

NanoRang: นวัตกรรมเม็ดฟู่จากนาโนอิมัลชันสารสกัดรางจืดด้วยเทคนิคอัลตราโซนิกเพื่อเพิ่ม
ประสิทธิภาพการกำจัดสารตกค้างบนผักสด

NanoRang: Effervescent Tablets Formulated from Ultrasonically Prepared
Nanoemulsion of Thunbergia laurifolia Leaf Extract for Enhanced Removal of
Pesticide Residues from Fresh Vegetables

ศุภิสรา สิริวิริยะพันธุ์ หทัยภัทร จันทรวงศ์ นวนันท์ ญาติประชุม

นางณัฐภัตสร เหล่าเนตร์¹

¹โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาราชวิทยาลัย พิษณุโลก อำเภอเมืองพิษณุโลก จังหวัดพิษณุโลก 65000

อีเมลล์: suphisara.lee@pccpl.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้พัฒนาเม็ดฟู่ล้างผักจากนาโนอิมัลชันสารสกัดใบรางจืด โดยเริ่มจากสกัดใบรางจืดด้วยน้ำร้อน ได้สารฟีนอลิกรวม (TPC) 61.90 mg GAE/g dry weight แล้วนำมาเตรียมนาโนอิมัลชัน (O/W) ด้วยเครื่องอัลตราโซนิก โดยใช้สูตรที่เหมาะสมคือ สารสกัด 1 mL น้ำมันมะพร้าว 1 mL Tween 80 5 mL และน้ำกลั่น 43 mL ยืนยันอนุภาคนาโนด้วยปรากฏการณ์ทินดอลล์ ก่อนนำไปอบแห้งด้วยมอลโทเดกสตริน แล้วผสมกับกรดซิตริกและโซเดียมไบคาร์บอเนตเพื่อขึ้นรูปเม็ดฟู่ โดยตำรับที่พัฒนาขึ้น (F0-F4) ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ละลายหมดใน 0.41-4.12 นาที และมี pH 6.29-6.59 ที่ปลอดภัยต่อผิวหนัง ผลการทดสอบล้างสารไตรอะโซฟอสเฟตบนผักคะน้า พบว่าสูตรนาโนรางจืดที่ดีที่สุด (T4) มีประสิทธิภาพกำจัดสารพิษสูงสุดถึง 97% ซึ่งสูงกว่าผลิตภัณฑ์เชิงพาณิชย์ (65%) เม็ดฟู่เปล่า (81%) น้ำเปล่า (73%) และสารสกัดล้วน (30%) อย่างเห็นได้ชัด เมื่อวิเคราะห์ด้วยแบบจำลอง Bliss Independence ยืนยันว่าประสิทธิภาพจริง (97%) สูงกว่าค่าคาดหวัง (76.2%) แสดงถึง ผลเสริมฤทธิ์ (Synergistic Effect) เนื่องจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากเม็ดฟู่ช่วยกระจายตัวนาโนอิมัลชันให้เข้าสัมผัสและทำลายสารเคมีตกค้างบนผิวผักได้อย่างทั่วถึง

คำสำคัญ: นาโนอิมัลชัน (Nano-emulsion), เม็ดฟู่ (Effervescent tablets), สารสกัดรางจืด (Thunbergia laurifolia extract), อัลตราโซนิก (Ultrasonication), ปรากฏการณ์ทินดอลล์ (Tyndall effect)

1. บทนำ

ในปัจจุบันการใช้สารเคมีในการเพาะปลูกผักและผลไม้เป็นเรื่องปกติ แต่การบริโภคสารเคมีตกค้างในปริมาณมากอาจส่งผลเสียต่อสุขภาพทำให้เกิดโรคและการสะสมสารพิษในร่างกายจากการศึกษาของอัญชลี จุฑะพุทธิ (2553) พบว่าสารสกัดจากรางจืดสามารถยับยั้งฤทธิ์ของสารเคมีและยาฆ่าแมลงได้ อีกทั้งการศึกษาด้านความปลอดภัยยังพบว่ารางจืดมีค่าความปลอดภัยสูงหากใช้ในปริมาณที่เหมาะสม ขณะเดียวกันผลิตภัณฑ์ล้างผักที่มีจำหน่ายในท้องตลาดบางชนิดอาจมีสารเคมีสังเคราะห์

ตกค้าง ซึ่งอาจก่อให้เกิดการระคายเคืองและส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม จึงนำไปสู่แนวคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เม็ดฟู่ล้างผักจากสมุนไพรไทยที่อาศัยหลักการทางเคมีของปฏิกิริยาระหว่างกรดและเบส เช่น กรดซิตริกและโซเดียมไบคาร์บอเนต ซึ่งเมื่อทำปฏิกิริยากับน้ำจะปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา ช่วยให้เม็ดฟู่แตกตัวและกระจายสารละลายได้อย่างรวดเร็วและทั่วถึง โดยกระบวนการผลิตเม็ดฟู่จำเป็นต้องควบคุมอุณหภูมิและความชื้นอย่างเหมาะสมตามงานวิจัยของ พรศักดิ์ ศรีอมรศักดิ์ (2547) เพื่อคงคุณภาพและประสิทธิภาพ

สูงสุด ทางคณะผู้จัดทำได้พัฒนานวัตกรรมเม็ดฟู่จากนาโนอิมัลชันสารสกัดรางจืดด้วยเทคนิคอัลตราโซนิก เพื่อประยุกต์ใช้เทคโนโลยีในการลดขนาดอนุภาคของสารสกัดให้อยู่ในรูปอิมัลชันขนาดนาโนเมตร ส่งผลให้สารสกัดสามารถกระจายตัวในน้ำได้อย่างสม่ำเสมอเป็นเนื้อเดียวกันโดยไม่เกิดการตกตะกอน ทำให้น้ำที่ได้ใสสะอาดและยังช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสในการปลดปล่อยประสิทธิภาพ การพัฒนาในครั้งนี้จึงถือเป็นนวัตกรรมสร้างสรรค์ที่ผสมภูมิปัญญาพื้นเมืองเข้ากับเทคโนโลยีสมัยใหม่ โดยไม่เพียงแต่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการกำจัดสารตกค้างบนผักสดได้อย่างปลอดภัยสูงสุด แต่ยังเป็นการช่วยเพิ่มมูลค่าให้แก่สมุนไพรไทย พร้อมทั้งส่งเสริมการใช้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเพื่อการอยู่อาศัยร่วมกับธรรมชาติอย่างยั่งยืน

2. วิธีการดำเนินงาน

2.1 การเตรียมสารสกัดรางจืดและวิเคราะห์สารสำคัญ

2.1.1 การสกัดรางจืดด้วยน้ำร้อน

ซึ่งผงใบรางจืดแห้ง 50 กรัม ใส่ขวดรูปชมพู่ เติมน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร ให้ความร้อนด้วย water bath ที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง คนเป็นระยะ แล้วกรองด้วยผ้าขาวบาง 1 รอบ กรองซ้ำด้วยกระดาษกรอง Whatman No.1 เก็บส่วนน้ำใสที่ได้แล้วนำไประเหยตัวทำละลายออกด้วย rotary evaporator ที่ 50°C จะได้สารสกัดน้ำเข้มข้น เก็บในตู้เย็น 4°C

2.1.2 การเตรียมนาโนอิมัลชันสารสกัดใบรางจืด

ผสมสารสกัดรางจืดปริมาตร 1, 2 และ 3 mL กับน้ำมันมะพร้าว 1 mL และสารลดแรงตึงผิว Tween 80 ในปริมาตร 5 mL เพื่อคัดเลือกสูตรที่มีความเสถียร ก่อนลดขนาดหยดอิมัลชันด้วยเครื่อง Probe Ultrasonicator ที่กำลังขับ (Power) 80%

2.1.3 การตรวจสอบคุณลักษณะทางกายภาพของนาโนอิมัลชันสารสกัดใบรางจืด

นำนาโนอิมัลชันสารสกัดรางจืดปริมาตร 1, 2 และ 3 mL มาส่องด้วยลำแสงเลเซอร์สีเขียว

2.1.4 การวิเคราะห์ Total Phenolic Content (TPC) ด้วย Folin-Ciocalteu Method

วิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกด้วยวิธี Folin-Ciocalteu Method พล็อตกราฟหาสมการเส้นตรง $y = mx$ แล้วนำค่า Absorbance ของสารสกัดไปแทนในสมการ และบันทึกผล

2.2 การพัฒนาเม็ดฟู่จากสารสกัดรางจืด

2.2.1 การขึ้นรูปเม็ดฟู่

ซึ่งกรดซิตริกและ NaHCO_3 ตามอัตราส่วนที่กำหนดในแต่ละสูตร F0, F1, F2, F3, F4 มาบดให้ละเอียด และผสมสารสกัดรางจืดเข้มข้น 0, 0.5, 1, 1.5, 2 ตามลำดับ ลงในผงแห้ง คนให้เข้ากัน นำมาอัดขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์เม็ดฟู่ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 25 มิลลิเมตร อบแห้งที่ 40–50°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หรือจนน้ำหนักคงที่ เก็บในถุงซิปล็อกพร้อมซิลิกาเจลดูดความชื้น

2.2.2 การทดสอบสมบัติทางกายภาพ

ทำการทดสอบความแข็ง ทดสอบระยะเวลาการละลาย ทดสอบอัตราการเกิดฟอง ทดสอบค่า pH ของสารละลาย และวัดค่าความชื้น

2.3 Control Experiment และ Spike Test

2.3.1 การเตรียม Spike

ล้างผักคะน้าด้วยน้ำให้สะอาด แล้วผึ่งให้แห้ง ตัดผักเป็นชิ้น น้ำหนักชิ้นละประมาณ 50 กรัม เตรียมสารละลาย chlorpyrifos ความเข้มข้น 1 mg/L ในน้ำกลั่น จุ่มชิ้นผักลงในสารละลาย chlorpyrifos เป็นเวลา 30 นาที นำผักชิ้นมาวางผึ่งบนตะแกรงที่อุณหภูมิห้อง 1 ชั่วโมง แล้วนำมาทดสอบ 5 กลุ่มการทดลอง โดยมี ดังนี้ T1 T2 T3 T4 T5

2.3.2 การวัดผล

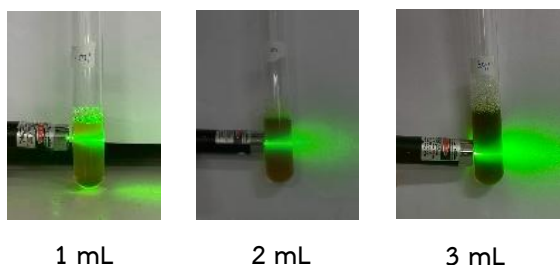
ก่อนล้างทำการสุ่มผักที่ spike แล้ว 3 ชิ้น ทดสอบด้วย OC KIT + วัดค่า RGB เป็นค่า Baseline และหลังล้างทำการทดสอบผักทุกชิ้นด้วย OC KIT + วัดค่า RGB ด้วยแอปเดิมเก็บน้ำล้างทุกกลุ่มไว้ในขวดปิดฝา ติดฉลาก สำหรับใช้ในการทดลองถัดไป นำมาคำนวณ % Removal = [(ค่าสารเคมีก่อนล้าง - ค่าสารเคมีหลังล้าง) ÷ ค่าสารเคมีก่อนล้าง] × 100

2.4 ความสัมพันธ์ระหว่าง TPC กับประสิทธิภาพ

วัด TPC ของเม็ดฟู่แต่ละสูตร (F1-F4) โดยละลายเม็ดฟู่ในน้ำกลั่น แล้ววิเคราะห์ด้วย Folin-Ciocalteu ทดสอบประสิทธิภาพการกำจัดสารเคมีของเม็ดฟู่แต่ละสูตรด้วย spike test

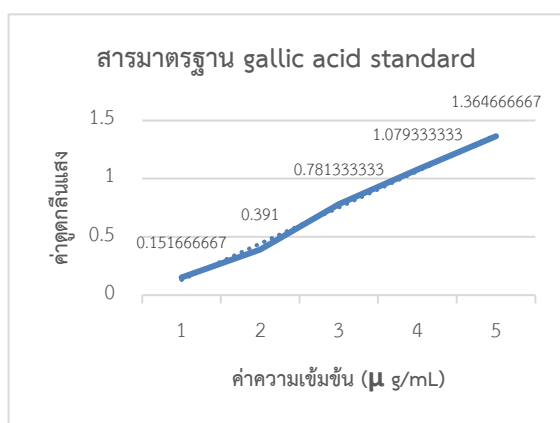
3. ผลและอภิปรายผล

3.1 ผลการตรวจตรวจสอบคุณลักษณะทางกายภาพของนาโนอิมัลชันสารสกัดใบรางจืด



สารสกัด 1 ml เมื่อส่องลำแสงเลเซอร์สีเขียวจะเห็นเป็นเส้นตรงค่อนข้างชัดเจนและบาง สารสกัด 2 ml เมื่อส่องลำแสงเลเซอร์เริ่มมีความฟุ้งและหนาขึ้นเล็กน้อย เมื่อเทียบกับสารสกัด 1 ml สารสกัด 3 ml ลำแสงเลเซอร์เกิดการฟุ้งกระจาย (Scattering) ออกด้านข้างอย่างเห็นได้ชัดเมื่อปริมาณสารสกัดใบรางจืดในระบบเพิ่มขึ้น จะส่งผลให้ความหนาแน่นของอนุภาคนาโนที่แขวนลอยอยู่ในระบบเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย ส่งผลโดยตรงต่อลักษณะการกระเจิงของแสงเลเซอร์

3.2 ผลการวิเคราะห์ Total Phenolic Content (TPC) ด้วย Folin-Ciocalteu Method



จากกราฟจะได้สมการ $y = 0.3114x - 0.1807$

$$R^2 = 0.9957$$

ค่าดูดกลืนแสงของสารสกัดรางจืดเฉลี่ยรวมเป็น 1.7423

แทนค่า $1.7423 = 0.3114x - 0.1807$

$$x = \frac{1.7423 + 0.1807}{0.3114}$$

$$x = 6.1753$$

ดังนั้นจะได้ $x = 61.753 \text{ mg GAE/g dry weight}$

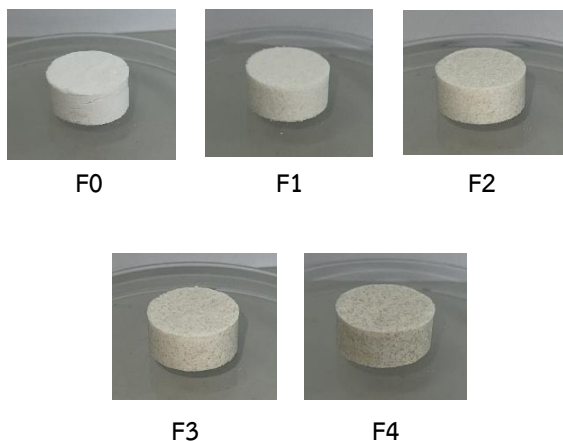
จากการเตรียมสารสกัดจากใบรางจืดแห้งและนำมาวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม พบว่าปริมาณสารสำคัญที่พบ สารสกัดใบรางจืดมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมเฉลี่ยเท่ากับ $61.8987 \text{ mg GAE/g dry weight}$

3.3 ผลการพัฒนาสู่สูตรเม็ดฟู่จากสารสกัดรางจืด

จากการพัฒนาสู่สูตรเม็ดฟู่แล้วพบว่า ความเข้มข้นสูตร F1 และทุกสูตรที่ใส่สารสกัด (F1-F4) มีความเข้มข้นเกินขั้นต่ำทางทฤษฎี เวลาในการละลายสูตร F0 ละลายเร็วที่สุดและสูตร F4 ใช้เวลาละลายนานที่สุด ทุกสูตร (F0-F4) สามารถละลายหมดได้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานของเม็ดฟู่ที่ต้องละลายหมดภายในเวลาไม่เกิน 5 นาที อัตราการเกิดฟอง สูตรควบคุม (F0) มีอัตราสูงสุดที่ 0.314 mL/s ส่วนสูตรที่ใส่สารสกัด (F1-F4) มีอัตราลดลงและใกล้เคียงกันในช่วง $0.048-0.143 \text{ mL/s}$ ค่า pH ของสารละลาย ทุกสูตรอยู่ในช่วง $6.29-6.59$ ผ่านเกณฑ์ที่เหมาะสมและปลอดภัยต่อผิวหนัง ค่าความข้นแปรผันตรงตามปริมาณสารสกัดที่เพิ่มขึ้น

ตารางที่ 2 การทดสอบสมบัติทางกายภาพ

สูตร	ความเข้มข้น (นิวตัน)	เวลาในการละลาย (นาที)	อัตราการเกิดฟอง (mL/L)	ค่า pH
F0	6.85	0.41	0.314	6.29
F1	205.15	1.45	0.143	6.42
F2	56.85	3.43	0.049	6.39
F3	175.05	3.51	0.052	6.53
F4	92.85	4.12	0.048	6.59



3.4 ผลการวิเคราะห์ Control Experiment และ Spike Test

การเปรียบเทียบ T4 มี % Removal สูงสุด 97% สูงกว่า T5 (65%) T2 (81%) T1 (73%) และ T3 (30%) การเปรียบเทียบ T4 กับ T2 พบ Synergistic Effect จากประสิทธิภาพที่คาดหวังเท่ากับร้อยละ 76.2 ขณะที่ผลการทดลองจริงมีประสิทธิภาพสูงถึงร้อยละ 97 เนื่องจาก CO₂ กระจายนาโนอิมัลชันให้สัมผัสสารพิษบนผิวผักทั่วถึง ขณะที่อนุภาคนาโนมีพื้นที่ผิวสูงทำให้ phenolic compounds เข้าถึงโมเลกุลสารเคมีได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ตารางที่ 3 การวิเคราะห์ Control Experiment และ Spike Test

กลุ่ม	รายละเอียด	% Removal	บทบาท
T1	น้ำเปล่า	73%	Negative Control
T2	เม็ดฟู่เปล่า	81%	Base Effect
T3	สารสกัดล้วน	30%	Extract Only
T4	เม็ดฟู่นาโนรางจืด	97%	ผลิตภัณฑ์ NanoRang
T5	ผลิตภัณฑ์เชิงพาณิชย์	65%	Positive Control

3.5 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่าง TPC กับประสิทธิภาพ

ค่า TPC (หน่วยเป็น mg GAE/tablet) มีแนวโน้ม เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องโดยสูตร F1 จนถึง F4 มีปริมาณ TPC จะเพิ่มขึ้นในปริมาณที่คงที่

ตารางที่ 4 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่าง TPC กับ ประสิทธิภาพ

สูตร	TPC (mg GAE/tablet)
F0	0
F1	30.9495
F2	61.8987
F3	92.8482
F4	123.7976

4. สรุปผล

จากการทดลอง สรุปผลสำคัญได้ดังนี้ การสกัดใบรางจืดแห้งด้วยน้ำร้อนได้ TPC เฉลี่ย 61.90 mg GAE/g dry weight สอดคล้องกับงานวิจัยของ Chan & Lim (2011) การเตรียมนาโนอิมัลชันชนิด O/W พบว่า สูตรที่ดีที่สุดคือสารสกัด 1 mL + น้ำมันมะพร้าว 1 mL + Tween 80 5 mL + น้ำกลั่น 43 mL ยืนยันความเป็นนาโนด้วยปรากฏการณ์ทินดอลล์ (Tyndall effect) จากแสงเลเซอร์ ทั้งสีเขียวและแดง เม็ดฟู่ 5 สูตร (F0-F4) ผ่านเกณฑ์ทุกสูตร ละลายใน 0.41-4.12 นาที pH 6.29-6.59 Spike test พบ T4 มี % Removal สูงสุด 97% สูงกว่า T5 (65%) T2 (81%) T1 (73%) และ T3 (30%) การเปรียบเทียบ T4 กับ T2 พบ Synergistic Effect จากประสิทธิภาพที่คาดหวังเท่ากับร้อยละ 76.2 ขณะที่ผลการทดลองจริงมีประสิทธิภาพสูงถึงร้อยละ 97 เนื่องจาก CO₂ กระจายนาโนอิมัลชันให้สัมผัสสารพิษบนผิวผักทั่วถึง ขณะที่อนุภาคนาโนมีพื้นที่ผิวสูงทำให้ phenolic compounds เข้าถึงโมเลกุลสารเคมีได้อย่างมีประสิทธิภาพ



กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับคำปรึกษาและชี้แนะ
ตลอดจนได้รับการเอื้อเฟื้ออุปกรณ์และสถานที่จากห้อง
ห้องปฏิบัติการ โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬารณราช
วิทยาลัย พิษณุโลก

เอกสารอ้างอิง

พรรคศักดิ์ ศรีอมรศักดิ์.(2547). แนวทางการตั้งตำรับยา

รูปแบบพองฟู. มหาวิทยาลัยศิลปากร

อัญชลี จุฑะพุทธิ. (2553). รังจิต: สมุนไพรล้างพิษ.

กองการแพทย์ทางเลือก

Badawy, M.E.I. et al. (2025). Plant oil nano-

emulsions as bio-insecticides.

Neotropical Entomology.

Chan, E. W. C., Eng, S. Y., Tan, Y. P., & Wong, Z. C.

(2011). Phytochemistry and
pharmacological properties of
Thunbergia laurifolia: A review.
Pharmacognosy Journal

Functional Foods in Health and Disease. (2017).

Phenolic and flavonoid compounds in
aqueous extracts of *Thunbergia*
laurifolia leaves and their effect on
the toxicity of the carbamate
insecticide methomyl to murine
macrophage cells

Tayeh, M. et al. (2017). Protective Effects of
Thunbergia laurifolia on Chlorpyrifos-
Induced Cholinesterase Dysfunction.
Walailak J Sci & Tech