0.0012
	L-Cyhalothrin	0.0228±0.0010
	Bifenthrin	0.1685±0.0009
Organochlorine	ND	ND

2. ผลการวิเคราะห์สารพิษตกค้างในตัวอย่างสมุ่สายน้ำผึ้ง

ผลการวิเคราะห์สารพิษตกค้างทั้งหมด 4 กลุ่มในสมุ่สายน้ำผึ้ง จากตารางที่ 1 ตรวจพบสารพิษตกค้าง 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่ม Organophosphate ตรวจพบ 2 ชนิด ได้แก่ Ethion และ Profenofos ปริมาณเท่ากับ 0.0168 และ 0.6535 ppm ตามลำดับ กลุ่ม Carbamate ตรวจพบ 3 ชนิด ได้แก่ 3-Hydroxy Carbofuran Fenobucarb และ Carbofuran ปริมาณเท่ากับ 0.0229 0.1399 และ 0.0569 ppm ตามลำดับ ส่วนกลุ่ม Pyrethroid ตรวจพบ 3 ชนิด ได้แก่ Cyfluthrin L-Cyhalothrin และ Bifenthrin ปริมาณเท่ากับ 0.0239 0.0228 และ 0.1685 ppm ตามลำดับ ส่วนกลุ่ม Organochlorine ตรวจไม่พบสารกลุ่มนี้

การศึกษาสารพิษตกค้างในสมุ่สายน้ำผึ้งจากการล้างแต่ละชนิด จากการตรวจพบสารพิษตกค้าง 3 กลุ่ม (Organophosphate Carbamate Pyrethroid) เทียบผลกับปราศจากการล้าง ดังตารางที่ 2

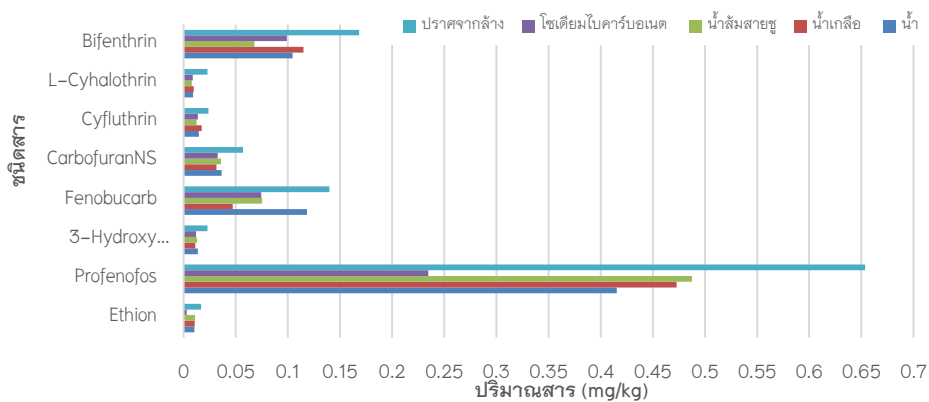
ตารางที่ 2 ปริมาณสารพิษตกค้างจำแนกตามการล้างแต่ละชนิดเทียบกับปราศจากการล้าง

สารพิษตกค้าง		วิธีการล้าง				
กลุ่ม	ชนิด	แช่น้ำ (mg/kg)	น้ำเกลือ (mg/kg)	น้ำส้มสายชู (mg/kg)	โซเดียม ไบคาร์บอเนต (mg/kg)	ปราศจาก การล้าง (mg/kg)
OP	Ethion	0.0103±0.0006 ^b	0.0106±0.0003 ^a	0.0110±0.0020 ^a	0.0029±0.0002 ^a	0.0168±0.0010
	Profenofos	0.4155±0.0026 ^c	0.4727±0.0030 ^b	0.4874±0.0091 ^a	0.2346±0.0008 ^d	0.6535±0.0065
CA	3-Hydroxy Carbofuran	0.0138±0.0004 ^a	0.0113±0.00020 ^c	0.0126±0.0010 ^b	0.0117±0.0005 ^{bc}	0.0229±0.0009
	Fenobucarb	0.1183±0.0007 ^a	0.0472±0.0022 ^c	0.0754±0.0026 ^b	0.0743±0.0020 ^b	0.1399±0.0015
	Carbofuran ^{NS}	0.0364±0.0031	0.0315±0.0020	0.0358±0.0026	0.0327±0.0030	0.0569±0.0021
PY	Cyfluthrin	0.0147±0.0018 ^{ab}	0.0173±0.0026 ^a	0.0125±0.0010 ^b	0.0137±0.0010 ^b	0.0239±0.0012
	L-Cyhalothrin	0.0091±0.0007 ^a	0.0097±0.0011 ^a	0.0077±0.0003 ^b	0.0089±0.0006 ^a	0.0228±0.0010
	Bifenthrin	0.1044±0.0018 ^b	0.1150±0.0011 ^a	0.0680 ±0.0011 ^d	0.0990±0.0002 ^c	0.1685±0.0009

หมายเหตุ – OP= Organophosphate CA= Carbamate PY= Pyrethroid

– a, b, c แตกต่างกันในแนวนอน (แถว) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากข้อมูลตารางที่ 2 นำมาทำกราฟแท่งแสดงปริมาณสารพิษตกค้าง ดังภาพที่ 3

**ภาพที่ 3** กราฟแสดงผลการเปรียบเทียบการล้าง 4 ชนิดเทียบกับปราศจากการล้าง

จากตารางที่ 2 และภาพที่ 3 พบว่า เมื่อนำตัวอย่างผ่านกระบวนการล้าง 4 ชนิด ตรวจพบสารพิษตกค้างแต่ละกลุ่มในปริมาณที่ลดลงเมื่อเทียบผลกับปราศจากการล้างตัวอย่าง การล้างที่ลดสารพิษตกค้างกลุ่ม Organophosphate ออกมามากที่สุด คือ การล้างแช่ด้วยโซเดียมไบคาร์บอเนต การล้างที่ลดสารพิษตกค้างใน Carbamate ออกมามากที่สุด คือ การล้างแช่ด้วยน้ำเกลือ ส่วนการล้างที่ลดสารพิษตกค้างใน Pyrethroid ออกมามากที่สุด คือ การล้างแช่ด้วยน้ำส้มสายชู เมื่อนำผลการล้างแต่ละชนิดมาวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ (ตามแถว) พบว่า มีความแตกต่าง

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการล้างในการลดสารพิษตกค้าง จำแนกตามวิธีการล้างและสารพิษตกค้างที่ตรวจพบ 3 กลุ่ม ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ร้อยละการลดสารพิษตกค้าง จำแนกตามการล้างแต่ละชนิด

กลุ่ม	สารพิษตกค้าง	การล้างด้วยการแช่			
		แช่น้ำ (ร้อยละ)	แช่น้ำเกลือ (ร้อยละ)	แช่น้ำส้มสายชู (ร้อยละ)	แช่โซเดียม ไบคาร์บอเนต (ร้อยละ)
OP	Ethion	38.69	36.90	34.52	82.74
	Profenofos	36.42	27.67	25.42	64.10
CA	3-Hydroxy Carbofuran	39.74	50.79	44.98	48.91
	Fenobucarb	15.44	66.26	46.10	46.89
	Carbofuran	33.70	42.62	34.79	40.44
PY	Cyfluthrin	38.49	27.62	47.70	42.68
	L-Cyhalothrin	59.65	57.46	68.42	60.96
	Bifenthrin	37.98	31.77	59.64	41.25

หมายเหตุ OP= Organophosphate CA= Carbamate PY= Pyrethroid

3. การศึกษาประสิทธิภาพของกระบวนการล้างสารพิษตกค้างในส้มสายน้ำผึ้ง

จากตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดสารพิษตกค้างในส้มสายน้ำผึ้ง พบว่า เมื่อนำตัวอย่างผ่านกระบวนการล้างสี่ชนิด การล้างที่มีประสิทธิภาพในการลดสารพิษตกค้างกลุ่ม Organophosphate มากที่สุด คือ การล้างแช่ด้วยโซเดียมไบคาร์บอเนต สามารถลดสารพิษตกค้าง Ethion และ Profenofos คิดเป็นร้อยละ 82.74 และ 64.10 ตามลำดับ รองลงมา คือ การล้างด้วยการแช่น้ำและการล้างแช่ด้วยน้ำเกลือ คิดเป็นร้อยละ 38.69 และ ร้อยละ 36.42 และ ร้อยละ 27.67 ตามลำดับ การล้างที่มีประสิทธิภาพในการลดสารพิษตกค้างกลุ่ม Carbamate มากที่สุด คือ การล้างแช่ด้วยน้ำเกลือ สามารถลดสารพิษตกค้าง 3-Hydroxy Carbofuran Fenobucarb และ Carbofuran คิดเป็นร้อยละ 50.79 66.26 และ 44.62 ตามลำดับ รองลงมา คือ การล้างแช่ด้วยโซเดียมไบคาร์บอเนตและน้ำส้มสายชู คิดเป็นร้อยละ 48.91 46.89 42.53 และ ร้อยละ 44.98 46.10 37.08 ตามลำดับ และการล้างที่มีประสิทธิภาพในการลดสารพิษตกค้างกลุ่ม Pyrethroid มากที่สุด คือ การล้างแช่ด้วยน้ำส้มสายชู สามารถลดสารพิษตกค้าง ชนิด Cyfluthrin L-Cyhalothrin และ Bifenthrin คิดเป็นร้อยละ 47.70 68.42

และ 59.64 ตามลำดับ รองลงมา คือ การล้างด้วยไซเดียมโบคาร์บอเนต คิดเป็นร้อยละ 42.68 60.96 41.25 ตามลำดับ

อภิปรายผล

การศึกษาสารพิษตกค้างในส้มสายน้ำผึ้ง ตรวจพบปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างทั้งหมด 4 กลุ่ม ผลการศึกษาตรวจพบสารพิษตกค้าง 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่ม Organophosphate ตรวจพบจำนวน 2 ชนิด ได้แก่ Ethion และ Profenofos กลุ่ม Carbamate ตรวจพบ จำนวน 3 ชนิด ได้แก่ 3-Hydroxy Carbofuran Fenobucarb และ Carbofuran กลุ่ม Pyrethroid ตรวจพบ จำนวน 3 ชนิด ได้แก่ Bifenthrin Cyfluthrin และ L-Cyhalothrin สอดคล้องกับรายงานการทดสอบสารพิษตกค้างในส้มของสภาองค์กรของผู้บริโภค (2565) ร่วมกับเครือข่ายเตือนภัยสารเคมีกำจัดศัตรูพืช (Thai-PAN) ทำการสุ่มตรวจตัวอย่างส้มที่ปลูกในประเทศ 41 ตัวอย่าง พบสารพิษตกค้างเป็นสารกำจัดแมลง สารกำจัดโรคพืชและสารกำจัดไร สารกำจัดแมลงที่พบตกค้างมากที่สุด 3 อันดับแรก คือ Imidacloprid Ethion และ Profenofos ตามลำดับ

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการล้างแต่ละวิธี วิธีการล้างที่สามารถลดสารพิษตกค้างได้มากที่สุด คือ การล้างด้วยไซเดียมโบคาร์บอเนต สามารถลดสารพิษตกค้างกลุ่ม Organophosphate ร้อยละ 64.10–82.74 ซึ่งได้ผลสอดคล้องกับงานวิจัยการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการล้างเพื่อขจัดสารเคมีกำจัดแมลงตกค้าง (ราเมศ และพิมพ์ใจ, 2559; วิจิตรา และคณะ, 2563) พบว่าวิธีการล้างด้วยไซเดียมโบคาร์บอเนต มีประสิทธิภาพในการขจัดสารเคมีกำจัดแมลงตกค้างในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตมากที่สุด ซึ่งสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต มีสมบัติละลายในน้ำได้ไม่ดี ดังนั้นในสิ่งแวดล้อมสารออร์กาโนฟอสเฟตจะสลายตัวด้วยขบวนการไฮโดรไลซิสกลายเป็นสารที่ละลายน้ำได้และไม่เป็นพิษ โดยขบวนการไฮโดรไลซิสนี้จะเกิดได้ดีในสภาพที่เป็นเบส การล้างด้วยไซเดียมโบคาร์บอเนต สามารถช่วยลดปริมาณสารพิษตกค้างในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่มีประสิทธิภาพมากกว่าการล้างด้วยวิธีอื่น การล้างที่สามารถลดปริมาณสารพิษตกค้างกลุ่ม Carbamate ได้มากที่สุด คือ การล้างด้วยน้ำเกลือ ร้อยละ 42.62–50.79 รองลงมา คือ การล้างด้วยไซเดียมโบคาร์บอเนต ร้อยละ 40.44–48.91 สอดคล้องกับงานวิจัยของ Phongchai, Anek & Sasithorn (2008) ที่รายงานว่า วิธีการล้างด้วยน้ำเกลือเป็นวิธีที่สามารถลดการตกค้างของ Methomyl และ Carbaryl ซึ่งเป็นสารกลุ่ม Carbamate ได้มากที่สุด การล้างที่สามารถลดปริมาณสารพิษตกค้างกลุ่ม Pyrethroid ได้มากที่สุด คือ การล้างด้วยน้ำส้มสายชู ร้อยละ 47.70–59.64 สอดคล้องกับงานวิจัยของ Sompon et al. (2015) ที่รายงานว่า วิธีการล้างด้วยน้ำส้มสายชูเป็นวิธีที่สามารถลดการตกค้างของ Cypermethrin ซึ่งเป็นสารกลุ่ม Pyrethroid ได้มากที่สุด

จากผลการวิจัยข้างต้นเห็นได้ชัดว่า ไม่มีวิธีการล้างที่ดีที่สุดที่สามารถลดปริมาณสารพิษตกค้างได้ทุกกลุ่ม เนื่องจากความสามารถในการลดปริมาณสารพิษตกค้างนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของตัวอย่าง แหล่งที่ปลูก ระยะเวลาการเก็บเกี่ยว คุณสมบัติทางเคมีของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช วิธีการล้างและปริมาณที่ตกค้างมากร้อยละแตกต่างกัน จะส่งผลต่อปริมาณที่ตรวจพบแตกต่างกันด้วย อย่างไรก็ตามสัมเป็นผลไม้ที่รับประทานเฉพาะเนื้อ แต่ผลการตรวจวิเคราะห์เป็นการตรวจทั้งเปลือก เพื่อลดความกังวลและสร้างความมั่นใจในการบริโภคควรล้างก่อนการปอกเปลือกรับประทาน

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาปริมาณสารพิษตกค้างด้วยวิธี QuECERS เป็นวิธีวิเคราะห์สารพิษตกค้างแบบ Multi-Residues Method จำนวน 4 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต (Organophosphate) กลุ่มคาร์บาเมท (Carbamate) กลุ่มไพเรทรอยด์ (Pyrethroid) และกลุ่มออร์กาโนคลอรีน (Organochlorine) จากผลการวิจัยพบปริมาณสารพิษตกค้าง จำนวน 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่ม Organophosphate ตรวจพบ 2 ชนิด ได้แก่ Ethion และ Profenofos เท่ากับ 0.0168 และ 0.6535 ppm ตามลำดับ กลุ่ม Carbamate ตรวจพบ 3 ชนิด ได้แก่ 3-Hydroxy Carbofuran Fenobucarb และ Carbofuran เท่ากับ 0.0229 0.1399 และ 0.0569 ppm ตามลำดับ และกลุ่ม Pyrethroid ตรวจพบ 3 ชนิด ได้แก่ Cyfluthrin L-Cyhalothrin และ Bifenthrin ปริมาณเท่ากับ 0.0239 0.0228 และ 0.1685 ppm ตามลำดับ ส่วนกลุ่ม Organochlorine ตรวจไม่พบสารกลุ่มนี้ การศึกษาประสิทธิภาพการล้างแต่ละวิธี พบว่าการล้างทุกวิธีเมื่อเปรียบเทียบกับที่ไม่ได้ล้าง สามารถลดปริมาณสารพิษตกค้างได้ พบว่า วิธีการล้างที่สามารถลดสารพิษตกค้างกลุ่ม Organophosphate ได้มากที่สุด คือ การล้างด้วยโซเดียมไฮคาร์บอเนต วิธีการล้างที่สามารถลดปริมาณสารพิษตกค้างกลุ่ม Carbamate ได้มากที่สุด คือ การล้างด้วยน้ำเกลือ และการล้างที่สามารถลดปริมาณสารพิษตกค้างกลุ่ม Pyrethroid ได้มากที่สุด คือ การล้างด้วยน้ำส้มสายชู เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการล้างทั้ง 4 วิธี พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ทั้งชนิดของสารและการล้างทั้ง 4 วิธี จากการวิจัยสามารถนำผลการวิเคราะห์แต่ละวิธี เพื่อวิเคราะห์กับตัวอย่างชนิดอื่นๆ ที่มีความเฉพาะเจาะจงกับสารพิษตกค้างแต่ละกลุ่ม เพื่อง่ายและรวดเร็ว อีกทั้งยังเป็นแนวทางเลือกวิธีแนวการล้างสารพิษตกค้างก่อนการบริโภคเพื่อลดความเสี่ยงร้ายแรงของสารพิษตกค้างต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้สำเร็จลงด้วยดี ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และโปรแกรมวิชาเคมี ในความอนุเคราะห์สถานที่และเครื่องมือ อุปกรณ์ต่างๆ ซึ่งขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ผู้ศึกษาขอขอบพระคุณบุคลากรคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่กรุณาให้แนวคิด และข้อเสนอแนะต่างๆ ทำให้งานวิจัยฉบับนี้มีสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น และขอขอบคุณผู้ให้ความช่วยเหลือ อีกหลายท่าน ซึ่งไม่สามารถกล่าวนามในที่นี้ได้หมด

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงสาธารณสุข. (2547). **พิษจากสารกำจัดศัตรูพืช**. สืบค้นวันที่ 28 สิงหาคม 2566, จาก <https://apps-doe.moph.go.th/boeeng/annual/Annual/Annual47/part1/52-Pesticide%20poisoning.pdf>
- เครือข่ายเตือนภัยสารเคมีกำจัดศัตรูพืช. (2559). **ผลการตรวจสอบสารพิษตกค้างรอบที่ 2 ประจำปี 2559**. สืบค้นเมื่อ 18 กรกฎาคม 2565, จาก https://thaipan.org/wp-content/uploads/2020/12/thaipan_press_4-12-2563-last.pdf
- ทองสุข ปายะนันท์, จิตผกา สันต์ตรบ, วิชาดา จงมีวาสนา, รัตติยากร ศรีโคตร, และวิรุฒิ วิทชนันท์. (2558). การศึกษาสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชตกค้างในผลส้ม. **ว. กรมวิทย์ พ**, 57(4), 391–400.
- ราเมศ กรณีย์, และพิมพ์ใจ ปรางสุรางค์. (2559). การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการล้างเพื่อขจัดสารเคมีกำจัดแมลงตกค้างในผักสด. **วารสารอาหารและยา**, 23(1), 34–42.
- วิจิตรา เหลียวตระกูล, วชิรญา เหลียวตระกูล, ปรียานุช เพียนเลี้ยงชีพ, และรวีวรรณ เต็มชนมณี. (2563). การการตรวจสอบสารเคมีตกค้างกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมตในผักสดในจังหวัดพระนครศรีอยุธยาและประสิทธิภาพในการล้างผักต่อสารเคมีตกค้างในผักคะน้า. **วารสารเกษตรพระจอมเกล้า**, 38(1), 131–138.
- สภาองค์กรของผู้บริโภค. (2565). **‘ส้มไทย’ มีสารพิษตกค้างเกินค่ามาตรฐานทุกตัวอย่าง**. สืบค้นวันที่ 30 สิงหาคม 2565, จาก <https://www.tcc.or.th/orange-test/> (2565)
- อำไพวรรณ ภราตธนวัฒน์. (2542). **โรคและแมลงศัตรูสำคัญของส้มและการใช้วิธีการป้องกันกำจัดศัตรูส้มแบบผสมผสานนาสาระ**. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- Anastassiades, M., Lehotay, S., Stajnbaher, D., & Schenck, F. (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**, 86, 421–431.
- Phongchai, K., Anek, H., & Sasithorn, M. (2008). The Effectiveness of Household Chemicals in Residue Removal of Methomyl and Carbaryl Pesticides on Chinese-Kale. **Kasetsart J**, 42(5), 136–143.
- Sompon, W., Onnicha, K., Kamornrat, P., & Virapong, P. (2015). Food safety in Thailand 2: Pesticide residues found in Chinese kale (Brassica oleracea), a commonly consumed vegetable in Asian countries. **Science of the Total Environment**, 532, 447–455.