



การพัฒนาผลิตภัณฑ์ยาสีฟันที่มีส่วนผสมของน้ำมันหอมระเหย  
จากดอกกลิ่นทมสีขาวพวง  
DEVELOPMENT OF TOOTHPASTE CONTAINING FRANGIPANI  
(*Plumeria obtusa* L.) FLOWER ESSENTIAL OIL

ภูรี เฉลิมพิชิตกุล

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต  
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง

สำนักวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง

มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

2568

©ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ยาสีฟันที่มีส่วนผสมของน้ำมันหอมระเหย  
จากดอกกลิ่นทมสีขาวพวง  
DEVELOPMENT OF TOOTHPASTE CONTAINING FRANGIPANI  
(*Plumeria obtusa* L.) FLOWER ESSENTIAL OIL

ณัฐริ เฉลิมพิชิตกุล

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา  
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง

สำนักวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง  
มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

2568

©ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง



หน้าอนุมัติการค้นคว้าอิสระ

มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง

การค้นคว้าอิสระเรื่อง การพัฒนาผลิตภัณฑ์ยาสีฟันที่มีส่วนผสมของน้ำมันหอมระเหยจากดอกกลั่นทม  
สีชาวพวง

Development of Toothpaste Containing Frangipani (*Plumeria obtusa* L.)  
Flower Essential Oil

ผู้ประพันธ์ ฐรี เฉลิมพิชิตกุล

คณะกรรมการสอบ

อาจารย์ ดร.ถวนันท์ ศรีพิสุทธิ

ประธานกรรมการ

รองศาสตราจารย์ ดร.นันทวัชร เขตอุดมศิริ

กรรมการ

อาจารย์ ดร.นภัตสร ดิษฐาวุฒิกุล

กรรมการ

อาจารย์ที่ปรึกษา

ชื่อตัว

.....อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

(รองศาสตราจารย์ ดร.นันทวัชร เขตอุดมศิริ)

คณบดี

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.วันดี รังสีวิจิตรประภา)

## กิตติกรรมประกาศ

ในบรรดาส่วนต่าง ๆ ของการค้นคว้าอิสระเล่มนี้ กิตติกรรมประกาศอาจเป็นเพียงหน้าสั้น ๆ หนึ่งหน้า แต่กลับเขียนได้ยากที่สุด เพราะต้องจำกัดถ้อยคำมากมายให้อยู่ภายในหนึ่งหน้ากระดาษ ทั้งที่เมื่อย้อนมองกลับไปจะพบว่าปัจจัยต่าง ๆ ทั้งเรื่องเล็กน้อยที่เคยเผลอมองข้ามไป จนถึงเรื่องสำคัญที่ยังคงจดจำ ต่างมีส่วนผลักดันให้การค้นคว้าอิสระฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ลงได้เป็นอย่างดี

ผู้จัดทำขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.นันทวัชร เขตอุดมศิริ อาจารย์ที่ปรึกษา สำหรับคำแนะนำและการเปิดพื้นที่ทางความคิดตลอดการดำเนินการค้นคว้าอิสระ แม้ผู้จัดทำจะห่างหายไปช่วงหนึ่ง แต่อาจารย์ยังคงติดตามความคืบหน้า และให้ความยืดหยุ่นเมื่อจำเป็นต้องปรับเปลี่ยนแนวทางจนสามารถกลับมาดำเนินการจนสำเร็จลุล่วงได้อีกครั้ง

ขอขอบพระคุณ ดร.ถวนันท์ ศรีพิสุทธิ ประธานกรรมการสอบ และ ดร.นภัตสร ดิษฐาภูมิกุล ที่ให้เกียรติเป็นคณะกรรมการสอบการค้นคว้าอิสระ และกรุณาสละเวลาในการตรวจพิจารณา พร้อมทั้งข้อเสนอแนะและคำแนะนำ เพื่อปรับปรุงการค้นคว้าอิสระให้มีความถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณคณาจารย์สำนักวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวงทุกท่าน ที่ได้ถ่ายทอดองค์ความรู้ทางวิชาการ ซึ่งช่วยต่อยอดและเติมเต็มความรู้จากประสบการณ์การทำงานของผู้จัดทำให้ชัดเจนและเป็นระบบยิ่งขึ้น รวมถึงขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการและบุคลากรทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือและให้การสนับสนุนด้านต่าง ๆ ด้วยความเต็มใจและทุ่มเท

ขอขอบคุณบริษัท นีโอคอสเมต จำกัด ที่ส่งเสริมและสนับสนุนการศึกษาต่อ พร้อมทั้งเอื้อเพื่อเครื่องมือและทรัพยากรที่จำเป็น และความยืดหยุ่นด้านเวลาในการดำเนินการค้นคว้าอิสระในครั้งนี้

และขอโน้มรำลึกถึงผู้ช่วยศาสตราจารย์ ยงยุทธ จรรย์รักษ์ อติตาอาจารย์ประจำภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย นักพฤกษศาสตร์ผู้หว่านเมล็ดพันธุ์แห่งความรู้ลงในใจของผู้จัดทำ ผ่านแนวคิดที่ว่าทุกศาสตร์ล้วนเกี่ยวเนื่องกัน ซึ่งยังคงมีอิทธิพลต่อมุมมองและวิธีการเรียนรู้ของผู้จัดทำมาจนถึงปัจจุบัน

สุดท้ายนี้ ผู้จัดทำขอขอบคุณครอบครัวที่เป็นแรงสนับสนุนสำคัญตลอดเส้นทางการศึกษาเพื่อน ๆ วิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง แผน ข ทุกคน ที่ได้โคจรมาพบกันและร่วมแบ่งปันช่วงเวลา และขอขอบคุณ คุณสหภาพ วงศ์ราษฎร์ ผู้เป็นแรงบันดาลใจให้ก้าวต่อในการศึกษาควบคู่ไปกับการทำงานอย่างไม่มีย่อท้อ รวมถึงขอขอบคุณผู้สร้างซีรีส์ “หอมกลิ่นความรัก” ที่ถ่ายทอดเสน่ห์ของดอกกลิ่นหอมอย่างละเมียดละไม จนกลายมาเป็นแรงบันดาลใจหลักในการกำหนดหัวข้อการค้นคว้าอิสระในครั้งนี้

ณัฐ เฉลิมพิชิตกุล

ชื่อเรื่องการค้นคว้าอิสระ	การพัฒนาผลิตภัณฑ์ยาสีฟันที่มีส่วนผสมของน้ำมันหอมระเหยจากดอกกลิ่นทมสีชาวพวง
ผู้ประพันธ์	ภูรี เฉลิมพิชิตกุล
หลักสูตร	วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง)
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.นันทวัชร เขตอุดมศิริ

### บทคัดย่อ

กลิ่นทมสีชาวพวง (*Plumeria obtusa* L.) เป็นไม้ดอกที่นิยมปลูกอย่างแพร่หลาย เนื่องจากดอกมีสีกลิ่นสวยงามและมีกลิ่นหอมที่เป็นเอกลักษณ์ การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบปริมาณผลผลิต องค์ประกอบทางเคมี ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และฤทธิ์ต้านเชื้อ *Streptococcus mutans* ของน้ำมันหอมระเหยจากดอกกลิ่นทมสีชาวพวงที่แตกต่างกัน และนำมาพัฒนาเป็นตำรับยาสีฟัน ผลการสกัดด้วยวิธีกลั่นด้วยน้ำเป็นเวลา 6 ชั่วโมง พบว่าไม่สามารถสกัดน้ำมันหอมระเหยจากดอกสดได้ ในขณะที่ดอกแห้งที่เก็บจากต้นและร่วงหล่นจากต้นให้ร้อยละผลผลิตใกล้เคียงกัน คือ  $0.082 \pm 0.004$  และ  $0.084 \pm 0.015$  โดยน้ำหนักแห้ง หรือ  $0.011 \pm 0.001$  และ  $0.011 \pm 0.002$  โดยน้ำหนักสด ตามลำดับ โดยมีองค์ประกอบทางเคมีหลักเป็น Geranic Acid, Fokinol, Anethofuran และกรดไขมัน Palmitic Acid และ Myristic Acid แต่ไม่พบ Benzyl Salicylate ซึ่งเป็นองค์ประกอบทางเคมีหลักที่สกัดได้จากดอกกลิ่นทมสด มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH เท่ากับ  $0.268 \pm 0.003$  และ  $0.266 \pm 0.009$  mg TEAC/g EO และมีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อ *S. mutans* ได้ที่ความเข้มข้นไม่เจือจาง โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของขอบเขตการยับยั้งเท่ากับ  $7.10 \pm 0.09$  และ  $7.08 \pm 0.11$  มิลลิเมตร และรายงานค่า MIC และ MBC มากกว่า 750 mg/ml เนื่องจากไม่พบฤทธิ์ต้านเชื้อในช่วงความเข้มข้นระหว่าง 0.36 ถึง 750 mg/ml ที่ทำการทดสอบ ผลการศึกษาทั้งหมดไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) แสดงให้เห็นว่า ดอกที่ร่วงหล่นจากต้นสามารถนำมาใช้ทดแทนดอกที่เก็บจากต้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ เมื่อนำมาพัฒนาตำรับยาสีฟันที่มีส่วนผสมของน้ำมันหอมระเหยที่ 4.70% w/w พบว่า ยาสีฟันมีคุณสมบัติและความคงตัวที่ดี แม้ว่าค่าการเกิดฟองจะลดลงอย่างชัดเจนเมื่อเทียบกับตำรับพื้น แต่ยังคงแสดงประสิทธิภาพในการทำความสะอาดได้ดี

**คำสำคัญ:** กลิ่นทมสีชาวพวง, น้ำมันหอมระเหย, ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ, ฤทธิ์ต้านเชื้อ *Streptococcus mutans*, ยาสีฟัน

**Independent Study Title** Development of Toothpaste Containing Frangipani (*Plumeria obtusa* L.) Flower Essential Oil

**Author** Phurie Chalernpichitkul

**Degree** Master of Science (Cosmetic Science)

**Advisor** Associate Professor Nuntawat Khat-udomkiri, Ph. D.

### ABSTRACT

White frangipani (*Plumeria obtusa* L.) is widely cultivated for its attractive flowers and distinctive fragrance. This study aimed to compare the yield, chemical constituents, antioxidant, and antibacterial activities against *Streptococcus mutans* of essential oils from different flower sources, and to develop a toothpaste formulation. Hydrodistillation for 6 hours yielded no essential oil from fresh flowers, whereas dried flowers collected from tree and those naturally fallen yielded comparable amount of  $0.082 \pm 0.004$  and  $0.084 \pm 0.015$  % by dry weight or  $0.011 \pm 0.001$  and  $0.011 \pm 0.002$  % by fresh weight, respectively. Main constituents were geranic acid, fokinol, anethofuran, palmitic acid, and myristic acid, while benzyl salicylate typical in fresh flowers was not detected. Antioxidant activity by DPPH was  $0.268 \pm 0.003$  and  $0.266 \pm 0.009$  mg TEAC/g EO. Antibacterial activity against *S. mutans* was observed at undiluted concentrations, with inhibition zones of  $7.10 \pm 0.09$  and  $7.08 \pm 0.11$  mm. MIC and MBC were reported greater than 750 mg/ml, as no activity was detected within the tested range of 0.36–750 mg/ml. No statistically significant differences ( $p > 0.05$ ) were found, indicating that fallen flowers can effectively substitute for those collected from the tree. A toothpaste containing 4.70% w/w essential oil showed good properties and stability. Although its foaming ability was markedly reduced compared to the base formulation, the cleaning ability remained effective.

**Keywords:** *Plumeria obtusa* L., Essential Oil, Antioxidant, Anti-*Streptococcus mutans*, Toothpaste

## สารบัญ

บทที่	หน้า
<b>1 บทนำ</b>	<b>1</b>
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหาวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ความสำคัญของการวิจัย	3
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	3
1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ	3
<b>2 การทบทวนวรรณกรรม</b>	<b>4</b>
2.1 ส่วนประกอบของฟัน	4
2.2 โรคฟันผุ	4
2.3 โรคเหงือกอักเสบ	10
2.4 สถานการณ์โรคฟันผุและเหงือกอักเสบในประเทศไทย	11
2.5 น้ำมันหอมระเหยและวิธีการสกัดน้ำมันหอมระเหย	12
2.6 อนุกรมวิธานและลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของลั่นทม	15
2.7 องค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์ทางชีวภาพของน้ำมันหอมระเหยจากดอก ลั่นทม	18
2.8 การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ	23
2.9 การทดสอบฤทธิ์ต้านเชื้อ <i>Streptococcus mutans</i>	23
2.10 ยาสีฟันและองค์ประกอบของยาสีฟัน	25
<b>3 ระเบียบวิธีวิจัย</b>	<b>29</b>
3.1 การตรวจสอบเอกลักษณ์ของต้นลั่นทมสีขาวพวง	29
3.2 การเก็บตัวอย่างและการเตรียมตัวอย่างดอกลั่นทมสีขาวพวง	29
3.3 การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากดอกลั่นทมสีขาวพวง	30
3.4 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหย	31
3.5 การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH	31
3.6 การทดสอบฤทธิ์ต้านเชื้อ <i>Streptococcus mutans</i>	31
3.7 การพัฒนายาสีฟันที่มีส่วนผสมของน้ำมันหอมระเหยจากดอกลั่นทมสีขาวพวง	33

## สารบัญ

บทที่	หน้า
3.8 การประเมินคุณสมบัติและการศึกษาความคงตัวของยาสีฟันที่มีส่วนผสมของน้ำมันหอมระเหยจากดอกกลิ่นทมสีชาวพวง	34
3.9 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ	36
<b>4 ผลของการศึกษาและการอภิปรายผล</b>	<b>37</b>
4.1 ผลการตรวจสอบเอกลักษณ์ของต้นกลิ่นทมสีชาวพวง	37
4.2 ร้อยละของผลผลิตของน้ำมันหอมระเหยที่สกัดจากดอกกลิ่นทมสีชาวพวง	40
4.3 ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหย	44
4.4 ผลการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH	48
4.5 ผลการทดสอบฤทธิ์ต้านเชื้อ <i>Streptococcus mutans</i>	49
4.6 ผลการพัฒนายาสีฟันที่มีส่วนผสมของน้ำมันหอมระเหยจากดอกกลิ่นทมสีชาวพวง การประเมินคุณสมบัติ และการศึกษาความคงตัว	55
<b>5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ</b>	<b>61</b>
5.1 สรุปผลการวิจัย	61
5.2 ข้อเสนอแนะ	65
รายการอ้างอิง	66
ภาคผนวก	74
ประวัติผู้ประพันธ์	75

## สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
2.1 สารออกฤทธิ์ที่ช่วยดูแลรักษาหรือป้องกันโรคฟันผุ	9
2.2 ร้อยละของประชากรที่มีโรคฟันผุและโรคเหงือกอักเสบในกลุ่มอายุต่าง ๆ	12
2.3 องค์ประกอบทางเคมีหลักของน้ำมันหอมระเหยจากดอกกลิ่นทมที่สกัดด้วยวิธีต่าง ๆ	19
2.4 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากดอกกลิ่นทมที่มีการกำหนดเงื่อนไขและปริมาณการใช้ไว้ในมาตรฐาน IFRA	26
3.1 ความเข้มข้นสุทธิของน้ำมันหอมระเหยและยามาตรฐาน Erythromycin	32
3.2 ส่วนประกอบของยาสีฟันฟันและยาสีฟันที่มีส่วนผสมของน้ำมันหอมระเหยจากดอกกลิ่นทมสีขาวพวง	33
4.1 ร้อยละของผลผลิตของน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้จากดอกกลิ่นทมสีขาวพวง	41
4.2 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้จากดอกกลิ่นทมสีขาวพวง	44
4.3 ผลการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ของน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้จากดอกกลิ่นทมสีขาวพวง	48
4.4 ผลการทดสอบฤทธิ์ต้านเชื้อ <i>Streptococcus mutans</i> ด้วยวิธี Agar Disc Diffusion ของน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้จากดอกกลิ่นทมสีขาวพวง	50
4.5 ผลการทดสอบฤทธิ์ต้านเชื้อ <i>Streptococcus mutans</i> ด้วยวิธี Broth Microdilution ของน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้จากดอกกลิ่นทมสีขาวพวง	53
4.6 คุณสมบัติของตำรับยาสีฟันฟัน (F <sub>0</sub> ) และตำรับยาสีฟันที่มีส่วนผสมของน้ำมันหอมระเหยจากดอกกลิ่นทมสีขาวพวง (F <sub>1</sub> ) เริ่มต้นก่อนการศึกษาความคงตัวและสิ้นสุดการศึกษาความคงตัว	57

## สารบัญภาพ

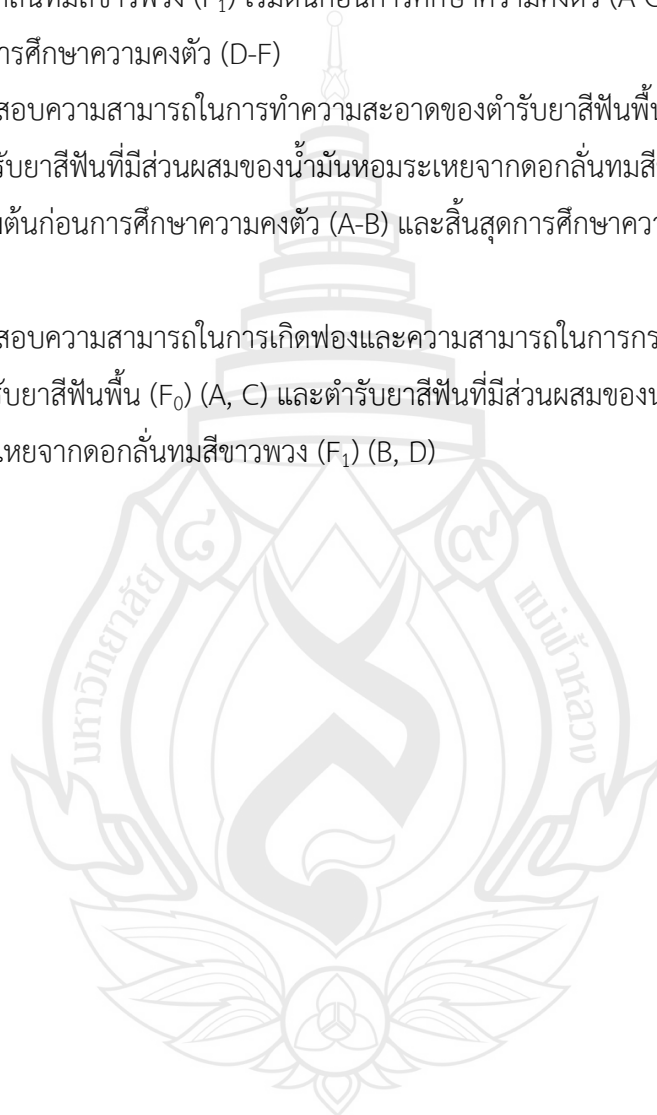
ภาพ	หน้า
2.1 ส่วนประกอบของฟัน	5
2.2 กระบวนการสูญเสียแร่ธาตุ (Demineralization)	6
2.3 กระบวนการคืนกลับของแร่ธาตุ (Remineralization)	6
2.4 ภาพถ่าย <i>Streptococcus mutans</i> จากการย้อมแกรม (ซ้ายบน) จากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscopy: SEM) (ขวาบน) และจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน (Transmission Electron Microscopy: TEM) (ล่าง)	7
2.5 ระยะของโรคฟันผุ	8
2.6 การเกิดโรคเหงือกอักเสบและโรคปริทันต์อักเสบ	10
2.7 แผนภาพแสดงอุปกรณ์สำหรับกลั่นด้วยน้ำ	13
2.8 แผนภาพแสดงอุปกรณ์สำหรับกลั่นด้วยน้ำและไอน้ำ	14
2.9 แผนภาพแสดงอุปกรณ์สำหรับกลั่นด้วยไอน้ำ	15
2.10 ดอกลั่นทมสีขาวพวง	17
2.11 ตัวอย่างองค์ประกอบทางเคมีที่พบในน้ำมันหอมระเหยจากดอกลั่นทมสีขาวพวงหรือชนิด <i>Plumeria obtusa</i> L. ที่ได้จากการกลั่น (Distillation)	18
2.12 ปฏิริยาการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH	23
2.13 การทดสอบฤทธิ์ต้านเชื้อด้วยวิธี Agar Disc Diffusion	24
2.14 สมการเคมีแสดงการเปลี่ยนแปลงไฮดรอกซีอะพาไทต์เป็นฟลูออโรอะพาไทต์	27
4.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของลั่นทมสีขาวพวง ( <i>Plumeria obtusa</i> L.) ต้น (A) เปลือกลำต้น (B) ลักษณะใบ (C-F) การจัดเรียงตัวของใบ (G) หลังใบ (H) และท้องใบ (I)	38
4.2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของลั่นทมสีขาวพวง ( <i>Plumeria obtusa</i> L.) ดอกและช่อดอก (A-B) การเจริญของดอกในระยะต่าง ๆ (C) กลีบเลี้ยง (D) การติดของเกสรเพศผู้บนวงกลีบดอก (E) เกสรเพศผู้และเกสรเพศเมีย (F) และรังไข่ (G)	39

## สารบัญภาพ

ภาพ	หน้า
4.3 ดอกกลิ่นหอมสดที่เก็บจากต้น (A) ดอกกลิ่นหอมสดที่ร่วงหล่นจากต้น (B) การกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากดอกกลิ่นหอมสด (C-D) และน้ำมันหอมระเหยที่ปรากฏเป็นหยดน้ำมันขนาดเล็กลอยอยู่บนผิวหน้าของชั้นไฮโดรซอล (E-F)	42
4.4 ดอกกลิ่นหอมแห้งที่เก็บจากต้น (A) ดอกกลิ่นหอมแห้งที่ร่วงหล่นจากต้น (B) การกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากดอกกลิ่นหอมแห้ง (C-F) ลักษณะของน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้จากดอกกลิ่นหอมแห้งที่เก็บจากต้น (F) ลักษณะของน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้จากดอกกลิ่นหอมแห้งที่ร่วงหล่นจากต้น (G)	43
4.5 โคโรมาโตแกรมของน้ำมันหอมระเหยจากดอกที่เก็บจากต้น (ทำให้แห้ง)	47
4.6 โคโรมาโตแกรมของน้ำมันหอมระเหยจากดอกที่ร่วงหล่นจากต้น (ทำให้แห้ง)	47
4.7 ผลการทดสอบฤทธิ์ต้านเชื้อ <i>Streptococcus mutans</i> ด้วยวิธี Agar Disc Diffusion แสดงบริเวณขอบเขตการยับยั้งเชื้อ (Zone of Inhibition) ของน้ำมันหอมระเหยจากดอกที่เก็บจากต้น (ทำให้แห้ง) (A) และน้ำมันหอมระเหยจากดอกที่ร่วงหล่นจากต้น (ทำให้แห้ง) (B) เปรียบเทียบกับยามาตรฐาน Erythromycin	51
4.8 ผลการทดสอบหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดของสารที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโต (MIC) ของเชื้อ <i>Streptococcus mutans</i> โดยวิธี Broth Microdilution ของน้ำมันหอมระเหยจากดอกที่เก็บจากต้น (ทำให้แห้ง) (EOT) และน้ำมันหอมระเหยจากดอกที่ร่วงหล่นจากต้น (ทำให้แห้ง) (EOF) เปรียบเทียบกับยามาตรฐาน Erythromycin	53
4.9 ผลการทดสอบหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดของสารที่สามารถฆ่าเชื้อ <i>Streptococcus mutans</i> ได้ (MBC) โดยวิธี Drop Plate ของน้ำมันหอมระเหยจากดอกที่เก็บจากต้น (ทำให้แห้ง) (EOT) และน้ำมันหอมระเหยจากดอกที่ร่วงหล่นจากต้น (ทำให้แห้ง) (EOF) เปรียบเทียบกับยามาตรฐาน Erythromycin	54

## สารบัญภาพ

ภาพ	หน้า
4.10 ตำรับยาสี่พันพื้น (F <sub>0</sub> ) และตำรับยาสี่พันที่มีส่วนผสมของน้ำมันหอมระเหยจากดอกกลิ่นทมสีขาวพวง (F <sub>1</sub> ) เริ่มต้นก่อนการศึกษาความคงตัว (A-C) และสิ้นสุดการศึกษาความคงตัว (D-F)	58
4.11 การทดสอบความสามารถในการทำความสะอาดของตำรับยาสี่พันพื้น (F <sub>0</sub> ) และตำรับยาสี่พันที่มีส่วนผสมของน้ำมันหอมระเหยจากดอกกลิ่นทมสีขาวพวง (F <sub>1</sub> ) เริ่มต้นก่อนการศึกษาความคงตัว (A-B) และสิ้นสุดการศึกษาความคงตัว (C-D)	59
4.12 การทดสอบความสามารถในการเกิดฟองและความสามารถในการกระจายตัวของตำรับยาสี่พันพื้น (F <sub>0</sub> ) (A, C) และตำรับยาสี่พันที่มีส่วนผสมของน้ำมันหอมระเหยจากดอกกลิ่นทมสีขาวพวง (F <sub>1</sub> ) (B, D)	59



## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหาวิจัย

ในปี 2016 องค์การสหพันธ์ทันตกรรมโลก (FDI World Dental Federation) ได้ให้คำนิยามของคำว่า “สุขภาพช่องปาก (Oral Health)” ใหม่ โดยไม่กำหนดเพียงแต่การปราศจากโรคเท่านั้น แต่องค์ประกอบพื้นฐานของสุขภาพช่องปากต้องประกอบด้วยทั้งสุขภาพกายและสุขภาพจิต (Glick et al., 2016) แต่จากรายงานของ WHO พบว่า ประชากรโลกกว่า 3.5 พันล้านคนมีปัญหาโรคในช่องปาก โดยโรคที่พบได้บ่อยที่สุด ได้แก่ โรคฟันผุ พบในประชากรกว่า 2.3 พันล้านคนทั่วโลก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศอุตสาหกรรม และโรคปริทันต์หรือเหงือกอักเสบรุนแรงพบประมาณ 267 ล้านคน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในผู้สูงอายุ (Petersen et al., 2005; World Health Organization, 2020) การแปรงฟันให้สะอาดอย่างถูกวิธีถือเป็นวิธีการป้องกันโรคฟันผุและโรคเหงือกอักเสบที่ได้ผลที่สุดและง่ายที่สุด (วิกุล วิสาลเสสธ และนนทินี ตั้งเจริญดี, 2560) ยาสีฟันจึงเป็นส่วนหนึ่งที่จะช่วยดูแลสุขภาพช่องปาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งยาสีฟันที่มีส่วนผสมของสมุนไพรที่มีฤทธิ์ต้านแบคทีเรีย ต้านการอักเสบ ลดการเกิดฟันผุ และช่วยให้ช่องปากรู้สึกสดชื่น โดยในปัจจุบันยาสีฟันสมุนไพรมีความต้องการเพิ่มขึ้นทั่วโลกเนื่องจากมีผลข้างเคียงน้อยกว่า (Akotakar et al., 2018) และยังมีการนำสารต้านอนุมูลอิสระมาใช้เป็นส่วนผสมอีกด้วย เนื่องจากสารต้านอนุมูลอิสระสามารถช่วยลดปัญหาของโรคปริทันต์หรือเหงือกอักเสบ รวมถึงปัญหาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพเหงือกได้ (Singh et al., 2022) นอกจากนี้การใช้ผลิตภัณฑ์ดูแลช่องปากที่มีส่วนผสมของน้ำมันหอมระเหย เช่น น้ำยาบ้วนปากอโรมา (Aroma Mouthwash) สามารถช่วยลดระดับความเครียดและช่วยให้รู้สึกผ่อนคลายได้ เนื่องจากฤทธิ์ทางสุขุคนบำบัด (Aromatherapy) (Ishikawa et al., 2022; Seo et al., 2017)

ลั่นทมหรือลีลาวดี (Frangipani หรือ *Plumeria*) เป็นไม้ดอกที่มีชื่อเป็นสิริมงคล นิยมปลูกเพื่อจัดภูมิทัศน์และจัดสวนในสถานที่ต่าง ๆ เช่น สวนสาธารณะ สปา รีสอร์ท โรงแรม สถานที่ราชการ และเอกชน เนื่องจากเป็นไม้ต้นขนาดกลาง แตกกิ่งก้านสวยงามอ่อนช้อย ดอกมีสีสวยงามและมักกลิ่นหอมอ่อน ๆ เป็นเอกลักษณ์ การขยายตัวของธุรกิจสปาทำให้ลั่นทมมีความต้องการมากขึ้นและมีราคาสูงขึ้น ส่งผลให้มีการปลูกกันอย่างแพร่หลาย โดยสายพันธุ์ที่นิยมมาก คือ ลั่นทมสีขาวพวง (White Frangipani หรือ Singapore Graveyard Flower หรือ *Singapore Plumeria*) (สุภาวดี จ้อยเหรียญ, 2552; สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร, 2555) เนื่องจากกลิ่นหอม

อันเป็นเอกลักษณ์ของดอกกลิ่นทมจึงมีการใช้เป็นส่วนประกอบในน้ำหอมและการทำสุคนธ์บำบัด โดยกลิ่นของดอกกลิ่นทมจะช่วยให้เกิดความรู้สึกสงบและผ่อนคลาย (กฤติยา ไชยนอก, 2551, หน้า 13-19) นอกจากนี้ยังมีการใช้ดอกกลิ่นทมสดที่ร่วงหล่นจากต้นมาปรุงเป็นอาหาร โดยทำเป็นสลัด ดอกไม้หรือนำมาชุบแป้งทอดกรอบ (Kaisoon et al., 2011) รวมถึงนำดอกกลิ่นทมที่ร่วงหล่นจากต้น มาตากแห้งเพื่อใช้ชงเป็นชาดอกไม้ จึงถือว่าดอกกลิ่นทมที่ร่วงหล่นจากต้นเป็นวัตถุดิบที่มีความปลอดภัยและมีความเป็นไปได้ในการนำมาประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์ดูแลช่องปาก และยังเป็นกรนำ ส่วนของพืชที่เหลือใช้มาทำให้เกิดประโยชน์ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดอัพไซเคิล (Upcycle) ที่เป็น กระแสนิยมอีกด้วย

ในปัจจุบันมีการศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพต่าง ๆ ของน้ำมันหอมระเหยจากดอกกลิ่นทมหลาย ชนิด (*Plumeria* spp.) ได้แก่ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (Alade, 2023; Leelapornpisid et al., 2008; Mamattah et al., 2023) ฤทธิ์ต้านการอักเสบ (Alade, 2023) ฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย (Alade, 2023; Choudhary et al., 2014; ElZanaty et al., 2022; Liu et al., 2012; Mamattah et al., 2023; Sulaiman et al., 2008; Zaheer et al., 2010) ฤทธิ์ต้านเชื้อรา (Sangita et al., 2012) และฤทธิ์ต้านไบโอฟิล์ม (antibiofilm) (Mamattah et al., 2023) นอกจากนี้ยังพบว่าสารสกัดจาก ดอกกลิ่นทมชนิด *Plumeria alba* L. สามารถออกฤทธิ์ต้านเชื้อ *Streptococcus mutans* ซึ่งเป็น สาเหตุหลักของโรคฟันผุได้ (Kaur et al., 2022) แต่ยังไม่พบข้อมูลการศึกษาในน้ำมันหอมระเหยจาก ดอกกลิ่นทมสีขาวพวงหรือชนิด *Plumeria obtusa* L. และดอกกลิ่นทมที่ร่วงหล่นจากต้นโดยเฉพาะ จึงมีความสนใจที่จะศึกษาเปรียบเทียบการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากดอกกลิ่นทมสีขาวพวงที่เก็บจาก ต้นและร่วงหล่นจากต้น ระหว่างดอกสดและดอกแห้ง และศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์ต้าน เชื้อ *S. mutans* เพื่อให้ทราบถึงวิธีการเตรียมวัตถุดิบที่เหมาะสม รวมถึงพัฒนาตำรับและทดสอบ ความคงตัวของยาสีฟันที่มีส่วนผสมของน้ำมันหอมระเหยจากดอกกลิ่นทมสีขาวพวง เพื่อสร้างทางเลือก ในการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับดอกกลิ่นทมให้เกิดประโยชน์สูงสุด

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เปรียบเทียบปริมาณผลผลิตและองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากดอก กลิ่นทมสีขาวพวงที่เก็บจากต้น (สด) ดอกที่เก็บจากต้น (ทำให้แห้ง) ดอกที่ร่วงหล่นจากต้น (สด) และ ดอกที่ร่วงหล่นจากต้น (ทำให้แห้ง)

1.2.2 ศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์ต้านเชื้อ *Streptococcus mutans* ของน้ำมัน หอมระเหยจากดอกกลิ่นทมสีขาวพวง

1.2.3 พัฒนาตำรับและทดสอบความคงตัวของยาสีฟันที่มีส่วนผสมของน้ำมันหอมระเหยจากดอกกลิ่นทมสีขาวพวง

### 1.3 ความสำคัญของการวิจัย

งานวิจัยนี้ช่วยให้ทราบถึงคุณลักษณะของน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากวัตถุดิบดอกกลิ่นทมสีขาวพวงในรูปแบบที่แตกต่างกัน โดยเปรียบเทียบปริมาณผลผลิตและองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้ รวมถึงศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์ต้านเชื้อ *Streptococcus mutans* เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางดูแลช่องปาก องค์ความรู้และผลิตภัณฑ์ยาสีฟันต้นแบบที่ได้จากงานวิจัยนี้สามารถนำไปต่อยอดสู่การพัฒนาผลิตภัณฑ์ในเชิงพาณิชย์ที่มีส่วนผสมจากธรรมชาติและมีความปลอดภัย และส่งเสริมแนวคิดการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า เพื่อเป็นทางเลือกในการสร้างมูลค่าให้กับดอกกลิ่นทมสีขาวพวงอย่างเกิดประโยชน์สูงสุด

### 1.4 ขอบเขตของการวิจัย

ศึกษาเปรียบเทียบปริมาณผลผลิตของน้ำมันหอมระเหยจากดอกกลิ่นทมสีขาวพวงหรือชนิด *Plumeria obtusa* L. ที่มีวิธีการเตรียมแตกต่างกัน ได้แก่ ดอกที่เก็บจากต้น (สด) ดอกที่เก็บจากต้น (ทำให้แห้ง) ดอกที่ร่วงหล่นจากต้น (สด) และดอกที่ร่วงหล่นจากต้น (ทำให้แห้ง) นำมาศึกษาองค์ประกอบทางเคมีด้วยเทคนิค Gas Chromatography/Quadrupole Time-of-Flight Mass Spectrometry (GC/Q-TOF) ศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และศึกษาฤทธิ์ต้านเชื้อ *Streptococcus mutans* ด้วยวิธี Agar Disc Diffusion และ Broth Microdilution จากนั้นคัดเลือกน้ำมันหอมระเหยที่มีความเหมาะสมมาพัฒนาเป็นตำรับยาสีฟันที่มีส่วนผสมของน้ำมันหอมระเหยจากดอกกลิ่นทมสีขาวพวง และทดสอบความคงตัวของผลิตภัณฑ์

### 1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

ในบริบทของงานวิจัยนี้ “กลิ่นทมสีขาวพวง” หมายถึง กลิ่นทมชนิด *Plumeria obtusa* L. หรือที่เรียกอีกชื่อหนึ่งว่า “ลีลาวดีขาวพวง” (White frangipani หรือ Singapore Graveyard Flower หรือ Singapore *Plumeria*) เท่านั้น โดยไม่รวมถึงกลิ่นทมสายพันธุ์อื่น ๆ ที่มีดอกสีขาวและมีลักษณะช่อดอกเป็นพวง

## บทที่ 2

### การทบทวนวรรณกรรม

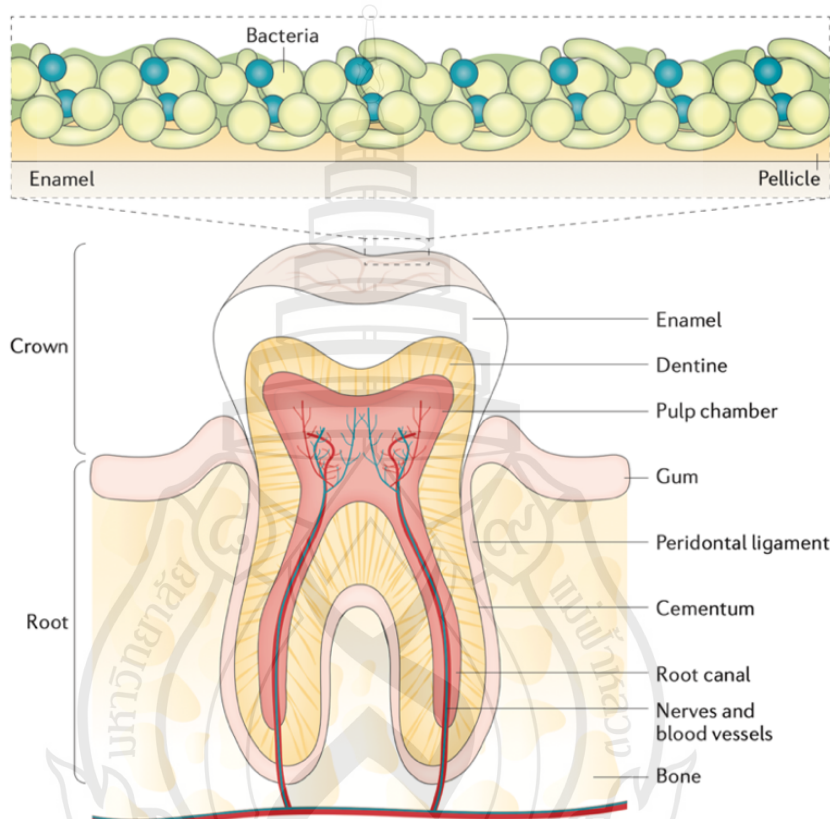
#### 2.1 ส่วนประกอบของฟัน

ส่วนประกอบที่สำคัญของฟัน ได้แก่ ตัวฟัน (Crown) และรากฟัน (Root) โดยบริเวณบริเวณรอบตัวฟัน (Crown) จะมีเคลือบฟัน (Enamel) ซึ่งประกอบด้วยแร่ธาตุที่ให้ความแข็งแรง โดยส่วนใหญ่จะเป็นสารประกอบไฮดรอกซีอะพาไทต์ (Hydroxyapatite:  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ ) ปกคลุมเนื้อฟัน (Dentine) อยู่ และส่วนของบริเวณรากฟัน (Root) จะปกคลุมด้วยเคลือบรากฟัน (Cementum) ซึ่งประกอบด้วยแร่ธาตุและคอลลาเจน โดยรากฟันจะยึดกับกระดูกเบ้าฟันด้วยเอ็นยึดปริทันต์ (Periodontal Ligament) และล้อมรอบด้วยเหงือก (Gums หรือ Gingiva) และบริเวณตรงกลางของฟันจะเป็นช่องว่างซึ่งมีเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (Connective Tissue) เส้นประสาท (Nerve) และหลอดเลือด (Vessel) ที่มาหล่อเลี้ยงฟัน เรียกว่า โพรงประสาทฟัน (Dental Pulp) บริเวณผิวฟันจะปกคลุมด้วยแผ่นคราบน้ำลาย (Salivary Pellicle Layer) ซึ่งประกอบด้วยโปรตีน (Protein) และไกลโคโปรตีน (Glycoprotein) ที่ทำหน้าที่เป็นปราการทางกายภาพ (Physical Barrier) ที่ช่วยปกป้องเคลือบฟันไม่ให้สัมผัสกับกรดโดยตรง นอกจากนี้แผ่นคราบน้ำลายยังสามารถทำให้แบคทีเรียในช่องปากจับอยู่บนผิวฟันได้ โดยจะจับกันเป็นโครงสร้างที่เรียกว่าไบโอฟิล์ม (Biofilm) หรือคราบพลัค (Dental Plaque) (Pitts et al., 2017) ดังภาพที่ 2.1

#### 2.2 โรคฟันผุ

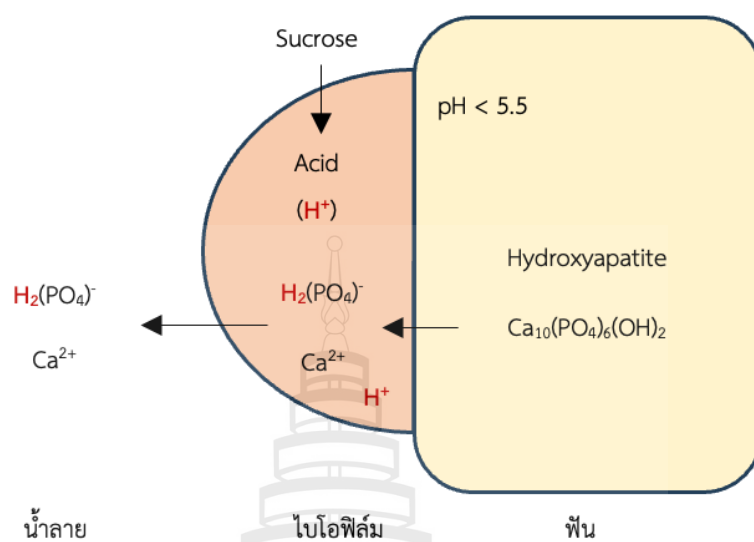
โรคฟันผุเกิดจากอันตรกิริยาระหว่างน้ำตาลจากอาหาร ไบโอฟิล์มหรือคราบพลัค และผิวฟัน เป็นผลมาจากวงจรที่เกิดขึ้นซ้ำๆ ระหว่างกระบวนการสูญเสียแร่ธาตุ (Demineralization) และกระบวนการคืนกลับของแร่ธาตุ (Remineralization) ในบริเวณที่ไบโอฟิล์มและผิวฟันสัมผัสกัน โดยกระบวนการสูญเสียแร่ธาตุเกิดจากกรดที่สร้างโดยแบคทีเรียในคราบพลัค ทำให้ค่า pH ลดต่ำกว่า 5.5 (Robinson et al., 2000) ส่งผลให้เกิดการละลายของผลึกไฮดรอกซีอะพาไทต์ที่เป็นองค์ประกอบของฟัน (ดังภาพที่ 2.2) โดยแบคทีเรียที่พบว่ามีบทบาทสำคัญในการก่อให้เกิดฟันผุคือ *Streptococcus mutans* เนื่องจากเป็นแบคทีเรียที่สามารถสร้างกรดจากการใช้น้ำตาลได้และ

สามารถเจริญเติบโตในสภาวะที่เป็นกรดได้ดี (Friedman, 2011) สำหรับกระบวนการคืนกลับของแร่ธาตุเป็นกระบวนการซ่อมแซมผิวฟันตามธรรมชาติ โดยการเปลี่ยนไอออนของแคลเซียมและฟอสเฟตให้กลายเป็นผลึกไฮดรอกซีอะพาไทต์เมื่อมีค่า pH สูงกว่า 5.5 (ดังภาพที่ 2.3) หากเกิดการเสียดุลโดยเกิดกระบวนการสูญเสียแร่ธาตุมากกว่ากระบวนการคืนกลับของแร่ธาตุมากจนกระทั่งสูญเสียโครงสร้างของฟันก็จะทำให้เกิดโรคฟันผุได้มากที่สุด (Anil et al., 2022)

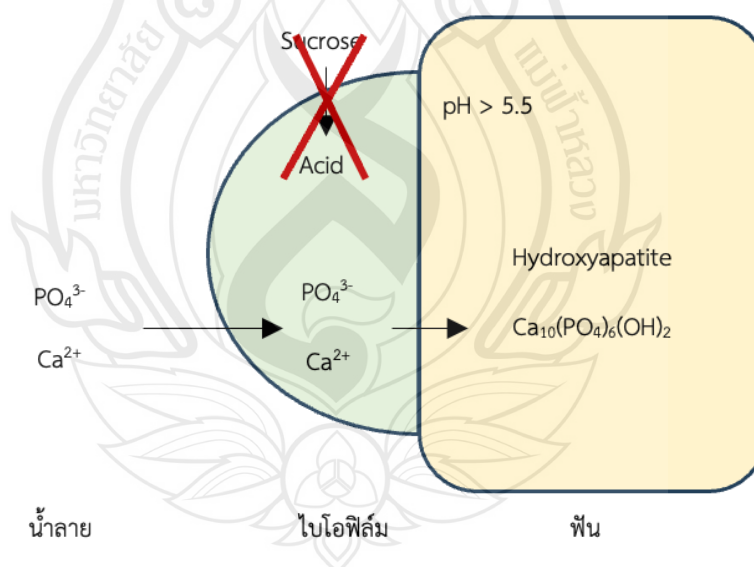


ที่มา Pitts et al. (2017, p. 3)

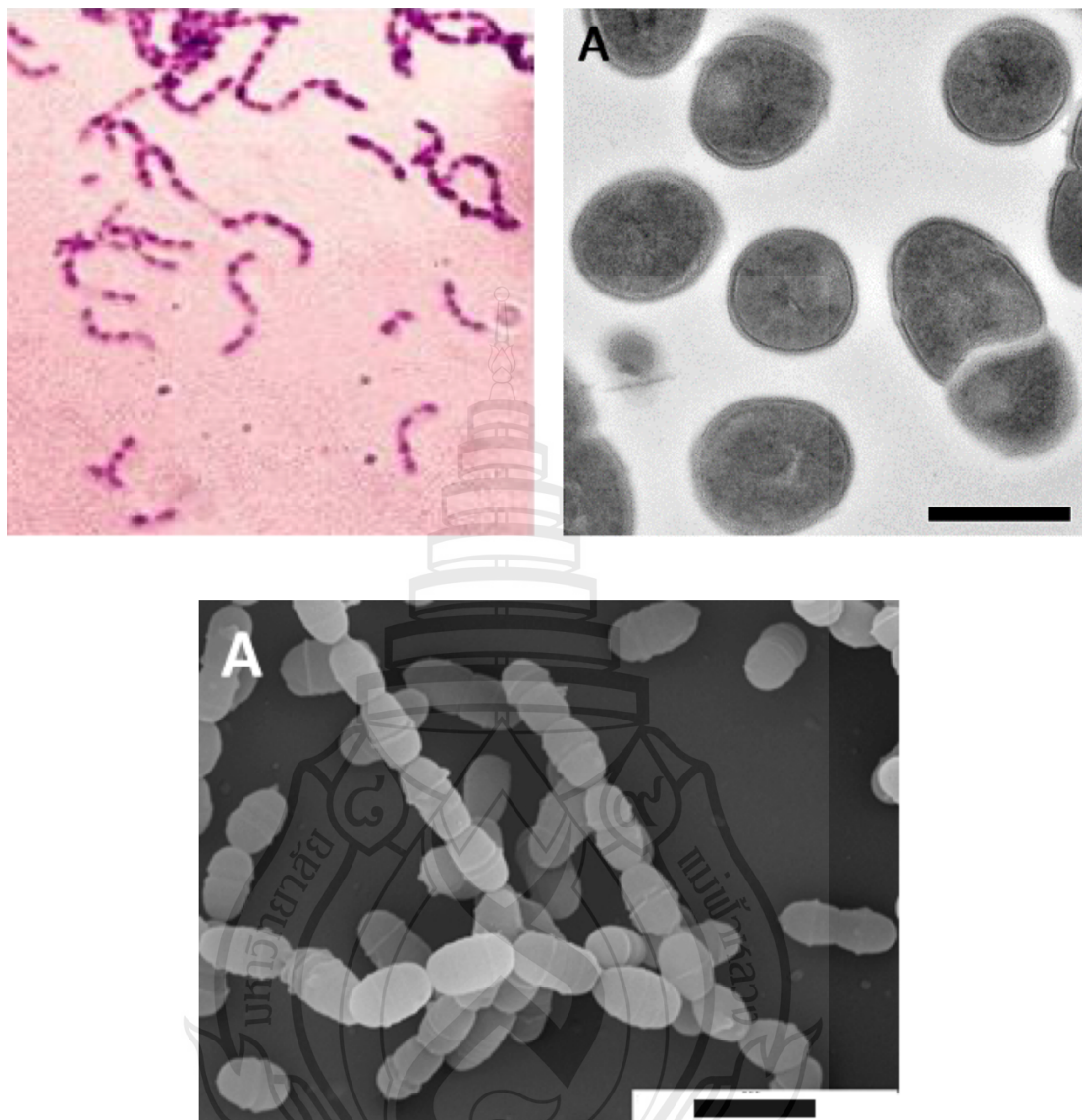
ภาพที่ 2.1 ส่วนประกอบของฟัน



ภาพที่ 2.2 กระบวนการสูญเสียแร่ธาตุ (Demineralization)



ภาพที่ 2.3 กระบวนการคืนกลับของแร่ธาตุ (Remineralization)



ที่มา ปรับปรุงจาก Daboor et al. (2015, p. 77) และ Stähli et al. (2021, pp. 3-4)

ภาพที่ 2.4 ภาพถ่าย *Streptococcus mutans* จากการย้อมแกรม (ซ้ายบน) จากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscopy: SEM) (ขวาบน) และจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน (Transmission Electron Microscopy: TEM) (ล่าง)

โดยโรคฟันผุสามารถแบ่งออกได้ 5 ระยะ ตามระดับความรุนแรง (Yadav & Prakash, 2017) ดังนี้

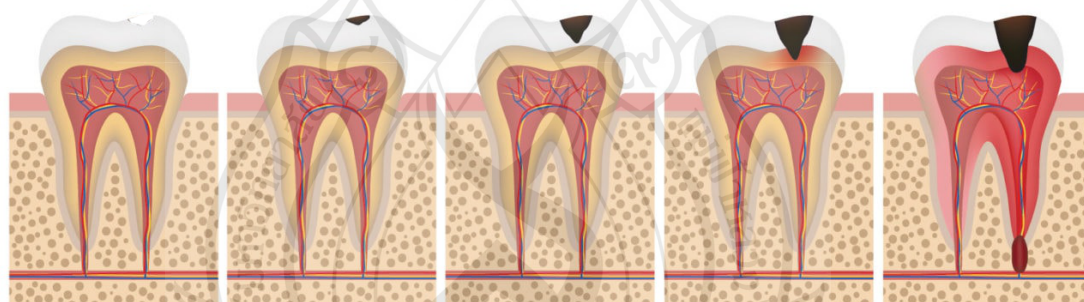
ระยะที่ 1 เป็นฟันผุระยะเริ่มต้น โดยเริ่มปรากฏจุดสีเหลืองหรือสีขาวบริเวณผิวฟัน เนื่องจากการสูญเสียแร่ธาตุของเคลือบฟัน โดยระยะนี้สามารถทำให้กลับคืนมาได้ (Reversible) หากได้รับการรักษาที่เหมาะสม เป็นระยะที่ไม่มีความรู้สึกเจ็บปวด

ระยะที่ 2 เป็นฟันผุระยะที่เคลือบฟันเริ่มผุกร่อน ฟันผุระยะนี้ไม่สามารถทำให้กลับคืนมาได้ (Irreversible) แต่ยังไม่มีความรู้สึกเจ็บปวดหรือเสียวฟัน

ระยะที่ 3 เป็นฟันผุระยะที่เริ่มถึงเนื้อฟัน เป็นระยะที่เริ่มเกิดความรู้สึกปวด

ระยะที่ 4 เป็นฟันผุระยะที่เริ่มถึงโพรงประสาทฟัน โดยเริ่มมีการติดเชื้อจากแบคทีเรีย หลอดเลือดและเส้นประสาทเริ่มตายลงจากการเกิดของหนอง

ระยะที่ 5 เป็นฟันผุระยะสุดท้าย ซึ่งลุกลงถึงปลายรากฟัน ทำให้เกิดความรู้สึกปวดมาก กระดูกรอบฟันเริ่มมีการติดเชื้อ มีอาการแกำบวมอย่างเห็นได้ชัดบริเวณด้านที่ฟันผุ มีการสะสมของหนองจนเกิดเป็นฝี



ระยะที่ 1

ระยะที่ 2

ระยะที่ 3

ระยะที่ 4

ระยะที่ 5

ที่มา ปรับปรุงจาก Yadav and Prakash (2017, p. 7)

ภาพที่ 2.5 ระยะของโรคฟันผุ

สำหรับการดูแลรักษาหรือป้องกันโรคฟันผุ สามารถทำได้โดยใช้สารออกฤทธิ์ที่ช่วยยับยั้งการเกิดกระบวนการสูญเสียแร่ธาตุและเสริมการเกิดกระบวนการคืนกลับของแร่ธาตุ และสารที่ช่วยต้านไบโอฟิล์มและเชื้อ *S. mutans* สรุปได้ดังตารางที่ 2.1

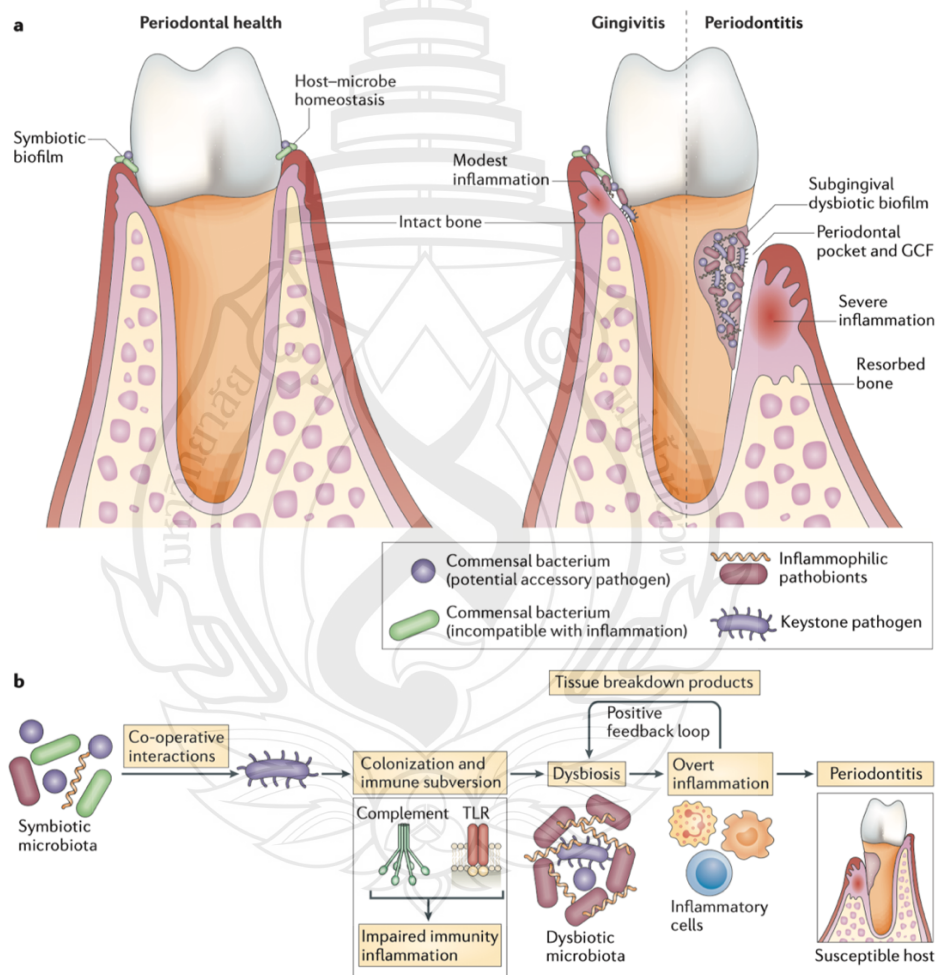
## ตารางที่ 2.1 สารออกฤทธิ์ที่ช่วยดูแลรักษาหรือป้องกันโรคฟันผุ

สารออกฤทธิ์	กลไกการออกฤทธิ์
Fluorides	ช่วยให้ pH สูงขึ้น เสริมการเกิดกระบวนการคืนกลับของแร่ธาตุ และเปลี่ยนเป็นผลึกฟลูออโรอะพาไทต์ (Fluoroapatite) ซึ่งทนทานต่อการกรัดได้มากกว่าไฮดรอกซีอะพาไทต์
Casein Phosphopeptide–Amorphous Calcium Phosphate (CPP-ACP)	ช่วยเพิ่มระดับความเข้มข้นไอออนของแคลเซียมและฟอสเฟต ทำให้กระบวนการคืนกลับของแร่ธาตุเกิดได้ดีขึ้น
Bioactive glass (Sodium-calcium phosphosilicate)	เปลี่ยนรูปเป็นผลึกไฮดรอกซีคาร์บอเนตอะพาไทต์ (Hydroxycarbonateapatite) เมื่อสัมผัสกับน้ำและน้ำลาย และมีฤทธิ์ต้านเชื้อ <i>S. mutans</i>
Tricalcium Phosphate (TCP)	ช่วยปลดปล่อยไอออนของแคลเซียมและฟอสเฟต โดยสามารถเพิ่มการเกิดกระบวนการคืนกลับของแร่ธาตุได้เมื่อใช้ร่วมกับฟลูออไรด์ โดยสูงกว่าการใช้ฟลูออไรด์เพียงอย่างเดียว
Nano HAP Particles	ผลึกไฮดรอกซีอะพาไทต์ขนาดอนุภาคนาโน ช่วยเสริมการคืนกลับของแร่ธาตุ
Xylitol	ยับยั้งการเจริญเติบโตและเมทาบอลิซึมของเชื้อ <i>S. mutans</i> โดยยับยั้งกระบวนการไกลโคไลซิส (Glycolysis) ในไมโทคอนเดรีย และช่วยเพิ่มความคงตัวไอออนของแคลเซียมและฟอสเฟตในน้ำลาย
Arginine	เป็นแหล่งพลังงานของแบคทีเรียที่ไม่ก่อโรคโดยเปลี่ยนเป็นแอมโมเนีย และคาร์บอนไดออกไซด์ แอมโมเนียที่เกิดขึ้นจะช่วยให้ pH สูงขึ้น และช่วยเสริมกระบวนการคืนกลับของแร่ธาตุได้
Triclosan	ต้านเชื้อแบคทีเรียและไบโอฟิล์ม รวมถึงเชื้อ <i>S. mutans</i> โดยจับกับเซลล์แบคทีเรียทำให้การซึมผ่านเซลล์ (Permeability) เพิ่มขึ้น ทำให้องค์ประกอบภายในเซลล์รั่วออกนอกเซลล์
Probiotics	เพิ่มปริมาณของแบคทีเรียที่ไม่ก่อโรค เช่น <i>Lactobacillus</i> และ <i>Bifidobacterium</i> ทำให้ปริมาณของแบคทีเรียที่ก่อโรค เช่น <i>S. mutans</i> ลดลง
Herbal Compounds	ช่วยเพิ่มการเกิดกระบวนการคืนกลับของแร่ธาตุ ยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย ยับยั้งเชื้อรา ขึ้นกับชนิดของสารที่ใช้

ที่มา ปรับปรุงจาก Anil et al. (2022, p. 7)

## 2.3 โรคเหงือกอักเสบ

โรคเหงือกอักเสบเป็นผลมาจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างไบโอฟิล์มหรือคราบพลัคกับการตอบสนองทางระบบภูมิคุ้มกันของเหงือก ทำให้เกิดการอักเสบ บวม และมีเลือดออก โดยเริ่มจากการเข้ามาของเชื้อก่อโรคที่เป็นกุญแจสำคัญ (Keystone Pathogen) เหนี่ยวนำให้เกิดสภาวะที่แบคทีเรียเสียสมดุล (Dysbiotic Microbiota) จนเกิดการอักเสบที่มากขึ้น เมื่อสภาวะการอักเสบรุนแรงมากขึ้นเรื่อย ๆ จะเกิดการทำลายอวัยวะปริทันต์ เช่น เอ็นยึดปริทันต์ กระดูกขาฟัน กลายเป็นโรคปริทันต์อักเสบ (Periodontitis) ในที่สุด และนำไปสู่การสูญเสียฟันได้ (Hajishengallis, 2015)



ที่มา Hajishengallis (2017, p. 32)

ภาพที่ 2.6 การเกิดโรคเหงือกอักเสบและโรคปริทันต์อักเสบ

โดยอนุมูลอิสระ (Free Radicals) หรือสารประกอบออกซิเจนที่ไวต่อปฏิกิริยา (Reactive Oxygen Species: ROS) และระดับความเครียดออกซิเดชัน (Oxidative Stress) มีบทบาทสำคัญในกระบวนการอักเสบของเหงือกจากโรคเหงือกอักเสบหรือโรคปริทันต์อักเสบ เช่นเดียวกับการอักเสบบริเวณอื่น ๆ นอกจากนี้เนื้อเยื่อปริทันต์ยังมีความต้องการสารต้านอนุมูลอิสระในปริมาณที่มากเพียงพอจึงจะสามารถป้องกันความเสียหายที่เกิดจาก ROS เช่น ความเสียหายของโปรตีน (Protein Damage) และปฏิกิริยาออกซิเดชันของลิพิด (Lipid Peroxidation) ได้ รวมถึงการยับยั้งการเกิดขึ้นของ ROS ถือเป็นสิ่งสำคัญในกระบวนการรักษาบาดแผล (Wound Healing) (Pereira et al., 2014) ดังนั้นสารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) จึงสามารถใช้ประกอบการรักษาหรือบรรเทาอาการเหงือกอักเสบได้ (Chapple & Matthews, 2007; Talmaç & Çalişir, 2019) ซึ่งได้รับการพิสูจน์ในระดับสัตว์ทดลองแล้วว่า การเพิ่มสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น Catechin จากชาเขียวลงในยาสีฟัน มีส่วนช่วยป้องกันการอักเสบ โดยการลดความเครียดออกซิเดชันและ Proinflammatory Cytokines เมื่อทดลองในหนู Wistar Rat (Maruyama et al., 2011)

## 2.4 สถานการณ์โรคฟันผุและเหงือกอักเสบในประเทศไทย

จากรายงานผลสำรวจสภาวะสุขภาพช่องปากแห่งชาติของประเทศไทย ตั้งแต่ พ.ศ. 2555 ถึง พ.ศ. 2566 แสดงเป็นร้อยละของประชากรที่มีโรคฟันผุและโรคเหงือกอักเสบในกลุ่มอายุต่าง ๆ ได้แก่ เด็กก่อนวัยเรียน เด็กวัยเรียน วัยรุ่น วัยทำงาน และวัยสูงอายุ พบว่าโรคฟันผุมีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างชัดเจนในกลุ่มวัยทำงาน (อายุ 35-44 ปี) และโรคเหงือกอักเสบมีแนวโน้มสูงขึ้นในทุกช่วงวัย สรุปได้ดังตารางที่ 2.2 ปัญหาเหล่านี้หากไม่ได้รับการดูแล ป้องกัน และการรักษาที่เหมาะสมทันเวลาอาจทวีความรุนแรงจนเกิดความเจ็บปวดและสูญเสียฟันได้ (สำนักทันตสาธารณสุข กรมอนามัย, 2556, 2561, 2567)

**ตารางที่ 2.2** ร้อยละของประชากรที่มีโรคฟันผุและโรคเหงือกอักเสบในกลุ่มอายุต่าง ๆ

ช่วงวัย	ช่วงอายุ (ปี)	โรคฟันผุ <sup>(a)</sup> (ร้อยละ)			โรคเหงือกอักเสบ <sup>(b)</sup> (ร้อยละ)		
		2555	2560	2566	2555	2560	2566
เด็กก่อนวัยเรียน	3	51.7	52.9	47.0	-	-	-
	5	78.5	75.6	72.1	-	-	-
เด็กวัยเรียน	12	52.3	52.0	49.7	20.7	31.8	30.8
วัยรุ่น	15	62.4	62.7	61.2	30.3	45.2	41.7
วัยทำงาน	35-44	86.7	91.8	94.4	30.9	51.0	51.8
วัยสูงอายุ	60-74	97.1	98.5	98.7	19.9	41.3	53.7
	80-85	100.0	99.5	99.6	15.1	18.2	30.1

หมายเหตุ <sup>(a)</sup> มีฟันผุ ฟันผุ หรือฟันถูกถอนจากฟันผุ ในช่องปาก

<sup>(b)</sup> มีหินน้ำลายและมีเลือดออก

## 2.5 น้ำมันหอมระเหยและวิธีการสกัดน้ำมันหอมระเหย

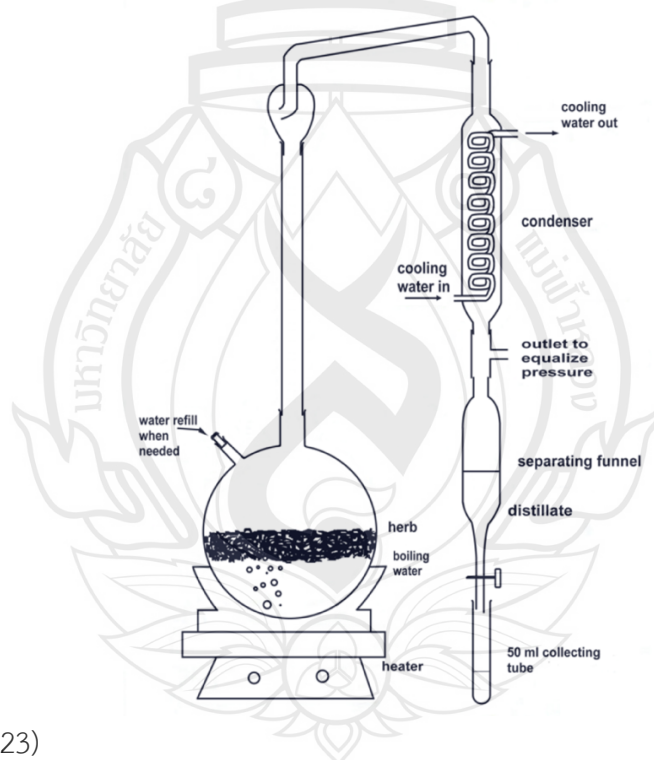
น้ำมันหอมระเหย คือ สารประกอบเชิงซ้อนตามธรรมชาติที่สามารถระเหยได้ง่าย มีกลิ่นหอมฉุน เป็นสารทุติยภูมิ (Secondary Metabolites) ที่ได้จากส่วนต่าง ๆ ของพืช เช่น ดอก เปลือกของลำต้น ลำต้น ใบ ปลายยอด ราก ผล เมล็ด และส่วนอื่น ๆ เป็นต้น ส่วนใหญ่ประกอบด้วยสารในกลุ่มเทอร์ปีนและเทอร์พีนอยด์ รวมถึงสารไฮโดรคาร์บอนอิ่มตัวและไม่อิ่มตัวที่มีมวลโมเลกุลต่ำ (Ali et al., 2015; Bakkali et al., 2008) น้ำมันหอมระเหยถือเป็นสารสกัดจากธรรมชาติที่มีความน่าสนใจ โดยนอกจากจะถูกใช้เป็นส่วนประกอบหลักสำหรับการรักษาด้วยสมุนไพรบำบัดแล้ว (Ali et al., 2015) ยังมีฤทธิ์ต้านแบคทีเรีย ไวรัส และรา ฤทธิ์ทางยาอื่น ๆ เช่น แก้วปวด (Analgesic) ระวังประสาท (Sedative) ต้านการอักเสบ (Anti-inflammatory) บรรเทาการหดเกร็งของกล้ามเนื้อเรียบ (Spasmolytic) และยชา (Anesthetic) รวมถึงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วย (Bakkali et al., 2008)

การสกัดน้ำมันหอมระเหยมีด้วยกันหลายวิธี โดยหลัก ๆ จะใช้วิธีการกลั่น (Distillation) ซึ่งอาจใช้น้ำเดือดหรือไอน้ำ หรือมีการใช้ความดันต่ำหรือสูงร่วมด้วย รวมถึงการใช้คาร์บอนไดออกไซด์หรือคลื่นไมโครเวฟ หรือการใช้ตัวทำละลาย โดยการสกัดแต่ละวิธีจะให้น้ำมันหอมระเหยที่มีลักษณะทางเคมีที่แตกต่างกัน ไม่เพียงแต่จำนวนของสารที่สกัดเท่านั้น แต่รวมถึงรูปแบบของสเตอริโอเคมี (Stereochemical Type) ของโมเลกุลที่สกัดได้ด้วย นอกจากนี้ น้ำมันหอมระเหยที่ได้ยังขึ้นกับสภาพภูมิอากาศ องค์ประกอบในดิน รวมถึงส่วนของพืช อายุ และระยะการเจริญเติบโตของพืชที่นำมาสกัด (Bakkali et al., 2008)

การสกัดน้ำมันหอมระเหยด้วยวิธีการกลั่น อาศัยหลักการให้น้ำหรือไอน้ำผ่านไปยังน้ำมันหอมระเหยซึ่งอยู่ในเนื้อเยื่อของพืช เช่น ต่อมไขมัน (Oil Gland) ท่อเก็บไขมัน (Vein) ถุงไขมัน (Oil Sac) ขนต่อม (Glandular Hair) เป็นต้น เมื่อน้ำหรือไอน้ำแพร่เข้าไปสัมผัสกับส่วนของพืช น้ำมันหอมระเหยจะถูกสกัดและพาออกมาควบแน่นพร้อมกับไอน้ำ โดยการสกัดน้ำมันหอมระเหยด้วยวิธีการกลั่นแบ่งออกเป็น 3 รูปแบบ ซึ่งอาศัยหลักการเดียวกันแต่มีความแตกต่างกันของวิธีการจัดการส่วนของพืชที่ใช้สกัด (Guenther, 2014) ดังนี้

### 2.5.1 การกลั่นด้วยน้ำ (Water Distillation หรือ Hydrodistillation)

เป็นวิธีการกลั่นน้ำมันหอมระเหยที่ส่วนของพืชที่ต้องการสกัดสัมผัสโดยตรงกับน้ำร้อน โดยพืชอาจจะลอยอยู่บนหรือจมอยู่ในน้ำร้อนก็ได้ ขึ้นกับค่าความถ่วงจำเพาะและปริมาณของพืชที่ใช้ เป็นวิธีการกลั่นที่เหมาะสมกับพืชที่เตรียมไว้เป็นผงละเอียด รวมถึงกลีบดอกไม้ที่สามารถจับตัวกันเป็นก้อน ซึ่งทำให้ไอน้ำไม่สามารถผ่านได้

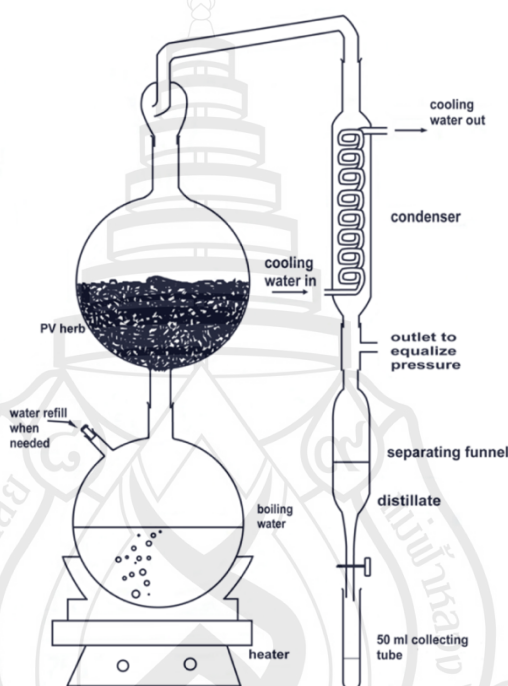


ที่มา Mak (2023)

ภาพที่ 2.7 แผนภาพแสดงอุปกรณ์สำหรับกลั่นด้วยน้ำ

## 2.5.2 การกลั่นด้วยน้ำและไอน้ำ (Water and Steam Distillation หรือ Direct Steam Distillation)

เป็นวิธีการกลั่นน้ำมันหอมระเหยที่ส่วนของพืชที่ต้องการสกัดไม่ได้สัมผัสโดยตรงกับน้ำร้อน แต่อยู่บนตะแกรงที่มีรูพรุนหรืออยู่ในภาชนะเหนือขึ้นไป โดยน้ำร้อนอยู่ด้านล่างทำหน้าที่เป็นแหล่งสร้างไอน้ำ ส่วนของพืชจะสัมผัสโดยตรงกับไอน้ำที่มีแรงดันต่ำ เป็นวิธีการกลั่นที่เหมาะสมสำหรับพืชที่เตรียมไว้เป็นผงขนาดเท่า ๆ กัน แต่ต้องไม่เล็กจนเกินไป

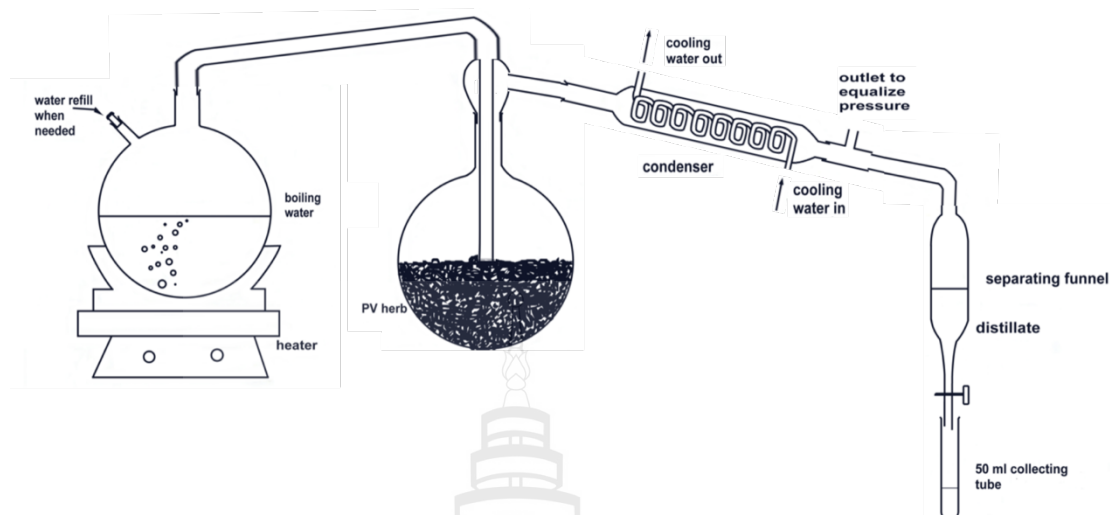


ที่มา Mak (2023)

ภาพที่ 2.8 แผนภาพแสดงอุปกรณ์สำหรับกลั่นด้วยน้ำและไอน้ำ

## 2.5.3 การกลั่นด้วยไอน้ำ (Steam Distillation หรือ Indirect Steam Distillation)

เป็นวิธีการกลั่นน้ำมันหอมระเหยที่ส่วนของพืชที่ต้องการสกัดไม่ได้สัมผัสโดยตรงกับน้ำร้อน และมีแหล่งสร้างไอน้ำแยกออกไปอีกส่วนหนึ่ง ไอน้ำจะถูกนำเข้ามาสัมผัสกับส่วนของพืชโดยใช้แรงดัน เป็นวิธีการกลั่นที่เหมาะสมสำหรับพืชที่เตรียมไว้เป็นผงขนาดเท่า ๆ กัน แต่ต้องไม่เล็กจนเกินไป เช่นเดียวกับวิธีที่ 2



ที่มา ปรับปรุงจาก Mak (2023)

ภาพที่ 2.9 แผนภาพแสดงอุปกรณ์สำหรับกลั่นด้วยไอน้ำ

## 2.6 อนุกรมวิธานและลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของลั่นทม

ลั่นทมหรือลีลาวดีมีชื่อภาษาอังกฤษ คือ Frangipani หรือ Plumeria เป็นพืชที่มีถิ่นกำเนิดในเขตอเมริกากลางและเม็กซิโก (Nawariya et al., 2020) และมีการแพร่กระจายไปทั่วโลกโดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตอบอุ่นและเขตร้อน ถูกค้นพบครั้งแรกโดยชาลส์ ปลูมีเย (Charles Plumier: 1646-1704) นักบวชและนักพฤกษศาสตร์ชาวฝรั่งเศส ขณะเดินทางสำรวจพรรณไม้ในเขตอบอุ่นของทวีปอเมริกาตามพระประสงค์ของพระเจ้าหลุยส์ที่ 14 โดยชื่อ Plumeria ถูกตั้งโดยโจเซฟ ปีตง เดอ ตูร์เนอฟอร์ (Joseph Pitton de Tournefort) เพื่อเป็นเกียรติแก่ชาลส์ ปลูมีเยผู้ค้นพบลั่นทมครั้งแรก (Hollsten, 2012) สำหรับในประเทศไทยนิยมปลูกลั่นทมเพื่อเป็นไม้ประดับอย่างแพร่หลาย

### 2.6.1 การจัดจำแนกทางอนุกรมวิธาน

ในปี ค.ศ. 1753 คาโรลัส ลินเนียส (Carolus Linnaeus) นักพฤกษศาสตร์ชาวสวีเดนได้จัดจำแนกลั่นทมไว้ในวงศ์ Apocynaceae โดยแบ่งออกเป็น 3 ชนิด ได้แก่ *Plumeria alba* L., *Plumeria obtusa* L. และ *Plumeria rubra* L. ต่อมามีการค้นพบชนิดของลั่นทมเพิ่มเติมถึง 160 ชนิด แต่มีเพียง 20 ชนิดที่ได้รับการยอมรับ ได้แก่ *Plumeria alba* L., *Plumeria clusioides* Griseb., *Plumeria cubensis* Urb., *Plumeria ekmanii* Urb., *Plumeria emarginata* Griseb., *Plumeria filifolia* Griseb., *Plumeria inodora* Jacq., *Plumeria krugii* Urb., *Plumeria lanata* Britton, *Plumeria magna* Zanoni & M.M.Mejia, *Plumeria montana* Britton & P.Wilson, *Plumeria obtusa* L., *Plumeria pudica* Jacq., *Plumeria rubra* L., *Plumeria*

*sericifolia* Griseb., *Plumeria stenopetala* Urb., *Plumeria subsessilis* A.DC., *Plumeria trinitensis* Britton, *Plumeria tuberculata* G.Lodd. และ *Plumeria venosa* Britton (Hollsten, 2012; Suparman et al., 2023; Wu & Raven, 1995)

สำหรับต้นทมิฬขาวพวงหรือลีลาวดีขาวพวง (White Frangipani หรือ Singapore Graveyard Flower หรือ Singapore Plumeria) มีชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Plumeria obtusa* L. และสามารถจัดจำแนกทางอนุกรมวิธานโดยอ้างอิงระบบการจัดจำแนกตามสายวิวัฒนาการของพืชดอกตาม Angiosperm Phylogeny Group version IV หรือ APG IV ได้ดังนี้ (Angiosperm Phylogeny Group, 2016)

Kingdom	Plantae
Clade	Tracheophytes
Clade	Angiosperms
Clade	Eudicots
Order	Gentianales
Family	Apocynaceae
Genus	Plumeria
Species	<i>Plumeria obtusa</i> L.

## 2.6.2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ที่สำคัญของต้นทมิฬขาวพวง ได้แก่ ลำต้น มีลักษณะเป็นไม้ต้น สูงได้ถึง 5 เมตร กิ่งก้านสีเขียวอ่อน ลักษณะหนาและมีเนื้อ (Fleshy)

ใบ ก้านใบยาวประมาณ 3-7 เซนติเมตร ปกคลุมด้วยเส้นขนขนาดเล็กตั้งตรงและอ่อนนุ่ม (Puberulent) ลักษณะเนื้อใบค่อนข้างหนาและเหนียวคล้ายแผ่นหนัง (Coriaceous) แผ่นใบรูปไข่กลับ (Obovate) หรือแคบกว่า ใบมีความกว้างประมาณ 3.5-7.7 เซนติเมตร ยาวประมาณ 10-25.5 เซนติเมตร ปลายใบมน (Rounded) หลังใบมีสีเขียวเข้มและเป็นมันวาวมากกว่าท้องใบ ท้องใบมีเส้นใบชัดเจน มีจำนวนเส้นใบรองประมาณ 21-26 คู่

ดอก เป็นดอกช่อ ดอกย่อยมีก้านดอกยาว ช่อดอกมีความยาวประมาณ 25-35 เซนติเมตร กลีบเลี้ยงมีความกว้างประมาณ 1.7-1.9 มิลลิเมตร ยาวประมาณ 2.5-3.1 มิลลิเมตร กลีบดอกสีขาว ตรงกลางสีเหลือง โคนกลีบดอกเชื่อมติดกันเป็นหลอดยาวประมาณ 1.7-2.3 เซนติเมตร ปลายกลีบดอกยาวประมาณ 2.3-6 เซนติเมตร ลักษณะเป็นรูปไข่กลับ (Obovate) ปลายมน (Rounded) ผิวกลีบดอกด้านนอกมีลักษณะเรียบ (Glabrous) ด้านในมีขนปกคลุม (Pubescence) ดอกเมื่อบานเต็มที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 4 เซนติเมตร เกสรเพศผู้ติดอยู่บนวงกลีบดอก ห่างจากฐานของวงกลีบดอกประมาณ 2 มิลลิเมตร อับเรณูมีความกว้างประมาณ 0.6 มิลลิเมตร ยาวประมาณ 2.3 มิลลิเมตร รังไข่มีลักษณะเรียบ (Glabrous) ความยาวประมาณ 1.1 มิลลิเมตร เกสรเพศเมียมีความยาวประมาณ 2.8 มิลลิเมตร

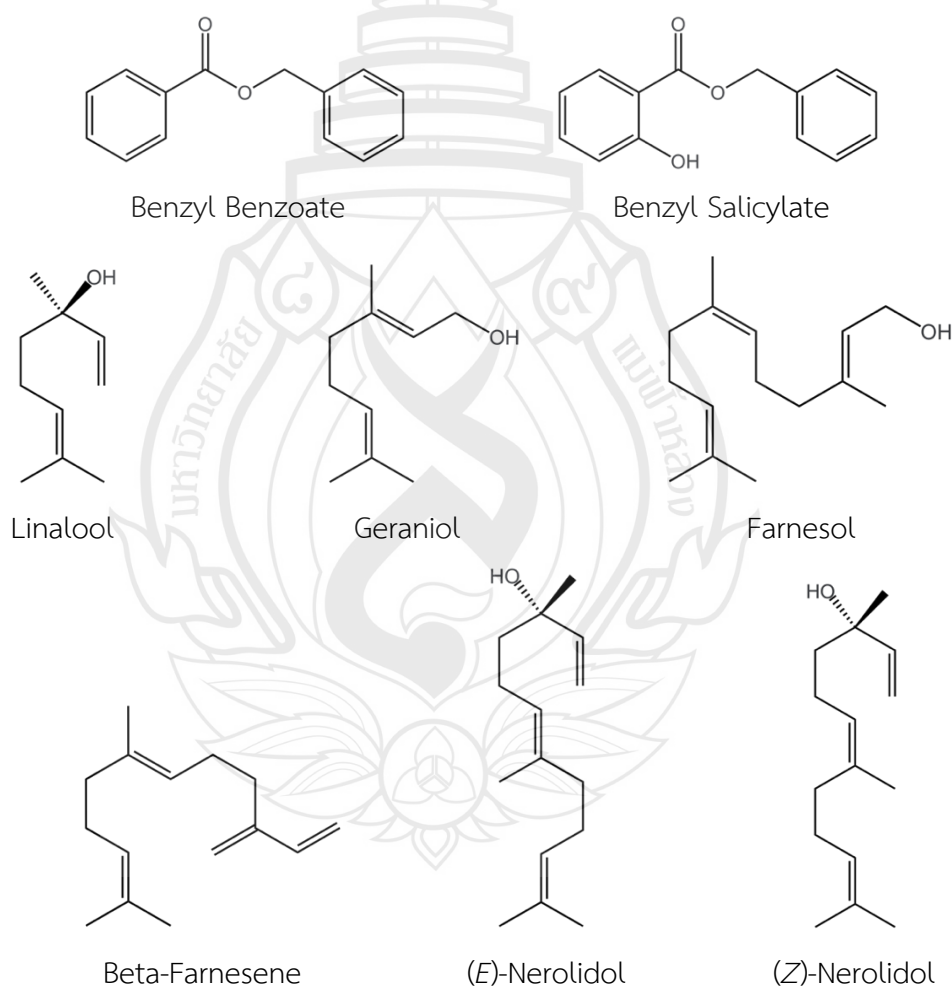
ผล เมื่อผลแก่เต็มที่จะเปลือกจะแตกออกแนวเดียว (Follicle) ความกว้างประมาณ 1.5-2 เซนติเมตร และยาวประมาณ 15-18 เซนติเมตร เมล็ดมีความกว้างประมาณ 5 มิลลิเมตร ยาวประมาณ 10 มิลลิเมตร เมล็ดมีปีกยาวประมาณ 2 เซนติเมตร (Middleton, 1999; Wu & Raven, 1995)



ภาพที่ 2.10 ดอกกลิ่นทมสีขาวพวง

## 2.7 องค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์ทางชีวภาพของน้ำมันหอมระเหยจากดอกกลิ่นทม

น้ำมันหอมระเหยจากดอกกลิ่นทมทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ *Plumeria obtusa* L. *Plumeria alba* L. และ *Plumeria rubra* L. มีองค์ประกอบทางเคมีหลักที่คล้ายคลึงกัน สรุปได้ดังตารางที่ 2.3 โดยองค์ประกอบทางเคมีหลักของน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้จาก *Plumeria obtusa* L. ด้วยวิธีการกลั่น (distillation) รูปแบบต่าง ๆ ได้แก่ Benzyl Salicylate, Benzyl Benzoate, Farnesol, (Z)-Beta-Farnesene, Linalool, (Z)-Geraniol, (E)-Geraniol, (Z)-Nerolidol, (E)-Nerolidol Octadecanoate, Neryl Phenylacetate, และ Hexadecanoic Acid เป็นต้น (Kamariah et al., 1999; Pitpiangchan et al., 2009; Tohar et al., 2006a)



ภาพที่ 2.11 ตัวอย่างองค์ประกอบทางเคมีที่พบในน้ำมันหอมระเหยจากดอกกลิ่นทมสีขาวพวงหรือชนิด *Plumeria obtusa* L. ที่ได้จากการกลั่น (Distillation)

ตารางที่ 2.3 องค์ประกอบทางเคมีหลักของน้ำมันหอมระเหยจากดอกกลิ่นหอมที่สกัดด้วยวิธีต่าง ๆ

ชื่อวิทยาศาสตร์	วิธีการสกัดและปริมาณผลผลิต	องค์ประกอบทางเคมีหลัก <sup>(a)</sup>	เอกสารอ้างอิง
<i>Plumeria obtusa</i> L.	Hydrodistillation for 4 h (Water Distillation) (% Yield = 0.0167)	Benzyl Salicylate (31.32%) Benzyl Benzoate (18.90%) (E)-Farnesol (6.70%) (Z)-Beta-Farnesene (4.85%) Linalool (4.72%)	Pitpiangchan et al. (2009)
<i>Plumeria obtusa</i> L.	Indirect Steam Distillation (Steam Distillation) for 4 h (% Yield = 0.0045%)	Benzyl Salicylate (27.58%) (Z)-Geraniol (13.70%) (E)-Geraniol (12.15%) Linalool (11.18%) Benzyl Benzoate (9.89%)	Pitpiangchan et al. (2009)
<i>Plumeria obtusa</i> L.	Direct Steam Distillation (Water & Steam Distillation) for 4 h (% Yield = 0.0342%)	Benzyl Salicylate (31.90%) Benzyl Benzoate (13.28%) (E)-Farnesol (9.29%) Linalool (6.49%) (Z)-Beta-Farnesene (5.03%)	Pitpiangchan et al. (2009)
<i>Plumeria obtusa</i> L.	Absolute from Hexane (% Yield = 0.4170%)	Benzyl Salicylate (44.69%) Benzyl Benzoate (11.67%) (E)-Farnesol (7.22%) (Z)-Nerolidol (5.53%) (Z)-Geraniol (3.93%)	Pitpiangchan et al. (2009)
<i>Plumeria obtusa</i> L.	Absolute from Petroleum Ether (% Yield = 0.3510%)	Benzyl Salicylate (42.63%) Benzyl Benzoate (10.64%) (E)-Farnesol (9.49%) (Z)-Nerolidol (6.53%) Linalool (6.04%)	Pitpiangchan et al. (2009)
<i>Plumeria obtusa</i> L.	Absolute from Cold Enfleurage (% Yield = 0.3842%)	Linalool (23.13%) Benzyl Salicylate (15.62%) Benzyl Benzoate (14.73%) (E)-Farnesol (9.04%) (Z)-Geraniol (8.31%)	Pitpiangchan et al. (2009)
<i>Plumeria obtusa</i> L.	Absolute from Hot Enfleurage (% Yield = 12.24%)	n-Undecanoic Acid (31.75%) Benzyl Benzoate (9.72%) Benzyl Salicylate (9.70%) (E,E)-2,4-Dodecadienal (8.49%) Farnesol (7.91%)	Pitpiangchan et al. (2009)

ตารางที่ 2.3 (ต่อ)

ชื่อวิทยาศาสตร์	วิธีการสกัดและปริมาณผลผลิต	องค์ประกอบทางเคมีหลัก <sup>(a)</sup>	เอกสารอ้างอิง
<i>Plumeria obtusa</i> L.	Enfleurage from Spermaceti Wax and Palm Oil Base (% Yield = 0.043%)	Ethyl Linoleate (3.62%)	Kanlayavattanakul et al. (2013)
		Benzyl Salicylate (1.79%)	
		Benzyl Benzoate (1.44%)	
		Nonadecane (0.68%)	
<i>Plumeria obtusa</i> L.	Enfleurage from White Beeswax (% Yield = 0.054%)	Benzoic Acid (0.54%)	Kanlayavattanakul et al. (2013)
		Benzyl Benzoate (0.85%)	
		5-Octadecene (0.40%)	
		Ethyl Oleate (0.31%)	
		Ethyl Palmitate (0.24%)	
<i>Plumeria obtusa</i> L.	Absolute from Ether (% Yield = 0.249%)	<i>trans</i> -Farnesol (0.18%)	Kanlayavattanakul et al. (2013)
		Plumericin (14.51%)	
		Benzyl Salicylate (5.18%)	
		Benzyl Benzoate (1.64%)	
<i>Plumeria obtusa</i> L.	Absolute from n-Hexane (% Yield = 0.137%)	Benzyl Alcohol (0.28%)	Kanlayavattanakul et al. (2013)
		Farnesyl Acetate (0.19%)	
		Isoplumericin (3.94%)	
		Benzyl Benzoate (0.95%)	
		<i>trans</i> -Farnesol (0.17%)	
<i>Plumeria obtusa</i> L.	Hydrodistillation for 8 h (Water Distillation) (% Yield = 0.13%)	<i>cis</i> -Farnesol (0.13%)	Tohar et al. (2006a)
		Linalool (0.12%)	
		Benzyl Salicylate (45.4%)	
		Benzyl Benzoate (17.2%)	
		( <i>E,E</i> )-Farnesol (4.8%)	
<i>Plumeria rubra</i> L.	Hydrodistillation for 8 h (Water Distillation) (% Yield = 0.39%)	Octadecanoate (3.7%)	Tohar et al. (2006a)
		Neryl Phenylacetate (2.6%)	
		Benzyl Salicylate (20.9%)	
		( <i>E</i> )-Nerolidol (14.4%)	
		Benzyl Benzoate (8.6%)	
<i>Plumeria rubra</i> L. (Synonym <i>Plumeria acuminata</i> W.T.Aiton)	Hydrodistillation for 8 h (Water Distillation) (% Yield = 0.03%)	( <i>E,E</i> )-Farnesol (4.4%)	Tohar et al. (2006b)
		Hexadecanoic Acid (4.4%)	
		Benzyl Salicylate (39.0%)	
		Benzyl Benzoate (17.2%)	
		<i>trans</i> -Nerolidol (10.6%)	
<i>Plumeria rubra</i> L. (Synonym <i>Plumeria acuminata</i> W.T.Aiton)	Hydrodistillation for 8 h (Water Distillation) (% Yield = 0.03%)	Neryl Phenylacetate (10.5%)	Tohar et al. (2006b)
		Linalool (8.9%)	

### ตารางที่ 2.3 (ต่อ)

ชื่อวิทยาศาสตร์	วิธีการสกัดและปริมาณผลผลิต	องค์ประกอบทางเคมีหลัก <sup>(a)</sup>	เอกสารอ้างอิง
<i>Plumeria obtusa</i> L.	Hydrodistillation for 5-6 h (Water Distillation) (% Yield = 0.031%)	Benzyl Salicylate (38.9%) Benzyl Benzoate (11.0%) (2 <i>E</i> ,6 <i>E</i> )-Farnesol (8.2%) ( <i>E</i> )-Nerolidol (5.3%) Linalool (3.0%)	Kamariah et al. (1999)
<i>Plumeria alba</i> L.	Hydrodistillation for 3 h (Water Distillation) (% Yield = 0.23%)	Limonene (9.1%) <i>trans</i> - $\alpha$ -Bergamotene (8.0%) Linalool (7.9%) Caryophyllene Oxide (7.9%) ( <i>E,E</i> )- $\alpha$ -Farnesene (6.6%)	Lawal et al. (2014)
<i>Plumeria alba</i> L.	Hydrodistillation for 4 h (Water Distillation) (% Yield = 0.05%)	Benzyl Salicylate (33.98%) Benzyl Benzoate (12.37%) Germacrene B (10.30%) Linalool (8.17%) (2 <i>Z</i> ,6 <i>Z</i> )-Farnesol (4.76%)	Sahoo et al. (2021)
<i>Plumeria rubra</i> L.	Hydrodistillation for 3 h (Water Distillation) (% Yield = 0.016%)	Benzyl Salicylate (26.7%) Benzyl Benzoate (22.3%) ( <i>E,E</i> )-Geranyl Linalool (9.4%) n-Tricosane (8.3%) ( <i>E</i> )-Nerolidol (7.0%)	Goswami et al. (2016)

หมายเหตุ <sup>(a)</sup> องค์ประกอบทางเคมีที่พบมาก 5 ลำดับแรก

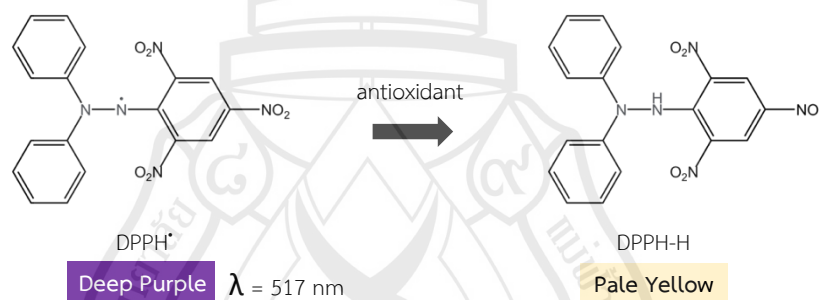
จากการศึกษาเปรียบเทียบการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากดอกกลิ่นหอมด้วยวิธีต่าง ๆ โดยพิจารณาปริมาณผลผลิต วิธี Hot Enflourage ให้ปริมาณของผลผลิตสูงที่สุด โดยมีค่าร้อยละของผลผลิตเท่ากับ 12.24 รองลงมาคือวิธีสกัดด้วยตัวทำละลาย คือ เฮกเซนและปิโตรเลียมอีเทอร์ มีค่าร้อยละของผลผลิตเท่ากับ 0.4170 และ 0.3510 ตามลำดับ (Pitpiangchan et al., 2009) แต่อย่างไรก็ตามหากพิจารณาในแง่ของความปลอดภัย น้ำมันหอมระเหยจากการสกัดทั้ง 2 วิธีไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้พัฒนาผลิตภัณฑ์ยาสีฟัน เนื่องจากมีการใช้ไขมันและตัวทำละลายอินทรีย์ในการสกัด วิธีการกลั่นจึงมีความเหมาะสมกับการประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์มากกว่า โดยเมื่อเปรียบเทียบวิธีการกลั่นรูปแบบต่าง ๆ พบว่าการกลั่นโดยใช้น้ำ (Hydrodistillation หรือ Water Distillation) ที่ระยะเวลา 8 ชั่วโมง ให้ปริมาณผลผลิตสูงที่สุด โดยมีค่าร้อยละของผลผลิตเท่ากับ 0.13 สำหรับการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากดอกกลิ่นหอมชนิด *Plumeria obtusa* L. และ 0.39 สำหรับดอกกลิ่นหอมชนิด *Plumeria rubra* L. (Tohar et al., 2006a)

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า มีการศึกษาฤทธิ์ของน้ำมันหอมระเหยจากดอกกลิ่นทม สีขาวพวงหรือชนิด *Plumeria obtusa* L. อยู่ไม่มาก มีเพียงการศึกษาฤทธิ์ในการต้านเชื้อเท่านั้น โดยพบว่ามีฤทธิ์ต้านเชื้อหลายชนิด (Broad Spectrum) ตัวอย่างเช่น แบคทีเรียแกรมบวก ได้แก่ *Bacillus cereus* และ *Staphylococcus aureus* เชื้อยีสต์ ได้แก่ *Candida albicans* และ *C. humicola* และเชื้อรา *Trichophyton mentagrophytes*, *T. rubrum* และ *Microsporum canis* จากการทดสอบด้วยวิธี Agar Disc Diffusion โดยพบว่าสารที่มีบทบาทสำคัญคือ Benzyl Salicylate (Choudhary et al., 2014; Sulaiman et al., 2008)

ในขณะที่น้ำมันหอมระเหยจากดอกกลิ่นทมชนิดอื่น ได้แก่ชนิด *Plumeria rubra* L. พบว่ามีฤทธิ์ต้านเชื้อหลายชนิดเช่นเดียวกัน ได้แก่ *Bacillus subtilis*, *S. aureus*, *Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium* และรา *Aspergillus niger* โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของขอบเขตการยับยั้งเชื้อ (Zone of Inhibition) เท่ากับ 17.5, 19.5, 6.8, 15.7 และ 10.5 ตามลำดับเมื่อทดสอบด้วยวิธี Agar Disc Diffusion และมีค่า MIC เท่ากับ 2.9, 11.6, 46.5, 11.6 และ 5.8 ตามลำดับ เมื่อทดสอบด้วยวิธี Broth Microdilution (Liu et al., 2012) นอกจากนี้ยังมีฤทธิ์ในการต้านการอักเสบด้วย (Alade, 2023) สำหรับน้ำมันหอมระเหยจากดอกกลิ่นทมชนิด *Plumeria alba* L. พบว่ามีฤทธิ์ต้านเชื้อ *S. aureus* และ *B. subtilis* จากการทดสอบด้วยวิธี Agar Disc Diffusion (Zaheer et al., 2010) และเชื้อ *B. subtilis*, *Enterococcus faecalis*, *S. aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* และ *E. coli* เมื่อทดสอบด้วยวิธี Broth Macrodilution รวมถึงมีฤทธิ์ต้านเชื้อรา *A. niger*, *C. albicans* และ *Penicillium chrysogenum* เมื่อทดสอบด้วยวิธี Agar Disc Diffusion (Kumari et al., 2012) และสามารถยับยั้งไบโอฟิล์มได้ (Mamattah et al., 2023) และยังพบว่าสารสกัดจากดอกกลิ่นทมชนิด *Plumeria alba* L. สามารถออกฤทธิ์ต้านเชื้อ *Streptococcus mutans* ซึ่งเป็นสาเหตุหลักของโรคฟันผุได้ (Kaur et al., 2022) นอกจากนี้ยังมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเมื่อทดสอบด้วยวิธี DPPH โดยมีค่า IC<sub>50</sub> เท่ากับ 1.0766 mg/ml (Leelapornpisid et al., 2007) หรือ 1,014 ± 0.6 ug/ml (Mamattah et al., 2023) แต่อย่างไรก็ตามเนื่องจากน้ำมันหอมระเหยจากดอกกลิ่นทมชนิด *Plumeria obtusa* L., *P. alba* L. และ *P. rubra* L. มีองค์ประกอบทางเคมีหลักที่คล้ายคลึงกัน จึงน่าจะมามีฤทธิ์ที่ใกล้เคียงกันหรือเหมือนกัน

## 2.8 การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมีด้วยกันหลายวิธี สำหรับวิธีการทดสอบในหลอดทดลอง ส่วนใหญ่อาศัยหลักการวัดการเปลี่ยนแปลงของสี (Colorimetry) ของสารเคมีต่าง ๆ (Moharram & Youssef, 2014) โดยการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH เป็นวิธีการทดสอบที่ใช้สาร DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) ซึ่งเป็นอนุมูลอิสระที่มีความเสถียรและมีสีม่วง มีการดูดกลืนแสงที่มีความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร เมื่อ DPPH ทำปฏิกิริยากับสารต้านอนุมูลอิสระที่เป็น H Donor จะถูกเปลี่ยนเป็น DPPH-H (2,2-Diphenyl-1-Picrylhydrazine) ซึ่งมีสีเหลืองอ่อน ทำให้สีม่วงจางลง (Discoloration) และมีค่าการดูดกลืนแสงลดลง จากปฏิกิริยาดังกล่าวทำให้สามารถวัดความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารได้ โดยฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจะแปรผกผันกับค่าการดูดกลืนแสงที่มีความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร (Dontha, 2016; Moharram & Youssef, 2014)



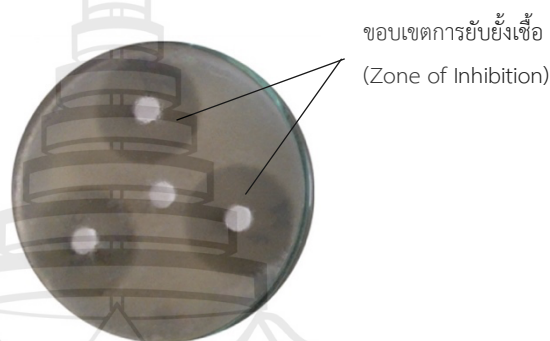
ภาพที่ 2.12 ปฏิกิริยาการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH

## 2.9 การทดสอบฤทธิ์ต้านเชื้อ *Streptococcus mutans*

*Streptococcus mutans* เป็นเชื้อแบคทีเรียแกรมบวกที่มีบทบาทสำคัญในการก่อให้เกิดโรคฟันผุ (Friedman, 2011) สามารถเจริญเติบโตได้ทั้งในสภาวะที่มีออกซิเจนและไม่มีออกซิเจน (Facultatively Anaerobe) (Daboor et al., 2015) ในปัจจุบันการทดสอบเพื่อประเมินฤทธิ์ต้านเชื้อจุลินทรีย์ในระดับหลอดทดลอง (*In Vitro* Antimicrobial Activity) สามารถทำได้หลายวิธี เช่น วิธี Agar Disc Diffusion และวิธี Broth Microdilution (Balouiri et al., 2016)

### 2.9.1 การทดสอบฤทธิ์ต้านเชื้อ *Streptococcus mutans* ด้วยวิธี Agar Disc Diffusion

เป็นวิธีการทดสอบโดยนำเชื้อ *S. mutans* ที่ทราบปริมาณมาเพาะลงในจานเลี้ยงเชื้อที่มีอาหารแข็ง จากนั้นวางแผ่นกระดาษกรองที่มีสารที่ต้องการทดสอบลงไป เมื่อนำจานเลี้ยงเชื้อไปบ่มภายใต้สภาวะที่เหมาะสม สารจะแพร่ออกมาจากแผ่นกระดาษกรองสู่อาหารแข็ง หากสารที่ทดสอบมีฤทธิ์ต้านเชื้อ *S. mutans* จะเกิดลักษณะเป็นวงใสซึ่งเป็นบริเวณที่เชื้อไม่สามารถเจริญเติบโตได้ เรียกว่า ขอบเขตการยับยั้งเชื้อ (Zone of Inhibition) (Balouiri et al., 2016) ที่มีขนาดแตกต่างกัน โดยฤทธิ์ในการต้านเชื้อ *S. mutans* จะแปรผันตรงกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของขอบเขตการยับยั้งเชื้อ



ที่มา ปรับปรุงจาก Balouiri et al. (2016)

ภาพที่ 2.13 การทดสอบฤทธิ์ต้านเชื้อด้วยวิธี Agar Disc Diffusion

### 2.9.2 การทดสอบฤทธิ์ต้านเชื้อ *Streptococcus mutans* ด้วยวิธี Broth Microdilution

เป็นวิธีการทดสอบโดยเตรียมสารที่ต้องการทดสอบในรูปแบบการเจือจางลดลงครึ่งหนึ่ง (2-Fold Serial Dilution) ในอาหารเหลว ลงใน 96-Well Plate จากนั้นเติมเชื้อ *S. mutans* ที่ปรับความเข้มข้นให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมลงไป นำไปบ่มภายใต้สภาวะที่เหมาะสม การทดสอบฤทธิ์ต้านเชื้อด้วยวิธีนี้สามารถระบุความเข้มข้นต่ำสุดของสารที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อได้ โดยพิจารณาจากลักษณะของสารละลายใสและไม่มีตะกอนของเชื้อ เป็นค่า Minimum Inhibitory Concentration (MIC) และเมื่อนำตัวอย่างสารละลายที่ใสมาหยดลงบนอาหารแข็ง และนำไปบ่มภายใต้สภาวะที่เหมาะสม ความเข้มข้นที่ต่ำที่สุดที่สามารถฆ่าเชื้อได้จะไม่พบการเจริญเติบโตของเชื้อ เป็นค่า Minimum Bactericidal Concentration (MBC) (Balouiri et al., 2016)

## 2.10 ยาสีฟันและองค์ประกอบของยาสีฟัน

ยาสีฟันเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะกึ่งแข็ง (Semi-solid) มีวัตถุประสงค์การใช้เพื่อขจัดคราบที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติออกจากฟันโดยใช้ควบคู่กับแปรงสีฟัน (Vranic et al., 2004) ในประเทศไทย ยาสีฟันถูกจัดเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางตามมาตรา 4 (1) ของพระราชบัญญัติเครื่องสำอาง พ.ศ. 2558 (พระราชบัญญัติเครื่องสำอาง พ.ศ. 2558) โดยผลิตภัณฑ์ยาสีฟันมีองค์ประกอบที่สำคัญ (Vranic et al., 2004) ดังนี้

### 2.10.1 สารขัดฟัน (Abrasive)

สารขัดฟันเป็นสารที่ทำหน้าที่ในการขัดผิวฟันเพื่อขจัดสิ่งต่าง ๆ ที่เกาะอยู่บนผิวฟันโดยไม่ทำให้เกิดรอยขีดข่วน โดยระดับของการขัดจะขึ้นกับความแข็ง รูปร่างของอนุภาค และปริมาณของสารขัดฟันในสูตร สารขัดฟันที่ใช้ควรมีลักษณะเป็นผงสีขาว ไม่ละลายน้ำ ไม่มีกลิ่นและรส สามารถมีช่วงของ pH ได้ตั้งแต่เป็นกรดอ่อนไปจนถึงเบสอ่อน ตัวอย่างเช่น Calcium Carbonate ( $\text{CaCO}_3$ ), Anhydrous Dicalcium Phosphate ( $\text{CaHPO}_4$ ), Dicalcium Phosphate Dihydrate ( $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), Silica ( $\text{SiO}_2$ ) และ Hydrated Silica ( $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ) เป็นต้น

### 2.10.2 สารยึดเกาะหรือสารทำให้ข้น (Binder)

สารยึดเกาะทำหน้าที่ในการป้องกันการแยกตัวระหว่างวัตถุดิบที่เป็นผงและของเหลว โดยการทำให้ยาสีฟันมีลักษณะความหนืดที่เหมาะสม และยังสามารถป้องกันไม่ให้ยาสีฟันแห้งโดยจับกับน้ำ นอกจากนี้สารยึดเกาะยังมีผลต่อการกระจายตัว การเกิดฟอง การล้างออก รวมถึงคุณสมบัติอื่น ๆ อีกด้วย ตัวอย่างของสารยึดเกาะที่นิยมใช้ ได้แก่ Sodium Carboxymethylcellulose (CMC), Sodium Alginate, Carrageenan, Xanthan Gum และ Carbomer เป็นต้น

### 2.10.3 สารคงความชุ่มชื้น (Humectant)

สารคงความชุ่มชื้นทำหน้าที่ในการป้องกันการสูญเสียน้ำออกจากยาสีฟัน ไม่ให้เนื้อยาสีฟันแห้งตัวในหลอดหรือเมื่อสัมผัสกับอากาศ นอกจากนี้ยังช่วยให้เนื้อสัมผัสเป็นครีมมากขึ้น สารคงความชุ่มชื้นส่วนใหญ่คือสารกลุ่มโพลีแอลกอฮอล์สายสั้น (Short-chained Polyalcohol) เช่น Glycerol, Sorbitol, Propylene Glycol และ Polyethylene Glycol

### 2.10.4 สารทำละลาย (Solvent)

สารทำละลายทำหน้าที่ละลายวัตถุดิบต่าง ๆ ในยาสีฟัน เพื่อให้สามารถผสมเข้ากันได้ โดยสารทำละลายที่พบได้บ่อยที่สุด คือ น้ำ

### 2.10.5 สารให้ฟอง (Foaming Agent)

สารให้ฟองมีหน้าที่ช่วยให้ยาสีฟองกระจายตัวและทำความสะอาดช่องปากด้วยคุณสมบัติของสารลดแรงตึงผิว (Surfactant) โดยปริมาณฟองจะช่วยให้เกิดความรู้สึกพึงพอใจของผู้ใช้งาน สารให้ฟองต้องมีคุณสมบัติให้ฟองได้ดี สามารถทนต่อน้ำกระด้างได้ รวมถึงมีความเป็นพิษและความระคายเคืองต่ำ นอกจากนี้สารให้ฟองยังช่วยในการกระจายตัวของสารแต่งกลิ่นรสด้วย ตัวอย่างของสารให้ฟองที่พบได้บ่อยที่สุด คือ Sodium Lauryl Sulfate และสารอื่น ๆ ได้แก่ Sodium Lauryl Sarcosinate, Sodium Alkylsulfosuccinate, Sodium Cocomonoglyceride Sulfonate และ สารกลุ่มเอสเทอร์ของกรดไขมันและน้ำตาลซูโครส (Sucrose Fatty Acid Ester) เป็นต้น

### 2.10.6 สารแต่งกลิ่นรส (Flavoring Agent)

สารแต่งกลิ่นรสทำหน้าที่กำจัดกลิ่นและรสชาติของวัตถุดิบอื่น ๆ ในยาสีฟัน และให้ความรู้สึกเย็นสดชื่น ส่วนใหญ่จะใช้เป็นการผสมระหว่างน้ำมันหอมระเหยที่ให้ความสดชื่น เช่น สเปียร์มินต์ เปปเปอร์มินต์ ยูคาลิปตัส และเมนทอล เป็นต้น โดยสารแต่งกลิ่นรสที่ใช้ในผลิตภัณฑ์ยาสีฟันจะต้องมีความปลอดภัย สอดคล้องกับมาตรฐานของสมาคมน้ำหอมนานาชาติ (International Fragrance Association: IFRA) สำหรับผลิตภัณฑ์ประเภทที่ 6 (Category 6) ถึงแม้ว่าน้ำมันหอมระเหยจากดอกกลิ่นทมสีขาวพวงจะไม่ได้มีการกำหนดไว้ในมาตรฐานของสมาคมน้ำหอมนานาชาติโดยตรง แต่องค์ประกอบทางเคมีบางรายการมีการกำหนดเงื่อนไขและปริมาณการใช้ไว้ สรุปได้ดังตารางที่ 2.4 (IFRA, 2024)

**ตารางที่ 2.4** องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากดอกกลิ่นทมสีขาวพวงที่มีการกำหนดเงื่อนไขและปริมาณการใช้ไว้ในมาตรฐาน IFRA

ชื่อสาร	หมายเลข CAS	ประเภทการควบคุม	ปริมาณสูงสุดที่อนุญาตให้มีได้ในผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป
Benzyl Salicylate	118-58-1	กำหนดปริมาณการใช้	4.30%
Benzyl Benzoate	120-51-4	กำหนดปริมาณการใช้	0.41%
Farnesol	4602-84-0	กำหนดปริมาณการใช้และกำหนดมาตรฐานโดยกรณีที่เป็นสารเคมีที่ใช้เป็นส่วนผสมในน้ำหอมต้องมีความบริสุทธิ์อย่างน้อย 96%	0.68%
	106-28-5		
	3790-71-4		
	16106-95-9		
	3879-60-5		
Linalool	78-70-6	กำหนดมาตรฐานโดยกรณีที่เป็นสารเคมีที่ใช้เป็นส่วนผสมในน้ำหอมต้องมีค่า peroxide value น้อยกว่า 20 mmol/L	-
Geraniol	106-24-1	กำหนดปริมาณการใช้	0.16%

### 2.10.7 สารให้ความหวาน (Sweetener)

สารให้ความหวานทำหน้าที่ช่วยให้รสชาติของยาสีฟันดีขึ้น ตัวอย่างของสารให้ความหวานที่พบได้บ่อย คือ Sodium Saccharin Sorbitol Glycerol และ Xylitol เป็นต้น

### 2.10.8 สารแต่งสี (Coloring Agent)

สารแต่งสีทำให้สีของผลิตภัณฑ์ยาสีฟันมีความน่าดึงดูดมากยิ่งขึ้น โดยสีที่ใช้จะถูกจัดจำแนกตามเลข CI (Color Index) หรือระบบ FD&C Color ตัวอย่างสารแต่งสีที่ใช้ในผลิตภัณฑ์ยาสีฟัน เช่น Titanium Dioxide (CI 77891) เพื่อช่วยทำให้เนื้อยาสีฟันมีสีขาว

### 2.10.9 สารกันเสีย (Preservative)

สารกันเสียทำหน้าที่ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ในยาสีฟัน ตัวอย่างสารกันเสียที่ใช้ เช่น Sodium Benzoate, Potassium Sorbate และสารในกลุ่มพาราเบน (Paraben)

### 2.10.10 สารสำคัญ (Active Ingredients)

สารสำคัญที่ใช้ในผลิตภัณฑ์ยาสีฟันมีได้หลายชนิดขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์เฉพาะของยาสีฟัน สารที่ช่วยป้องกันฟันผุ (Anticaries) ที่มีประสิทธิภาพสูงและพบได้บ่อย คือ ฟลูออไรด์ (Fluoride) โดยอาจอยู่ในรูปแบบของ Sodium Fluoride หรือสารประกอบฟลูออไรด์อื่น ๆ เช่น Monofluorophosphate (MFP) และ Stannous Fluoride (SnF) เป็นต้น ฟลูออไรด์ในยาสีฟันจะปริมาณอยู่ระหว่าง 0.10 ถึง 0.15% หรือเท่ากับ 1,000 ถึง 1,500 ppm โดยทำหน้าที่ช่วยเปลี่ยนไฮดรอกซีอะพาไทต์ในเคลือบฟันให้กลายเป็นฟลูออโรอะพาไทต์ ซึ่งมีคุณสมบัติทนต่อกรดได้ดีกว่า



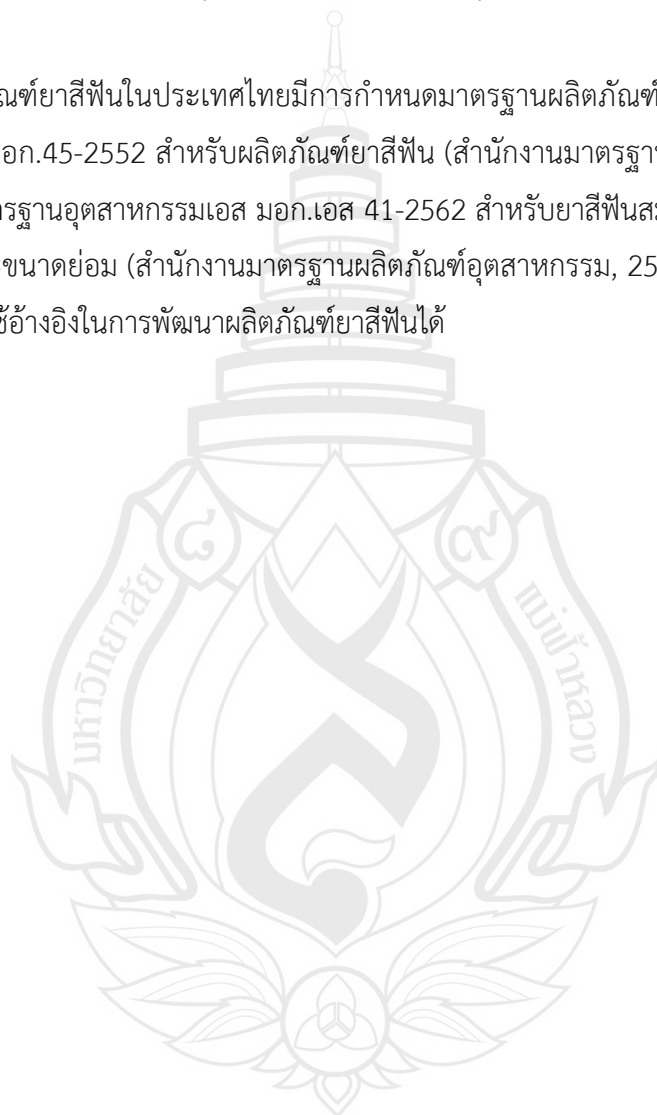
ที่มา Vranic et al. (2004)

ภาพที่ 2.14 สมการเคมีแสดงการเปลี่ยนแปลงไฮดรอกซีอะพาไทต์เป็นฟลูออโรอะพาไทต์

สารที่ช่วยป้องกันฟันผุอื่น ๆ ได้แก่ ซิลลิทอล (Xylitol) ซึ่งเป็นน้ำตาลที่แบคทีเรียไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ จึงช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย สารประกอบแคลเซียมและฟอสเฟตที่ช่วยเพิ่มความเข้มข้นไอออนของแคลเซียมและฟอสเฟต และโซเดียมไบคาร์บอเนต (Sodium Bicarbonate:  $\text{NaHCO}_3$ ) ที่ช่วยเพิ่ม pH ของช่องปากและน้ำลาย จึงช่วยทำให้กระบวนการคืนกลับของแร่ธาตุเกิดได้ดีขึ้น นอกจากนี้สารสำคัญอื่น ๆ ในผลิตภัณฑ์ยาสีฟัน ได้แก่ สารที่ช่วยขจัดคราบพลัค (Anti-plaque) เช่น ไตรโคลซาน (Triclosan) ไอออนของโลหะ เช่น ไอออนของสแตนนัส (Stannous Ion) และไอออนของสังกะสี (Zinc Ion) ในรูปแบบ Zinc Chloride หรือ Zinc Citrate หรือ Zinc Lactate รวมถึงน้ำมันหอมระเหยต่าง ๆ สารช่วยลดการเกิดคราบหินปูน (Anti-calculus)

เช่น สารประกอบไพโรฟอสเฟต (Pyrophosphate) สารที่ช่วยลดการเสียวฟัน (Anti-dentine Hypersensitivity) เช่น เกลือของโพแทสเซียม (Potassium Salt) สารที่ช่วยขจัดคราบทำให้ฟันขาว (Whitening Agent) เช่น สารขัดฟัน เอนไซม์ปาเปน (Papain) และโซเดียมไบคาร์บอเนต สารที่ช่วยลดกลิ่นปาก (Anti-halitosis) เช่น ไอออนของสังกะสี ซึ่งสามารถช่วยยับยั้งการสร้างสารที่มีซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบที่ระเหยได้ (Sulphur-containing Compounds: VSC) โดยแบคทีเรียในช่องปาก เป็นต้น

ผลิตภัณฑ์ยาสีฟันในประเทศไทยมีการกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์ไว้ 2 ฉบับ คือ มาตรฐานอุตสาหกรรม มอก.45-2552 สำหรับผลิตภัณฑ์ยาสีฟัน (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2552) และมาตรฐานอุตสาหกรรมเอส มอก.เอส 41-2562 สำหรับยาสีฟันสมุนไพรที่ผลิตโดยวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2562) ซึ่งมาตรฐานดังกล่าวสามารถนำมาใช้อ้างอิงในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ยาสีฟันได้



## บทที่ 3

### ระเบียบวิธีวิจัย

#### 3.1 การตรวจสอบเอกลักษณ์ของต้นลำต้นส้มสีชาวพวง

เก็บตัวอย่างพืชจากต้นลำต้นส้มสีชาวพวงที่เพาะปลูกไว้เพื่อเป็นไม้ประดับบริเวณรอบ ๆ บริษัท นิโคออสเมต จำกัด ตำบลระแหง อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี โดยเก็บจากกิ่งที่มีความสมบูรณ์ ประกอบด้วยใบ ดอก ผลและเมล็ด (ถ้ามี) นำมาตรวจสอบเอกลักษณ์และชื่อวิทยาศาสตร์ โดยใช้รูปรูปร่าง (Key) ในหนังสือพรรณพฤกษชาติของไทย (Flora of Thailand) จากนั้นตรวจสอบพืชกับคำบรรยายลักษณะว่าถูกต้องตรงกัน เพื่อให้มั่นใจว่าเป็นต้นส้มชนิดสีชาวพวงหรือ *Plumeria obtusa* L. ก่อนดำเนินการเก็บตัวอย่างดอกเพื่อนำไปสกัดน้ำมันหอมระเหย

#### 3.2 การเก็บตัวอย่างและการเตรียมตัวอย่างดอกต้นส้มสีชาวพวง

ทำการเก็บตัวอย่างดอกต้นส้มสีชาวพวงสด 2 วิธี คือ เก็บดอกจากต้นและเก็บดอกที่ร่วงหล่นจากต้น โดยดอกที่ร่วงหล่นจากต้นต้องเป็นดอกที่ร่วงใหม่และมีความสด มีลักษณะรอยคล้ำดำที่ขอบของกลีบดอกได้เล็กน้อยไม่เกินประมาณร้อยละ 10 ของกลีบดอกทั้งหมด นำตัวอย่างดอกต้นส้มมาล้างทำความสะอาดด้วย Purified Water จากนั้นทำการแบ่งดอกต้นส้มสดที่เก็บทั้ง 2 วิธี ออกเป็น 2 ส่วน ส่วนหนึ่งนำไปสกัดน้ำมันหอมระเหยจากดอกสด อีกส่วนหนึ่งนำไปทำให้แห้งในที่ร่ม เป็นระยะเวลา 7 วัน จนน้ำหนักไม่เปลี่ยนแปลง นำไปสกัดน้ำมันหอมระเหยจากดอกแห้งและนำมาคำนวณร้อยละของวัตถุแห้ง (% Dry Matter) (ดัดแปลงจาก Shahin et al., 2021) ดังสมการ

$$DM (\%) = \frac{DW}{FW} \times 100$$

โดย	DM	คือ ร้อยละของวัตถุแห้ง (% Dry Matter)
	DW	คือ น้ำหนักแห้งของดอกต้นส้มในหน่วยกรัม
	FW	คือ น้ำหนักสดของดอกต้นส้มในหน่วยกรัม

จากการเตรียมตัวอย่างด้วยวิธีนี้ทำให้ได้ตัวอย่างดอกกลิ่นทมสีขาวพวงทั้งสิ้น 4 แบบ คือ ดอกที่เก็บจากต้น (สด) ดอกที่เก็บจากต้น (ทำให้แห้ง) ดอกที่ร่วงหล่นจากต้น (สด) และดอกที่ร่วงหล่นจากต้น (ทำให้แห้ง) สำหรับนำไปสกัดน้ำมันหอมระเหยต่อไป โดยดอกกลิ่นทมสดจะต้องนำมาสกัดน้ำมันหอมระเหยภายใน 24 ชั่วโมง หรือก่อนที่ลักษณะของดอกจะเกิดการเปลี่ยนแปลงเริ่มคล้ำหรือดำ

### 3.3 การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากดอกกลิ่นทมสีขาวพวง

ดอกกลิ่นทมสีขาวพวงที่ได้จากการเตรียมตัวอย่างจะถูกนำมาตัดเป็นชิ้นเท่า ๆ กัน โดยมีขนาดประมาณไม่เกิน 1 เซนติเมตร นำไปสกัดด้วยวิธีการกลั่นด้วยน้ำ (Hydrodistillation) ด้วยชุด Clevenger Apparatus เป็นเวลา 6 ชั่วโมง จากนั้นทำการแยกชั้นของน้ำมันหอมระเหยออกจากส่วนของไฮโดรซอลโดยวิธีที่ไม่ใช้สารเคมี ด้วยการ Centrifuge ความเร็วรอบ 5,000 rpm เป็นเวลา 20 นาที น้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้จะถูกเก็บใน Microcentrifuge Tube ที่ห่อด้วย Aluminum Foil เพื่อป้องกันแสงและจัดเก็บที่อุณหภูมิ 4 °C เพื่อนำไปทดสอบฤทธิ์ต่าง ๆ ต่อไป โดยทำการสกัดทั้งหมด 3 ซ้ำ ปริมาณผลผลิตจะถูกคำนวณจากน้ำหนักของน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้และน้ำหนักแห้งของดอกกลิ่นทมที่ใช้ในการสกัด โดยรายงานผลเป็นร้อยละของผลผลิตของน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้ (ดัดแปลงจาก Shahin et al., 2021 และ Khade & Sawardekar, 2019) ดังสมการ

$$\text{EO Yield (\%)} = \frac{W_{\text{EO}}}{W_{\text{Dry Plant}}} \times 100$$

โดย	EO Yield	คือ ร้อยละของผลผลิตของน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้
	$W_{\text{EO}}$	คือ น้ำหนักของน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้ในหน่วยกรัม
	$W_{\text{Dry Plant}}$	คือ น้ำหนักแห้งของดอกกลิ่นทมที่ใช้ในการสกัดในหน่วยกรัม

และสำหรับดอกกลิ่นทมสด

$$W_{\text{Dry Plant}} = \frac{W_{\text{Fresh Plant}} \times \text{DM}}{100}$$

โดย	$W_{\text{Fresh Plant}}$	คือ น้ำหนักสดของดอกกลิ่นทมที่ใช้ในการสกัดในหน่วยกรัม
	DM	คือ ร้อยละของวัตถุแห้งของดอกกลิ่นทมในรอบการเก็บตัวอย่างเดียวกัน

### 3.4 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหย

ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากดอกกลิ่นทมิฬขาวพวงด้วยเทคนิค Gas Chromatography/Quadrupole Time-of-Flight Mass Spectrometry (GC/Q-TOF) โดยพิสูจน์เอกลักษณ์ขององค์ประกอบทางเคมีด้วยการเปรียบเทียบแมสสเปกตรัมของสารกับแมสสเปกตรัมมาตรฐานในฐานข้อมูล Reference Library ที่มีความเหมือน 75% ขึ้นไป และคำนวณปริมาณสารจากพื้นที่ใต้พีคในรูปของร้อยละของพื้นที่ใต้พีคสัมพัทธ์ (% Relative Peak Area) (ดัดแปลงจาก Pitpiangchan et al., 2009)

### 3.5 การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH

เตรียมตัวอย่างน้ำมันหอมระเหยโดยละลายในเอทานอลบริสุทธิ์ (Absolute Ethanol) ผสมให้เข้ากันดีด้วย Vortex Mixer จากนั้นนำไปทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH โดยนำสารละลายน้ำมันหอมระเหยที่เตรียมไว้ เติม DPPH ความเข้มข้น 0.35 mM ลงไปผสมให้เข้ากันดีใน 96-well plate ตั้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ทำการทดสอบทั้งหมด 3 ซ้ำ แสดงผลเป็นปริมาณมิลลิกรัมสมมูลของโทรลอกซ์ต่อกรัมของสารสกัดหรือ mg TEAC/g EO (ดัดแปลงจาก Shahin et al., 2021)

### 3.6 การทดสอบฤทธิ์ต้านเชื้อ *Streptococcus mutans*

#### 3.6.1 การทดสอบฤทธิ์ต้านเชื้อ *S. mutans* ด้วยวิธี Agar Disc Diffusion (ดัดแปลงจาก CLSI, 2020)

เตรียมตัวอย่างน้ำมันหอมระเหยโดยนำมาทำให้ไร้เชื้อโดยกรองผ่านเมมเบรนที่มีรูพรุนขนาด 0.2  $\mu\text{m}$  และเจือจางด้วยเอทานอล เนื่องจากสามารถละลายน้ำมันหอมระเหยจากดอกกลิ่นทมิฬขาวพวงได้ดี จนได้ความเข้มข้น 4 ระดับ ได้แก่ น้ำมันหอมระเหยไม่เจือจาง และน้ำมันหอมระเหยเจือจางที่ความเข้มข้น 10 100 และ 1,000 mg/ml นำมาทดสอบฤทธิ์ต้านเชื้อ *S. mutans* โดยหยดลงบนแผ่น Sterile Paper Disc ปริมาณ 10  $\mu\text{l}$  แล้วทิ้งไว้ให้แห้ง จะได้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยไม่เจือจาง 0.1 1 และ 10 mg จากนั้นนำไปวางบนจานเลี้ยงเชื้อที่เตรียมไว้โดยการนำสารแขวนตะกอนเชื้อ *S. mutans* ที่ทำการปรับความขุ่นให้เท่ากับ 0.5 MacFarland Standard มาเกลี่ยให้ทั่วผิวอาหาร Brain Heart Infusion Agar (BHIA) โดยมีมาตรฐาน Erythromycin ปริมาณ 0.015 mg

เป็น Positive Control และมีเอทานอลเป็น Negative Control นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของขอบเขตการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียที่เกิดขึ้น ทำการทดสอบทั้งหมด 3 ซ้ำ แสดงผลเป็นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางในหน่วยมิลลิเมตร การทดสอบนี้ดำเนินการโดยห้องปฏิบัติการศูนย์วิจัยสุขภาพและความงามมาโนเช่

### 3.6.2 การทดสอบฤทธิ์ต้านเชื้อ *S. mutans* ด้วยวิธี Broth Microdilution (ดัดแปลงจาก CLSI, 2020)

เตรียมตัวอย่างน้ำมันหอมระเหยโดยนำมาทำให้ไร้เชื้อโดยกรองผ่านเมมเบรนที่มีรูพรุนขนาด 0.2  $\mu\text{m}$  และเจือจางด้วยเอทานอลจนได้ความเข้มข้นเริ่มต้นสูงสุดที่เตรียมได้เท่ากับ 3,000 mg/ml และเตรียมสารละลายยามาตรฐาน Erythromycin ที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 400  $\mu\text{g/ml}$  ปิเปตอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว Brain Heart Infusion (BHI) ลงใน 96-Well Plate ปริมาณ 100  $\mu\text{l}$  จากนั้นทำการเติมสารละลายน้ำมันหอมระเหยในรูปแบบการเจือจางลดครึ่งหนึ่ง (2-Fold Serial Dilution) จำนวนทั้งหมด 12 ความเข้มข้น โดยปิเปตสารละลายน้ำมันหอมระเหยปริมาณ 100  $\mu\text{l}$  ลงในหลุมผสมสารตัวอย่างให้เข้ากัน จากนั้นปิเปตสารละลายปริมาณ 100  $\mu\text{l}$  จากหลุมแรกเติมลงในหลุมถัดไป โดยในหลุมสุดท้ายให้ปิเปตสารละลายทิ้ง ทำเช่นเดียวกันกับสารละลายยามาตรฐาน Erythromycin เพื่อใช้เป็น Positive Control จะได้ความเข้มข้นสุทธิแสดงดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ความเข้มข้นสุทธิของน้ำมันหอมระเหยและยามาตรฐาน Erythromycin

ตัวอย่าง	ความเข้มข้นสุทธิในหลุมที่											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
น้ำมันหอมระเหย (mg/ml)	750	375	187	93.75	46.8	23.4	11.7	5.8	2.9	1.46	0.73	0.36
Erythromycin ( $\mu\text{g/ml}$ )	100	50	25	12.5	6.25	3.12	1.56	0.78	0.39	0.19	0.1	0.05

นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง อ่านผลค่า MIC จากหลุมที่มีความเข้มข้นต่ำสุดที่ให้ลักษณะของสารละลายใสและไม่มีตะกอนของเชื้อ จากนั้นทำการหาค่า MBC ด้วยวิธี Drop Plate โดยนำตัวอย่างจากหลุมที่ใสปริมาณ 5  $\mu\text{l}$  มาหยดลงบน Brain Heart Infusion Agar (BHIA) จำนวน 3 ซ้ำ ทิ้งไว้ให้แห้ง นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง อ่านผลค่า MBC จากความเข้มข้นต่ำสุดที่ไม่พบการเจริญเติบโตของเชื้อบนผิวอาหาร การทดสอบนี้ดำเนินการโดยห้องปฏิบัติการศูนย์วิจัยสุขภาพและความงามมาโนเช่

### 3.7 การพัฒนายาสีฟันที่มีส่วนผสมของน้ำมันหอมระเหยจากดอกกลิ่นทมิฬขาวพวง

ทำการคัดเลือกน้ำมันหอมระเหยจากดอกกลิ่นทมิฬขาวพวงที่มีความเหมาะสมมาใช้เป็นส่วนผสมของยาสีฟัน โดยพิจารณาจากปริมาณผลผลิต ประสิทธิภาพของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์ต้านเชื้อ *S. mutans* รวมถึงความง่ายของการจัดการวัตถุดิบดอกกลิ่นทมิฬ เมื่อต้องการนำไปประยุกต์ใช้ในระดับอุตสาหกรรม และทำการพัฒนาตำรับยาสีฟันพื้นฐาน ( $F_0$ ) และยาสีฟันที่มีส่วนผสมของน้ำมันหอมระเหยจากดอกกลิ่นทมิฬขาวพวง ( $F_1$ ) โดยมีส่วนประกอบ ปริมาณ และหน้าที่ของสารดังตารางที่ 3.2

**ตารางที่ 3.2** ส่วนประกอบของยาสีฟันพื้นฐานและยาสีฟันที่มีส่วนผสมของน้ำมันหอมระเหยจากดอกกลิ่นทมิฬขาวพวง

Part	No.	ส่วนประกอบ	ปริมาณ (%w/w)		หน้าที่ของสาร
			$F_0$	$F_1$	
A	1	Purified Water	qs to	qs to	สารทำละลาย (Solvent)
			100	100	
	2	Sodium Fluoride	0.321	0.321	สารป้องกันฟันผุ (Anticaries)
	3	Xylitol	3.000	3.000	สารให้ความหวาน (Sweetener)
	4	Sodium Benzoate	0.500	0.500	สารกันเสีย (Preservative)
	5	Potassium Sorbate	0.150	0.150	สารกันเสีย (Preservative)
	6	Titanium Dioxide	0.500	0.500	สารแต่งสี (Coloring Agent)
	7	Sodium Saccharin	0.200	0.200	สารให้ความหวาน (Sweetener)
	8	Sorbitol 70%	25.000	25.000	สารคงความชุ่มชื้น (Humectant)
	9	Zeodent 124 (Hydrated Silica)	12.000	12.000	สารขัดฟัน (Abrasive)
	10	Zeodent 165 (Hydrated Silica)	12.000	12.000	สารขัดฟัน (Abrasive)
B	11	Menthol	0.550	0.550	สารแต่งกลิ่นรส (Flavoring Agent)
	12	Propylene Glycol	2.000	2.000	สารคงความชุ่มชื้น (Humectant)
C	13	Glycerin	6.000	6.000	สารคงความชุ่มชื้น (Humectant)
	14	Xanthan Gum	0.200	0.200	สารยึดเกาะหรือทำให้ข้น (Binder)
	15	Sodium Carboxymethylcellulose	1.000	1.000	สารยึดเกาะหรือทำให้ข้น (Binder)
	16	Sodium Lauroyl Sarcosinate 30%	5.000	5.000	สารให้ฟอง (Foaming Agent)
	17	Sodium Hydroxide	0.100	0.100	สารปรับความเป็นกรด-เบส (pH Adjuster)
	18	Flavor Cooling Effect	0.200	0.200	สารแต่งกลิ่นรส (Flavoring Agent)
	19	<i>Plumeria obtusa</i> L. Flower Essential Oil	-	4.700	สารสำคัญ (Active Ingredient)

ทั้งตำรับยาสีฟันพื้นและยาสีฟันที่มีส่วนผสมของน้ำมันหอมระเหยจากดอกกลิ่นทมสีขาวพวง เติร์ยมโดยใช้วิธีเดียวกัน ดังนี้

3.7.1 Part A ผสม Purified Water, Sodium Fluoride, Xylitol, Sodium Benzoate, Potassium Sorbate, Titanium Dioxide, Sodium Saccharin และ Sorbitol 70% ในปิกเกอร์ ปั่นผสมให้เข้ากันด้วย Overhead Stirrer จากนั้นค่อย ๆ โปริย Zeodent 124 และ Zeodent 165 ลงไป ปั่นต่อจนเข้ากันดี

3.7.2 Part B ผสม Menthol และ Propylene Glycol ในปิกเกอร์อีกใบหนึ่ง ปั่นให้ละลาย เข้ากันดีด้วย Magnetic Stirrer

3.7.3 Part C ผสม Glycerin, Xanthan Gum และ Sodium Carboxymethylcellulose ในปิกเกอร์อีกใบหนึ่ง คนให้กระจายตัวเข้ากัน

3.7.4 เทส่วนผสม Part B และ Part C ลงใน Part A จากนั้นเติม Sodium Lauroyl Sarcosinate 30% ลงไป ปั่นผสมให้เข้ากันดีด้วย Overhead Stirrer

3.7.5 ปรับค่า pH ด้วย Sodium Hydroxide 20% Solution

3.7.6 แต่งกลิ่นด้วย Flavor Cooling Effect และน้ำมันหอมระเหยจากดอกกลิ่นทมสีขาวพวง (สำหรับตำรับพื้นที่ให้เติม Purified Water แทนน้ำมันหอมระเหยจนครบ 100%)

### 3.8 การประเมินคุณสมบัติและการศึกษาความคงตัวของยาสีฟันที่มีส่วนผสมของ น้ำมันหอมระเหยจากดอกกลิ่นทมสีขาวพวง

นำตัวอย่างผลิตภัณฑ์ยาสีฟันที่มีส่วนผสมของน้ำมันหอมระเหยจากดอกกลิ่นทมสีขาวพวงมา ประเมินคุณสมบัติเปรียบเทียบกับยาสีฟันตำรับพื้น โดยศึกษาลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ pH ความถ่วงจำเพาะ ความหนืด และทดสอบความสามารถในการทำสะอาด (Cleaning Ability) ความสามารถในการเกิดฟอง (Foaming Ability) ความสามารถในการกระจายตัว (Spreadability) โดยมีรายละเอียดดังนี้

#### 3.8.1 ประเมินคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส (Organoleptic Properties)

ทำการประเมินลักษณะปรากฏ สี กลิ่น และรสชาติด้วยประสาทสัมผัส

#### 3.8.2 ประเมินคุณสมบัติทางกายภาพ-เคมี (Physico-chemical Properties)

ทำการตรวจวัดค่า pH ด้วย pH Meter โดยเตรียมเป็นสารแขวนตะกอนของยาสีฟันที่ความเข้มข้น 10% ในน้ำ Purified Water วัดค่าความถ่วงจำเพาะด้วย Pycnometer และวัดค่าความหนืด ด้วยเครื่องวัดความหนืด Brookfield Viscometer รุ่น DV-2TRV

### 3.8.3 การทดสอบความสามารถในการทำความสะอาด (ดัดแปลงจาก Ogboji et al., 2018)

เตรียมอุปกรณ์สำหรับทดสอบโดยแช่ไข่อัดมัสก์ในสารละลายสีผสมอาหาร FD&C Red No.4 (CI 14700) (เตรียมโดยใช้น้ำเดือด 200 มิลลิลิตร น้ำส้มสายชู 15 มิลลิลิตร และสีผสมอาหารสีแดง 20 หยด) แช่ไว้เป็นเวลา 5 นาที จนเปลือกไข่ติดสีแดง จากนั้นขีดเส้นเพื่อแบ่งครึ่งไข่ตามแนวยาว ด้วยปากกา Permanent โดยครึ่งหนึ่งจะถูกแปรงด้วย Purified Water สำหรับใช้เป็น Negative Control ส่วนอีกครึ่งหนึ่งจะถูกแปรงโดยใช้ยาสีฟันทึบปริมาณเท่าเม็ดดักลาสตันเตา (ประมาณ 0.3 กรัม) วิธีการแปรงจะแปรงบริเวณละ 10 รอบ (1 รอบนับจากการเคลื่อนที่ไปกลับอย่างสมบูรณ์) และบันทึกผลที่ได้

### 3.8.4 การทดสอบความสามารถในการเกิดฟอง (ดัดแปลงจาก Ogboji et al., 2018)

ชั่งยาสีฟันทึบปริมาณ 5 กรัม ลงในบีกเกอร์ จากนั้นเติม Purified Water ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ลงไป ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 30 นาที เพื่อให้ยาสีฟันทึบกระจายตัวแล้วคนให้เข้ากัน จากนั้นเทลงในกระบอกตวงขนาด 250 มิลลิลิตร กลั้วบีกเกอร์ด้วย Purified Water ปริมาตร 5-6 มิลลิลิตร เทลงในกระบอกตวง จากนั้นปรับปริมาตรด้วย Purified Water จนได้ 50 มิลลิลิตร แล้วคนให้เข้ากันดี ตั้งทิ้งไว้จนระดับของฟองไม่เกิน 2 มิลลิลิตร จากนั้นปิดฝากระบอกตวงและเขย่ากระบอกตวงโดยการคว่ำ-หงาย 12 ครั้ง ตั้งทิ้งไว้ 5 นาที และบันทึกผล จากนั้นคำนวณความสามารถในการเกิดฟอง โดย

$$\text{ความสามารถในการเกิดฟอง} = L_1 - L_2$$

$$L_1 = \text{ปริมาตรของน้ำและฟองในหน่วยมิลลิลิตร}$$

$$L_2 = \text{ปริมาตรของน้ำเท่านั้นในหน่วยมิลลิลิตร}$$

### 3.8.5 การทดสอบความสามารถในการกระจายตัว (Ogboji et al., 2018)

โดยป้ายยาสีฟันทึบปริมาณ 1 กรัม ลงบนกึ่งกลางของแผ่นอะคริลิกใส จากนั้นปิดทับด้วยแผ่นอะคริลิกใสแผ่นที่สอง วางน้ำหนัก 1 กิโลกรัมลงไปตามบน ทิ้งไว้เป็นเวลา 10 นาที แล้วนำน้ำหนักออก วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางในหน่วยเซนติเมตร

### 3.8.6 การทดสอบความคงตัวของผลิตภัณฑ์ยาสีฟันทึบ

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของคุณสมบัติของยาสีฟันทึบที่มีส่วนผสมของน้ำมันหอมระเหยจากดอกกลิ่นสีขาวพวงโดยเปรียบเทียบกับยาสีฟันทึบดำรับพื้น ทั้งลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ pH ความถ่วงจำเพาะ ความหนืด ความสามารถในการทำความสะอาด ความสามารถในการเกิดฟอง และความสามารถในการกระจายตัว โดยบรรจุตัวอย่างยาสีฟันทึบและดำรับพื้นยาสีฟันทึบลงในขวดแก้ว ทดสอบด้วยสภาวะร้อนสลับเย็น โดยจัดเก็บที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำไปเก็บที่อุณหภูมิ 45 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง สลับกันจบครบ 6 รอบ ทำการวัดค่าที่เริ่มต้นและสิ้นสุด (ดัดแปลงจากสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2562)

### 3.9 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

ทำการเปรียบเทียบปริมาณผลผลิตของน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้จากดอกกลิ่นทมสีชาวพวงที่มีวิธีการเตรียมแตกต่างกัน รวมถึงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์ต้านเชื้อ *S. mutans* โดยนำข้อมูลปริมาณผลผลิต ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และฤทธิ์ต้านเชื้อ *S. mutans* ที่ได้มาวิเคราะห์ผลทางสถิติ กรณีที่มีมากกว่า 2 กลุ่มข้อมูลจะวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วย One-way ANOVA และเปรียบเทียบแต่ละคู่ด้วย Duncan's Test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 กรณีที่มีเพียง 2 กลุ่มข้อมูลจะวิเคราะห์ด้วย Independent Sample t-Test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ข้อมูลผลการทดลองทั้งหมดรายงานในรูปแบบค่าเฉลี่ย  $\pm$  ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Mean  $\pm$  SD) เมื่อ  $n=3$



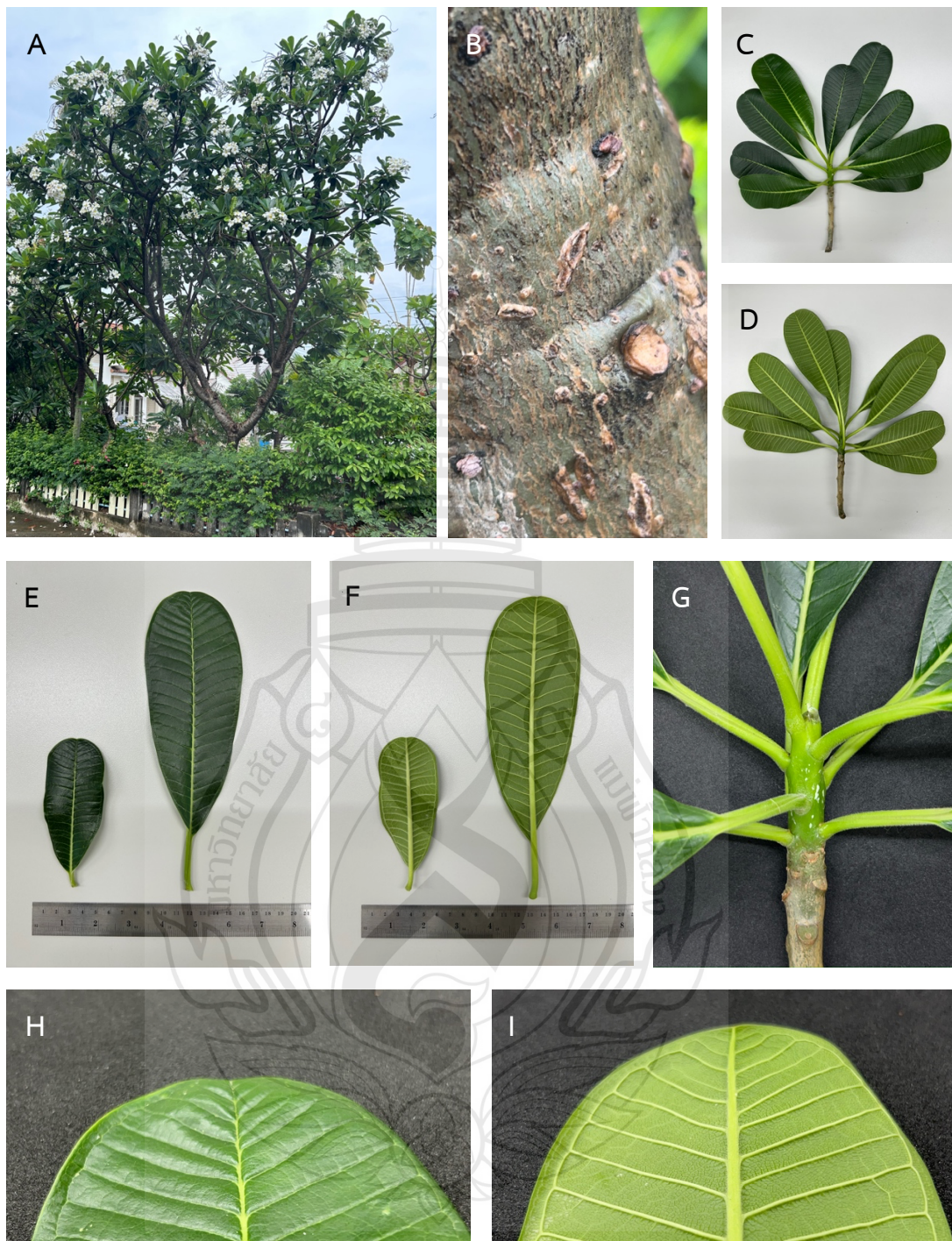
## บทที่ 4

### ผลการศึกษาและการอภิปรายผล

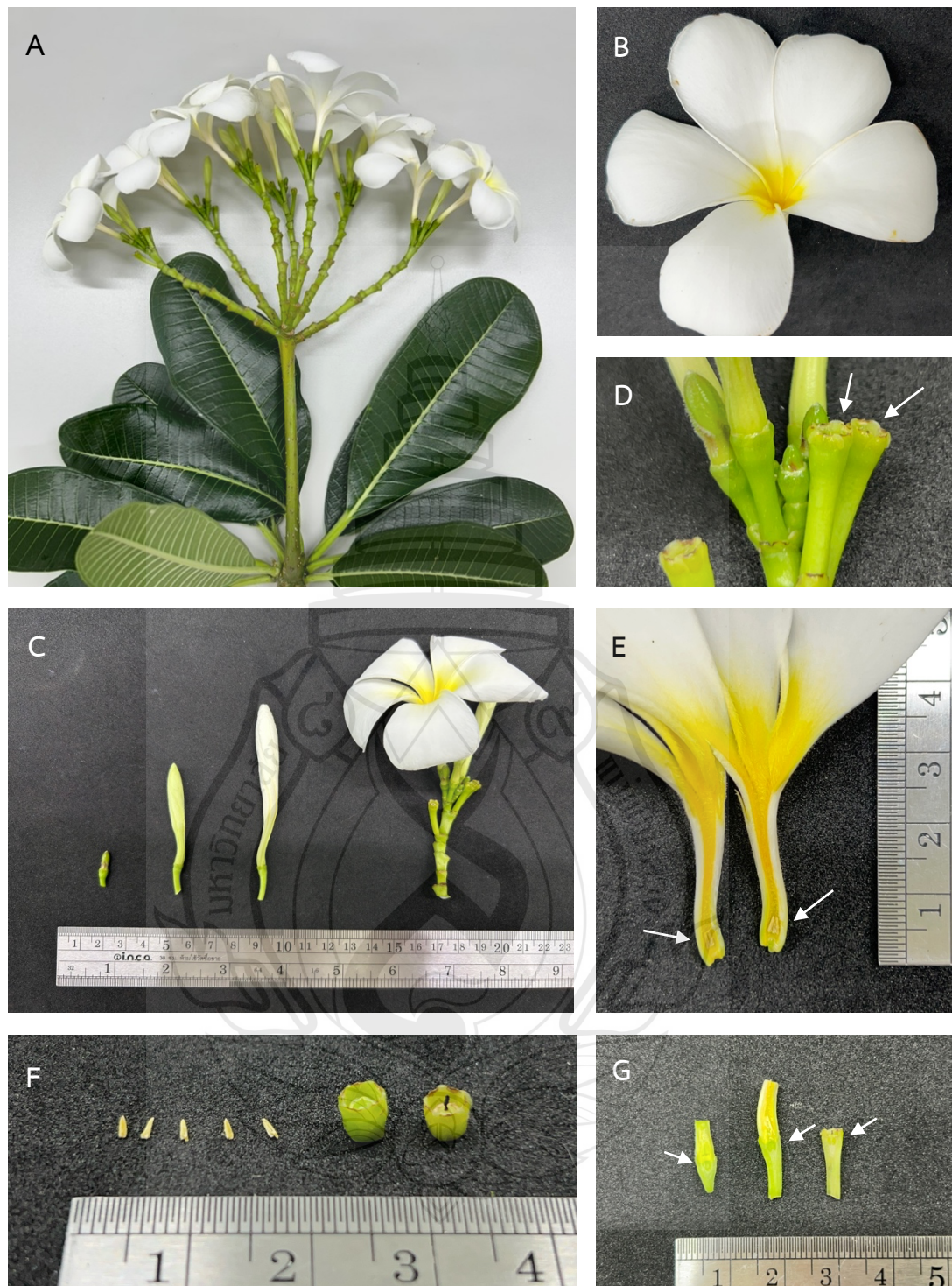
#### 4.1 ผลการตรวจสอบเอกลักษณ์ของต้นลำต้นทมิฬขาวพวง

ตัวอย่างพืชที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เก็บจากต้นลำต้นทมิฬขาวพวง ๑ บริษัท นิโอสโคสมัด จำกัด ตำบลระแหง อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี โดยมีการเก็บตัวอย่างในช่วงเดือนเมษายน พ.ศ. 2567 ประกอบด้วยส่วนของกิ่งที่มีใบและดอก เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ โดยตัวอย่างพืชมีลักษณะเป็นไม้ต้น ความสูงประมาณ 3-4 เมตร เปลือกสีน้ำตาลอ่อน ผิวลำต้นแตกเป็นร่องตื้นตามแนวตั้ง มีน้ำยางสีขาวข้น กิ่งมีลักษณะอวบน้ำสีเขียวอ่อน ใบเป็นใบเดี่ยวเรียงเวียน (Spirally Arranged) ก้านใบยาว 2.5-6.0 เซนติเมตร ลักษณะเนื้อใบค่อนข้างหนาและเหนียวคล้ายแผ่นหนัง (Coriaceous) แผ่นใบรูปไข่กลับ (Obovate) ขนาด 10.1-22.3 × 4.7-8.8 เซนติเมตร ขอบใบเรียบ ปลายใบมน (Rounded Apex) หลังใบสีเขียวเข้มเป็นมันเงา ส่วนท้องใบมีขนสั้นนุ่ม (Puberulent) ปกคลุม เส้นใบรอง (Secondary Veins) มีจำนวน 21-26 คู่ ดอกออกเป็นช่อแบบกระจุกที่ปลายกิ่ง (Terminal Cymose Inflorescence) ความยาวช่อดอก 30-32 เซนติเมตร มีกลีบเลี้ยง 5 กลีบ สีเขียวขนาด 1.5-2 × 2.5-3 มิลลิเมตร กลีบดอกสีขาวตรงกลางสีเหลือง โคนกลีบดอกเชื่อมกันเป็นหลอด (Infundibuliform) ความยาวหลอด 1.7-2.2 เซนติเมตร ปลายกลีบดอกแยกเป็น 5 พู (Lobe) ลักษณะปลายมน ความยาว 5.2-5.8 เซนติเมตร ผิวดอกด้านนอกของกลีบดอกเรียบ (Glabrous) ส่วนด้านในมีขนปกคลุม (Pubescence) เกสรเพศผู้จำนวน 5 อัน ติดอยู่บนวงกลีบดอก ห่างจากฐานของวงกลีบดอกประมาณ 2 มิลลิเมตร อับเรณูมีความกว้างประมาณ 0.5 มิลลิเมตร ยาวประมาณ 2.0-2.5 มิลลิเมตร เกสรเพศเมียแบบประกอบ (Compound Pistil) ฝังไข่อู้อยู่เหนือวงกลีบ (Superior Ovary)

จากลักษณะทางพฤกษศาสตร์ดังกล่าว เมื่อนำมาตรวจสอบเอกลักษณ์และชื่อวิทยาศาสตร์ โดยใช้รูดัชนี (Key) ในหนังสือพรรณพฤกษชาติของไทย เล่ม 7 ตอนที่ 1 (Flora of Thailand Volume 7 Part 1) (Middleton, 1999) และตรวจสอบพืชกับคำบรรยายลักษณะพบว่าตรงกับพรรณไม้ในสกุล *Plumeria* ชนิด *Plumeria obtusa* L. สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Suparman et al. (2023) ที่รายงานว่า *Plumeria obtusa* L. หนึ่งในพรรณไม้ที่พบได้ทั่วไปบนเกาะเทอร์นาเต ประเทศอินโดนีเซีย มีลักษณะเป็นไม้ต้นขนาดเล็ก แผ่นใบรูปไข่กลับหรือรูปขอบขนาน ปลายใบมน ใบสีเขียวเข้ม หลังใบมีความเงา กลีบดอกสีขาวและกลีบดอกสีเหลือง



ภาพที่ 4.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของลignum vitae (*Plumeria obtusa* L.) ต้น (A) เปลือก ลำต้น (B) ลักษณะใบ (C-F) การจัดเรียงตัวของใบ (G) หลังใบ (H) และท้องใบ (I)



ภาพที่ 4.2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของต้นทมิฬขาวพวง (*Plumeria obtusa* L.) ดอกและช่อดอก (A-B) การเจริญของดอกในระยะต่าง ๆ (C) กลีบเลี้ยง (D) การติดของเกสรเพศผู้บนวงกลีบดอก (E) เกสรเพศผู้และเกสรเพศเมีย (F) และรังไข่ (G)

อย่างไรก็ตามตัวอย่างพืชที่เก็บได้ในช่วงเวลาของการศึกษานี้ไม่พบผลและเมล็ด จึงไม่สามารถใช้ลักษณะของผลและเมล็ดมาประกอบการจำแนกชนิดเพิ่มเติมได้ แต่จากลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของส่วนอื่น ๆ ที่สามารถสังเกตได้นั้นเพียงพอสำหรับการระบุชนิดอย่างชัดเจนว่าเป็น *Plumeria obtusa* L.

#### 4.2 ร้อยละของผลผลิตของน้ำมันหอมระเหยที่สกัดจากดอกกลิ่นทมิฬขาวพวง

ดอกกลิ่นทมิฬขาวพวงที่ใช้ในการศึกษาการสกัดน้ำมันหอมระเหยแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ ดอกที่เก็บจากต้น (สด) ดอกที่เก็บจากต้น (ทำให้แห้ง) ดอกที่ร่วงหล่นจากต้น (สด) และดอกที่ร่วงหล่นจากต้น (ทำให้แห้ง) นำมาสกัดน้ำมันหอมระเหยด้วยวิธีการกลั่นด้วยน้ำ (Hydrodistillation) ใช้ชุดกลั่น Clevenger Apparatus เป็นเวลา 6 ชั่วโมง โดยมีสัดส่วนที่ใช้ในการสกัดระหว่างดอกกลิ่นทมิฬและ Purified Water โดยน้ำหนักเท่ากับ 100:700 สำหรับดอกกลิ่นทมิฬสด และ 50:700 สำหรับดอกกลิ่นทมิฬแห้ง จากผลการทดลองพบว่าดอกกลิ่นทมิฬสดทั้ง 2 กลุ่มให้ผลผลิตน้ำมันหอมระเหยในปริมาณเพียงเล็กน้อย โดยปรากฏเป็นหยดน้ำมันขนาดเล็กลอยอยู่บนผิวหน้าของชั้นไฮโดรซอล ซึ่งมีปริมาณไม่เพียงพอสำหรับการแยกออกมาเพื่อชั่งน้ำหนัก จึงไม่สามารถคำนวณร้อยละของผลผลิตได้ แสดงให้เห็นว่าดอกกลิ่นทมิฬสดอาจไม่เหมาะสมในการใช้สกัดน้ำมันหอมระเหยภายใต้สภาวะของงานวิจัยนี้

สำหรับดอกกลิ่นทมิฬแห้งทั้ง 2 กลุ่ม ให้ผลผลิตน้ำมันหอมระเหยลักษณะเป็นของเหลวสีซีเหลืองอ่อน เกิดการตกผลึกเป็นแว็กซ์สีขาวเมื่อจัดเก็บที่อุณหภูมิ 4 °C โดยลักษณะดังกล่าวสอดคล้องกับลักษณะของน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้จากดอกกลิ่นทมิฬสดจากการศึกษาของ Pitpiangchan et al. (2009) ที่รายงานว่ามึลักษณะสีเหลืองอ่อนและมีกลิ่นหอมเข้มข้น และจากการศึกษาของ Kamariah et al. (1999) ที่รายงานว่ามึลักษณะใส สีเหลือง และมีแว็กซ์สีขาว โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อจัดเก็บในตู้เย็น

โดยดอกกลิ่นทมิฬแห้งที่เก็บจากต้นและร่วงหล่นจากต้นให้ร้อยละของผลผลิตน้ำมันหอมระเหยโดยน้ำหนักแห้งเท่ากับ  $0.082 \pm 0.004$  และ  $0.084 \pm 0.015$  ตามลำดับ โดยไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) และเมื่อพิจารณาค่าร้อยละของวัตถุแห้ง (%Dry Matter) พบว่าดอกที่เก็บจากต้นมีค่าร้อยละของวัตถุแห้งเท่ากับ  $13.284 \pm 1.397$  สูงกว่าดอกที่ร่วงหล่นจากต้นเล็กน้อย ซึ่งมีเท่ากับ  $12.781 \pm 0.724$  เมื่อนำค่าร้อยละของผลผลิตมาคำนวณในรูปของน้ำหนักสดพบว่าดอกที่เก็บจากต้นและดอกที่ร่วงหล่นจากต้น ให้ร้อยละของผลผลิตโดยน้ำหนักสดเท่ากับ  $0.011 \pm 0.001$  และ  $0.011 \pm 0.002$  ตามลำดับ โดยไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

**ตารางที่ 4.1** ร้อยละของผลผลิตของน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้จากดอกกลิ่นทมสีชาวพวง

ตัวอย่างพืช	สัดส่วนที่ใช้สกัด โดยน้ำหนัก (g) (พืช:น้ำ)	ร้อยละของผลผลิต โดยน้ำหนักแห้ง (Dry Weight Basis)	ร้อยละของวัตถุดิบ (%Dry Matter)	ร้อยละของผลผลิต โดยน้ำหนักสด (Fresh Weight Basis)
ดอกที่เก็บจากต้น (สด)	100:700	-	13.284 ± 1.397	-
ดอกที่เก็บจากต้น (ทำให้แห้ง)	50:700	0.082 ± 0.004	13.284 ± 1.397	0.011 ± 0.001
ดอกที่ร่วงหล่นจากต้น (สด)	100:700	-	12.781 ± 0.724	-
ดอกที่ร่วงหล่นจากต้น (ทำให้แห้ง)	50:700	0.084 ± 0.015	12.781 ± 0.724	0.011 ± 0.002

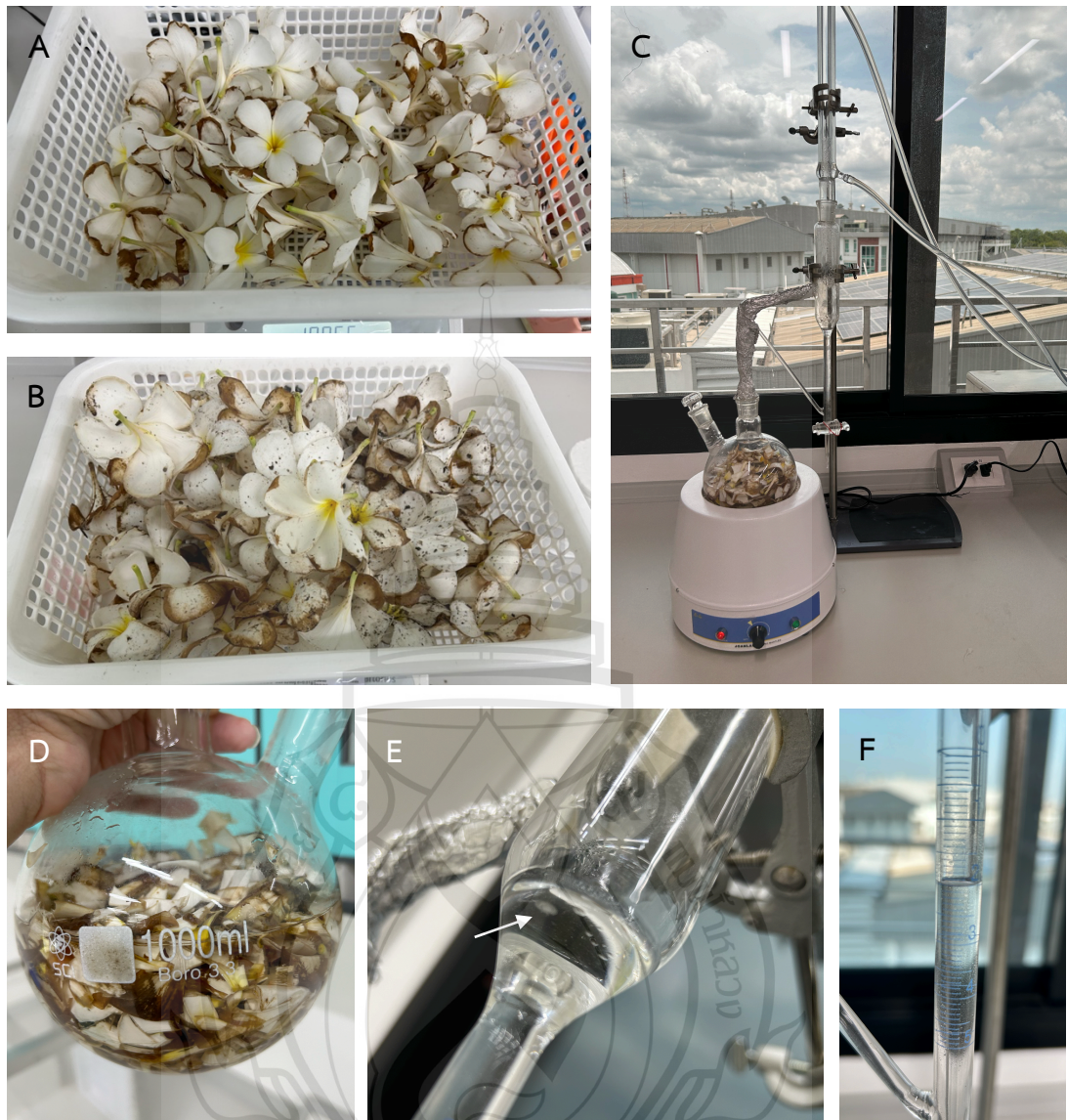
หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Mean ± SD) เมื่อ n=3

ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

เมื่อพิจารณาสัดส่วนที่ใช้ในการสกัดระหว่างดอกกลิ่นทมสดและ Purified Water โดยคำนวณจากน้ำหนักและร้อยละของวัตถุดิบ พบว่าสัดส่วนที่ใช้ในการสกัดที่เทียบเท่ากับดอกกลิ่นทมแห้งมีค่าเท่ากับ 13.28:700 และ 12.78:700 สำหรับดอกที่เก็บจากต้นและร่วงหล่นจากต้น ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าดอกกลิ่นทมแห้งที่ใช้เท่ากับ 50:700 ความแตกต่างดังกล่าวอาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้กลุ่มดอกกลิ่นทมแห้งสามารถให้ผลผลิตน้ำมันหอมระเหยได้เพียงพอ ในขณะที่กลุ่มดอกกลิ่นทมสดไม่สามารถให้ผลผลิตน้ำมันหอมระเหยได้ภายใต้สภาวะการกลั่นเดียวกัน แต่อย่างไรก็ตามเนื่องจากข้อจำกัดด้านปริมาณของชุดกลั่นที่ใช้ จึงไม่สามารถเพิ่มปริมาณดอกกลิ่นทมสดได้มากกว่า 100 กรัมต่อรอบ

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า ยังไม่มีรายงานการศึกษาการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากดอกกลิ่นทมแห้งโดยตรง มีเฉพาะการใช้ดอกกลิ่นทมสดเป็นวัตถุดิบซึ่งให้ร้อยละของผลผลิตที่สูงกว่า ตัวอย่างเช่น การศึกษาของ Pitpiangchan et al. (2009) ซึ่งรายงานร้อยละของผลผลิตเท่ากับ 0.0167 เมื่อทำการกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากดอกสด 300 กรัม เป็นเวลา 4 ชั่วโมง การศึกษาของ Kamariah et al. (1999) ที่รายงานร้อยละของผลผลิตเท่ากับ 0.2 โดยน้ำหนักแห้ง (เท่ากับ 0.031 โดยน้ำหนักสด) เมื่อกลั่นด้วย Neo-Clevenger Apparatus ที่ระยะเวลา 5-6 ชั่วโมง และการศึกษาของ Tohar et al. (2006a) ที่ใช้วิธีกลั่นน้ำมันหอมระเหยเป็นเวลา 8 ชั่วโมง จนได้เป็นชั้นของน้ำมันหอมระเหย จากนั้นนำชั้นน้ำที่เหลือมาสกัดด้วย n-Hexane แล้วนำไประเหยตัวทำละลายออก จะได้น้ำมันหอมระเหยเพิ่มขึ้นอีกส่วนหนึ่ง ส่งผลให้ร้อยละของผลผลิตรวมสูงถึง 0.13 โดยน้ำหนักแห้ง

ความแตกต่างของร้อยละของผลผลิตดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่าปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้อาจขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ได้แก่ ปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ในการสกัด ประสิทธิภาพของอุปกรณ์ที่ใช้สกัดรวมถึงขนาดของอุปกรณ์ ระยะเวลาที่ใช้ในการกลั่น และสภาพของวัตถุดิบ (ดอกสดหรือดอกแห้ง) เป็นต้น



ภาพที่ 4.3 ดอกลั่นทมสดที่เก็บจากต้น (A) ดอกลั่นทมสดที่ร่วงหล่นจากต้น (B) การกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากดอกลั่นทมสด (C-D) และน้ำมันหอมระเหยที่ปรากฏเป็นหยดน้ำมันขนาดเล็กลอยอยู่บนผิวหน้าของชั้นไฮโดรซอล (E-F)



ภาพที่ 4.4 ดอกลิ้นทมแห้งที่เก็บจากต้น (A) ดอกลิ้นทมแห้งที่ร่ว่งหล่นจากต้น (B) การกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากดอกลิ้นทมแห้ง (C-F) ลักษณะของน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้จากดอกลิ้นทมแห้งที่เก็บจากต้น (F) ลักษณะของน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้จากดอกลิ้นทมแห้งที่ร่ว่งหล่นจากต้น (G)

### 4.3 ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหย

เมื่อนำน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้จากดอกกลิ่นทมสีขาวพวงมาตรวจวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยใช้เทคนิค Gas Chromatography/Quadrupole Time-of-Flight Mass Spectrometry (GC/Q-TOF) โดยพิสูจน์เอกลักษณ์ขององค์ประกอบทางเคมีด้วยการเปรียบเทียบกับแมสสเปกตรัมของสารกับแมสสเปกตรัมมาตรฐานในฐานข้อมูล Reference Library ที่มีความเหมือน 75% ขึ้นไป และคำนวณปริมาณสารจากพื้นที่ใต้พีกในรูปของร้อยละของพื้นที่ใต้พีกสัมพันธ์ (% Relative Peak Area) พบองค์ประกอบทางเคมีที่สามารถระบุได้ 60 ชนิด สรุปได้ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้จากดอกกลิ่นทมสีขาวพวง

ลำดับที่	m/z	สูตรโมเลกุล	ชื่อสาร	ดอกที่เก็บจากต้น (ทำให้แห้ง)		ดอกที่ร่วงหล่นจากต้น (ทำให้แห้ง)	
				RT (min)	% Peak Area	RT (min)	% Peak Area
1	96.0211	C5 H4 O2	Furfural	5.524	0.036	5.524	0.032
2	124.1252	C9 H16	(2-Methylpropylidene)cyclopentane	6.348	0.008	ND	ND
3	98.0732	C6 H10 O	3-Methyl-4-methylenetetrahydrofuran	ND	ND	6.863	0.016
4	104.0626	C8 H8	Cinnamene	7.532	0.007	ND	ND
5	114.1045	C7 H14 O	1,3-Dimethylcyclopentanol	ND	ND	7.678	0.007
6	152.1201	C10 H16 O	Limonene Oxide	11.892	0.200	ND	ND
7	138.1045	C9 H14 O	Ligustral	12.058	0.057	ND	ND
8	128.1201	C8 H16 O	6-Methyl-5-hepten-2-ol	12.171	0.063	12.176	0.061
9	124.1252	C9 H16	$\delta$ -Cyclogeraniolene	13.091	0.013	13.091	0.025
10	134.1096	C10 H14	3,7,7-Trimethylcyclohepta-1,3,5-triene	13.489	0.010	ND	ND
11	136.1252	C10 H16	@-1-Methyl-5-(1-methylvinyl)cyclohexene	13.668	0.053	13.672	0.069
12	108.0575	C7 H8 O	Benzyl Alcohol	13.978	0.125	ND	ND
13	122.0368	C7 H6 O2	Salicylaldehyde	14.290	0.069	ND	ND
14	154.1358	C10 H18 O	cis-Sabinene Hydrate	ND	ND	14.651	0.024
15	142.1358	C9 H18 O	2-Nonanone	16.905	0.049	16.906	0.049
16	136.1252	C10 H16	1,3-Dimethyl-3-vinylcyclohex-1-ene	16.990	0.052	ND	ND
17	170.1307	C10 H18 O2	6-Hydroxylinalool	18.111	0.091	ND	ND
18	138.1045	C9 H14 O	4-Acetyl-1-methylcyclohexene	18.378	0.019	18.382	0.010
19	154.1358	C10 H18 O	cis,trans-4-Methyl-3-oxabicyclo[4.4.0]decane	18.466	0.161	ND	ND
20	152.1201	C10 H16 O	$\beta$ -Pinene Oxide	18.935	0.032	18.935	0.030
21	154.1358	C10 H18 O	Thujyl Alcohol	19.788	0.296	ND	ND
22	154.1358	C10 H18 O	Isopulegol	ND	ND	19.788	0.341
23	122.0368	C7 H6 O2	Benzoic acid	ND	ND	20.424	0.032

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

ลำดับที่	m/z	สูตรโมเลกุล	ชื่อสาร	ดอกที่เก็บจากต้น		ดอกที่ร่วงหล่นจากต้น	
				(ทำให้แห้ง)		(ทำให้แห้ง)	
				RT (min)	% Peak Area	RT (min)	% Peak Area
24	154.1358	C10 H18 O	{3,3-Dimethylbicyclo[2.2.1]heptan-2-yl}methanol (isomer 2)	20.729	0.076	20.725	0.097
25	152.1201	C10 H16 O	(3E,5E)-2,6-Dimethylocta-3,5,7-trien-2-ol	21.064	0.098	ND	ND
26	138.1045	C9 H14 O	3-Cyclohexene-1-propanal	ND	ND	21.536	0.492
27	152.1201	C10 H16 O	cis-Chrysanthenol	ND	ND	22.130	0.050
28	154.1358	C10 H18 O	p-Menth-4(8)-en-9-ol	22.135	0.038	ND	ND
29	154.1358	C10 H18 O	(+)-trans-Myrnanol	22.260	0.045	22.260	0.060
30	136.1252	C10 H16	7-Propylidene-bicyclo[4.1.0]heptane	22.620	0.125	ND	ND
31	170.1307	C10 H18 O2	1,7,7-Trimethyl-, (2-endo,5-exo)-bicyclo[2.2.1]heptane-2,5-diol	22.837	0.179	ND	ND
32	152.1201	C10 H16 O	Anethofuran	ND	ND	23.281	1.653
33	154.1358	C10 H18 O	(Z)-2-(3,3-Dimethylcyclohexylidene)ethanol	23.523	0.088	ND	ND
34	154.1358	C10 H18 O	cis-Isogeraniol	23.975	0.102	23.536	0.115
35	154.1358	C10 H18 O	Nerol	ND	ND	24.980	0.059
36	168.1150	C10 H16 O2	Limonene Dioxide	26.640	0.110	ND	ND
37	138.1045	C9 H14 O	2-Oxatricyclo[4.3.1.0(3,8)]decane	26.995	0.009	ND	ND
38	170.1307	C10 H18 O2	@-(+)-Citronellic Acid	27.267	0.087	ND	ND
39	152.1201	C10 H16 O	2-Isopropenyl-5-methylhex-4-enal	ND	ND	27.777	0.198
40	172.1252	C13 H16	1,1,6-Trimethyl-1,2-dihydronaphthalene	28.572	0.070	ND	ND
41	168.1150	C10 H16 O2	Geranic Acid	30.040	3.237	ND	ND
42	204.1878	C15 H24	$\alpha$ -Farnesene	31.002	0.036	ND	ND
43	150.1045	C10 H14 O	2-Ethylidene-6-methyl-3,5-heptadienal	31.521	0.021	ND	ND
44	192.1514	C13 H20 O	$\beta$ -Damascone	31.789	0.015	ND	ND
45	204.1878	C15 H24	$\beta$ -Caryophyllene	33.186	0.106	33.742	0.044
46	204.1878	C15 H24	Aromandendrene	34.123	0.038	ND	ND
47	204.1878	C15 H24	$\gamma$ -Gurjunene	34.441	0.055	ND	ND
48	204.1878	C15 H24	$\beta$ -Farnesene	35.227	0.222	ND	ND
49	220.1827	C15 H24 O	trans-(Z)- $\alpha$ -Bisabolene epoxide	35.545	0.047	ND	ND
50	152.1201	C10 H16 O	cis-p-Mentha-1(7),8-dien-2-ol	ND	ND	35.553	0.055
51	204.1878	C15 H24	$\beta$ -Cedrene	35.675	0.037	ND	ND
52	178.1358	C12 H18 O	1-Methyl-6-(3-methylbuta-1,3-dienyl)-7-oxabicyclo[4.1.0]heptane	38.381	0.009	ND	ND
53	220.1827	C15 H24 O	Fokienol	38.703	0.724	ND	ND
54	220.1827	C15 H24 O	Selina-3,11-dien-6- $\alpha$ -ol	38.875	0.021	ND	ND
55	204.1878	C15 H24	(1R,4S,5S)-1,8-Dimethyl-4-(prop-1-en-2-yl)spiro[4.5]dec-7-ene	ND	ND	41.409	0.130
56	228.2089	C14 H28 O2	Myristic Acid	44.911	1.667	44.915	2.143
57	236.2140	C16 H28 O	cis,cis-7,10,-Hexadecadienal	49.767	0.107	49.769	0.148

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

ลำดับที่	m/z	สูตรโมเลกุล	ชื่อสาร	ดอกที่เก็บจากต้น (ทำให้แห้ง)		ดอกที่ร่วงหล่นจากต้น (ทำให้แห้ง)	
				RT (min)	% Peak Area	RT (min)	% Peak Area
58	256.2402	C16 H32 O2	Palmitic Acid	52.507	0.534	51.687	5.081
59	298.2872	C19 H38 O2	Methyl Stearate	56.288	0.076	56.292	0.116
60	136.1252	C10 H16	$\alpha$ -Ocimene	72.510	0.387	ND	ND

หมายเหตุ m/z = มวลต่อประจุ, RT = Retention Time ในหน่วยนาที,

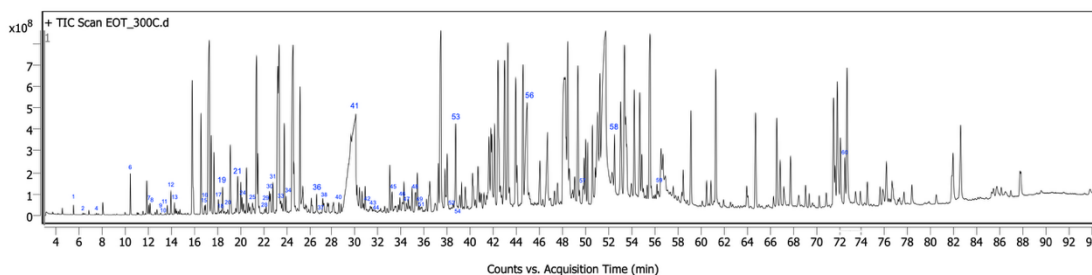
% Peak Area = ร้อยละของพื้นที่ใต้พีคสัมพัทธ์

ND = ไม่พบองค์ประกอบทางเคมี (Not Detected)

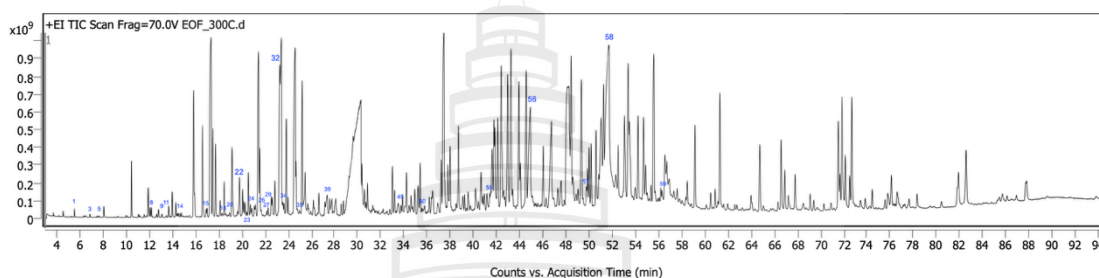
โดยองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากดอกที่เก็บจากต้น (ทำให้แห้ง) สามารถระบุชนิดได้ทั้งสิ้น 48 ชนิด คิดเป็นพื้นที่ใต้พีคสัมพัทธ์เท่ากับ 9.710% ส่วนใหญ่เป็นสารในกลุ่ม Monoterpene และอนุพันธ์ของ Monoterpene ได้แก่ Geranic Acid (3.237%),  $\alpha$ -Ocimene (0.387%), Thujyl Alcohol (0.296%), Limonene Oxide (0.200%) กลุ่ม Sesquiterpene และอนุพันธ์ของ Sesquiterpene ได้แก่ Fokinol (0.724%),  $\beta$ -Farnesene (0.222%) และกรดไขมัน ได้แก่ Myristic Acid (1.667%) และ Palmitic Acid (0.534%) รวมถึงยังพบ  $\alpha$ -Farnesene (0.036%),  $\beta$ -Caryophyllene (0.106%) และ Methyl Stearate (0.076%) ในปริมาณเล็กน้อย

ส่วนองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากดอกที่ร่วงหล่นจากต้น (ทำให้แห้ง) สามารถระบุชนิดได้ทั้งสิ้น 27 ชนิด คิดเป็นพื้นที่ใต้พีคสัมพัทธ์เท่ากับ 11.137% ส่วนใหญ่เป็นกรดไขมัน ได้แก่ Palmitic Acid (5.081%), Myristic Acid (2.143%) กลุ่มอนุพันธ์ของ Monoterpene ได้แก่ Anethofuran (1.653%), Isopulegol (0.341%) และ Cyclic Aliphatic Aldehyde ได้แก่ 3-Cyclohexene-1-propanal (0.492%) รวมถึงยังพบ  $\beta$ -Caryophyllene (0.044%), Nerol (0.059%), Benzoic acid (0.032%) และ Methyl Stearate (0.116%) ในปริมาณเล็กน้อย

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยข้างต้นพบว่าพื้นที่ใต้พีคสัมพัทธ์ของสารที่สามารถระบุชื่อได้มีค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับจำนวนพีคทั้งหมดที่ปรากฏในโครมาโตแกรม สาเหตุสำคัญอาจเกิดจากลักษณะเฉพาะของน้ำมันหอมระเหยที่มีองค์ประกอบทางเคมีหลากหลาย โดยเฉพาะสารในกลุ่มที่มีโครงสร้างคล้ายกันหรือมีปริมาณน้อยมาก ซึ่งอาจทำให้ไม่สามารถแยกสารแต่ละชนิดออกจากกันได้อย่างสมบูรณ์ จึงไม่สามารถระบุชื่อของสารเหล่านั้นได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ( $\geq 75\%$ ) ส่งผลให้มีสารจำนวนมากที่ตรวจพบแต่ไม่ถูกรวมอยู่ในรายการผลการวิเคราะห์



ภาพที่ 4.5 โครมาโตแกรมของน้ำมันหอมระเหยจากดอกที่เก็บจากต้น (ทำให้แห้ง)



ภาพที่ 4.6 โครมาโตแกรมของน้ำมันหอมระเหยจากดอกที่ร่วงหล่นจากต้น (ทำให้แห้ง)

เมื่อเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีที่วิเคราะห์ได้จากผลการศึกษาร่วมกันขององค์ประกอบทางเคมีในน้ำมันหอมระเหยจากดอกกลิ่นหอมชนิด *Plumeria obtuse* L. ของ Pitpiangchan et al. (2009) Kamariah et al. (1999) Kanlayavattanukul et al. (2013) และ Tohar et al. (2006a) พบว่ามีสารเหมือนกันหลายชนิด ได้แก่ Nerol,  $\beta$ -Caryophyllene,  $\alpha$ -Farnesene,  $\beta$ -Farnesene, Geranic Acid, Benzoic acid, Methyl Stearate และโดยเฉพาะอย่างยิ่ง Palmitic Acid และ Myristic Acid ซึ่งเป็นกรดไขมันที่มีจุดหลอมเหลวสูง ทำให้น้ำมันหอมระเหยจากดอกกลิ่นหอมสีขาวพบการตกผลึกเป็นแว็กซ์สีขาวเมื่อจัดเก็บที่อุณหภูมิต่ำ แต่อย่างไรก็ตามทั้งน้ำมันหอมระเหยจากดอกที่เก็บจากต้น (ทำให้แห้ง) และน้ำมันหอมระเหยจากดอกที่ร่วงหล่นจากต้น (ทำให้แห้ง) ไม่พบองค์ประกอบของ Benzyl Salicylate ซึ่งเป็นองค์ประกอบทางเคมีหลักที่สกัดได้จากดอกกลิ่นหอมสด และเป็นสารที่มีบทบาทสำคัญที่ทำให้เกิดฤทธิ์ในการต้านเชื้อ (Sulaiman et al., 2008) จึงอาจทำให้น้ำมันหอมระเหยจากดอกกลิ่นหอมแห้ง มีฤทธิ์ต้านเชื้อ *Streptococcus mutans* ที่น้อยกว่าน้ำมันหอมระเหยจากดอกกลิ่นหอมสด

#### 4.4 ผลการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH

เมื่อนำน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้มาทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร และใช้ Trolox เป็นสารมาตรฐานเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพ รายงานผลด้วยค่า TEAC (Trolox Equivalent Antioxidant Capacity) พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากดอกที่เก็บจากต้น (ทำให้แห้ง) และจากดอกที่ร่วงหล่นจากต้น (ทำให้แห้ง) มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระใกล้เคียงกัน โดยเท่ากับ  $0.268 \pm 0.003$  และ  $0.266 \pm 0.009$  mg TEAC/g EO ตามลำดับ และไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) แสดงให้เห็นว่าความแตกต่างของแหล่งที่มาของวัตถุดิบ คือ ดอกที่เก็บจากต้นและจากดอกที่ร่วงหล่นจากต้น ภายใต้เงื่อนไขการเตรียมตัวอย่างและวิธีการสกัดเดียวกัน ไม่มีผลต่อฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ สะท้อนให้เห็นถึงศักยภาพในการใช้ประโยชน์จากดอกที่ร่วงหล่นจากต้นมาใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์

**ตารางที่ 4.3** ผลการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ของน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้จากดอกส้มสีชาพวก

น้ำมันหอมระเหย	ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH (mg TEAC/g EO)
น้ำมันหอมระเหยจากดอกที่เก็บจากต้น (ทำให้แห้ง)	$0.268 \pm 0.003$
น้ำมันหอมระเหยจากดอกที่ร่วงหล่นจากต้น (ทำให้แห้ง)	$0.266 \pm 0.009$

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย  $\pm$  ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Mean  $\pm$  SD) เมื่อ  $n=3$

ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

จากค่า TEAC ที่ได้ แสดงให้เห็นว่าน้ำมันหอมระเหยจากดอกแห้งมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ค่อนข้างน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน Trolox ( $IC_{50}$  12.7  $\mu$ g/ml) และเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันหอมระเหยที่สกัดจากดอกส้มสดชนิดใกล้เคียง คือ *Plumeria alba* L. จากงานวิจัยอื่น โดยจากผลการศึกษาของ Leelapompisid et al. (2008) ได้รายงานค่า  $IC_{50}$  เท่ากับ 1.0766 mg/ml ซึ่งได้จากน้ำมันหอมระเหยที่สกัดด้วยปิโตรเลียมอีเทอร์เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และผ่านการระเหยตัวทำละลายก่อนนำมาชะด้วยเอทานอลจนได้น้ำมันหอมระเหยชนิด Absolute และจากการศึกษาของ Mamattah et al. (2023) ได้รายงานค่า  $IC_{50}$  เท่ากับ  $1,014 \pm 0.6$   $\mu$ g/ml ซึ่งได้จากน้ำมันหอมระเหยที่กลั่นด้วยไอน้ำ (Steam Distillation) เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ความแตกต่างของค่าฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระดังกล่าวอาจเกิดจากหลายปัจจัย เช่น ชนิดของพืช วิธีการสกัด องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยที่ได้ รวมถึงสภาพของวัตถุดิบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้ดอกสดหรือดอกแห้ง ซึ่งมีผลต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ โดยจะเห็นได้จากการศึกษาของ Pratiwi & Nuraini (2024)

ที่พบว่าดอกกุหลาบสดมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH สูงกว่าดอกกุหลาบแห้ง (ซากุหลาบ) อย่างมีนัยสำคัญ โดยมีค่า  $IC_{50}$  เท่ากับ  $39.48 \pm 2.79$  ppm ในขณะที่ดอกกุหลาบที่ผ่านการทำให้แห้งด้วยการอบ การตากแดด และการตากในที่ร่ม มีค่า  $IC_{50}$  เท่ากับ  $44.54 \pm 0.99$ ,  $49.50 \pm 3.75$  และ  $54.70 \pm 0.33$  ppm ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามจากการทบทวนวรรณกรรมยังไม่พบรายงานการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหอมระเหยจากดอกกลิ่นทมสีขาวพวงหรือชนิด *Plumeria obtusa* L. ดังนั้นผลการศึกษานี้จึงถือเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการอ้างอิงและสามารถใช้เป็นพื้นฐานสำหรับการศึกษาต่อยอดด้านคุณสมบัติทางชีวภาพของพืชชนิดนี้ในอนาคต

#### 4.5 ผลการทดสอบฤทธิ์ต้านเชื้อ *Streptococcus mutans*

##### 4.5.1 ผลการทดสอบฤทธิ์ต้านเชื้อ *Streptococcus mutans* ด้วยวิธี Agar Disc Diffusion

เมื่อนำน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้มาทดสอบฤทธิ์ต้านเชื้อ *Streptococcus mutans* ด้วยวิธี Agar Disc Diffusion พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากดอกที่เก็บจากต้น (ทำให้แห้ง) และจากดอกที่ร่วงหล่นจากต้น (ทำให้แห้ง) แสดงฤทธิ์ยับยั้งเชื้อได้ดีที่ความเข้มข้นไม่เจือจาง โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของขอบเขตการยับยั้งเชื้อ (Zone of Inhibition) เท่ากับ  $7.10 \pm 0.09$  และ  $7.08 \pm 0.11$  มิลลิเมตร ตามลำดับ โดยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) ระหว่างน้ำมันหอมระเหยทั้ง 2 ชนิด อย่างไรก็ตามเมื่อนำไปเจือจางในระดับ 10, 1 และ 0.1 มิลลิกรัม พบว่าไม่แสดงฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อ (ND: Not Detected) ในขณะที่ยามาตรฐาน Erythromycin 0.015 มิลลิกรัม ให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของขอบเขตการยับยั้งเชื้อเท่ากับ  $24.16 \pm 0.06$  มิลลิเมตร ซึ่งสูงกว่าน้ำมันหอมระเหยทั้ง 2 ชนิดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

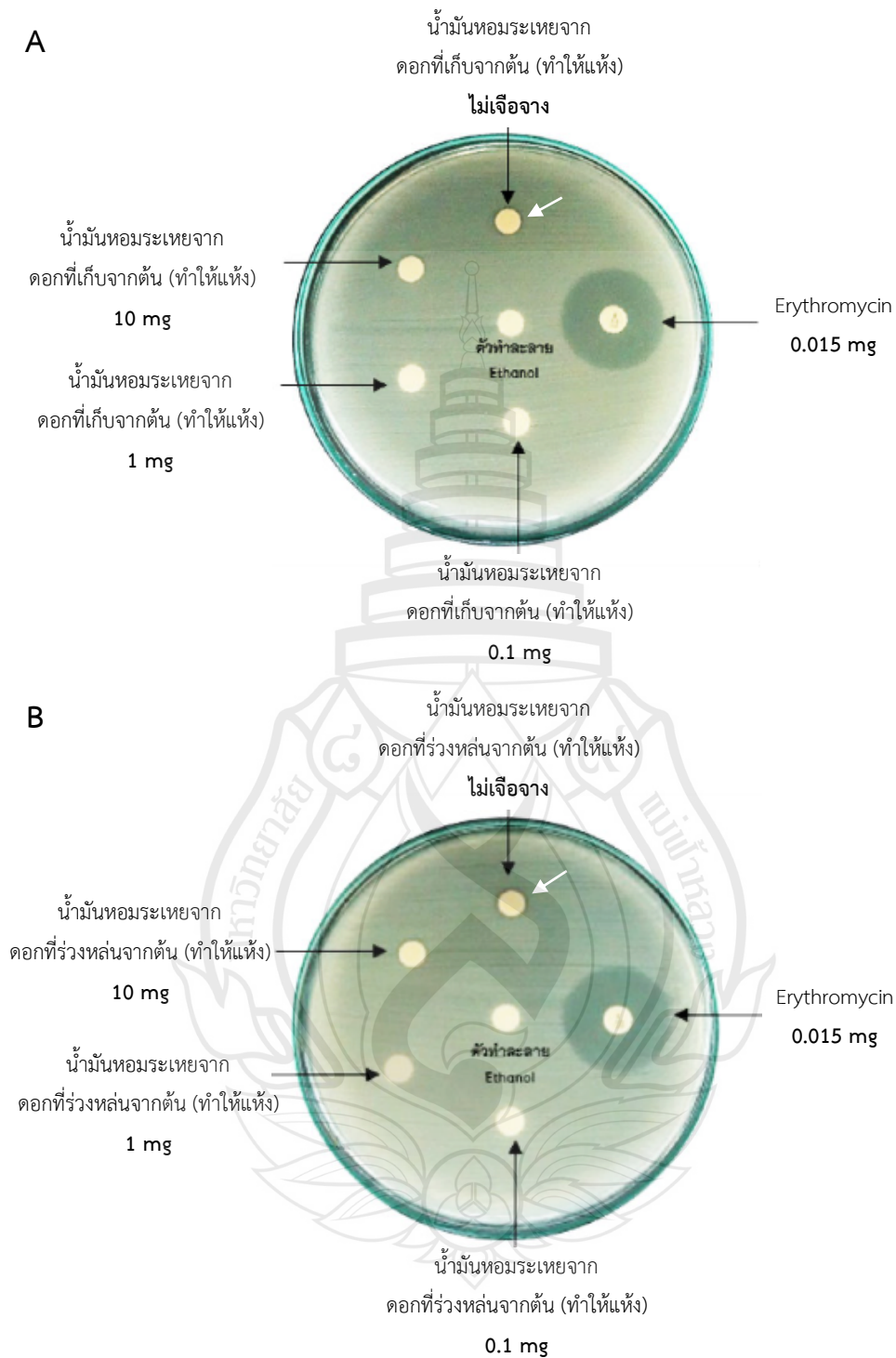
**ตารางที่ 4.4** ผลการทดสอบฤทธิ์ต้านเชื้อ *Streptococcus mutans* ด้วยวิธี Agar Disc Diffusion ของน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้จากดอกกลั่นทมสีชาวพวง

สารทดสอบ	ปริมาณ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของขอบเขตการยับยั้งเชื้อ (mm)
น้ำมันหอมระเหยจากดอกที่เก็บจากต้น (ทำให้แห้ง)	ไม่เจือจาง	7.10 ± 0.09 <sup>a</sup>
	10 mg	ND
	1 mg	ND
	0.1 mg	ND
น้ำมันหอมระเหยจากดอกที่ร่วงหล่นจากต้น (ทำให้แห้ง)	ไม่เจือจาง	7.08 ± 0.11 <sup>a</sup>
	10 mg	ND
	1 mg	ND
	0.1 mg	ND
Ethanol (Negative Control)	10 mg	ND
Erythromycin (Positive Control)	0.015 mg	24.16 ± 0.06 <sup>b</sup>

**หมายเหตุ** ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Mean ± SD) เมื่อ n=3

ด้วยอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ), ND = ไม่แสดงฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อ (Not Detected)

เมื่อเปรียบเทียบกับผลการศึกษาของ Sulaiman et al. (2008) ที่รายงานว่าน้ำมันหอมระเหยจากดอกกลั่นทมสีชาวพวงที่กลั่นด้วยไอน้ำ (Steam Distillation) มีฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียแกรมบวก *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus*, เชื้อยีสต์ *Candida albicans*, *C. humicola* และเชื้อรา *Trichophyton mentagrophytes*, *T. rubrum* และ *Microsporum canis* โดยแสดงขอบเขตการยับยั้งเชื้อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 11.5 ± 0.9, 11.2 ± 0.3, 10.7 ± 1.5, 15.7 ± 1.3, 8.3 ± 0.3, 7.2 ± 0.3 และ 7.7 ± 0.6 มิลลิเมตร ตามลำดับ แต่ไม่มีฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียแกรมลบ *Escherichia coli* พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากดอกกลั่นทมสีชาวพวงที่สกัดได้มีฤทธิ์ต้านเชื้อ *S. mutans* ซึ่งเป็นแบคทีเรียแกรมบวก โดยให้ขอบเขตการยับยั้งเชื้อใกล้เคียงกับเชื้อรา *T. rubrum* และ *M. canis* แต่น้อยกว่าเชื้อแบคทีเรียแกรมบวกอื่น เช่น *B. cereus* และ *S. aureus* ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากคุณสมบัติเฉพาะของเชื้อ *S. mutans* ที่สามารถสร้างไบโอฟิล์มซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการซึมผ่านของสารออกฤทธิ์ในน้ำมันหอมระเหย จึงส่งผลให้เกิดการยับยั้งได้ในระดับที่จำกัด แม้จะเป็นแบคทีเรียแกรมบวกเหมือนกัน



**ภาพที่ 4.7** ผลการทดสอบฤทธิ์ต้านเชื้อ *Streptococcus mutans* ด้วยวิธี Agar Disc Diffusion แสดงบริเวณขอบเขตการยับยั้งเชื้อ (Zone of Inhibition) ของน้ำมันหอมระเหยจากดอกที่เก็บจากต้น (ทำให้แห้ง) (A) และน้ำมันหอมระเหยจากดอกที่ร่วงหล่นจากต้น (ทำให้แห้ง) (B) เปรียบเทียบกับยามาตรฐาน Erythromycin

นอกจากนี้ อาจเกิดจากความคลาดเคลื่อนในขั้นตอนการเตรียม Disc เพื่อทดสอบ ซึ่งต้องรอให้ตัวทำละลายคือเอทานอลระเหยก่อนจึงจะนำไปวางบนจานเลี้ยงเชื้อ ซึ่งอาจทำให้ความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยลดลงได้ เนื่องจากมีองค์ประกอบของสารที่ระเหยง่ายหลายชนิด ซึ่งเป็นปัจจัยที่ควบคุมได้ยาก ดังนั้นการเปลี่ยนไปใช้วิธี Agar Well Diffusion จึงอาจเป็นทางเลือกที่เหมาะสมมากกว่า เนื่องจากสามารถหยดน้ำมันหอมระเหยลงในหลุมบนวุ้นที่เตรียมไว้โดยตรง โดยไม่ต้องผ่านขั้นตอนการระเหยตัวทำละลาย ซึ่งอาจช่วยลดความคลาดเคลื่อนของปริมาณสารออกฤทธิ์และให้ผลการทดสอบที่แม่นยำยิ่งขึ้น

เมื่อเปรียบเทียบผลการศึกษาฤทธิ์ต้านเชื้อ *S. mutans* ของสารสกัดดอกกลิ่นหอมชนิดใกล้เคียงคือ *Plumeria alba* L โดย Kaur et al. (2022) รายงานว่าสารสกัดเอทานอลจากดอกกลิ่นหอมที่นำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 45 °C และสกัดด้วยวิธี Maceration เป็นเวลา 3 วัน แสดงขอบเขตการยับยั้งเชื้อที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ  $12.00 \pm 0.10$  มิลลิเมตร ซึ่งแสดงฤทธิ์ต้านเชื้อได้ดีกว่าน้ำมันหอมระเหยจากดอกกลิ่นหอมสีขาวพวงที่จากงานวิจัยนี้ ความแตกต่างดังกล่าวอาจเกิดจากชนิดของพืชที่แตกต่างกัน รวมถึงองค์ประกอบทางเคมีของสารสกัด โดยสารสกัดเอทานอลมักมีแนวโน้มที่จะประกอบด้วยสารกลุ่ม Polyphenol Tannin หรือ Flavonoid ซึ่งมีคุณสมบัติต้านเชื้อได้ดี ในขณะที่น้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้ มีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็น Monoterpene Alcohol Monoterpene Ester และ Polyunsaturated Aldehyde ซึ่งมีฤทธิ์ต้านเชื้อในระดับจำกัดหรือออกฤทธิ์ต้านเชื้อบางชนิดเท่านั้น

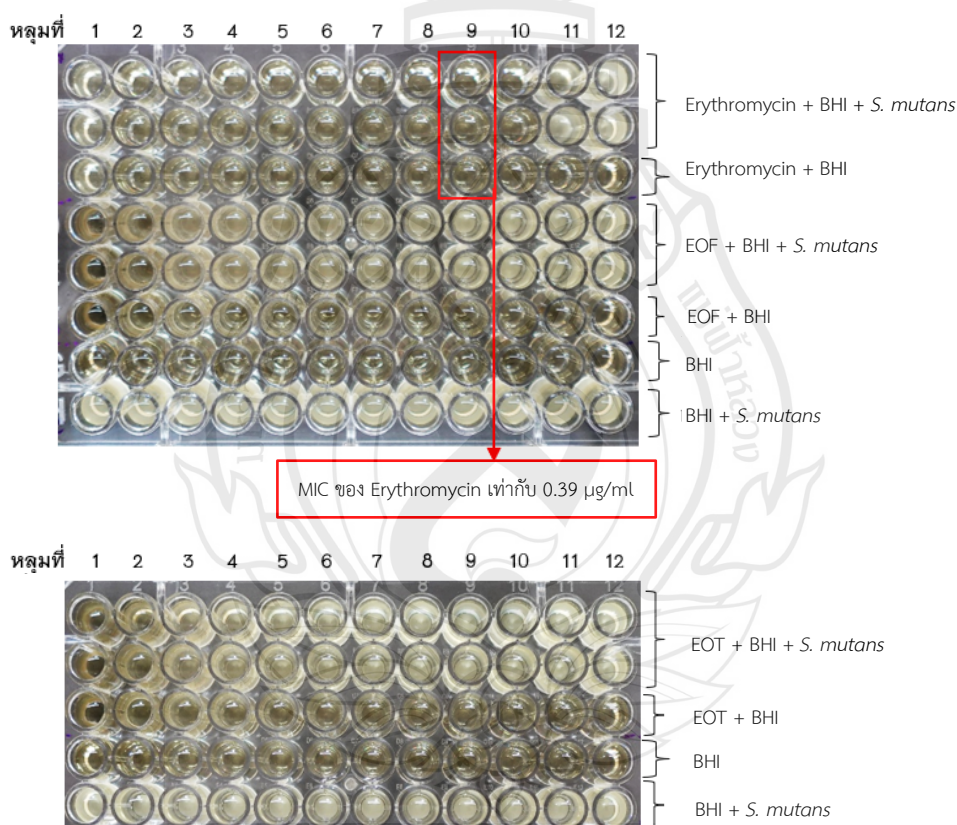
#### 4.5.2 ผลการทดสอบฤทธิ์ต้านเชื้อ *Streptococcus mutans* ด้วยวิธี Broth Microdilution

เมื่อนำน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้มาทดสอบฤทธิ์ต้านเชื้อ *Streptococcus mutans* ด้วยวิธี Broth Microdilution พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากดอกที่เก็บจากต้น (ทำให้แห้ง) และจากดอกที่ร่วงหล่นจากต้น (ทำให้แห้ง) ไม่แสดงฤทธิ์ต้านเชื้อ *Streptococcus mutans* ในช่วงความเข้มข้นที่ทำการทดสอบ ซึ่งอยู่ระหว่าง 0.36 ถึง 750 mg/ml แต่อย่างไรก็ตาม จากผลการทดสอบด้วยวิธี Agar Disc Diffusion พบว่าสามารถแสดงฤทธิ์ยับยั้งเชื้อได้ที่ความเข้มข้นไม่เจือจาง ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าน้ำมันหอมระเหยทั้งสองชนิดมีค่า MIC และ MBC มากกว่า 750 mg/ml ซึ่งเป็นระดับความเข้มข้นสูงสุดที่ใช้ในการทดสอบ ในขณะที่ยามาตรฐาน Erythromycin ให้ค่า MIC และ MBC เท่ากับ 0.39 และ 25 µg/ml ตามลำดับ

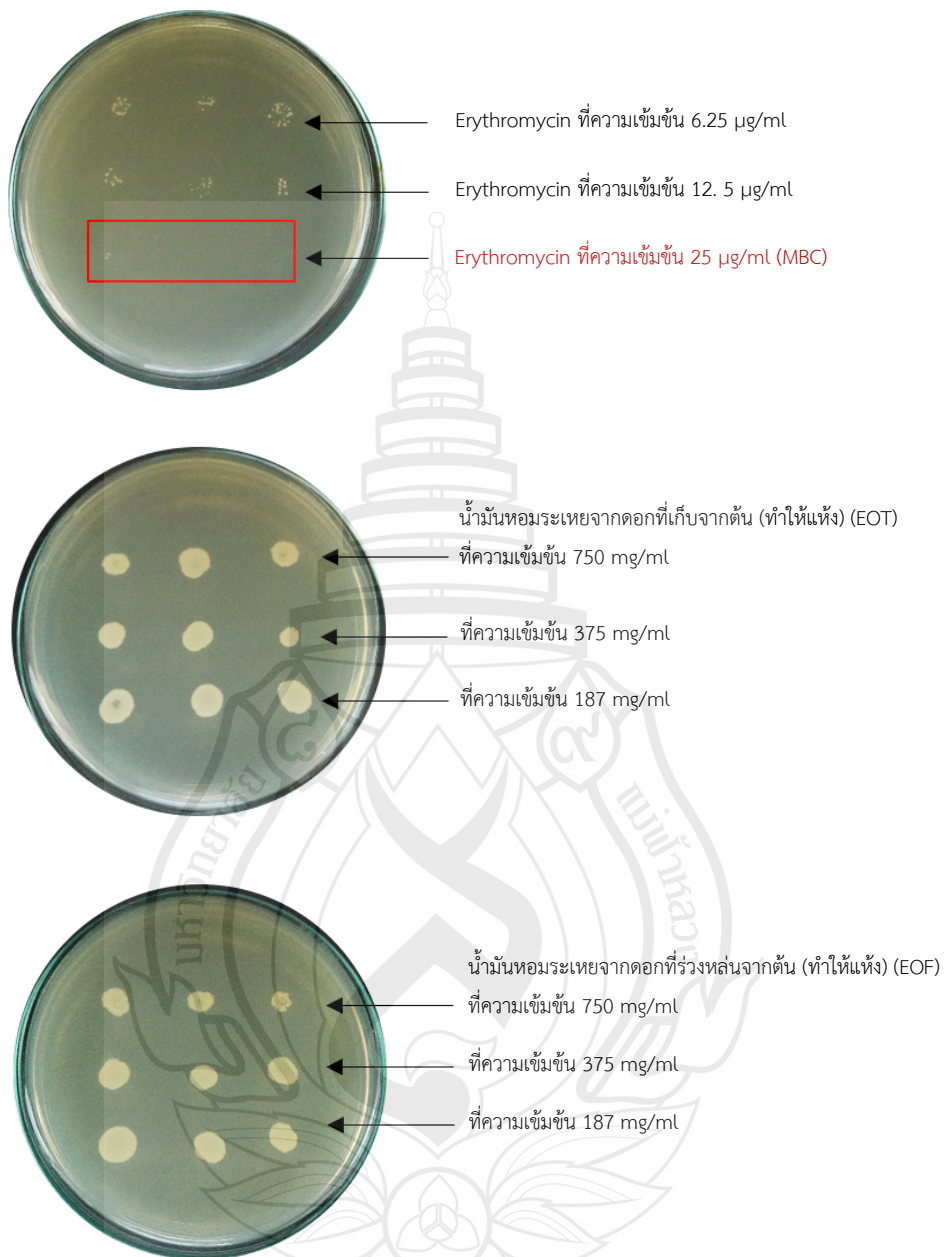
ตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบฤทธิ์ต้านเชื้อ *Streptococcus mutans* ด้วยวิธี Broth Microdilution ของน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้จากดอกกลั่นทมสีขาวพวง

สารทดสอบ	ฤทธิ์ต้านเชื้อ <i>Streptococcus mutans</i> ด้วยวิธี Broth Microdilution	
	MIC	MBC
น้ำมันหอมระเหยจากดอกที่เก็บจากต้น (ทำให้แห้ง) (mg/ml)	> 750	> 750
น้ำมันหอมระเหยจากดอกที่ร่วงหล่นจากต้น (ทำให้แห้ง) (mg/ml)	> 750	> 750
Erythromycin (Positive Control) ( $\mu\text{g/ml}$ )	0.39	25

หมายเหตุ ไม่พบฤทธิ์ต้านเชื้อในช่วงความเข้มข้นที่ทดสอบ (ระหว่าง 0.36 ถึง 750 mg/ml) โดยรายงานเป็นค่าที่มากกว่าระดับความเข้มข้นสูงสุดที่ใช้ในการทดสอบ



ภาพที่ 4.8 ผลการทดสอบหาความเข้มข้นต่ำสุดของสารที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโต (MIC) ของเชื้อ *Streptococcus mutans* โดยวิธี Broth Microdilution ของน้ำมันหอมระเหยจากดอกที่เก็บจากต้น (ทำให้แห้ง) (EOT) และน้ำมันหอมระเหยจากดอกที่ร่วงหล่นจากต้น (ทำให้แห้ง) (EOF) เปรียบเทียบกับยามาตรฐาน Erythromycin



ภาพที่ 4.9 ผลการทดสอบหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดของสารที่สามารถฆ่าเชื้อ *Streptococcus mutans* ได้ (MBC) โดยวิธี Drop Plate ของน้ำมันหอมระเหยจากดอกที่เก็บจากต้น (ทำให้แห้ง) (EOT) และน้ำมันหอมระเหยจากดอกที่ร่วงหล่นจากต้น (ทำให้แห้ง) (EOF) เปรียบเทียบกับยามาตรฐาน Erythromycin

เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาของ Kaur et al. (2022) รายงานว่าสารสกัดจากดอกกลิ่นหอมชนิดใกล้เคียงคือ *Plumeria alba* L. ที่สกัดด้วยวิธี Maceration เป็นเวลา 3 วัน โดยใช้เอทานอลและดอกกลิ่นหอมที่นำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 45 °C มีฤทธิ์ต้านเชื้อ *S. mutans* โดยมีค่า MIC เท่ากับ 3.12 µg/ml และ MBC เท่ากับ 6.25 µg/ml เมื่อทดสอบด้วยวิธี Broth Macrodilution ความแตกต่างดังกล่าวอาจเกิดจากความแตกต่างของชนิดของพืชและองค์ประกอบทางเคมีของสารสกัด โดยองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากดอกกลิ่นหอมสีขาวพวงในงานวิจัยนี้ ทั้งน้ำมันหอมระเหยจากดอกที่เก็บจากต้น (ทำให้แห้ง) และน้ำมันหอมระเหยจากดอกที่ร่วงหล่นจากต้น (ทำให้แห้ง) ไม่พบสาร Benzyl Salicylate ซึ่งมีบทบาทสำคัญที่ทำให้เกิดฤทธิ์ในการต้านเชื้อ (Sulaiman et al., 2008) ทำให้น้ำมันหอมระเหยที่ได้มีฤทธิ์ต้านเชื้อ *Streptococcus mutans* ที่ต่ำ

แต่อย่างไรก็ตาม จากการทบทวนวรรณกรรมยังไม่พบรายงานการศึกษาฤทธิ์ต้านเชื้อ *S. mutans* ของน้ำมันหอมระเหยจากดอกกลิ่นหอมสีขาวพวง ดังนั้นผลการศึกษานี้จึงถือเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการอ้างอิงและสามารถใช้เป็นพื้นฐานสำหรับการศึกษาค้นคว้าต่อยอดด้านคุณสมบัติทางชีวภาพของพืชชนิดนี้ในอนาคต

#### 4.6 ผลการพัฒนายาสีฟันที่มีส่วนผสมของน้ำมันหอมระเหยจากดอกกลิ่นหอมสีขาวพวง การประเมินคุณสมบัติ และการศึกษาความคงตัว

การพัฒนาตำรับยาสีฟันฟัน (F<sub>0</sub>) ซึ่งไม่มีส่วนผสมของน้ำมันหอมระเหย ได้เลือกใช้ Hydrated Silica 2 ชนิดเป็นสารขัดฟัน คือ Zeodent 124 และ Zeodent 165 โดย Zeodent 124 มีประสิทธิภาพการขัดระดับปานกลางถึงสูง (Medium-to-high) และ Zeodent 165 สามารถช่วยเพิ่มความหนืดให้กับยาสีฟันได้ เนื่องจากสารขัดฟันชนิด Hydrated Silica จะมีความเข้ากันได้กับฟลูออไรด์มากกว่าสารขัดฟันชนิดที่เป็นสารประกอบแคลเซียม เช่น Calcium Carbonate (CaCO<sub>3</sub>), Anhydrous Dicalcium Phosphate (CaHPO<sub>4</sub>) และ Dicalcium Phosphate Dihydrate (CaHPO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O) ซึ่งอาจจับตัวกับฟลูออไรด์เกิดเป็นสารประกอบแคลเซียมฟลูออไรด์ (CaF<sub>2</sub>) ที่ไม่ละลายน้ำและลดประสิทธิภาพของฟลูออไรด์ในสูตร และมีการเลือกใช้สาร Sodium Lauroyl Sarcosinate 30% ซึ่งเป็นสารลดแรงตึงผิวชนิดประจุลบ (Anionic Surfactant) แทน Sodium Lauryl Sulfate (SLS) ที่พบได้ในยาสีฟันทั่วไป สำหรับทำหน้าที่เป็นสารให้ฟอง (Foaming Agent) โดย Sodium Lauroyl Sarcosinate สามารถให้ฟองที่มีลักษณะละเอียด แน่น คงตัวดี และมีความระคายเคืองต่อเยื่อในช่องปากน้อยกว่า SLS นอกจากนี้ยังไม่จัดเป็นสารในกลุ่ม Sulfate จึงสามารถกล่าวอ้างสรรพคุณว่า “Sulfate-Free” ได้

สำหรับการพัฒนาตำรับยาสีฟันที่มีส่วนผสมของน้ำมันหอมระเหยจากดอกกลิ่นทมสีขาวพวง ( $F_1$ ) จะใช้ส่วนประกอบเช่นเดียวกับตำรับยาสีฟันพื้น ( $F_0$ ) ทุกประการ โดยเลือกใช้น้ำมันหอมระเหยที่สกัดจากดอกที่ร่วงหล่นจากต้น (ทำให้แห้ง) ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิด Upcycling โดยการใช้วัตถุดิบเหลือทิ้งจากธรรมชาติให้เกิดประโยชน์สูงสุด เนื่องจากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) ทั้งด้านปริมาณผลผลิต ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และฤทธิ์ต้านเชื้อ *S. mutans* เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันหอมระเหยจากดอกที่เก็บจากต้น (ทำให้แห้ง) ทั้งนี้ ได้กำหนดปริมาณการใช้น้ำมันหอมระเหยจากดอกกลิ่นทมสีขาวพวงในตำรับยาสีฟันไว้ที่ 4.70%w/w เนื่องจากน้ำมันหอมระเหยดังกล่าวมีฤทธิ์ทางชีวภาพค่อนข้างน้อย จึงต้องใช้ในระดับความเข้มข้นที่สูงเพื่อให้มีแนวโน้มแสดงผลได้ดี โดย 4.70%w/w เป็นปริมาณสูงสุดที่ไม่ส่งผลกระทบต่อคุณสมบัติด้านรสชาติ กลิ่น และสีของผลิตภัณฑ์ รวมถึงมีความปลอดภัย สอดคล้องตามมาตรฐานของสมาคมน้ำหอมนานาชาติ (International Fragrance Association: IFRA) ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 51 (IFRA, 2024) ซึ่งใกล้เคียงกับการศึกษาของ Ogboji et al. (2018) ที่พัฒนาตำรับยาสีฟันสมุนไพรโดยมีส่วนผสมของน้ำมันหอมระเหยที่ 5%w/w

จากนั้นนำตำรับยาสีฟันพื้น ( $F_0$ ) ตำรับยาสีฟันที่มีส่วนผสมของน้ำมันหอมระเหยจากดอกกลิ่นทมสีขาวพวง ( $F_1$ ) และไปประเมินคุณสมบัติเปรียบเทียบกับ โดยศึกษาลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ pH ความถ่วงจำเพาะ ความหนืด รวมถึงทดสอบประสิทธิภาพการใช้งาน ได้แก่ ความสามารถในการทำความสะอาด (Cleaning Ability) ความสามารถในการเกิดฟอง (Foaming Ability) ความสามารถในการกระจายตัว (Spreadability) ทั้งเริ่มต้นก่อนการศึกษาความคงตัวและสิ้นสุดการศึกษาความคงตัว สรุปผลได้ดังตารางที่ 4.6

โดยตำรับยาสีฟันพื้น ( $F_0$ ) มีลักษณะเป็นครีมข้นหนืดสีขาว มีกลิ่นหอมของเมนทอล รสชาติหวาน เย็นสดชื่น โดยมีคุณสมบัติเริ่มต้นก่อนการศึกษาความคงตัว ได้แก่ ค่า pH เท่ากับ 7.95 ค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 1.2472 ค่าความหนืดเท่ากับ 222,800 cPs (55.7%T) มีประสิทธิภาพการทำความสะอาดดี มีค่าการเกิดฟองเท่ากับ 95 และมีการกระจายตัวเส้นผ่านศูนย์กลาง 6.6 เซนติเมตร หลังสิ้นสุดการศึกษาความคงตัว แม้ว่าค่า pH จะเพิ่มขึ้นจาก 7.95 เป็น 8.17 แต่ยังคงอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการใช้งาน โดยไม่ก่อให้เกิดการระคายเคืองในช่องปาก สอดคล้องตามมาตรฐานอุตสาหกรรมสำหรับยาสีฟันสมุนไพร (มอก.เอส 41-2562) ซึ่งกำหนดให้ค่า pH ของยาสีฟันสมุนไพร ต้องอยู่ระหว่าง 5.5 – 10.5 และไม่เปลี่ยนแปลงจากค่าเดิมเกิน  $\pm 1.0$  (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2562) โดยค่า pH ที่เปลี่ยนแปลงไปอาจเกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางเคมี หรือการสลายตัวของสารในสูตร และพบว่าค่าความถ่วงจำเพาะเพิ่มขึ้นจาก 1.2472 เป็น 1.2546 ค่าความหนืดเพิ่มขึ้นจาก 222,800 cPs (55.7%T) เป็น 290,800 cPs (72.8%T) โดยอาจเกิดจากการระเหยของน้ำออกจากเนื้อยาสีฟัน แต่ยังคงอยู่ในระดับที่บีบใช้งานได้ ตามปกติ สำหรับค่าการเกิดฟอง

พบว่าลดลงเล็กน้อยจาก 95 เป็น 90 และมีการกระจายตัวลดลงเล็กน้อยจากเส้นผ่านศูนย์กลาง 6.6 เซนติเมตร เป็น 6.5 เซนติเมตร โดยอาจเกิดจากการเสื่อมของสารลดแรงตึงผิวที่ใช้เป็นสารให้ฟอง แต่อย่างไรก็ตาม ยาสีฟันยังคงมีประสิทธิภาพการทำความสะอาดที่ดีและการกระจายตัวที่ใกล้เคียงเดิม จึงไม่มีผลกระทบต่อการใช้งาน และไม่พบการเปลี่ยนแปลงที่ผิดปกติอื่น ๆ เมื่อสิ้นสุดการศึกษาความคงตัว

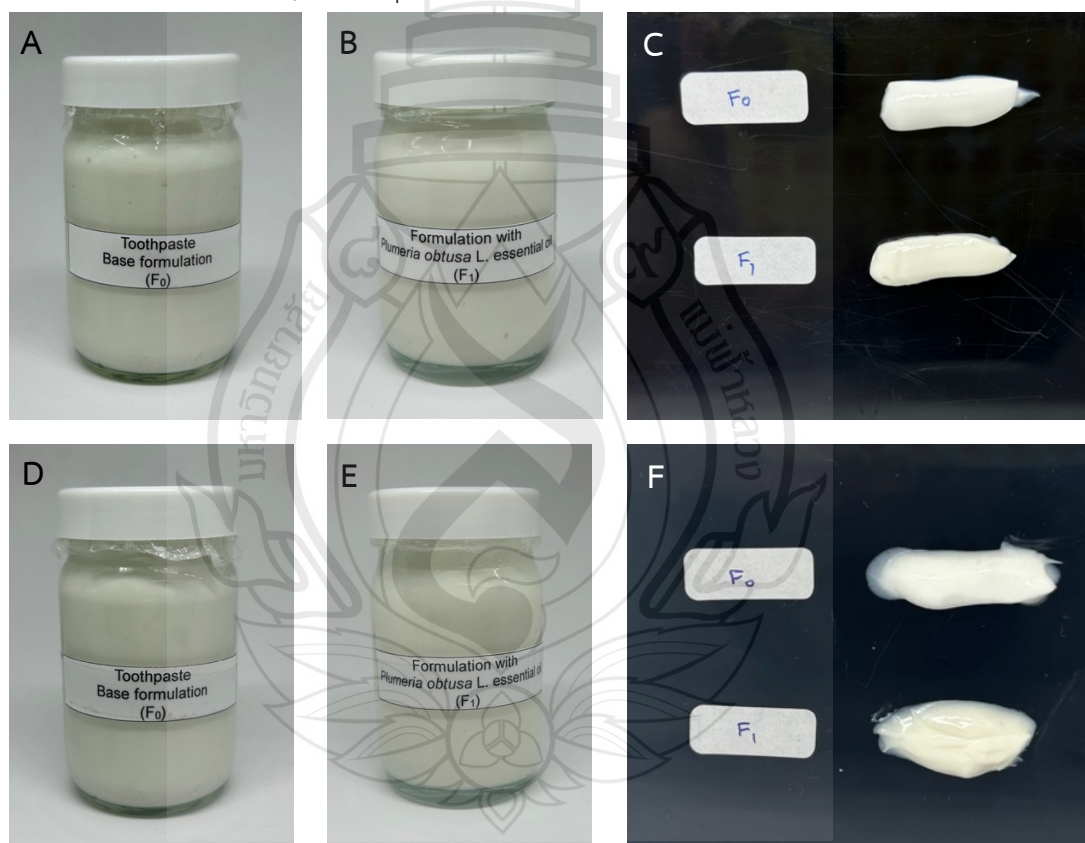
**ตารางที่ 4.6** คุณสมบัติของตำรับยาสีฟันฟัน (F<sub>0</sub>) และตำรับยาสีฟันที่มีส่วนผสมของน้ำมันหอมระเหยจากดอกกลิ่นทมสีขาวพวง (F<sub>1</sub>) เริ่มต้นก่อนการศึกษาความคงตัวและสิ้นสุดการศึกษาความคงตัว

คุณสมบัติ	ยาสีฟันฟัน (F <sub>0</sub> )		ยาสีฟันที่มีส่วนผสมของน้ำมันหอมระเหยจากดอกกลิ่นทมสีขาวพวง (F <sub>1</sub> )	
	เริ่มต้น	สิ้นสุด	เริ่มต้น	สิ้นสุด
ลักษณะปรากฏ	ครีมข้นหนืด	ครีมข้นหนืด	ครีมข้นหนืด	ครีมข้นหนืด
สี	ขาว	ขาว	ขาวอมเหลือง	ขาวอมเหลือง เข้มขึ้นเล็กน้อย
กลิ่น	เมนทอล	เมนทอล	กลิ่นทม, เมนทอล	กลิ่นทม, เมนทอล
รสชาติ	หวาน เย็นสดชื่น	หวาน เย็นสดชื่น	หวาน เย็นสดชื่น	หวาน เย็นสดชื่น
pH	7.95	8.17	7.77	8.01
ความถ่วงจำเพาะ	1.2472	1.2546	1.2413	1.2547
ความหนืด (cPs, %T)	222,800 (55.7%)	290,800 (72.8%)	308,000 (77.0%)	362,800 (90.7%)
การทำความสะอาด	มีประสิทธิภาพ	มีประสิทธิภาพ	มีประสิทธิภาพ	มีประสิทธิภาพ
การเกิดฟอง	95	90	0.1	0.1
การกระจายตัว (cm)	6.6	6.5	6.5	6.0

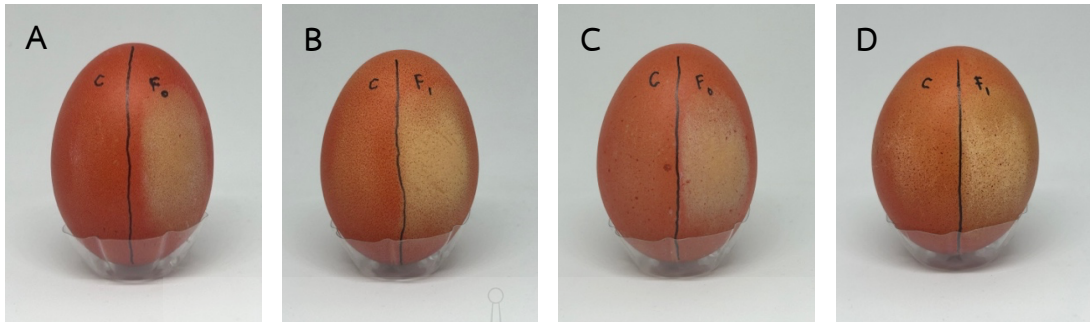
**หมายเหตุ** ความหนืดวัดโดยใช้เครื่องวัดความหนืดแบบ Brookfield Viscometer (Helipath Stand) พร้อม T-bar Spindle เบอร์ TD ที่ความเร็ว 5 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 นาที

สำหรับตำรับยาสีฟันที่มีส่วนผสมของน้ำมันหอมระเหยจากดอกกลิ่นทมสีขาวพวง (F<sub>1</sub>) มีลักษณะเป็นครีมข้นหนืดสีขาวอมเหลือง มีกลิ่นหอมของดอกกลิ่นทมและเมนทอล รสชาติหวาน เย็นสดชื่น มีคุณสมบัติเริ่มต้นก่อนการศึกษาความคงตัว ได้แก่ ค่า pH เท่ากับ 7.77 ค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 1.2413 ค่าความหนืดเท่ากับ 308,000 cPs (77.0%T) มีประสิทธิภาพการทำความสะอาดดี มีการกระจายตัวเส้นผ่านศูนย์กลาง 6.5 เซนติเมตร แต่พบว่ามีการเกิดฟองน้อยมากเท่ากับ 0.1 ซึ่งแตกต่างจากตำรับยาสีฟันฟัน (F<sub>0</sub>) อย่างชัดเจน อาจเป็นผลมาจากน้ำมันหอมระเหยจากดอก

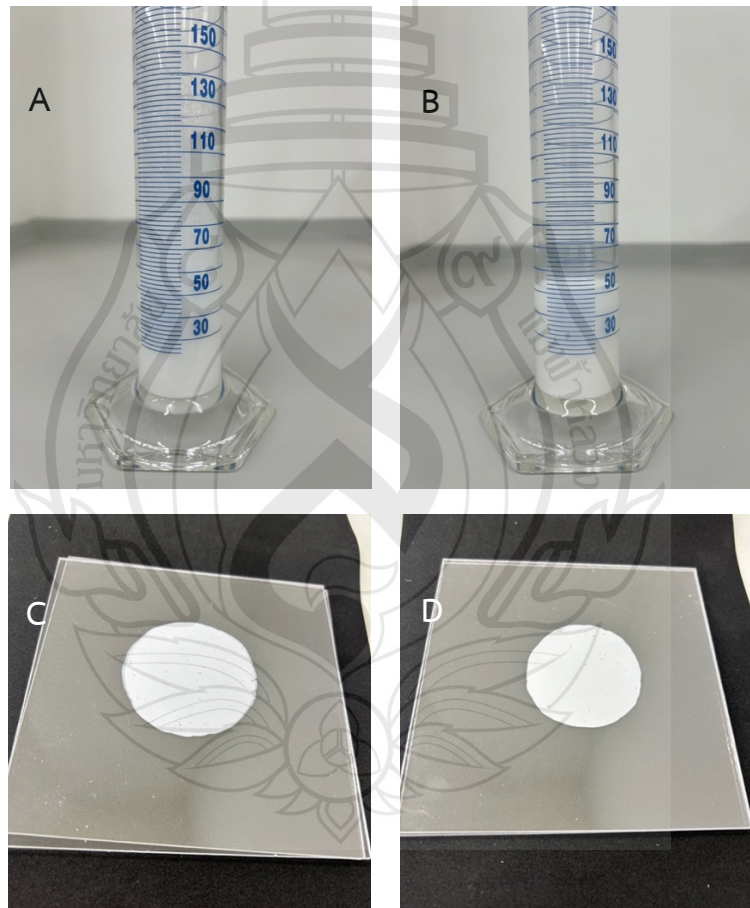
ล้นทมที่มีคุณสมบัติเป็นน้ำมัน ทำให้รบกวนการเกิดฟองของสารลดแรงตึงผิวในสูตร แต่อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ว่า ค่าการเกิดฟองจะลดลงอย่างมาก แต่ยังคงให้ประสิทธิภาพการทำความสะอาดที่ดี จึงไม่มีผลกระทบต่อการใช้งาน หลังสิ้นสุดการศึกษาความคงตัว มีค่า pH เพิ่มขึ้นจาก 7.77 เป็น 8.01 ซึ่งยังคงอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการใช้งาน และสอดคล้องตามมาตรฐานอุตสาหกรรมสำหรับยาสีฟันสมุนไพร โดยค่า pH ที่เปลี่ยนแปลงไปอาจเกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางเคมีหรือการสลายตัวของสารในสูตร และพบว่าค่าความถ่วงจำเพาะเพิ่มขึ้นจาก 1.2413 เป็น 1.2547 ค่าความหนืดเพิ่มขึ้นจาก 308,000 cPs (77.0%T) เป็น 362,800 cPs (90.7%T) โดยอาจเกิดจากการระเหยของน้ำออกจากเนื้อยาสีฟัน และมีการกระจายตัวลดลงจากเส้นผ่านศูนย์กลาง 6.5 เซนติเมตร เป็น 6.0 เซนติเมตร เนื่องมาจากความหนืดที่เพิ่มขึ้น แต่ยังคงอยู่ในระดับที่บีบใช้งานได้ตามปกติ และไม่พบการเปลี่ยนแปลงที่ผิดปกติอื่น ๆ เมื่อสิ้นสุดการศึกษาความคงตัว



ภาพที่ 4.10 ตำรับยาสีฟันพื้น (F<sub>0</sub>) และตำรับยาสีฟันที่มีส่วนผสมของน้ำมันหอมระเหยจากดอก ล้นทมสีขาวพวง (F<sub>1</sub>) เริ่มต้นก่อนการศึกษาความคงตัว (A-C) และสิ้นสุดการศึกษา ความคงตัว (D-F)



ภาพที่ 4.11 การทดสอบความสามารถในการทำความสะอาดของตำรับยาสีฟันฟัน ( $F_0$ ) และตำรับยาสีฟันที่มีส่วนผสมของน้ำมันหอมระเหยจากดอกกลิ่นทมสีขาวพวง ( $F_1$ ) เริ่มต้นก่อนการศึกษาความคงตัว (A-B) และสิ้นสุดการศึกษาความคงตัว (C-D)



ภาพที่ 4.12 การทดสอบความสามารถในการเกิดฟองและความสามารถในการกระจายตัวของตำรับยาสีฟันฟัน ( $F_0$ ) (A, C) และตำรับยาสีฟันที่มีส่วนผสมของน้ำมันหอมระเหยจากดอกกลิ่นทมสีขาวพวง ( $F_1$ ) (B, D)

เมื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติของตำรับยาสีฟันพื้น (F<sub>0</sub>) และตำรับยาสีฟันที่มีส่วนผสมของน้ำมันหอมระเหยจากดอกกลิ่นทมสีขาวพวง (F<sub>1</sub>) ที่พัฒนาขึ้นกับผลการศึกษาของ Ogboji et al. (2018) ที่ได้พัฒนาตำรับยาสีฟันสมุนไพร (F) และเปรียบเทียบคุณสมบัติกับยาสีฟันที่จำหน่ายในเชิงพาณิชย์ 3 ชนิด คือ ยาสีฟัน Close-Up (C), ยาสีฟัน Dabur-Herbal (D) และยาสีฟัน Oral-B (O) พบว่ามีความสอดคล้องกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งค่า pH และความสามารถในการกระจายตัวของเนื้อยาสีฟัน โดยพบว่าค่า pH ของยาสีฟันพื้น F<sub>0</sub> (7.95) และยาสีฟันดอกกลิ่นทม F<sub>1</sub> (7.77) มีค่า pH ต่ำกว่ายาสีฟันสมุนไพร F (8.8) แต่ใกล้เคียงกับยาสีฟัน C (7.5) และ ยาสีฟัน D (8.0) และสูงกว่ายาสีฟัน O (7.2) เล็กน้อย โดยค่า pH ทั้งหมดยังคงอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการใช้งาน และสอดคล้องตามมาตรฐานอุตสาหกรรมสำหรับยาสีฟันสมุนไพร ในส่วนของค่าความสามารถในการกระจายตัว พบว่ายาสีฟันพื้น F<sub>0</sub> (6.6 cm) และยาสีฟันดอกกลิ่นทม F<sub>1</sub> (6.5 cm) มีค่าที่น้อยกว่ายาสีฟันสมุนไพร F (8.0 cm) แต่ยังคงอยู่ในระดับใกล้เคียงกับยาสีฟันจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ (6.5 – 7.0 cm) แสดงให้เห็นว่ายาสีฟันพื้น F<sub>0</sub> และยาสีฟันดอกกลิ่นทม F<sub>1</sub> มีความสามารถในการกระจายตัวของยาสีฟันที่ดีเพียงพอสำหรับการใช้งานจริง สำหรับความสามารถในการเกิดฟองพบว่ายาสีฟันพื้น F<sub>0</sub> ซึ่งใช้ Sodium Lauroyl Sarcosinate เป็นสารให้ฟอง มีค่าการเกิดฟองสูงสุด (95) เมื่อเปรียบเทียบกับยาสีฟันในเชิงพาณิชย์ ได้แก่ ยาสีฟัน C (53), ยาสีฟัน D (51) และยาสีฟัน O (52) ซึ่งใช้สารให้ฟองเป็น Sodium Lauryl Sulfate และสูงกว่ายาสีฟันสมุนไพร F ซึ่งเป็นสูตรที่ไม่ใช้สารลดแรงตึงผิว (Detergent-Free) (30) แต่ยาสีฟันดอกกลิ่นทม F<sub>1</sub> มีค่าการเกิดฟองน้อยที่สุด (0.1) แต่อย่างไรก็ตามยังคงให้ประสิทธิภาพการทำความสะอาดที่ดี จึงไม่มีผลกระทบต่อการใช้งาน

## บทที่ 5

### สรุปผลและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผลการวิจัย

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณลักษณะของน้ำมันหอมระเหยจากดอกกลิ่นทมสีขาวพวง ซึ่งได้จากวัตถุดิบที่แตกต่างกัน ได้แก่ ดอกที่เก็บจากต้น (สด) ดอกที่เก็บจากต้น (ทำให้แห้ง) ดอกที่ร่วงหล่นจากต้น (สด) และดอกที่ร่วงหล่นจากต้น (ทำให้แห้ง) โดยศึกษาปริมาณผลผลิตและองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้ รวมถึงศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และฤทธิ์ต้านเชื้อ *Streptococcus mutans* เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการพัฒนาตำรับผลิตภัณฑ์ยาสีฟัน

ในขั้นตอนแรกของการวิจัยได้ดำเนินการตรวจสอบเอกลักษณ์ของพืช โดยเก็บตัวอย่างพืช ส่วนของกิ่งที่มีใบและดอกจากต้นกลิ่นทมที่ปลูกบริเวณรอบ ๆ บริษัท นิโคลาสเมต จำกัด ตำบลระแหง อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี ในช่วงเดือนเมษายน พ.ศ. 2567 เมื่อนำมาตรวจสอบเอกลักษณ์และชื่อวิทยาศาสตร์ โดยใช้รูปพรรณในหนังสือพรรณพฤกษชาติของไทย เล่ม 7 ตอนที่ 1 (Flora of Thailand Volume 7 Part 1) (Middleton, 1999) และตรวจสอบตัวอย่างพืชกับคำบรรยายลักษณะพบว่าตรงกับพรรณไม้ในสกุล *Plumeria* ชนิด *Plumeria obtusa* L.

สำหรับดอกกลิ่นทมสีขาวพวงที่นำมาสกัดน้ำมันหอมระเหย ได้ทำการเก็บตัวอย่างดอกกลิ่นทม 2 วิธี คือ เก็บดอกจากต้นและเก็บดอกที่ร่วงหล่นจากต้น โดยดอกที่ร่วงหล่นจากต้นต้องเป็นดอกที่ร่วงใหม่และมีความสด นำมาล้างทำความสะอาดด้วย Purified Water จากนั้นแบ่งดอกกลิ่นทมออกเป็น 2 ส่วน ส่วนหนึ่งนำไปสกัดน้ำมันหอมระเหยจากดอกสดภายใน 24 ชั่วโมง หรือก่อนที่ลักษณะของดอกจะเกิดการเปลี่ยนแปลงเริ่มคล้ำหรือดำ อีกส่วนหนึ่งนำไปทำให้แห้งในที่ร่ม เป็นระยะเวลา 7 วัน จนน้ำหนักไม่เปลี่ยนแปลงเพื่อใช้คำนวณร้อยละของวัตถุแห้ง (%Dry Matter) และนำไปสกัดน้ำมันหอมระเหยจากดอกแห้ง การสกัดน้ำมันหอมระเหยใช้วิธีการกลั่นด้วยน้ำ (Hydrodistillation) ด้วยชุด Clevenger Apparatus เป็นเวลา 6 ชั่วโมง โดยมีสัดส่วนที่ใช้ในการสกัดระหว่างดอกกลิ่นทมและ Purified Water โดยน้ำหนักเท่ากับ 100:700 สำหรับดอกกลิ่นทมสด และ 50:700 สำหรับดอกกลิ่นทมแห้ง ทำการสกัดทั้งหมด 3 ชั่วโมง

จากผลการทดลองพบว่ากลุ่มดอกกลิ่นทมสดทั้ง 2 กลุ่มให้ผลผลิตน้ำมันหอมระเหยในปริมาณเพียงเล็กน้อย โดยปรากฏเป็นหยดน้ำมันขนาดเล็กลอยอยู่บนผิวหน้าของชั้นไฮโดรซอล ซึ่งมีปริมาณไม่เพียงพอสำหรับการแยกออกมาเพื่อชั่งน้ำหนัก จึงไม่สามารถคำนวณร้อยละของผลผลิตได้ ส่วน

กลุ่มของดอกกลิ่นหอมแห้งให้น้ำมันหอมระเหยที่มีลักษณะเป็นของเหลวใส สีเหลืองอ่อน เกิดการตกผลึกเป็นแวกซ์สีขาวเมื่อจัดเก็บที่อุณหภูมิ 4 °C มีร้อยละของผลผลิตน้ำมันหอมระเหยโดยน้ำหนักแห้งเท่ากับ  $0.082 \pm 0.004$  และ  $0.084 \pm 0.015$  ตามลำดับ โดยดอกที่เก็บจากต้นมีค่าร้อยละของวัตถุแห้งเท่ากับ  $13.284 \pm 1.397$  สูงกว่าดอกที่ร่วงหล่นจากต้นเล็กน้อย ซึ่งมีเท่ากับ  $12.781 \pm 0.724$  จากค่าร้อยละของวัตถุแห้งสามารถคำนวณร้อยละของผลผลิตโดยน้ำหนักสดได้ เท่ากับ  $0.011 \pm 0.001$  และ  $0.011 \pm 0.002$  ตามลำดับ และไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

เมื่อน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้มาตรวจวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยใช้เทคนิค Gas Chromatography/Quadrupole Time-of-Flight Mass Spectrometry (GC/Q-TOF) โดยพิสูจน์เอกลักษณ์ขององค์ประกอบทางเคมีด้วยการเปรียบเทียบแมสสเปกตรัมของสารกับแมสสเปกตรัมมาตรฐานในฐานข้อมูล Reference Library ที่มีความเหมือน 75% ขึ้นไป และคำนวณปริมาณสารจากพื้นที่ใต้พีกในรูปของร้อยละของพื้นที่ใต้พีกสัมพัทธ์ (%Relative Peak Area) โดยองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากดอกที่เก็บจากต้น (ทำให้แห้ง) ที่สามารถระบุชนิดได้มี 48 ชนิด คิดเป็นพื้นที่ใต้พีกสัมพัทธ์เท่ากับ 9.710% ส่วนใหญ่ ได้แก่ Geranic Acid (3.237%),  $\alpha$ -Ocimene (0.387%), Thujyl Alcohol (0.296%), Limonene Oxide (0.200%), Fokinol (0.724%),  $\beta$ -Farnesene (0.222%), Myristic Acid (1.667%) และ Palmitic Acid (0.534%) และยังพบ  $\alpha$ -Farnesene (0.036%),  $\beta$ -Caryophyllene (0.106%) และ Methyl Stearate (0.076%) ในปริมาณเล็กน้อย ส่วนองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากดอกที่ร่วงหล่นจากต้น (ทำให้แห้ง) ที่สามารถระบุชนิดได้มี 27 ชนิด คิดเป็นพื้นที่ใต้พีกสัมพัทธ์เท่ากับ 11.137% ส่วนใหญ่ ได้แก่ Palmitic Acid (5.081%), Myristic Acid (2.143%), Anethofuran (1.653%), Isopulegol (0.341%) และ 3-Cyclohexene-1-propanal (0.492%) และยังพบ  $\beta$ -Caryophyllene (0.044%), Nerol (0.059%), Benzoic acid (0.032%) และ Methyl Stearate (0.116%) ในปริมาณเล็กน้อย โดยไม่พบองค์ประกอบของ Benzyl Salicylate ซึ่งเป็นองค์ประกอบทางเคมีหลักที่สกัดได้จากดอกกลิ่นสดและมีบทบาทสำคัญที่ทำให้เกิดฤทธิ์ในการต้านเชื้อ

จากทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร และใช้ Trolox เป็นสารมาตรฐานเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพ โดยน้ำมันหอมระเหยจากดอกที่เก็บจากต้น (ทำให้แห้ง) และจากดอกที่ร่วงหล่นจากต้น (ทำให้แห้ง) มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระใกล้เคียงกันเท่ากับ  $0.268 \pm 0.003$  และ  $0.266 \pm 0.009$  mg TEAC/g EO ตามลำดับ และไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

จากทดสอบฤทธิ์ต้านเชื้อ *S. mutans* ด้วยวิธี Agar Disc Diffusion พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากดอกที่เก็บจากต้น (ทำให้แห้ง) และจากดอกที่ร่วงหล่นจากต้น (ทำให้แห้ง) แสดงฤทธิ์ยับยั้งเชื้อ

ได้ที่ความเข้มข้นไม่เจือจาง โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของขอบเขตการยับยั้งเชื้อ (Zone of Inhibition) เท่ากับ  $7.10 \pm 0.09$  และ  $7.08 \pm 0.11$  มิลลิเมตร ตามลำดับ โดยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) อย่างไรก็ตามเมื่อนำไปเจือจางในระดับ 10, 1 และ 0.1 มิลลิกรัม พบว่าไม่แสดงฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อ ในขณะที่ยามาตรฐาน Erythromycin 0.015 มิลลิกรัม ให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของขอบเขตการยับยั้งเชื้อเท่ากับ  $24.16 \pm 0.06$  มิลลิเมตร ซึ่งสูงกว่าน้ำมันหอมระเหยทั้ง 2 ชนิดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

จากการทดสอบฤทธิ์ต้านเชื้อ *S. mutans* ด้วยวิธี Broth Microdilution พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากดอกที่เก็บจากต้น (ทำให้แห้ง) และจากดอกที่ร่วงหล่นจากต้น (ทำให้แห้ง) ไม่แสดงฤทธิ์ต้านเชื้อ *S. mutans* ในช่วงความเข้มข้นที่ทำการทดสอบ ซึ่งอยู่ระหว่าง 0.36 ถึง 750 mg/ml แต่อย่างไรก็ตาม จากผลการทดสอบด้วยวิธี Agar Disc Diffusion พบว่าสามารถแสดงฤทธิ์ยับยั้งเชื้อได้ที่ความเข้มข้นไม่เจือจาง ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าน้ำมันหอมระเหยทั้งสองชนิดมีค่า MIC และ MBC มากกว่า 750 mg/ml ซึ่งเป็นระดับความเข้มข้นสูงสุดที่ใช้ในการทดสอบ ในขณะที่ยามาตรฐาน Erythromycin ให้ค่า MIC และ MBC เท่ากับ 0.39 และ 25 µg/ml ตามลำดับ

จากข้อมูลทั้งหมดจึงเลือกใช้น้ำมันหอมระเหยจากดอกที่ร่วงหล่นจากต้น (ทำให้แห้ง) มาพัฒนาเป็นตำรับยาสีฟันที่มีส่วนผสมของน้ำมันหอมระเหยจากดอกกลิ่นทมิฬขาวพวง ( $F_1$ ) ในปริมาณ 4.70% w/w โดยมีส่วนประกอบอื่น ๆ ที่สำคัญเช่นเดียวกับตำรับยาสีฟันพื้น ( $F_0$ ) ได้แก่ Zeodent 124 และ Zeodent 165 เป็นสารขัดฟัน Sodium Lauroyl Sarcosinate 30% เป็นสารให้ฟอง Xanthan Gum และ Sodium Carboxymethylcellulose เป็นสารยึดเกาะหรือทำให้ข้น Xylitol และ Sodium Saccharin เป็นสารให้ความหวาน Sorbitol 70%, Propylene Glycol และ Glycerin เป็นสารคงความชุ่มชื้น Sodium Benzoate และ Potassium Sorbate เป็นสารกันเสีย และแต่งกลิ่นด้วย Menthol และ Flavor Cooling Effect โดยใช้ Sodium Fluoride เป็นสารป้องกันฟันผุ 0.321% w/w เทียบเท่าฟลูออไรด์ 1,450 ppm

นำตำรับยาสีฟันพื้น ( $F_0$ ) ซึ่งไม่มีส่วนผสมของน้ำมันหอมระเหยและตำรับยาสีฟันที่มีส่วนผสมของน้ำมันหอมระเหยจากดอกกลิ่นทมิฬขาวพวง ( $F_1$ ) ที่ได้มาประเมินคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสและคุณสมบัติทางกายภาพ-เคมี ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ pH ความถ่วงจำเพาะ ความหนืด ความสามารถในการทำความสะอาด ความสามารถในการเกิดฟอง ความสามารถในการกระจายตัว รวมถึงศึกษาความคงตัวของตำรับด้วยสภาวะร้อนสลับเย็น โดยจัดเก็บที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำไปเก็บที่อุณหภูมิ 45 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง สลับกันจบครบ 6 รอบ พบว่าตำรับยาสีฟันพื้น ( $F_0$ ) มีลักษณะเป็นครีมข้นหนืดสีขาว มีกลิ่นหอมของเมนทอล รสชาติหวาน เย็นสดชื่น โดยมีคุณสมบัติเริ่มต้นก่อนการศึกษาความคงตัว ได้แก่ ค่า pH เท่ากับ 7.95 ค่าความถ่วงจำเพาะ เท่ากับ 1.2472 ค่าความหนืดเท่ากับ 222,800 cPs (55.7%T) มีประสิทธิภาพการทำความสะอาดดี

มีค่าการเกิดฟองเท่ากับ 95 และมีการกระจายตัวเส้นผ่านศูนย์กลาง 6.6 เซนติเมตร หลังสิ้นสุดการศึกษาความคงตัว มีค่า pH เท่ากับ 8.17 ค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 1.2546 ค่าความหนืดเพิ่มขึ้นเท่ากับ 290,800 cPs (72.8%T) มีประสิทธิภาพการทำความสะอาดคงเดิม มีค่าการเกิดฟองเท่ากับ 90 และมีการกระจายตัวเส้นผ่านศูนย์กลาง 6.5 เซนติเมตร โดยไม่พบการเปลี่ยนแปลงที่ผิดปกติเมื่อสิ้นสุดการศึกษาความคงตัว

สำหรับตำรับยาสีฟันที่มีส่วนผสมของน้ำมันหอมระเหยจากดอกกลิ่นทมสีขาวพวง ( $F_1$ ) มีลักษณะเป็นครีมข้นหนืดสีขาวอมเหลือง มีกลิ่นหอมของดอกกลิ่นทมและเมนทอล รสชาติหวาน เย็นสดชื่น มีคุณสมบัติเริ่มต้นก่อนการศึกษาความคงตัว ได้แก่ ค่า pH เท่ากับ 7.77 ค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 1.2413 ค่าความหนืดเท่ากับ 308,000 cPs (77.0%T) มีประสิทธิภาพการทำความสะอาดดี แต่พบว่ามีค่าการเกิดฟองน้อยมากเท่ากับ 0.1 และมีการกระจายตัวเส้นผ่านศูนย์กลาง 6.5 เซนติเมตร หลังสิ้นสุดการศึกษาความคงตัว มีค่า pH เท่ากับ 8.01 ค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 1.2547 ค่าความหนืดเพิ่มขึ้นเท่ากับ 362,800 cPs (90.7%T) มีประสิทธิภาพการทำความสะอาดคงเดิม มีค่าการเกิดฟองเท่ากับ 0.1 และมีการกระจายตัวเส้นผ่านศูนย์กลาง 6.0 เซนติเมตร โดยพบว่าเนื้อยาสีฟันมีสีเข้มขึ้นเล็กน้อยเมื่อสิ้นสุดการศึกษาความคงตัว

จากผลการศึกษาทั้งหมด แม้วาร้อยละผลผลิตของน้ำมันหอมระเหยจากดอกกลิ่นทมสีขาวพวง (*Plumeria obtusa* L.) จะไม่สูง แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างดอกที่เก็บจากต้นและดอกที่ร่วงหล่นจากต้น จึงสามารถนำดอกที่ร่วงหล่นตามธรรมชาติมาใช้ประโยชน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่าในรูปแบบของการอัพไซเคิล (Upcycle) โดยน้ำมันหอมระเหยที่ได้แสดงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์ต้านเชื้อ *Streptococcus mutans* ที่ความเข้มข้นไม่เจือจาง และยังไม่มียารายงานการศึกษาก่อนหน้านี้ที่กล่าวถึงฤทธิ์ดังกล่าว ผลการศึกษานี้จึงมีส่วนช่วยเติมเต็มช่องว่างทางองค์ความรู้ และสามารถนำไปต่อยอดในการวิจัยเชิงลึกในอนาคต สำหรับผลิตภัณฑ์ยาสีฟันต้นแบบที่พัฒนาขึ้นมีคุณสมบัติและความคงตัวที่ดี แสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการต่อยอดสู่การพัฒนาผลิตภัณฑ์ในเชิงพาณิชย์ที่มีส่วนผสมจากธรรมชาติปลอดภัยต่อผู้บริโภค อันเป็นทางเลือกในการสร้างมูลค่าให้กับดอกกลิ่นทมสีขาวพวงได้

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ มีประเด็นที่สามารถนำไปใช้ในการพัฒนาและต่อยอดงานวิจัยในอนาคต ดังนี้

5.2.1 ควรเพิ่มขนาดของอุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการกลั่นด้วยน้ำ เพื่อให้สามารถเพิ่มปริมาณวัตถุดิบได้อย่างเพียงพอสำหรับการสกัด เพื่อให้สามารถศึกษาปริมาณผลผลิต รวมถึงประเมินฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์ต้านเชื้อ *Streptococcus mutans* ของน้ำมันหอมระเหยจากดอกกลั่นทมสดได้อย่างครบถ้วน

5.2.2 นอกเหนือไปจากการใช้น้ำมันหอมระเหยจากดอกกลั่นทม อาจพิจารณาการใช้สารสกัดชนิดอื่น เช่น สารสกัดเอทานอล ซึ่งมีรายงานฤทธิ์ทางชีวภาพที่สูงกว่าและให้ปริมาณผลผลิตที่มากกว่า แม้ว่าอาจให้กลิ่นที่แตกต่างจากน้ำมันหอมระเหย

5.2.3 อาจพิจารณาใช้วิธี Agar Well Diffusion แทนวิธี Agar Disc Diffusion เนื่องจากวิธี Agar Well Diffusion อาจให้ผลที่แม่นยำมากกว่า โดยเฉพาะในกรณีที่ทดสอบกับน้ำมันหอมระเหย ซึ่งมีโอกาสที่จะระเหยไปพร้อมกับตัวทำละลายระหว่างขั้นตอนการเตรียม Disc ทำให้ความเข้มข้นของสารลดลงและส่งผลกระทบต่อความถูกต้องของผลการทดสอบ

5.2.4 การศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ควรทดสอบค่า  $IC_{50}$  ของน้ำมันหอมระเหย เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่น ๆ ได้อย่างชัดเจน

5.2.5 ในตำรับยาสีฟันที่มีส่วนผสมของน้ำมันหอมระเหยจากดอกกลั่นทมสีขาวพวง อาจพิจารณาปรับเพิ่มสัดส่วนของสารให้ฟองให้เหมาะสม เพื่อให้ค่าการเกิดฟองให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อความรู้สึกของผู้ใช้ รวมถึงศึกษาความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อสูตรยาสีฟันที่พัฒนาขึ้น โดยประเมินทั้งด้านคุณสมบัติการใช้งาน สี กลิ่น รสชาติ และความรู้สึกหลังใช้ผลิตภัณฑ์

## รายการอ้างอิง

- กฤติยา ไชยนอก. (2551). ลีลาวตีต้นไม้คู่สปลา. *จุลสารข้อมูลสมุนไพร*, 25(4), 13-19.
- พระราชบัญญัติเครื่องสำอาง พ.ศ. 2558. (2558, 10 สิงหาคม). *ราชกิจจานุเบกษา*. เล่ม 132 ตอนที่ 86 ก. หน้า 5-25.
- วิกุล วิสาลเสสส์ และนนทินี ตั้งเจริญดี. (2560). *คู่มือครอบครั้วฟันดี ลดปัญหาโรคในช่องปากที่สัมพันธ์กับโรคทางเดินระบบ*. กระทรวงสาธารณสุข.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2552). *มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เลขที่ มอก. 45-2552: ยาสีฟัน*. กระทรวงอุตสาหกรรม.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2562). *มาตรฐานอุตสาหกรรมเอส เลขที่ มอก. เอส 41-2562: ยาสีฟันผสมสมุนไพร*. กระทรวงอุตสาหกรรม.
- สำนักทันตสาธารณสุข กรมอนามัย. (2556). *รายงานผลการสำรวจสภาวะสุขภาพช่องปากระดับประเทศ ครั้งที่ 7 ประเทศไทย พ.ศ. 2555*. กระทรวงสาธารณสุข.
- สำนักทันตสาธารณสุข กรมอนามัย. (2561). *รายงานผลการสำรวจสภาวะสุขภาพช่องปากแห่งชาติ ครั้งที่ 8 ประเทศไทย พ.ศ. 2560*. กระทรวงสาธารณสุข.
- สำนักทันตสาธารณสุข กรมอนามัย. (2567). *รายงานผลการสำรวจสภาวะสุขภาพช่องปากแห่งชาติ ครั้งที่ 9 ประเทศไทย พ.ศ. 2566*. กระทรวงสาธารณสุข.
- สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร. (2555). *รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2554*. กรมวิชาการเกษตร.
- สุภาวดี จ้อเหรียญ. (2552). ลีลาวตี...พรรณไม้งามกับมูลค่าทางเศรษฐกิจที่ไม่ควรมองข้าม. *จดหมายข่าวผลิใบ ก้าวใหม่การวิจัยและพัฒนาการเกษตร*, 12(2), 10-15.
- Akotakar, A. M., Thenge, R. R., Patil, A. V., Ghonge, A. B., & Bhaltadak, M. B. (2018). Formulation and comparative standardization of toothpaste. *International Journal of Pharmaceutical Science and Research*, 3(4), 12-15.
- Alade, S. A. (2023). Unveiling the secrets: Chemical investigation and therapeutic significance of essential oils from Nigerian *Plumeria acuminata* Ait. *Journal of Applied Science and Social Science*, 13(7), 09-12.
- Ali, B., Al-Wabel, N. A., Shams, S., Ahamad, A., Khan, S. A., & Anwar, F. (2015). Essential oils used in aromatherapy: A systemic review. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 5(8), 601-611. <https://doi.org/10.1016/j.apjtb.2015.05.007>

- Angiosperm Phylogeny Group. (2016). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 181(1), 1–20.  
<https://doi.org/10.1111/boj.12385>
- Anil, A., Ibraheem, W. I., Meshni, A. A., Preethanath, R., & Anil, S. (2022). Demineralization and Remineralization Dynamics and Dental Caries. In A. W. Al-Ahmari (Ed.), *Dental caries: The selection of restoration methods and restorative materials* (pp. 1–19). IntechOpen.  
<https://doi.org/10.5772/intechopen.105847>
- Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., & Idaomar, M. (2008). Biological effects of essential oils - A review. *Food and Chemical Toxicology*, 46(2), 446-475.  
<https://doi.org/10.1016/j.fct.2007.09.106>
- Balouiri, M., Sadiki, M., & Ibensouda, S. K. (2016). Methods for in vitro evaluating antimicrobial activity: A review. *Journal of Pharmaceutical Analysis*, 6(2), 71-79. <https://doi.org/10.1016/j.jpha.2015.11.005>
- Chapple, I. L. C., & Matthews, J. B. (2007). The role of reactive oxygen and antioxidant species in periodontal tissue destruction. *Periodontology 2000*, 43(1), 160-232.  
<https://doi.org/10.1111/j.1600-0757.2006.00178.x>
- Choudhary, M., Kumar, V., & Singh, S. (2014). Phytochemical and pharmacological activity of genus *Plumeria*: An updated review. *International Journal of Biomedical and Advance Research*, 5(6), 266-271.
- Clinical and Laboratory Standards Institute. (2020). *Performance standards for antimicrobial susceptibility testing* (30th ed.). CLSI supplement M100. Clinical and Laboratory Standards Institute.
- Daboor, S. M., Masood, F. S. S., Al-Azab, M. S., & Nori, E. E. (2015). A review on *Streptococcus mutans* with its diseases dental caries, dental plaque and endocarditis. *Indian Journal of Microbiology Research*, 2(2), 76-82.
- Dontha, S. (2016). A review on antioxidant methods. *Asian Journal of Pharmacy and Clinical Research*, 9(Suppl. 2), 14–32.  
<https://doi.org/10.22159/ajpcr.2016.v9s2.13092>

- Friedman, J. Y. (2011). The role of *Streptococcus mutans* in the formation of dental caries: An ecological perspective. *The Science Journal of the Lander College of Arts and Sciences*, 5(1), Article 5.
- Glick, M., Williams, D. M., Kleinman, D. V., Vujicic, M., Watt, R. G., & Weyant, R. J. (2016). A new definition for oral health developed by the FDI World Dental Federation opens the door to a universal definition of oral health. *British dental journal*, 221(12), 792-793. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.2016.953>
- Goswami, P., Chauhan, A., Verma, R. S., & Padalia, R. C. (2016). Chemical constituents of floral volatiles of *Plumeria rubra* L. from India. *Medicinal & Aromatic Plants*, 5(S3), Article 005.
- Guenther, E. (2014). *The essential oils: Vol. 1. History-origin in plants-production-analysis*. Read Books Ltd. (Original work published 1947)
- Hajishengallis, G. (2015). Periodontitis: From microbial immune subversion to systemic inflammation. *Nature Reviews Immunology*, 15(1), 30-44. <https://doi.org/10.1038/nri3785>
- Hollsten, L. (2012). An Antillean plant of beauty, a French botanist, and a German name: Naming plants in the Early Modern Atlantic world. *Estonian Journal of Ecology*, 61(1), 37-50. <https://doi.org/10.3176/eco.2012.1.05>
- International Fragrance Association. (2024). *The complete IFRA Standards: Up to and including the 51st Amendment*. IFA.
- Ishikawa, M., Dilrukshi, E. A., Ogino, T., Hirono, A., Oshima, Y., & Nomura, S. (2022). Efficacy of using aroma mouthwash in recovering from short-term cognitive stressor. In *Proceedings of the 9th International Conference on Kansei Engineering and Emotion Research (KEER2022)* (pp. 275-282). Kansei Engineering and Emotion Research. <https://doi.org/10.5821/conference-9788419184849.27>
- Kaisoon, O., Siriamornpun, S., Weerapreeyakul, N., & Meeso, N. (2011). Phenolic compounds and antioxidant activities of edible flowers from Thailand. *Journal of Functional Foods*, 3(2), 88-99. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2011.03.002>

- Kamariah, A. S., Lim, L. B. L., Baser, K. H. C., Ozek, T., & Demirci, B. (1999). Composition of the essential oil of *Plumeria obtusa* L. *Flavour and Fragrance Journal*, 14(4), 237-240. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-1026\(199907/08\)14:4<237::AID-FFJ817>3.0.CO;2-Y](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1026(199907/08)14:4<237::AID-FFJ817>3.0.CO;2-Y)
- Kanlayavattanukul, M., Lourith, N., & Janwattanapol, J. (2013). Extractions and absolutes of Thai *Plumeria obtusa* L. flowers and their preference for cosmetics. *Novel Ingredients Fragrances*, 8(4), 25-28.
- Kaur, J., Sanghavi, A. D., Chopra, A., Lobo, R., & Saha, S. (2022). Antimicrobial and cytotoxicity properties of *Plumeria alba* flower extract against oral and periodontal pathogens: A comparative in vitro study. *Journal of Indian Society of Periodontology*, 26(4), 334-341. [https://doi.org/10.4103/jisp.jisp\\_329\\_21](https://doi.org/10.4103/jisp.jisp_329_21)
- Khade, A., & Sawardekar, S. R. (2019). Extraction of essential oil from *Cymbopogon citratus* (Lemon grass) and a comparative study of separation techniques. *International Journal of Scientific Research*, 8(6), 1-2.
- Kumari, S., Mazumder, A., & Bhattacharya, S. (2012). In-vitro antifungal activity of the essential oil of flowers of *Plumeria alba* Linn. (Apocynaceae). *International Journal of PharmTech Research*, 4(1), 208-212.
- Lawal, O. A., Ogunwande, I. A., & Opoku, A. R. (2014). Constituents of essential oils from the leaf and flower of *Plumeria alba* grown in Nigeria. *Natural Product Communications*, 9(11), 1613-1614.
- Leelapornpisid, P., Chansakaow, S., Chaiyasut, C., & Wongwattananukul, N. (2008). Antioxidant activity of some volatile oils and absolutes from Thai aromatic plants. *Acta Horticulturae*, 786, 61-66. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2008.786.5>
- Liu, Y., Wang, H., Wei, S., & Yan, Z. (2012). Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oils extracted by microwave-assisted hydrodistillation from the flowers of two *Plumeria* species. *Analytical Letters*, 45(16), 2389-2397. <https://doi.org/10.1080/00032719.2012.689905>

- Mak, W. C. K. (2023). Comparisons between hydro and the steam distillation process to extract *Prunella Vulgaris* volatile compounds, and their anti-oxidative activities. *Journal of Drug Delivery and Therapeutics*, 13(3), 51–57.  
<https://doi.org/10.22270/jddt.v13i3.5955>
- Mamattah, K. M. M., Adomako, A. K., Mensah, C. N., & Borquaye, L. S. (2023). Chemical characterization, antioxidant, antimicrobial, and antibiofilm activities of essential oils of *Plumeria alba* (Forget-Me-Not). *Biochemistry Research International*, 2023. Article ID 1040478, 1–10.  
<https://doi.org/10.1155/2023/1040478>
- Maruyama, T., Tomofuji, T., Endo, Y., Irie, K., Azuma, T., Ekuni, D., . . . Morita, M. (2011). Supplementation of green tea catechins in dentifrices suppresses gingival oxidative stress and periodontal inflammation. *Archives of Oral Biology*, 56(1), 48-53. <https://doi.org/10.1016/j.archoralbio.2010.08.015>
- Middleton, D. J. (1999). Apocynaceae. In T. Santisuk & K. Larsen (Eds.), *Flora of Thailand* (Vol. 7, Part 1, pp. 37–39). The Forest Herbarium, Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation.
- Moharram, H. A., & Youssef, M. M. (2014). Methods for determining the antioxidant activity: A review. *Alexandria Journal of Food Science and Technology*, 11(1), 31-42.
- Nawariya, P., Nabi, J., Lalit, & Preeti (2020). Comprehensive overview of *Plumeria obtusa*. *World Journal of Pharmaceutical Research*, 6(4), 664-676.
- Ogboji, J., Chindo, I. Y., Jauro, A., Boryo, D. E. A., & Lawal, N. M. (2018). Formulation, physicochemical evaluation and antimicrobial activity of green toothpaste on *Streptococcus mutans*. *International Journal of Advanced Chemistry*, 6(1), 108-113. <https://doi.org/10.14419/ijac.v6i1.10808>
- Pereira, Y. C. L., Nascimento, G. C. D., Iyomasa, D. M., & Iyomasa, M. M. (2014). Muscle characterization of reactive oxygen species in oral diseases. *Acta Odontologica Scandinavica, Early Online*, 1–6.  
<https://doi.org/10.3109/00016357.2014.954267>

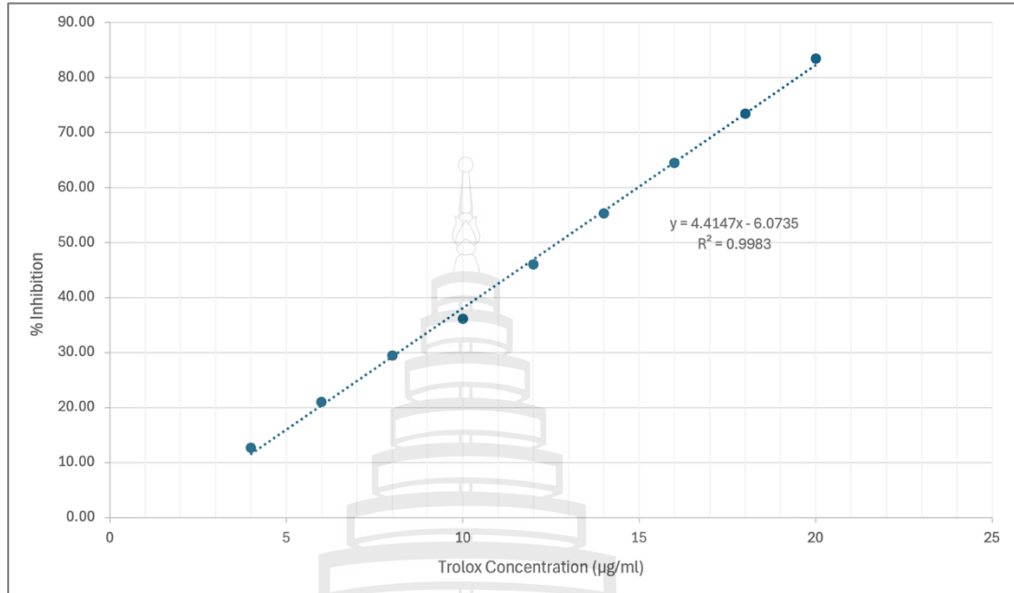
- Petersen, P. E., Bourgeois, D., Ogawa, H., Estupinan-Day, S., & Ndiaye, C. (2005). The global burden of oral diseases and risks to oral health. *Bulletin of the World Health Organization*, *83*, 661-669.
- Pitpiangchan, P., Dilokkunanant, U., Sukkatta, U., Vajrodaya, S., Haruethaitanasan, V., Punjee, P., . . . Rukthaworn, P. (2009). Comparative study of scented compound extraction from *Plumeria obtusa* L. *Kasetsart Journal: Natural Science*, *43*(5), 189–196.
- Pitts, N. B., Zero, D. T., Marsh, P. D., Ekstrand, K., Weintraub, J. A., Ramos-Gomez, F., . . . Ismail, A. (2017). Dental caries. *Nature reviews Disease primers*, *3*(1), Article 17030, 1–16. <https://doi.org/10.1038/nrdp.2017.30>
- Pratiwi, A., & Nuraini, R. (2024). Comparison of antioxidant activity of fresh rose flowers (*Rosa damascena* Mill) and rose tea with different drying methods. *BIO Web of Conferences*, *148*, 04016. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202414804016>
- Robinson, C., Shore, R. C., Brookes, S. J., Strafford, S., Wood, S. R., & Kirkham, J. (2000). The chemistry of enamel caries. *Critical Reviews in Oral Biology & Medicine*, *11*(4), 481-495. <https://doi.org/10.1177/10454411000110040601>
- Sahoo, A., Dash, B., Jena, S., Ray, A., Panda, P. C., & Nayak, S. (2021). Phytochemical composition of flower essential oil of *Plumeria alba* grown in India. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, *24*(4), 671-676. <https://doi.org/10.1080/0972060X.2021.1965036>
- Seo, E. Y., Song, J. A., Hur, M. H., Lee, M. K., & Lee, M. S. (2017). Effects of aroma mouthwash on stress level, xerostomia, and halitosis in healthy nurses: a non-randomized controlled clinical trial. *European Journal of Integrative Medicine*, *10*, 82-89. <https://doi.org/10.1016/j.eujim.2017.03.001>
- Shahin, S. M., Jaleel, A., & Alyafei, M. A. M. (2021). Yield and in vitro antioxidant potential of essential oil from *Aerva javanica* (Burm. f.) Juss. ex Schul. flower with special emphasis on seasonal changes. *Plants*, *10*(12), 2618. <https://doi.org/10.3390/plants10122618>

- Singh, J., Sirdesai, A., & Bandyopadhyay, P. (2022). Antioxidant activity as free radical scavenging efficacy of Ayurvedic dentifrice. *World Journal of Pharmaceutical Research*, 11(4), 1889–1897. <https://doi.org/10.20959/wjpr20224-23671>.
- Stähli, A., Schröter, H., Bullitta, S., Serralutzu, F., Dore, A., Nietzsche, S., . . . Eick, S. (2021). In vitro activity of propolis on oral microorganisms and biofilms. *Antibiotics*, 10(9), 1045. <https://doi.org/10.3390/antibiotics10091045>
- Sulaiman, S. F., Yaacob, S. S., Lan, T. M., & Muhammad, T. S. T. (2008). Chemical components of the essential oils from three species of Malaysian *Plumeria* L. and their effects on the growth of selected microorganisms. *Tropical Life Sciences Research*, 19(2), 1-7.
- Suparman, S., Tolangara, A., Ahmad, H., Risnawaty, W. O., & Rasyid, M. (2023). First report of genus *Plumeria* L. (1753) in Ternate Island as the Flora Ternate database. *Techno: Jurnal Penelitian*, 12(2), 56-63. <https://doi.org/10.33387/tjp.v12i2.6594>
- Talmaç, A. C., & Çalışır, M. (2019). Antioxidants and periodontal diseases. In A. V. Özdemir (Ed.), *Gingival disease: A comprehensive and professional approach for treatment and prevention* (pp. 1–20). IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.81815>
- Tohar, N., Awang, K., Mohd, M. A., & Jantan, I. (2006a). Chemical composition of the essential oils of four *Plumeria* species grown on Peninsular Malaysia. *Journal of Essential Oil Research*, 18(6), 613-617.
- Tohar, N., Mohd, M. A., Jantan, I., Awang, K., & Mohd. (2006b). A comparative study of the essential oils of the genus *Plumeria* Linn. from Malaysia. *Flavour and Fragrance Journal*, 21, 859-863. <https://doi.org/10.1002/ffj.1617>
- Vranic, E., Lacevic, A., Mehmedagic, A., & Uzunovic, A. (2004). Formulation ingredients for toothpastes and mouthwashes. *Bosnian Journal of Basic Medical Sciences*, 4(4), 51-58.
- World Health Organization. (2020). *Achieving better oral health as part of the universal health coverage and noncommunicable disease agendas towards 2030: Report to Director General*. <https://iris.who.int/handle/10665/359533>

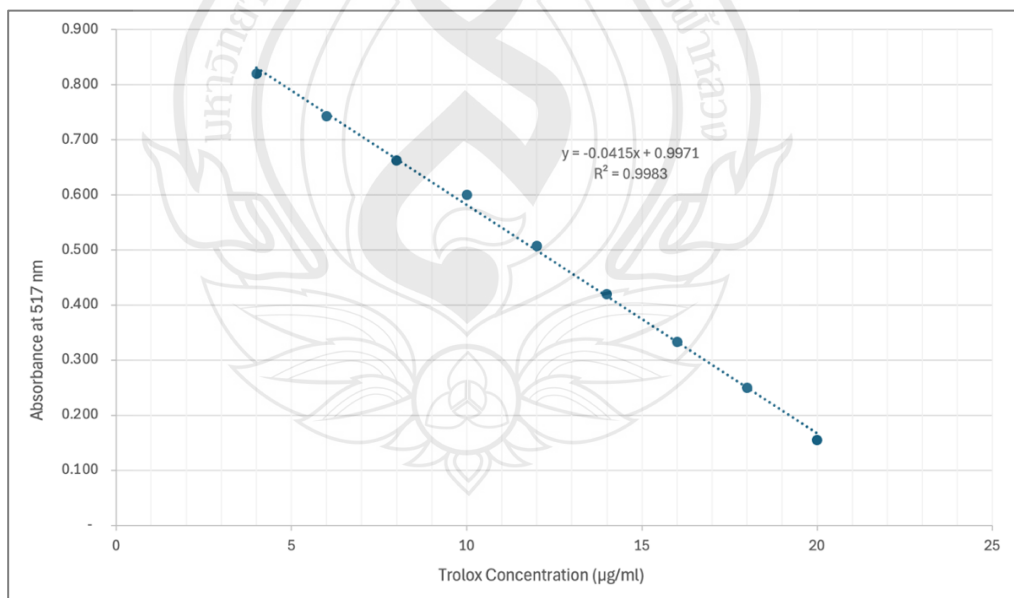
- Wu, Z. Y., & Raven, P. H. (Eds.). (1995). *Flora of China* (Vol. 16: Gentianaceae through Boraginaceae, pp. 143–188). Science Press & Missouri Botanical Garden Press.
- Yadav, K., & Prakash, S. (2017). Dental caries: A microbiological approach. *Journal of Clinical Infectious Diseases & Practice*, 2(1), Article 118.  
<https://doi.org/10.4172/2476-213X.1000118>
- Zaheer, Z., Khan, S. W., Patel, K. A., Konale, A. G., & Lokre, S. S. (2010). Antimicrobial activity of essential oil of flowers of *Plumeria alba* Linn (Apocynaceae). *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 2(4), 155-157.



### ภาคผนวก



ภาพที่ 1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ Trolox กับ % inhibition ที่ใช้ในการคำนวณค่า  $IC_{50}$



ภาพที่ 2 กราฟมาตรฐานของ Trolox สำหรับการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร

## ประวัติผู้ประพันธ์

ชื่อ	ภู่รี เฉลิมพิชิตกุล
ประวัติการศึกษา	ปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต พฤกษศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ประวัติการทำงาน	ผู้จัดการฝ่ายวิจัยและนวัตกรรม บริษัท นีโอสเมต จำกัด ปทุมธานี
2567-ปัจจุบัน	ผู้ช่วยผู้จัดการแผนกวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ บริษัท นีโอสเมต จำกัด ปทุมธานี
2561-2567	

