



รายงานโครงการวิจัยฉบับสมบูรณ์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

พฤกษเคมีและฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดเมล็ดลิ้นจี่ค่อมสมุทรสงคราม
สู่การพัฒนาศักยภาพเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางและการชะลอวัย
เพื่อรองรับสังคมผู้สูงอายุบนฐานเศรษฐกิจ BCG

Phytochemical and Bioactive of Samutsongkhram Kom Lychee Seed Extract
for Potential Development to Cosmetic and Anti-Aging Products

based on BCG model

รหัสโครงการ 4707774

โดย
วรวิทย์ จันท์สุวรรณ
สิริรัตน์ พานิช
จินตพัฒน์ นทีวัฒนา
อำนาจ ชินพงษ์พานิช

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

สิงหาคม พ.ศ. 2568

งบประมาณสนับสนุนงานมูลฐาน (Fundamental Fund)

ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2567

จากกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม

บทคัดย่อภาษาไทย

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางชีวภาพของสารสกัดจากเมล็ดลิ้นจี่พันธุ์คอมพิวเตอร์สงคราม และประเมินศักยภาพในการประยุกต์ใช้เป็นส่วนประกอบที่มีฤทธิ์ทางเคมีและเภสัชในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางประเภทครีมและน้ำตบ การศึกษาสารสกัดแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ เปลือกเมล็ด เนื้อเมล็ด และทั้งเมล็ด โดยดำเนินการสกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอลโดยวิธีการแช่หมักและการสกัดด้วยคลื่นอัลตราโซนิก สารสกัดจากเมล็ดลิ้นจี่ทำการประเมินฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ ABTS ฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส ฤทธิ์ต้านการอักเสบ ฤทธิ์ต้านจุลชีพ ความปลอดภัยต่อเซลล์ผิวหนัง และวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีที่ระเหยได้ด้วยเทคนิค GC-MS สารสกัดเมล็ดลิ้นจี่อัตราส่วนที่เหมาะสมใช้เป็นส่วนผสมในการพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์ครีมและน้ำตบร่วมกับวัตถุดิบอื่น ๆ เพื่อให้ได้เครื่องสำอางตามที่ต้องการ ทำการประเมินระดับการยอมรับโดยใช้มาตราส่วน 7 ระดับ และประเมินระดับความพอดี (JAR) ของสูตรผลิตภัณฑ์ทั้งสองประเภท ผลการวิจัยพบว่า สารสกัดในเอทานอลของแต่ละส่วนเมล็ดลิ้นจี่ให้ผลผลิตสารสกัดใกล้เคียงกันในช่วง 8.5% ถึง 13% โดยพบว่าการสกัดทั้งสองวิธีให้ผลผลิตไม่แตกต่างกันมากนัก การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี ABTS แสดงความไวสูงกว่าวิธี DPPH ประมาณ 2-2.5 เท่า เนื้อเมล็ดมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุดในทั้งสองวิธี ($IC_{50} = 200.4$ mg/mL สำหรับ DPPH และ 88.63 mg/mL สำหรับ ABTS ตามลำดับ) สารสกัดทั้งเมล็ดแสดงฤทธิ์ต้านการอักเสบปานกลาง (IC_{50} เท่ากับ 81.55 mg/mL) และมีฤทธิ์ต้านจุลชีพ *Propionibacterium acnes* และ *Candida albicans* อย่างไรก็ตาม สารสกัดมีฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสในระดับต่ำ การประเมินความปลอดภัยแสดงให้เห็นว่าสารสกัดไม่เป็นพิษต่อเซลล์เคราติโนไซต์ในความเข้มข้นไม่เกินร้อยละ 12.5 โดยมี IC_{50} เท่ากับร้อยละ 39.12 การวิเคราะห์สารที่ระเหยได้ในสารสกัดเอทานอลด้วยเทคนิค GC-MS พบสารประกอบสำคัญที่เป็นกรดไขมันและอนุพันธ์ของกรดไขมัน เช่น oleic acid, hexadecanoic acid, ethyl linoleate และ glycerin ซึ่งมีคุณสมบัติทางชีวภาพที่เป็นประโยชน์ต่อผิวหนัง ผลการพัฒนาผลิตภัณฑ์พบว่าน้ำตบได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคสูงกว่าครีม โดยน้ำตบสูตร B ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด (6.353 ± 0.69) คุณลักษณะที่ได้รับการยอมรับสูงสุดคือ ความชุ่มชื้นและความหอมเย็น ผลการวิจัยสรุปได้ว่า สารสกัดเมล็ดลิ้นจี่พันธุ์คอมพิวเตอร์สงครามมีศักยภาพสูงในการนำไปใช้เป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางและการดูแลผิวหนัง โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ต้านอนุมูลอิสระ ต้านการอักเสบ และควบคุมสิว ซึ่งจะเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับเศษเหลือทางการเกษตรและส่งเสริมการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติอย่างยั่งยืน การศึกษานี้ให้ข้อมูลพื้นฐานสำคัญสำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติที่มีประสิทธิภาพและปลอดภัยต่อผู้บริโภค

คำสำคัญ : พฤษเคมี ฤทธิ์ทางชีวภาพ ลิ้นจี่คอมพิวเตอร์สงคราม เครื่องสำอาง การชะลอวัย เศรษฐกิจ BCG

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ

The purpose of this study was to examine the biological characteristics of an extract made from lychee seeds (*Litchi chinensis* Sonn. cv. Kom Samut Songkhram) and assess its potential use as a pharmacological and active chemical component in cosmetic products, particularly serums and essences. Using ethanol extraction by maceration and ultrasonic-assisted extraction techniques, the study looked at extracts from three different parts: the endocarp, seed kernel, and whole seed. The DPPH and ABTS assays were used to assess the lychee seed extracts' antioxidant activity. Tyrosinase inhibitory activity, anti-inflammatory and antibacterial activity, safety for skin cells, and GC-MS technique were used to analyze the volatile chemical components. In order to produce the desired cosmetic products, optimally proportional lychee seed extracts were used as ingredients in serum and toner compositions along with other raw materials. Both product formulations were evaluated for consumer approval using a 7-point Likert scale and a Just-About-Right (JAR) rating. According to the study's findings, ethanolic extracts from every portion of the lychee seeds produced identical extraction rates between 8.5% and 13%, with little variation in yield between the two extraction techniques. The ABTS method of antioxidant activity testing showed a sensitivity that was roughly two to three times higher than that of the DPPH approach. The maximum antioxidant activity was found in the seed kernel in both methods (IC_{50} = 88.63 mg/mL for ABTS and 200.4 mg/mL for DPPH, respectively). A moderate anti-inflammatory effect (IC_{50} = 81.55 mg/mL) and antibacterial activity against *Propionibacterium acnes* and *Candida albicans* were both demonstrated by the entire seed extract. The extracts' tyrosinase inhibitory action was, however, weak. An IC_{50} of 39.12% showed that the extracts were non-toxic to keratinocytes at concentrations below 12.5%, according to the safety evaluation. Significant chemicals, such as fatty acids and their derivatives, such as oleic acid, hexadecanoic acid, ethyl linoleate, and glycerin, were found by GC-MS analysis of volatile compounds in the ethanolic extract. These compounds have advantageous biological qualities for skin care. According to the results of product development, the essence was more well-liked by consumers than the serum; formula B, the essence, had the greatest overall preference score (6.353 ± 0.69). The qualities that were most widely accepted were tackiness and moisture retention. According to the study's findings, lychee seed extract from the Kom variety shows a great deal of promise for use as a component in skincare and cosmetic products, especially those that reduce acne, inflammation, and antioxidants. With this application, agricultural waste could improve value and sustainable resource use would be encouraged. The basic knowledge this study offers is crucial for creating natural products that are both safe and beneficial for consumers.

Keywords : Phytochemical, Bioactive, Samutsongkhram Kom Lychee, Cosmetic, Anti-Aging, BCG model

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัย เรื่อง พืชเคมีและฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดเมล็ดลิ้นจี่ค่อมสมุทรสงครามสู่การพัฒนาศักยภาพเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางและการชะลอวัยเพื่อรองรับสังคมผู้สูงอายุบนฐานเศรษฐกิจ BCG ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม กองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2567 ภายใต้การดำเนินการของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณบุคคลและหน่วยงานต่าง ๆ ที่ให้การสนับสนุนในด้านต่าง ๆ งานวิจัยนี้สำเร็จล่วงไปด้วยดี ขอขอบคุณบริษัท เอ็ม ไอ เอ็ม คอสแล็บ แมนูแฟคเจอริ่ง จำกัด จังหวัดปทุมธานี บริษัท กิรติ จำกัด อ.เมืองสมุทรสงคราม จ.สมุทรสงคราม สำหรับในการร่วมดำเนินการวิจัยและร่วมพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์ สนับสนุนวัตถุดิบที่เกี่ยวข้องในการทดลอง วิจัย และการประเมินประสิทธิภาพ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ ผศ.ดร.สัตรา จันทรสุวรรณ ที่ให้คำปรึกษาเกี่ยวกับการทดสอบประสิทธิภาพ สัมผัส ขอขอบคุณนักศึกษาวิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนีสุพรรณบุรี อาสาสมัครในการประเมินประสิทธิภาพสัมผัสของผลิตภัณฑ์ และข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ในการพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์ต่อไป ขอขอบคุณ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สนับสนุนเครื่องมือ อุปกรณ์ในการทดลองและดำเนินการวิจัยจนสำเร็จล่วง

คณะผู้วิจัย



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญภาพประกอบ	ง
สารบัญตาราง	ช
สัญลักษณ์ย่อ.....	ญ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	3
1.4 กรอบแนวความคิดในการวิจัย.....	4
1.5 คำสำคัญของการวิจัย.....	4
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	4
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.1 ลิ้นจี่.....	5
2.1.1 ลักษณะทั่วไป.....	5
2.1.2 คุณค่าทางโภชนาการ.....	6
2.1.3 เมล็ดลิ้นจี่.....	7
2.2 ลิ้นจี่พันธุ์คอมพิวเตอร์.....	9
2.3 อนุมูลอิสระ.....	10
2.4 สารต้านอนุมูลอิสระ.....	13
2.5 วิธีการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ	17
2.5.1 วิธีทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH.....	18
2.5.2 วิธีทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS	19
2.5.3 การวิเคราะห์ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก (FRAP assay).....	19
2.5.4 วิธีทดสอบสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ORAC	20
2.6 ประเภทและองค์ประกอบผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง	20
2.6.1 ประเภทเครื่องสำอาง	20
2.6.2 องค์ประกอบของเครื่องสำอาง	24
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	27

	หน้า
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	27
3.1 เครื่องมือ.....	31
3.2 สารเคมี และวัตถุดิบ	31
3.3 วิธีการทดลอง	32
3.3.1 การเตรียมสารสกัด.....	32
3.3.2 การหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม	33
3.3.3 การหาปริมาณฟลาโวนอยด์รวม	34
3.3.4 การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ.....	34
3.3.5 การทดสอบฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส.....	35
3.3.6 การทดสอบฤทธิ์ต้านการอักเสบ.....	36
3.3.7 การทดสอบความเป็นพิษต่อเซลล์ผิวหนัง	37
3.3.8 การทดสอบฤทธิ์การยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย.....	39
3.3.9 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีด้วยเทคนิค GC-MS.....	41
3.3.10 การวิเคราะห์ปริมาณแร่ธาตุและโลหะหนัก	41
3.3.11 การวิเคราะห์ทางกายภาพ.....	42
3.3.12 การพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง	43
3.3.13 การทดสอบทางประสาทสัมผัส	47
บทที่ 4 ผลการวิจัย	49
4.1 การเตรียมสารสกัด	49
4.2 การหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม	49
4.3 การหาปริมาณฟลาโวนอยด์รวม.....	50
4.4 การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ	51
4.5 การทดสอบฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส	53
4.6 การทดสอบฤทธิ์ต้านการอักเสบ.....	54
4.7 การทดสอบความเป็นพิษต่อเซลล์ผิวหนัง	55
4.8 การทดสอบฤทธิ์การยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย	57
4.9 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีด้วยเทคนิค GC-MS.....	59
4.10 ปริมาณแร่ธาตุและโลหะหนัก	65
4.11 การวิเคราะห์ทางกายภาพ	65
4.12 การพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง	66
4.13 การทดสอบทางประสาทสัมผัส	72
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	75
5.1 สรุปและอภิปรายผล	75
5.2 ข้อเสนอแนะ	77

บรรณานุกรม	79
ประวัติย่อผู้วิจัย.....	87



สารบัญภาพประกอบ

	หน้า
ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดการวิจัย	4
ภาพที่ 2.1 ผลลึ้นจี (ก) พันธุ์ฮวย (ข) จักรพรรดิ (ค) กิมเจง และ (ง) พันธุ์คอม	5
ภาพที่ 2.2 ส่วนของผลลึ้นจี	6
ภาพที่ 2.3 ลักษณะเมล็ดลึ้นจีพันธุ์คอมสมุทรสงคราม (ผู้แต่ง, 2566)	8
ภาพที่ 2.4 องค์ประกอบของเมล็ดลึ้นจี	8
ภาพที่ 2.5 ผลลึ้นจีพันธุ์คอมสมุทรสงคราม	10
ภาพที่ 2.6 แหล่งของ ROS เกิดขึ้นจากในและนอกร่างกายและสมดุลของระบบสารต้านอนุมูลอิสระ	12
ภาพที่ 2.7 แหล่งกำเนิดอนุมูลอิสระ	13
ภาพที่ 2.8 แสดงการจัดลำดับชั้นของสารต้านอนุมูลอิสระตามความแรงของสาร	15
ภาพที่ 2.9 กลไกการทำงานของสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติ	17
ภาพที่ 2.10 หลักการทดสอบความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH	18
ภาพที่ 2.11 การจำแนกประเภทเครื่องสำอาง (Preeti et al., 2024)	21
ภาพที่ 2.12 ประเภทเครื่องสำอาง (Mangle et al., 2024)	22
ภาพที่ 2.13 การจำแนกประเภทของเวชสำอาง (Preeti et al., 2024)	23
ภาพที่ 2.14 สารที่ใช้ส่วนผสมเครื่องสำอาง (Sharma et al., 2023)	24
ภาพที่ 2.15 สารสำคัญในสารสกัดจากเมล็ดลึ้นจี	28
ภาพที่ 3.1 เมล็ดลึ้นจีพันธุ์คอม (ก) เมล็ด (ข) เปลือกเมล็ด (endocarp) และ (ค) ทั้งเมล็ดบดหยาบ	32
ภาพที่ 3.2 เมล็ดลึ้นจีพันธุ์คอมในตัวละลายเอทานอล 70% (ก) ทั้งเมล็ด (whole seed) (ข) เปลือกเมล็ด (endocarp) และ (ค) เนื้อเมล็ด (kernel)	32
ภาพที่ 3.3 หลักการของการทดสอบความเป็นพิษต่อเซลล์โดยวิธี WST-1 assay	38
ภาพที่ 3.4 วิธีการแพร่กระจายผ่านวุ้นแบบจานทรงกระบอก	40
ภาพที่ 3.5 ภาพแสดง 7-point hedonic scale	48
ภาพที่ 4.1 กราฟมาตรฐานของการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม	50
ภาพที่ 4.2 กราฟมาตรฐานของการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์รวม	51
ภาพที่ 4.3 ตำแหน่งการทดสอบด้วยวิธีการแพร่กระจายผ่านวุ้นแบบจานทรงกระบอก	58
ภาพที่ 4.4 ตัวอย่างโซนใสของการทดสอบการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย (ก) <i>S. aureus</i> (ข) <i>S. epidermidis</i> และ (ค) <i>P. acnes</i>	59
ภาพที่ 4.5 ตัวอย่างโซนใสของการทดสอบการยับยั้งเชื้อรา <i>C. albicans</i>	59
ภาพที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค GC-MS	60
ภาพที่ 4.7 ลักษณะกายภาพของเซรัม (ก) สูตร A และ (ข) สูตร B	69
ภาพที่ 4.8 ลักษณะกายภาพของน้ำตบ (ก) สูตร A และ (ข) สูตร B	72

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 คุณค่าทางโภชนาการของเนื้อปลาลิ้นจี่ 100 กรัม.....	6
ตารางที่ 2.2 ประเภทของอนุมูลที่มีความไวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน	11
ตารางที่ 2.3 ความแตกต่างระหว่างเครื่องสำอางและเวชสำอาง (Preeti et al., 2024)	23
ตารางที่ 2.4 ส่วนผสมหลักในเครื่องสำอาง	24
ตารางที่ 3.1 สภาวะการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง ICP-OES.....	42
ตารางที่ 3.2 คุณสมบัติของเซรัมและน้ำตบ	43
ตารางที่ 3.3 ส่วนผสมหลักของผลิตภัณฑ์เซรัมจากสารสกัดเมล็ดลิ้นจี่.....	44
ตารางที่ 3.4 ส่วนผสมหลักของผลิตภัณฑ์น้ำตบจากสารสกัดเมล็ดลิ้นจี่	46
ตารางที่ 4.1 ลักษณะกายภาพและร้อยละของสารสกัดเมล็ดลิ้นจี่พันธุ์ค่อม	49
ตารางที่ 4.2 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมของสารสกัดเมล็ดลิ้นจี่พันธุ์ค่อม	50
ตารางที่ 4.3 ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์รวมของสารสกัดเมล็ดลิ้นจี่พันธุ์ค่อม	51
ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH	51
ตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS.....	52
ตารางที่ 4.6 การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ ABTS.....	52
ตารางที่ 4.7 ผลการทดสอบฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสตัวอย่างสารสกัดเมล็ดลิ้นจี่พันธุ์ค่อม	53
ตารางที่ 4.8 ผลการทดสอบฤทธิ์ต้านการอักเสบโดยวิธีการยับยั้งไนตริกออกไซด์.....	54
ตารางที่ 4.9 ฤทธิ์การยับยั้งการสลายตัวของอัลบูมินของตัวอย่างในหลอดทดลองของสารสกัด เมล็ดลิ้นจี่พันธุ์ค่อม	55
ตารางที่ 4.10 ค่าความสัมพันธ์ของการรอดชีวิตของเซลล์	56
ตารางที่ 4.11 อัตราการยับยั้งการหลั่งเอนไซม์ TNF-alpha ในเซลล์ผิวหนังมนุษย์ชนิด HaCaT	57
ตารางที่ 4.12 ผลการทดสอบการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราของสารสกัดเมล็ดลิ้นจี่พันธุ์ค่อม	58
ตารางที่ 4.13 ผลการวิเคราะห์สารประกอบในสารสกัดเอทานอล	60
ตารางที่ 4.14 สารประกอบหลักที่มีพื้นที่มากกว่า 3%	63
ตารางที่ 4.15 ปริมาณแร่ธาตุในน้ำสกัดน้ำมันหอมระเหยจากเมล็ดลิ้นจี่พันธุ์ค่อม	65
ตารางที่ 4.16 ผลการวิเคราะห์ปริมาณ CHNS	66
ตารางที่ 4.17 ส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ สูตร A.....	67
ตารางที่ 4.18 การทดสอบสมบัติกายภาพของเซรัม สูตร A.....	68
ตารางที่ 4.19 ส่วนผสมของผลิตภัณฑ์เซรัม สูตร B.....	68
ตารางที่ 4.20 การทดสอบสมบัติกายภาพของเซรัม สูตร B.....	69
ตารางที่ 4.21 ส่วนผสมของผลิตภัณฑ์น้ำตบ (สูตร A)	70
ตารางที่ 4.22 การทดสอบสมบัติกายภาพของน้ำตบ สูตร A	71
ตารางที่ 4.23 ส่วนผสมของผลิตภัณฑ์น้ำตบ (สูตร B)	71
ตารางที่ 4.24 การทดสอบสมบัติกายภาพของน้ำตบ สูตร B	71
ตารางที่ 4.25 ค่าเฉลี่ยความชอบของผู้ประเมินผลิตภัณฑ์เซรัมและน้ำตบ (n=35).....	73

ตารางที่ 4.26 ค่าเฉลี่ยความพอดีของผลิตภัณฑ์เซรัมและน้ำตบ (n=35).....	73
--	----



สัญลักษณ์ย่อ

AAPH	2,2'-Azobis(2-methylpropionamidine) dihydrochloride
ABTS	2,2'-Azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)
DMEM	Dulbecco's modified Eagle's medium
DOPA	L-3,4-dihydroxyphenylalanine
DPPH	2,2-Diphenyl-1-picryl-hydrazyl-hydrate
FCR	Folin-Ciocalteu reagent
FRAP	Ferric reducing antioxidant power
ICP-OES	Inductively coupled plasma optical emission spectroscopy
IC ₅₀	Inhibitory concentration
LC/MS	Liquid chromatography-mass spectrometry
MIC	Minimal inhibitory concentration
MBC	Minimal bactericidal concentration
ORAC	Oxygen radical absorbance capacity
SPF	Sun protection factor
UV-vis	Ultra violet-visible spectrophotometry
WST-1	4-[3-(4-Iodophenyl)-2-(4-nitro-phenyl)-2H-5-tetrazolio]-1,3-benzene sulfonate



บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันอุตสาหกรรมเครื่องสำอางและผลิตภัณฑ์เพื่อการชะลอวัยมีการเติบโตอย่างต่อเนื่องเนื่องจากความต้องการของผู้บริโภคที่มุ่งเน้นไปที่ผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติที่ปลอดภัยและมีประสิทธิภาพสูง อย่างไรก็ตาม การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางจากสารสกัดพืชสมุนไพรพื้นเมืองยังคงเป็นที่ต้องการอย่างมาก เพื่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มและสร้างความยั่งยืนให้กับทรัพยากรชีวภาพของประเทศ ในบริบทของประเทศไทย ลิ้นจี่พันธุ์คอมพิวเตอร์สงคราม (Samutsongkhram Kom Lychee) เป็นสายพันธุ์พื้นเมืองที่มีศักยภาพสูง เนื่องจากเมล็ดของลิ้นจี่อุดมไปด้วยสารพฤกษเคมีที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพหลายประการ เช่น ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ด้านการอักเสบ และส่งเสริมสุขภาพผิว เป็นต้น

กรมทรัพย์สินทางปัญญารับขึ้นทะเบียนลิ้นจี่พันธุ์คอมพิวเตอร์ของจังหวัดสมุทรสงครามเป็นสินค้าสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ (Geographical Indication; GI) ตั้งแต่เดือนมีนาคม 2551 เป็นต้นมา ในนามของ “ลิ้นจี่คอมพิวเตอร์สงคราม” แต่เดิมเรียกชื่อพันธุ์ว่า “อีคอมพิวเตอร์” เพราะต้นไม่ค่อยสูง มีลักษณะเป็นพุ่ม ต่อมาตัดคำว่า “อี” ออก เพราะเห็นว่าไม่สุภาพ จึงเหลือเพียงคำว่า “ลิ้นจี่พันธุ์คอมพิวเตอร์” ลิ้นจี่คอมพิวเตอร์สงครามจัดเป็นหนึ่งในผลไม้ที่ขึ้นชื่อของจังหวัดสมุทรสงคราม จึงเป็นที่มาของคำขวัญของจังหวัดที่ว่า “เมืองหอยหลอด ยอดลิ้นจี่ มีอุทยาน ร.2 แม่กลองไหลผ่าน นมัสการหลวงพ่อบ้านแหลม” ตามประกาศของกรมทรัพย์สินทางปัญญา ระบุว่า “ลิ้นจี่คอมพิวเตอร์สงคราม หมายถึง ลิ้นจี่พันธุ์คอมพิวเตอร์หรือหอมลำเจียก มีกลิ่นหอมหวาน มีลักษณะหนามตั้ง หนั่งตั้ง เนื้อเต่ง ซึ่งปลูกในตำบลบางขันแตก อำเภอเมือง อำเภออัมพวา และอำเภอบางคนที จังหวัดสมุทรสงคราม รูปทรงผล รูปร่างกลม รูปไข่หรือรูปหัวใจ เมล็ดทรงยาว เปลือกมีหนามตั้ง หรือหนามแหลม ห่างเสมอกันทั้งผลและไม่เป็นกระจุก หนั่งตั้งหรือเปลือกหนั่งบางตั้ง กรอบ เมื่ออยู่บนต้น มีสีแดงเข้ม เมื่อเก็บเกี่ยวแล้วจะมีสีคล้ำย่นน้ำมาก เนื้อเต่ง หรือมีเนื้อหนา กรอบ สีขาวอมชมพูเรื่อ ๆ เนื้อแห้ง ไม่ฉะ รสชาติ หวาน หวานอมฝาด กลิ่นหอม ค่าความหวานประมาณ 19.50 Brix” (กรมทรัพย์สินทางปัญญา)

ลิ้นจี่พันธุ์คอมพิวเตอร์สงครามมีพื้นที่ปลูกมากในอำเภออัมพวา และอำเภอบางคนที จังหวัดสมุทรสงคราม เพราะเป็นพื้นที่น้ำจืดผสมกับน้ำกร่อย ดินจืด ดินไม่เปรี้ยว ไม่เค็ม หรือที่เรียกว่าพื้นที่เมืองสามน้ำ (น้ำจากแม่น้ำแม่กลอง น้ำกร่อยบริเวณตอนกลาง และน้ำเค็มบริเวณปากอ่าว) ซึ่งจัดเป็นบริเวณที่เหมาะสมแก่การทำการเกษตรและยังให้ผลผลิตที่มีเอกลักษณ์เฉพาะตัวที่แตกต่างจากที่บริเวณอื่น ๆ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2551 กรมทรัพย์สินทางปัญญารับขึ้นทะเบียนลิ้นจี่พันธุ์คอมพิวเตอร์เป็นสินค้าสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ของจังหวัดสมุทรสงคราม ส่งผลให้ผลผลิตลิ้นจี่พันธุ์คอมพิวเตอร์สมุทรสงครามได้รับความนิยมจากผู้บริโภคเป็นอย่างมาก มีราคาสูงกว่าลิ้นจี่สายพันธุ์อื่นๆ บางปีมีผลผลิตไม่เพียงพอต่อความต้องการของตลาด ด้วยเหตุดังกล่าวนี้ ผู้ประกอบการเครื่องสำอางในพื้นที่จังหวัดสมุทรสงครามจึงสนใจที่จะพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางจากสารสกัดจากเมล็ดลิ้นจี่พันธุ์คอมพิวเตอร์สงครามขึ้น เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีเอกลักษณ์เฉพาะตามภูมิปัญญาท้องถิ่นสอดคล้องกับความเป็นสินค้าสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ของจังหวัดสมุทรสงคราม และเป็นผลิตภัณฑ์ที่ตอบโจทย์ความต้องการของตลาดที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์เสริมความงาม ผลิตภัณฑ์เพื่อการชะลอวัย บนฐานเศรษฐกิจสู่การพัฒนาที่ยั่งยืน (BCG model) ภายใต้ระบบเศรษฐกิจชีวภาพที่มุ่งเน้นการใช้ทรัพยากรชีวภาพอย่างคุ้มค่าร่วมกับระบบเศรษฐกิจหมุนเวียน โดยการนำเมล็ดลิ้นจี่พันธุ์คอมพิวเตอร์สงครามที่เป็นของเหลือทิ้งจากการบริโภคกลับมาใช้ประโยชน์เป็นวัตถุดิบในการเตรียมสารสำคัญและ

เป็นเพิ่มมูลค่าโดยอาศัยฐานวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมไปยกระดับให้เกิดความสามารถในการแข่งขันอย่างยั่งยืนให้กับอุตสาหกรรมเป้าหมายโดยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมจะเข้าไปช่วยเพิ่มประสิทธิภาพให้กับผู้ผลิตที่เป็นฐานการผลิตเดิม คือผู้ประกอบการเครื่องสำอาง ผู้ประกอบอาหารเพื่อสุขภาพ วิสาหกิจชุมชน เกษตรกรและชุมชน ตลอดจนสนับสนุนให้เกิดผู้ประกอบการใหม่ที่สนใจผลิตสินค้าทางด้านเครื่องสำอาง หรือผลิตภัณฑ์สุขภาพเพื่อการชะลอวัยที่มีมูลค่าสูงขึ้น

งานวิจัยที่มุ่งเน้นการสำรวจพฤษเคมีและฤทธิ์ทางชีวภาพของพืชท้องถิ่น เช่น เมล็ดลิ้นจี่พันธุ์คอมพิวเตอร์สงคราม จะมีบทบาทสำคัญในการตอบสนองต่อความต้องการด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง และการชะลอวัย ตลอดจนการเปลี่ยนแปลงแนวโน้มการบริโภคสินค้าเพื่อสุขภาพและความงามได้กระตุ้นให้เกิดความต้องการผลิตภัณฑ์ที่ช่วยชะลอวัยอย่างมีประสิทธิภาพ และปลอดภัยจากสารเคมีที่เป็นอันตรายต่อผิวหนัง การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางจากสารสกัดจากเมล็ดลิ้นจี่พันธุ์คอมพิวเตอร์สงครามจึงจำเป็นต้องทำการศึกษาพฤษเคมีและฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดจากเมล็ดลิ้นจี่เพื่อให้ทราบองค์ประกอบของสารสำคัญทั้งเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ แม้ว่าจะงานวิจัยที่ผ่านมาเกี่ยวข้องกับองค์ประกอบของสารสกัดเมล็ดลิ้นจี่ประกอบไปด้วยสารสำคัญทางธรรมชาติหลายชนิด เช่น สารประกอบฟีนอลิก (phenolic) ซาโปนิน (saponin) แทนนิน (tannin) ลิวโคไซยานิดิน (leucocyanidin) ฟลาโวนอยด์ (flavonoid) แอนโทไซยานิน (anthocyanin) เป็นต้น (Daorueang, 2019; Punia & Kumar, 2021) โดยสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ในเมล็ดลิ้นจี่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ช่วยป้องกันและลดเลือนริ้วรอยแห่งวัย และลดอัตราการเสื่อมสภาพของผิวหนัง ช่วยทำให้ผิวเต่งตึง ชุ่มชื้น ผิวกระจ่างใส ลดการอักเสบของผิวหนัง (Dong et al., 2019; Qi et al., 2015) มีคุณสมบัติในการยับยั้งเอนไซม์ที่สามารถทำลายโปรตีนคอลลาเจน (collagen) อีลาสติน (elastin) และกรดไฮยาลูโรนิก (hyaluronic acid) ได้ ซึ่งส่งผลให้สามารถช่วยรักษาความเต่งตึง ความชุ่มชื้นให้ผิวหนัง และป้องกันการเกิดรอยเหี่ยวย่นได้อีกด้วย และสารสกัดจากเมล็ดลิ้นจี่ยังสามารถกำจัดอนุมูลอิสระซึ่งเป็นอีกสาเหตุของการเกิดริ้วรอยและมะเร็งผิวหนัง (Emanuele et al., 2017; Lin et al., 2013) นอกจากนี้ยังพบสารที่มีฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส (anti-tyrosinase) ซึ่งเกี่ยวข้องกับการสร้างเม็ดสีเมลานิน (Chukwuma et al., 2021)

แม้ว่าจะมีงานวิจัยจำนวนมากเกี่ยวกับสารสกัดจากลิ้นจี่ในสายพันธุ์ทั่วไป แต่การศึกษาที่เฉพาะเจาะจงเกี่ยวกับเมล็ดลิ้นจี่พันธุ์คอมพิวเตอร์สงครามยังมีอยู่อย่างจำกัด ข้อมูลเกี่ยวกับองค์ประกอบทางพฤษเคมีและกลไกการออกฤทธิ์ของสารสำคัญในเมล็ดลิ้นจี่สายพันธุ์นี้ยังไม่มี ความชัดเจน รวมถึงยังไม่มีการศึกษาอย่างเป็นระบบเกี่ยวกับศักยภาพของสารสกัดเมล็ดลิ้นจี่คอมพิวเตอร์สงครามในฐานะส่วนผสมของผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางและสารต้านริ้วรอย งานวิจัยนี้จึงมุ่งเติมเต็มช่องว่างโดยการวิเคราะห์องค์ประกอบทางพฤษเคมีและประเมินฤทธิ์ทางชีวภาพที่เกี่ยวข้องกับการชะลอวัย ตลอดจนศึกษาความเป็นไปได้ในการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางพฤษเคมีและฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดจากเมล็ดลิ้นจี่พันธุ์คอมพิวเตอร์สงคราม โดยเฉพาะฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส และความปลอดภัยในการนำไปใช้กับผิวหนัง เพื่อประเมินศักยภาพในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางและผลิตภัณฑ์ชะลอวัย

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

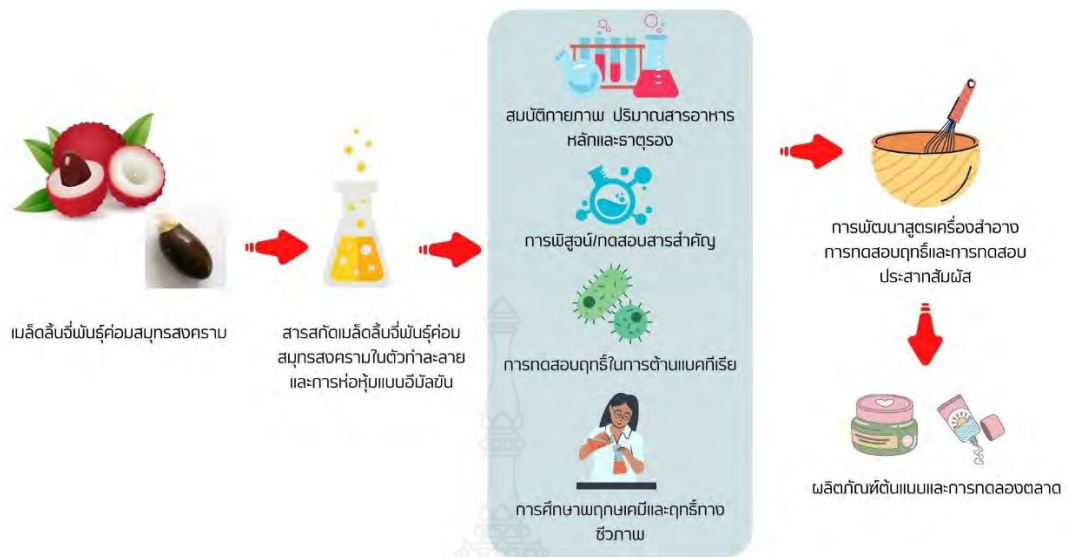
1. เพื่อศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพและทางเภสัชของสารสกัดจากเมล็ดลิ้นจี่พันธุ์คอมพิวเตอร์สงคราม

2. เพื่อพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางและการชะลอวัยจากสารสกัดเมล็ดลิ้นจี่พันธุ์คอมพิวเตอร์สงคราม

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. ขอบเขตด้านวัตถุดิบ
 - 1.1 ศึกษาเฉพาะเมล็ดลิ้นจี่คอมพิวเตอร์ที่ปลูกในพื้นที่จังหวัดสมุทรสงคราม เก็บตัวอย่างเมล็ดลิ้นจี่พันธุ์คอมพิวเตอร์ในช่วงฤดูผลผลิต (เมษายน-พฤษภาคม 2566) จากพื้นที่อำเภออัมพวา จังหวัดสมุทรสงคราม
 - 1.2 คัดเลือกเมล็ดที่สมบูรณ์ ไม่มีร่องรอยการเข้าทำลายของโรคและแมลง ล้างทำความสะอาด ทำให้แห้ง และบดหยาบ
2. ขอบเขตด้านการสกัดสาร
 - 2.1 การสกัดด้วยเอทานอล
 - 2.2 การสกัดด้วยคลีนอัลตราโซนิค
3. ขอบเขตด้านการวิเคราะห์องค์ประกอบทางพิษเคมี
 - 3.1 วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม
 - 3.2 วิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์รวม
 - 3.3 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีด้วยเทคนิค GC-MS
 - 3.4 วิเคราะห์ทางกายภาพ
4. ขอบเขตด้านการทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพ
 - 4.1 ทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ ABTS
 - 4.2 ทดสอบฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส
 - 4.3 ทดสอบฤทธิ์ต้านการอักเสบ
 - 4.4 ทดสอบความเป็นพิษต่อเซลล์ผิวหนัง
5. ขอบเขตด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบ
 - 5.1 พัฒนาสูตรตำรับเครื่องสำอางพื้นฐาน 2 รูปแบบ ได้แก่ เซรัม (serum) และน้ำตบ
 - 5.2 ทดสอบความคงตัวทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์

1.4 กรอบแนวความคิดในการวิจัย



ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดการวิจัย

1.5 คำสำคัญของการวิจัย

พฤษเคมี ฤทธิ์ทางชีวภาพ ลิ้นจี่ค่อมสมุทรสงคราม เครื่องสำอาง การชะลอวัย เศรษฐกิจ BCG Phytochemical, Bioactive, Samut Songkhram Kom Lychee, Cosmetic, Anti-Aging, BCG model

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- ด้านวิชาการ** งานวิจัยนี้จะช่วยขยายองค์ความรู้เกี่ยวกับพฤษเคมีและฤทธิ์ทางชีวภาพของเมล็ดลิ้นจี่พันธุ์ค่อมสมุทรสงคราม เพิ่มฐานข้อมูลสารสำคัญที่มีศักยภาพต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางและชะลอวัย
- ด้านเศรษฐกิจ** การนำเมล็ดลิ้นจี่ซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมแปรรูปผลไม้มาใช้ประโยชน์จะช่วยลดของเสีย เพิ่มมูลค่าให้กับพืชเศรษฐกิจ และสนับสนุนแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน (circular economy)
- ด้านสังคม** การพัฒนาและส่งเสริมการใช้วัตถุดิบจากทรัพยากรท้องถิ่นจะช่วยสร้างความยั่งยืนให้กับภาคการเกษตรและอุตสาหกรรมเครื่องสำอางในประเทศไทย อีกทั้งยังสามารถเป็นต้นแบบในการศึกษาพืชพื้นเมืองอื่น ๆ เพื่อเพิ่มมูลค่าและสร้างความยั่งยืนต่อไป

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ลิ้นจี่

2.1.1 ลักษณะทั่วไป

ชื่อสามัญ : ลิ้นจี่

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Litchi chinensis* Sonn.

วงศ์ : Sapindaceae

ชื่ออื่น ๆ : Litchi, Lichee, Laichi, Lerchee และ Lychee

การเรียกชื่ออาจเรียกแตกต่างกัน เช่น ชาวอินเดีย เรียกลิ้นจี่ว่า “ลิทจี” ชาวเขมร เรียกลิ้นจี่ว่า “ตะเสรมเอน” ซึ่งแปลว่า ลูกหงอนไก่ คนไทยในแถบภาคตะวันออก เช่น ตราด จันทบุรี และระยอง เรียกลิ้นจี่ว่า “สิรามัน”

ลิ้นจี่เป็นไม้ผลที่มีแหล่งปลูกดั้งเดิม อยู่ทางตอนใต้ของแถบมณฑลกวางเจาประเทศจีน เสฉวน และยูนนาน ปัจจุบันปลูกกันอย่างแพร่หลายในภาคเหนือของประเทศไทย ส่วนมากเป็นพันธุ์ที่มาจากจีน เช่น พันธุ์ฮงฮวย พันธุ์กิมเจง พันธุ์โอเอียะ พันธุ์จุกบี้ และพันธุ์หน่อมีจื่อ

พันธุ์ลิ้นจี่ที่ปลูกในประเทศไทยสามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ ตามแหล่งการปลูก ดังนี้

1. กลุ่มพันธุ์ที่ปลูกทางภาคเหนือ เป็นพันธุ์ที่ต้องการภูมิอากาศที่เย็นและยาวนานในช่วงก่อนการออกดอก ได้แก่ พันธุ์ฮงฮวย จักรพรรดิ กิมเจง โอเอียะ และกวางเจา เป็นต้น
2. กลุ่มพันธุ์ที่ปลูกในภาคกลาง ภาคตะวันออกและภาคตะวันตก ส่วนใหญ่ต้องการภูมิอากาศที่หนาวเย็นไม่นานก็สามารถชักนำให้ออกดอกได้ ได้แก่ พันธุ์ค่อม กะโหลกใบยาว และสำเภาแก้ว เป็นต้น



(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

ภาพที่ 2.1 ผลลิ้นจี่ (ก) พันธุ์ฮงฮวย (ข) จักรพรรดิ (ค) กิมเจง และ (ง) พันธุ์ค่อม

ลิ้นจี่เป็นผลไม้ที่เจริญเติบโตในเขตร้อนชื้น มีต้นกำเนิดจากเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และปัจจุบันมีการปลูกอย่างแพร่หลายในประเทศต่าง ๆ โดยเฉพาะจีน อินเดีย ฟิลิปปินส์ และไทย ลิ้นจี่ถือเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ โดยมีสายพันธุ์หลากหลาย เช่น พันธุ์ฮงฮวย พันธุ์โอเอียะ พันธุ์กิมเจง พันธุ์จักรพรรดิ และพันธุ์ค่อม เป็นต้น ลิ้นจี่มีรสหวานอมเปรี้ยวและมีกลิ่นหอมเป็นเอกลักษณ์ คนไทยนิยมบริโภคผลสด และยังสามารถแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่ม เช่น น้ำลิ้นจี่ เพื่อเพิ่มความสดชื่นและดับกระหาย นอกจากนี้ ลิ้นจี่ยังสามารถนำมาใช้เป็นส่วนประกอบในขนมหวานและของว่างต่าง ๆ ได้อีกด้วย

2.1.2 คุณค่าทางโภชนาการ

เนื้อผลลิ้นจี่ (pulp) มีลักษณะสีขาวโปร่งแสง รสหวานอมเปรี้ยว และมีกลิ่นหอม เนื้อผลลิ้นจี่มีคุณค่าทางโภชนาการ คุณค่าทางโภชนาการของลิ้นจี่ส่วนใหญ่มาจากปริมาณน้ำตาลที่แตกต่างกันตามสายพันธุ์และสภาพอากาศ โดยเฉลี่ยเนื้อผลลิ้นจี่ประกอบด้วยน้ำ 60% คากโย 8% เมล็ด 19% และเปลือก 13% (Koul & Singh, 2017) นอกจากนี้ ลิ้นจี่ยังเป็นแหล่งของโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต แร่ธาตุ โยอาหาร แคลเซียม ฟอสฟอรัส ธาตุเหล็ก และวิตามิน เช่น วิตามินบี1 ไบโอฟลาวิน และวิตามินซี ซึ่งมีสารต้านอนุมูลอิสระที่ช่วยปกป้องร่างกายจากอนุมูลอิสระ รวมถึงช่วยปรับปรุงการย่อยอาหาร การไหลเวียนโลหิต และบำรุงผิว ตามข้อมูลที่เคยเผยแพร่โดยกระทรวงเกษตรของสหรัฐอเมริกา (USDA) เนื้อผลลิ้นจี่ 100 กรัม ประกอบด้วยคุณค่าทางโภชนาการ ดังตารางที่ 2.1 (Koul & Singh, 2017) นอกจากนี้ ส่วนอื่น ๆ ของลิ้นจี่ยังคุณสมบัติหลายประการ เช่น สารสกัดจากเมล็ดลิ้นจี่สามารถต้านเชื้อไวรัสและยับยั้งไทโรซิเนส เปลือกหุ้มผลลิ้นจี่อุดมไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระ (Castillo-Olvera et al., 2025) อีกทั้งยังมีฤทธิ์ยับยั้งมะเร็งเต้านมและมะเร็งตับ และใบลิ้นจี่สามารถยับยั้งการอักเสบ เป็นต้น (ศิริทิพย์ พรหมเสนา, 2022)



ภาพที่ 2.2 ส่วนของผลลิ้นจี่

ตารางที่ 2.1 คุณค่าทางโภชนาการของเนื้อผลลิ้นจี่ 100 กรัม

สารอาหาร	ปริมาณ
พลังงาน	66 kcal
คาร์โบไฮเดรต	16.5 กรัม
โปรตีน	0.83 กรัม
น้ำ	82 กรัม
ใยอาหาร	1.3 กรัม
ไขมันรวม	0.4 กรัม
วิตามิน	
- วิตามิน C	71.5 มิลลิกรัม
- วิตามิน E	0.07 มิลลิกรัม

ตารางที่ 2.1 คุณค่าทางโภชนาการของเนื้อผลลิ้นจี่ 100 กรัม (ต่อ)

สารอาหาร	ปริมาณ
- วิตามิน K	0.4 ไมโครกรัม
- ไทอามิน (วิตามินบี1)	0.011 มิลลิกรัม
- ไรโบฟลาวิน (วิตามินบี2)	0.065 มิลลิกรัม
- ไนอะซิน (niacin)	0.603 มิลลิกรัม
- วิตามินบี6	0.1 มิลลิกรัม
- โฟเลต (folate)	14 มิลลิกรัม
- ทริปโตเฟน (tryptophan)	0.007 มิลลิกรัม
- ไลซีน (lysine)	0.041 มิลลิกรัม
- เมไทโอนีน (methionine)	0.009 มิลลิกรัม
แร่ธาตุ	
- แคลเซียม (มิลลิกรัม)	5 มิลลิกรัม
- แมกนีเซียม (มิลลิกรัม)	10 มิลลิกรัม
- ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม)	31 มิลลิกรัม
- โพแทสเซียม	171 มิลลิกรัม
- โซเดียม	1 มิลลิกรัม
- สังกะสี	0.07 มิลลิกรัม

นอกจากนี้ ลิ้นจี่ยังมีสรรพคุณทางยา โดยใช้เป็นยาบำรุงร่างกาย บรรเทาอาการไอเรื้อรัง แก้อาการคัดจมูก รักษาอาการท้องเดิน ลดกรดในกระเพาะอาหาร และช่วยบรรเทาความผิดปกติของระบบทางเดินอาหาร ช่วยปรับปรุงการย่อยอาหาร ส่งเสริมการไหลเวียนโลหิต ทำให้ผิวชุ่มชื้น และช่วยบรรเทาอาการโลหิตจาง จากงานวิจัยพบว่า ลิ้นจี่มีองค์ประกอบทางชีวภาพที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพ ได้แก่ สารกลุ่มพอลิฟีนอล แทนนิน และน้ำมันหอมระเหย ซึ่งมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ด้านอักเสบ (Huang et al., 2021) และส่งเสริมระบบภูมิคุ้มกันอย่างไรก็ตาม สารออกฤทธิ์และกลไกที่เกี่ยวข้องกับประโยชน์เหล่านี้ยังไม่ได้รับการศึกษาอย่างชัดเจน ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของลิ้นจี่ได้รับการยืนยันอย่างกว้างขวาง โดยนอกเหนือจากวิตามินซีและวิตามินอีแล้ว เนื้อลิ้นจี่ยังมีโพลีแซ็กคาไรด์ที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (anti-oxidant polysaccharides) ซึ่งสามารถกำจัดอนุมูลออกซิเจนและช่วยยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันในตับหนูได้อย่างมีนัยสำคัญ (Wu et al., 2004)

อย่างไรก็ตาม ตามหลักการแพทย์แผนจีน ลิ้นจี่จัดเป็นอาหารที่มีฤทธิ์ร้อน หากบริโภคมากเกินไป อาจทำให้เกิดอาการร้อนใน เช่น เจ็บคอ บวมในลำคอ เป็นแผลในปาก ลิ้น และใบหน้า รวมถึงต่อมทอนซิลอักเสบ แม้ว่าผลกระทบนี้จะเกิดขึ้นเฉพาะในบางบุคคล แม้ว่าจะยังไม่มีการศึกษาเกี่ยวกับกลไกและสารออกฤทธิ์ที่ชัดเจนก็ตาม

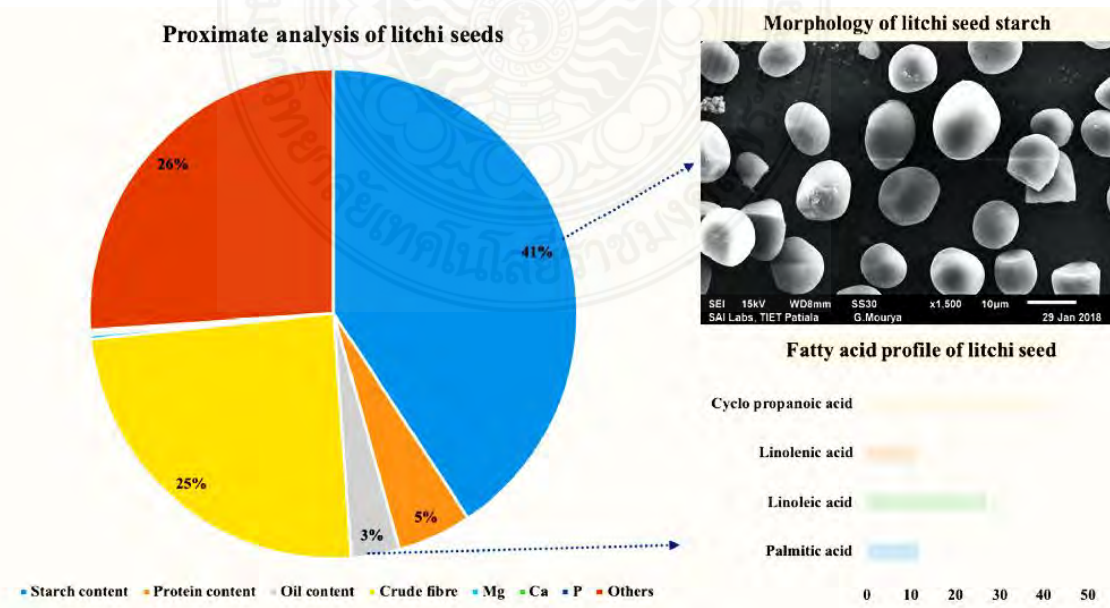
2.1.3 เมล็ดลิ้นจี่

เมล็ดลิ้นจี่ (seed) มีสีน้ำตาลเข้มหรือสีน้ำตาลช็อกโกแลต มีรูปร่างเป็นทรงรียาวถึงเว้าด้านหนึ่ง โดยมีขนาดความยาว 1-3.3 เซนติเมตร และความกว้าง 0.6-1.2 เซนติเมตร (ภาพที่ 2.3) ในทางการแพทย์

แผ่นจีน เมล็ดลิ้นจี่ถูกใช้เพื่อขจัดความเย็นและยังทำหน้าที่เป็นยาแก้ปวดที่ช่วยบรรเทาอาการอันตะอักษะอีกเสบปวดเส้นประสาท อันตะบวม ไล่เลื้อน และอาการปวดท้อง เมล็ดลิ้นจี่จึงมีศักยภาพในการใช้เป็น ส่วนประกอบสำคัญในผลิตภัณฑ์ยาและอาหารต่าง ๆ นอกจากนี้ เมล็ดลิ้นจี่ยังเป็นแหล่งของสารอาหารที่สำคัญ ได้แก่ โพลีแซ็กคาไรด์ประเภทแป้ง (40.7%) โปรตีน (4.93%) โยอาหารหยาบ (24.5%) น้ำมัน (3.2%) และแร่ธาตุ ได้แก่ แมกนีเซียม (0.28%) แคลเซียม (0.21%) และฟอสฟอรัส (0.11%) (Punia & Kumar, 2021; Zhu et al., 2019) กรดไขมันที่พบในเมล็ดลิ้นจี่ ประกอบด้วย กรดปาลมิติก (palmitic acid, 12%) กรดไลโนเลอิก (linoleic acid, 27%) กรดไลโนเลนิก (linolenic acid, 11%) และกรดไซโคล-โพรพานอิก (cyclopropanoic acid, 42%) กรดไขมันในน้ำมันเมล็ดลิ้นจี่เป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่ พัฒนาศักยภาพเมล็ดลิ้นจี่เป็นอาหารเพื่อสุขภาพ (ภาพที่ 2.4) นอกจากนี้ ยังพบว่าเมล็ดลิ้นจี่มีอนุพันธ์ของ สารสเตอรอล (sterol) และซาโปนิน (saponin) ซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อการทำงานของเยื่อหุ้มเซลล์และมีฤทธิ์ทางชีวภาพที่หลากหลาย (Kilari & Putta, 2016)



ภาพที่ 2.3 ลักษณะเมล็ดลิ้นจี่พันธุ์คอมพิวเตอร์สงคราม (ผู้แต่ง, 2566)



ภาพที่ 2.4 องค์ประกอบของเมล็ดลิ้นจี่

การศึกษาคุณสมบัติและศักยภาพสารสกัดจากเมล็ดลิ้นจี่มีฤทธิ์ลดน้ำตาลในเลือด (antihyperglycemic agent) รวมถึงมีแนวโน้มการความต้านทานต่ออินซูลิน ฤทธิ์ด้านการอักเสบ ควบคุมไขมัน ป้องกันระบบประสาท ฤทธิ์ด้านพิษต่อระบบประสาท (Zhang et al., 2021) เมล็ดมีฤทธิ์ต้านจุลชีพ ต่อแบคทีเรียหลายสายพันธุ์และมีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระที่มีประสิทธิภาพสูงกว่ากรดแอสคอร์บิก เมล็ดลิ้นจี่ประกอบไปด้วยสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ เช่น โปโรไซยานิดิน คาเทชิน และซาโปนิน ซึ่งสมบัติทางเภสัชวิทยาที่หลากหลาย สารกลุ่มฟอสโฟลีนอลที่ได้จากเมล็ดลิ้นจี่มีคุณสมบัติป้องกันระบบประสาทโดยการยับยั้งการอักเสบของระบบประสาท สารประกอบเหล่านี้ลดการควบคุมไซโตไคน์ที่ก่อให้เกิดการอักเสบ และยับยั้งการตายของเซลล์ (Singh et al., 2013; Yong Tang et al., 2018)

งานวิจัยได้มีการศึกษาศักยภาพของลิ้นจี่ในส่วนต่าง ๆ เช่น เปลือก (pericarp) เนื้อ (aril หรือ pulp) และเมล็ด (seed) สำหรับการใช้ในเครื่องสำอาง พบว่าสารสกัดจากเปลือกลิ้นจี่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสได้ดี จึงเหมาะสำหรับใช้ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางทาผิว (Kanlayavattanukul et al., 2012; Kilari & Putta, 2016) นอกจากนี้ เนื้อ เปลือก และเมล็ดของลิ้นจี่ยังมีสารสำคัญที่มีศักยภาพด้านเครื่องสำอาง เช่น การนำไปใช้ในครีมกันแดด แชมพู และครีมบำรุงผิว สารสกัดจากลิ้นจี่มีประสิทธิภาพสูงในการยับยั้งเอนไซม์อีลาสเทส (elastase) และคอลลาเจนเนส (collagenase) ซึ่งเป็นเอนไซม์โปรติเอสชนิดหนึ่งที่สามารถย่อยสลายคอลลาเจนและเจลาตินได้ หากร่างกายสูญเสียคอลลาเจนไปจะส่งผลให้ผิวหนังมีร่องลึก เกิดริ้วรอยหย่อนยาน และเหี่ยวเหี่ยว สารสกัดจากลิ้นจี่สามารถลดการผลิตเมลานินดีกว่าสารสกัดจากผลไม้อื่น ๆ และสารมาตรฐานบางชนิด ผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าสารสกัดจากลิ้นจี่อาจเป็นส่วนประกอบที่มีคุณค่าในสูตรเครื่องสำอางเพื่อลดเลือนริ้วรอยและช่วยให้ผิวกระจ่างใส (Sathya et al., 2023)

2.2 ลิ้นจี่พันธุ์ค่อม

ลิ้นจี่ค่อมเป็นพืชเศรษฐกิจหลักของจังหวัดสมุทรสงคราม โดยเป็นแหล่งผลิตลิ้นจี่ที่สำคัญในภาคกลาง โดย “ลิ้นจี่พันธุ์ค่อม” เป็นพันธุ์ที่เกษตรกรนิยมปลูกมากที่สุด คิดเป็นกว่า 90% ของลิ้นจี่เขตร้อนทั้งหมดที่ปลูกในประเทศไทย (Wiriy Alongkorn & Rasananda, 2010) ปัจจุบันเกษตรกรปลูกลิ้นจี่ 1,920 ครัวเรือน รวมพื้นที่การปลูกประมาณ 5,196 ไร่ แยกเป็นพื้นที่ อำเภอเมือง 7 ไร่ อำเภออัมพวา 2,328 ไร่ และ อำเภอบางคนที 2,861 ไร่ จากข้อมูลพื้นฐานของจังหวัดสมุทรสงคราม มีเกษตรกรขออนุญาตใช้ตราสัญลักษณ์ GI จำนวน 12 ราย (สำนักงานปลัดกระทรวงเกษตรฯ, 2567) ลิ้นจี่ค่อมสมุทรสงคราม (Samutsongkhram Kom Lychee หรือ Litchi) ได้รับการขึ้นทะเบียนสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ (GI) รายการสินค้า “ลิ้นจี่พันธุ์ค่อม หรือหอมลำเจียก” ตั้งแต่มีนาคม 2551 (กรมทรัพย์สินทางปัญญา, 2555)

ลิ้นจี่พันธุ์ค่อมมีลักษณะลำต้นสูงถึง 35 เมตร เรือนยอดกลม เปลือกค่อนข้างเรียบ สีเทา มีช่องระบายอากาศ ใบประกอบแบบขนนก เรียงสลับ มีใบย่อย 1 - 4 คู่ เรียงตรงข้ามหรือเยื้องกัน บางครั้งสลับ แผ่นใบย่อยรูปรีหรือรูปไข่กลับ กว้าง 2 - 4 เซนติเมตร ยาว 8 - 11 เซนติเมตร ปลายมนถึงเรียวแหลม โคนแหลมถึงเรียวแหลม ผิวค่อนข้างเกลี้ยงทั้ง 2 ด้าน ดอกมีขนาดเล็ก สีขาวอมเขียวถึงเหลือง กลิ่นหอม ออกเป็นช่อยาวถึง 30 เซนติเมตร ผลมีขนาด 2.5 - 4 เซนติเมตร ยาวประมาณ 3.5 เซนติเมตร รูปไข่หรือรูปหัวใจ สีแดงสดเมื่อสุก เปลือกแข็งกรอบ ผิวขรุขระ ลักษณะเด่นของผล คือ "หนามตั้ง" เมื่อผลแก่จัดได้ที่โดยหนามมีลักษณะราบลงและอยู่ห่างกันไม่เป็นกระจุก "หนามตั้ง" ลิ้นจี่ที่แก่จัดมีสีเข้มเหมือนน้ำหมาก

เปลือกบางและตึง "เนื้อเต่ง" เนื้อลื่นจี๋สีชุน เนื้อหนากรอบ แห้ง ไม่ฉะ มีกลิ่นหอมรสหวาน "ร่องชาด" เปลือกด้านในของลื่นจี๋ เมื่อปอกเปลือกออกแล้วจะเห็นเป็นสีชมพูตั้งแต่ชั่วผลจนถึงกลางผล หากเปลือกด้านในเป็นสีชมพูทั้งผลแสดงว่าลื่นจี๋นั้นแก่จัดเกินไป ส่วนที่เป็นเมล็ดจะกลม ยาวรีสีน้ำตาล

ผลผลิตของลื่นจี๋พันธุ์ค่อม คิดเป็นประมาณร้อยละ 8-10 ของผลผลิตลื่นจี๋ทั้งหมดต่อปีของประเทศ ไทย และมีช่วงเก็บเกี่ยวในช่วงต้นเดือนเมษายน ซึ่งเร็วกว่าลื่นจี๋พันธุ์อื่น ๆ ประมาณ 4 สัปดาห์ ราคาขายปลีกของพันธุ์ค่อมเฉลี่ยสูงกว่าพันธุ์ฮวย ประมาณ 75% (Wiriya Alongkorn & Rasananda, 2010)



ภาพที่ 2.5 ผลลื่นจี๋พันธุ์ค่อมสมุทรสงคราม

(ภาพจาก <https://www.samutsongkhram.go.th/otop/detail/6/data.html>)

2.3 อนุมูลอิสระ

อนุมูลอิสระ (free radicals) หมายถึงอะตอมหรือโมเลกุลที่มีอิเล็กตรอนโดดเดี่ยว (unpaired electrons) อย่างน้อย 1 อิเล็กตรอน อนุมูลอิสระเกิดขึ้นได้เมื่อพันธะระหว่างอะตอมแตกออก อนุมูลอิสระนั้นไม่เสถียรและไวต่อการเกิดปฏิกิริยากับโมเลกุลข้างเคียงเพื่อทำให้ตัวเองเสถียรขึ้น ส่งผลให้โมเลกุลข้างเคียงที่สูญเสียหรือรับอิเล็กตรอนจะกลายเป็นอนุมูลอิสระตัวใหม่เป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ (chain reaction) การเกิดอนุมูลอิสระพบได้ทั้งในสิ่งแวดล้อมและในระบบชีวภาพของสิ่งมีชีวิต โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกระบวนการผลิตพลังงานภายในเซลล์หรือกระบวนการเมแทบอลิซึม (metabolism) ซึ่งเกี่ยวข้องกับ การเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนจากโมเลกุลของออกซิเจน ส่งผลให้อิเล็กตรอนในโมเลกุลออกซิเจนไม่สมดุล กลายเป็นอนุมูลอิสระที่มีความไวสูงต่อปฏิกิริยาทางเคมี ซึ่งปฏิกิริยาเคมีจะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องเป็นลูกโซ่ และเกิดขึ้นในเซลล์ตลอดเวลา ดังสมการ



อนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นในสิ่งมีชีวิตที่ใช้ออกซิเจนที่สำคัญ ได้แก่ อนุมูลออกซิเจน (oxygen radical) และอนุพันธ์ของอนุมูลออกซิเจน (derivative oxygen radical) เช่น อนุมูลไฮโดรเปอร์ออกซิล (hydroperoxyl radical, $HO_2\cdot$) ซูเปอร์ออกไซด์ (superoxide anion, $O_2^{\cdot-}$) และอนุมูลไฮดรอกซิล (hydroxyl radical, $\cdot OH$) นอกจากนี้ยังรวมถึงโลหะทรานซิชัน (transition metals) อนุมูลคาร์บอเนต (carbonate radical ($CO_3^{\cdot-}$)) อนุมูลไนเตรต nitrate radical ($NO_3\cdot$) อนุมูลเมทิล (methyl radical, $CH_3\cdot$) อนุมูลเปอร์ออกซิล (peroxyl radical, $ROO\cdot$) อนุมูลไนตริกออกไซด์ (nitric oxide, $NO\cdot$) อนุมูล

ไนโตรเจนออกไซด์ (nitrogen dioxide, $\text{NO}_2\cdot$) และอนุมูลไฮโดรเจน ($\text{H}\cdot$) เป็นต้น (Christodoulou et al., 2022) อนุมูลอิสระเหล่านี้มักมีความไม่เสถียรและสามารถทำปฏิกิริยากับสารชีวโมเลกุลที่อยู่รอบข้างได้อย่างรวดเร็ว ส่งผลให้เกิดความเสียหายต่อองค์ประกอบต่าง ๆ ของเซลล์ (Barnham et al., 2004; Halliwell, 1999; Pham-Huy et al., 2008)

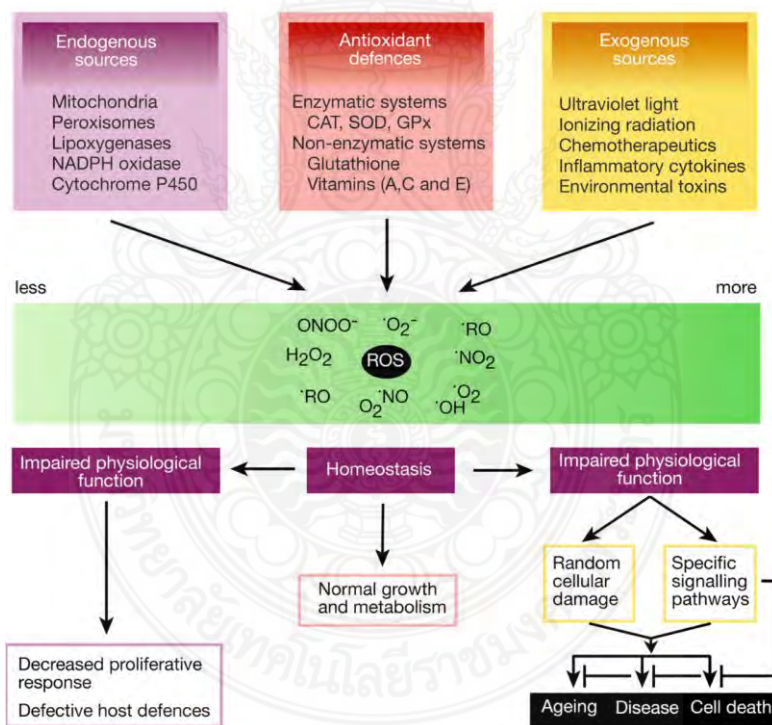
การประเมินความเป็นพิษของอนุมูลอิสระมีความซับซ้อนมากกว่าการสรุปว่าอนุมูลอิสระทุกชนิดเป็นพิษต่อร่างกาย ปัจจัยสำคัญที่ควรใช้ในการประเมินคือความสามารถในการออกซิไดซ์สารชีวโมเลกุลในร่างกาย สารที่มีความสามารถในการออกซิไดซ์สารชีวโมเลกุลเรียกว่า อนุมูลที่มีความไว (reactive species, RS) ซึ่งมีหลายประเภท โดยส่วนใหญ่อยู่ในรูป reactive oxygen species (ROS) นอกจากนี้ยังมี reactive chlorine species และ reactive nitrogen species และยังสามารถพบในรูปแบบ lipid radical หรือ genetic radical อีกด้วย ดังนั้นสิ่งสำคัญที่ควรทราบคือ RS ไม่จำเป็นต้องอยู่ในรูปของอนุมูลอิสระเสมอไป สารประกอบบางชนิดที่ไม่อยู่ในรูปอนุมูลอิสระ (non-radical) แต่มีความไวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน เช่น H_2O_2 ก็จัดเป็น RS เช่นกัน แสดงดังตารางที่ 2.2 (Arjunan et al., 2015)

ตารางที่ 2.2 ประเภทของอนุมูลที่มีความไวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน

reactive oxygen species (ROS)			
อนุมูลอิสระ	สูตร	โมเลกุลที่ไม่อยู่ในรูปอนุมูลอิสระ	สูตร
oxygen radical	O ₂ •	singlet oxygen	¹ O ₂ *
superoxide radical	O ₂ ⁻ •	hydrogen peroxide	H ₂ O ₂
hydroxyl radical	•OH	ozone	O ₃
hydroperoxyl radical	HO ₂ •	organic peroxide	ROOH
peroxyl radical	ROO•	nitrosoperoxycarbonate	ONOOCO ₂
alkoxyl radical	RO•		
carbonate radical	CO ₃ ⁻ •		
carbon dioxide radical	CO ₂ ⁻ •		
reactive chlorine species (RCS)			
chlorine radical	Cl•	hypochloric acid	HOCl
		nitryl chloride	NO ₂ Cl
		chlorine gas	Cl ₂
reactive nitrogen species (RNS)			
nitric oxide radical	NO•	nitric oxide	HNO ₂
nitric dioxide radical	NO ₂ •	peroxynitrite	ONOO ⁻
nitrate radical	NO ₃ •	perxynitrous acid	ONOOH
		nitryl chloride	NOOCl
reactive hydrogen species			
hydrogen radical	H•		
methyl radical	CH ₃ •		

อนุมูลอิสระส่วนใหญ่อยู่ในรูปอนุมูลออกซิเจน (reactive oxygen species, ROS) เกิดขึ้นในสิ่งมีชีวิตที่ใช้ออกซิเจนที่สำคัญ โดยการเผาผลาญอาหาร สารต่าง ๆ กระบวนการสร้างพลังงาน การหายใจระดับเซลล์ รวมไปถึงเกิดขึ้นในกลไกการป้องกันตัวเองของร่างกายจากเชื้อจุลินทรีย์ต่าง ๆ หากร่างกายมีกระบวนการดังกล่าวที่มากเกินไป หรือการที่ร่างกายขาดสารต้านอนุมูลอิสระจะทำให้มีการสะสมของ ROS มากขึ้นและทำให้เกิดภาวะถูกออกซิไดซ์เกินสมดุล (oxidative stress) ขึ้นได้

ภาวะถูกออกซิไดซ์เกินสมดุล คือภาวะความไม่สมดุลของการเกิดอนุมูลอิสระ และกระบวนการป้องกันอันตรายจากอนุมูลอิสระโดยสารต้านออกซิเดชัน ภาวะดังกล่าวเป็นผลจากการเกิดอนุมูลอิสระและสารเกี่ยวข้องที่เป็นผลิตภัณฑ์ของอนุมูลอิสระเพิ่มมากขึ้น หรือความบกพร่องของกระบวนการป้องกันอันตรายจากการเกิดออกซิเดชัน เนื่องจากปริมาณเอนไซม์ที่ทำหน้าที่ด้านการเกิดปฏิกิริยาดังกล่าวลดลง หรือการทำงานที่ผิดปกติ หรือมีระดับสารออกซิเดชันที่ลดลง ซึ่งสาเหตุดังกล่าวอาจพบร่วมกันได้ ส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของอนุมูลอิสระอันมีความไวต่อชีวโมเลกุลซึ่งเป็นองค์ประกอบของเซลล์ ได้แก่ ไขมัน โปรตีน น้ำตาล และกรดนิวคลีอิก ทำให้เซลล์ถูกทำลายและเกิดผลิตภัณฑ์ของอนุมูล หากเกิดภาวะ oxidative stress ขึ้นในระยะเวลาสั้น ๆ เพียงชั่วขณะนั้นจะไม่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพมากนัก แต่หากเกิดภาวะดังกล่าวเป็นเวลานานจะทำให้มีความเสี่ยงที่จะมีผลไปทำลายเนื้อเยื่อต่าง ๆ เยื่อหุ้มเซลล์ รวมถึง DNA และจะนำไปสู่โรคในหลายระบบและนำไปสู่ความเสื่อมของอวัยวะต่าง ๆ ได้ (Li et al., 2013)

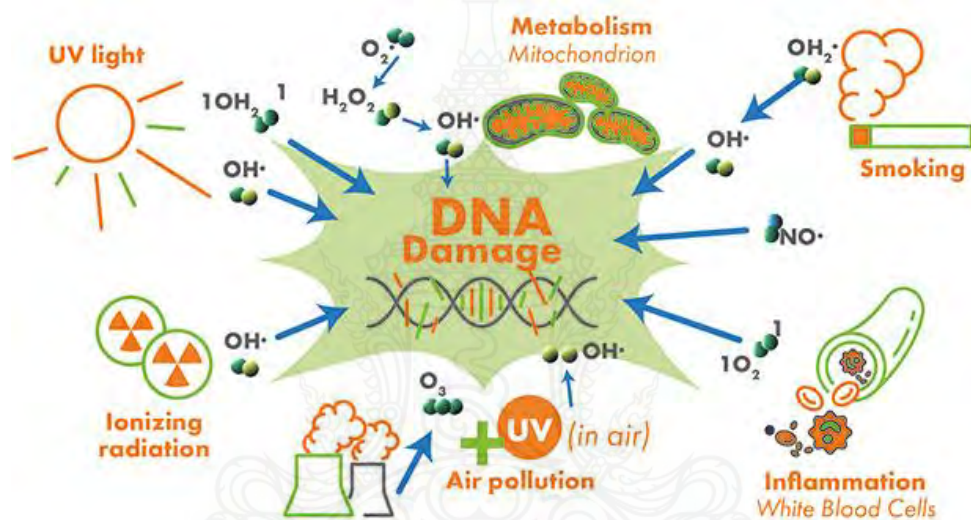


ภาพที่ 2.6 แหล่งของ ROS เกิดขึ้นจากในและนอกร่างกายและสมดุลของระบบสารต้านอนุมูลอิสระ

อนุมูลอิสระส่งผลกระทบต่อระบบชีวภาพของร่างกายทั้งทางตรงและทางอ้อม อนุมูลอิสระสามารถทำลายชีวโมเลกุลในเซลล์และส่วนประกอบของเซลล์ เช่น ลิพิด โปรตีน เอนไซม์ DNA RNA คาร์โบไฮเดรต เซลล์เนื้อเยื่อ คอลลาเจน ไมโทคอนเดรีย และเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน ซึ่งอาจนำไปสู่เซลล์ตายหรือการกลายพันธุ์ของดีเอ็นเอ และส่งผลให้เกิดโรคต่าง ๆ เช่น โรคชรา (Rusu et al., 2022) โรคมะเร็ง โรคหัวใจขาดเลือด (coronary heart disease) โรคอัลไซเมอร์ (alzheimer's disease) โรคข้ออักเสบ (arthritis) โรคภูมิแพ้

(allergies) โรคความดันโลหิตสูง โรคหัวใจ โรคเกี่ยวกับสายตา โรคเกี่ยวกับระบบประสาทและทางเดินหายใจ โรคเกี่ยวกับผิวหนัง และโรคลำไส้อักเสบ เป็นต้น (Poprac et al., 2017)

อนุมูลอิสระนอกจากการเกิดขึ้นภายในร่างกายแล้ว ยังสามารถเกิดขึ้นจากสิ่งแวดล้อมภายนอก เช่น การติดเชื้อโรคไวรัสหรือเชื้อแบคทีเรีย ซึ่งเกี่ยวข้องกับโรคทางภูมิคุ้มกัน เช่น ข้ออักเสบรูมาตอยด์ การได้รับรังสี (รังสีอัลตราไวโอเลต รังสีเอกซ์ และรังสีแกมมา) มลภาวะทางอากาศ (ควันบุหรี่ แก๊สไนโตรออกไซด์ ไนโตรเจนไดออกไซด์จากท่อไอเสีย และเขม่าจากเครื่องยนต์) (Phaniendra et al., 2015) อาหารที่ผ่านกระบวนการเผาไหม้ เช่น การย่างเนื้อสัตว์ที่มีไขมันสูง การใช้ซ้ำของน้ำมันทอดที่อุณหภูมิสูง และการบริโภคอาหารที่ไหม้เกรียม หรือแม้แต่การใช้ยารักษาโรคบางชนิด เช่น โดโซรูบิซิน (doxorubicin) เพนิซิลลามิน (penicillamine) และพาราเซตามอล เป็นต้น ภาพที่ 2.7 แสดงปัจจัยภายนอกที่เป็นสาเหตุกำเนิดอนุมูลอิสระ



ภาพที่ 2.7 แหล่งกำเนิดอนุมูลอิสระ

(ที่มาภาพ: <https://livingnaturally.co.za/articles/general-healthcare/oxidative-stress>)

2.4 สารต้านอนุมูลอิสระ

สารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidants) เป็นสารที่ช่วยต่อต้าน กำจัดหรือชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันภายในร่างกาย เนื่องจาก ROS เกิดขึ้นมาจากกระบวนการต่าง ๆ ในร่างกาย ดังนั้น ร่างกายจึงต้องสร้างสารต้านอนุมูลอิสระขึ้นมาเพื่อกำจัดและลดความรุนแรงของ ROS ที่เกิดขึ้น เช่น โคเอนไซม์-คิวเทน (CoQ10) และกรดแอลฟาไลโปอิก เป็นต้น โดยปกติแล้วการสร้างสารต้านอนุมูลอิสระในร่างกายนั้นมีอย่างเพียงพอต่อการเกิดอนุมูลอิสระขึ้นภายในร่างกาย แต่หากมีสภาวะผิดปกติในร่างกาย เช่น ความเครียด การนอนติดต่อกันนาน ๆ การรับประทานยาที่มีผลลด antioxidant enzyme หรือสภาวะโรคต่าง ๆ ก็อาจทำให้การสร้างอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นจนเสียสมดุลเกิดเป็นภาวะ oxidative stress ซึ่งเป็นต้นเหตุสำคัญในการเกิดโรคและรับการทำงานที่ผิดปกติหลายประการ ร่างกายจึงมีกลไกในการควบคุมและกำจัดอนุมูลอิสระผ่านระบบต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant system) ซึ่งประกอบด้วยเอนไซม์ antioxidant ซึ่งเป็นกลุ่มเอนไซม์ที่ช่วยลดปริมาณอนุมูลอิสระและป้องกันความเสียหายของเซลล์ ได้แก่

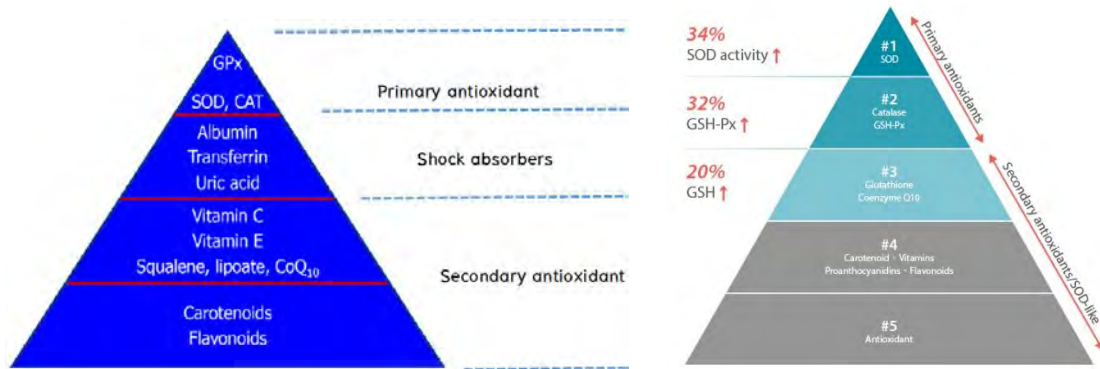
- เอนไซม์ซูเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเทส (superoxide dismutase; SOD) ทำหน้าที่เปลี่ยนอนุมูลซูเปอร์ออกไซด์ (O_2^-) ให้เป็น H_2O_2
- เอนไซม์คะตาเลส (catalase; CAT) ทำหน้าที่เปลี่ยนไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ให้เป็นน้ำและออกซิเจน
- เอนไซม์และกลูตาไธโอนเพอร์ออกซิเดส (glutathione peroxidase; GPx) ทำหน้าที่ลดความเป็นพิษของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และอนุมูลไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

ส่วนสารต้านอนุมูลอิสระที่ไม่ใช่เอนไซม์ (non-enzymatic antioxidants) ที่สำคัญในร่างกายจะเป็นสารที่มีโมเลกุลขนาดเล็กช่วยกำจัดอนุมูลอิสระ ได้แก่

- กลูตาไธโอน (glutathione; GSH) เป็นไตรเปปไทด์ที่มีบทบาทสำคัญในการกำจัดอนุมูลอิสระ
- กรดยูริก มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ช่วยป้องกันออกซิเดชันของ DNA และโปรตีน
- โคเอนไซม์คิวเทน (co-enzyme Q10; CoQ10) ทำหน้าที่ช่วยลดการเกิดออกซิเดชันของไขมัน
- บิลิรูบินและอัลบูมิน (bilirubin & albumin) มีบทบาทในการลดความเสียหายจากอนุมูลอิสระในกระแสเลือด

สารต้านอนุมูลอิสระแบ่งออกเป็นหลายกลุ่มตามความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ โดยกลุ่มที่มีศักยภาพสูงสุดคือ สารต้านอนุมูลอิสระภายในร่างกาย (endogenous antioxidant) ซึ่งร่างกายสามารถสังเคราะห์ได้เอง เช่น catalase และ glutathione peroxidase ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการควบคุมปฏิกิริยาออกซิเดชันและสามารถรีไซเคิลกลับมาใช้ใหม่ได้ จึงเรียกอีกชื่อว่า สารต้านอนุมูลอิสระปฐมภูมิ (primary antioxidant) กลุ่มถัดมาคือ shock absorbers ซึ่งมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระรองจากกลุ่มแรกพบได้ในโปรตีนในเลือด เช่น albumin และ transferrin โดยมีหน้าที่จับกับไอออนโลหะที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Pisoschi & Pop, 2015) อย่างไรก็ตาม สารเหล่านี้ไม่สามารถเพิ่มขึ้นได้เมื่อร่างกายเผชิญกับภาวะ oxidative stress

นอกจากนี้ ยังมีสารต้านอนุมูลอิสระทุติยภูมิ (secondary antioxidant) หรือสารต้านอนุมูลอิสระภายนอก (exogenous antioxidants) ซึ่งแบ่งออกเป็นสองกลุ่มหลัก คือ วิตามินซี พบในผลไม้รสเปรี้ยว พริกหวาน และมะเขือเทศ วิตามินอี (tocopherols and tocotrienols) พบในน้ำมันพืช ถั่ว และเมล็ดพืช กรดอะมิโนบางชนิด และ co-enzyme Q10 (CoQ10) ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวรับและให้โปรตอนเพื่อยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชัน และสารทุติยภูมิที่ได้จากพืช เช่น ฟลาโวนอยด์และแทนนิน พอลิฟีนอลพบในชาเขียว โกโก้ และผลไม้ตระกูลเบอร์รี่ และแคโรทีนอยด์ เช่น เบตาแคโรทีนและลูทีน พบในผักใบเขียวและแครอท สารกลุ่มดังกล่าวมีบทบาทสำคัญในการปกป้องเซลล์จากความเสียหายโดยอาศัยกลไกการกำจัดอนุมูลอิสระ (Pham-Huy et al., 2008)



ภาพที่ 2.8 แสดงการจัดลำดับชั้นของสารต้านอนุมูลอิสระตามความแรงของสาร
(ที่มาภาพ: <https://www.antromax.net/science/anti-oxidation>)

กลไกและหน้าที่ของสารต้านอนุมูลอิสระ สารต้านอนุมูลอิสระมีบทบาทหลักในการลดการสร้างอนุมูลอิสระและป้องกันความเสียหายที่เกิดขึ้นในร่างกายผ่านกลไกต่าง ๆ ได้แก่

1. การดักจับอนุมูลอิสระ (radical scavenging) สารต้านอนุมูลอิสระสามารถจับและทำลายอนุมูลอิสระโดยตรง ลดความเสียหายต่อเซลล์ โดยสารต้านอนุมูลอิสระจะให้ไฮโดรเจนหรืออิเล็กตรอนแก่อนุมูลอิสระ และทำให้อนุมูลอิสระมีความเสถียรมากขึ้น เมื่อสารต้านอนุมูลอิสระได้ให้ไฮโดรเจนหรืออิเล็กตรอนไปแล้วก็จะเกิดเป็นอนุมูลอิสระตัวใหม่ซึ่งมีความรุนแรงน้อยกว่าอนุมูลอิสระเดิม อาจจะไปรวมตัวกันกับอนุมูลอิสระอีกโมเลกุลหนึ่งเกิดผลิตภัณฑ์ที่เสถียร หรือมีสารต้านอนุมูลอิสระตัวอื่น ๆ มาให้อิเล็กตรอนหรือไฮโดรเจนเพื่อเกิดผลิตภัณฑ์ที่เสถียรต่อไป สารที่มีกลไกการออกฤทธิ์ผ่านกลไกนี้เช่น butylated hydroxyl anisole (BHA) และ vitamin E (alpha-tocopherol) เป็นต้น



โดย $R\cdot$ และ $RO\cdot$ คือ อนุมูลอิสระ

AH คือ สารต้านอนุมูลอิสระ

2. การยับยั้งออกซิเจนที่มีการจัดเรียงอิเล็กตรอนไปในทิศทางเดียว (singlet oxygen quenching, $^1O_2^*$) ซึ่ง singlet oxygen จะมีพลังงานสูง เนื่องจากโมเลกุลอยู่สภาวะกระตุ้นจึงไม่มีความเสถียร ซึ่งพร้อมจะเข้าไปจับตัวกับโมเลกุลอื่น ๆ สารต้านอนุมูลอิสระจะยับยั้งการทำงานของ singlet oxygen โดยการเปลี่ยน singlet oxygen (1O_2) ให้ไปอยู่ในรูป triplet oxygen (3O_2) และปล่อยพลังงานที่ได้รับออกไปในรูปความร้อน สารที่ออกฤทธิ์ผ่านกลไกดังกล่าวนี้ เช่น แคโรทีนอยด์ (carotenoids) โดยแคโรทีนอยด์ 1 โมเลกุล สามารถทำปฏิกิริยากับ singlet oxygen ได้ 1,000 โมเลกุล

3. การจับกับโลหะ (metal chelation) สารต้านอนุมูลอิสระสามารถจับกับโลหะ เช่น Fe^{2+}/Fe^{3+} และ Cu^{2+} มีผลเร่งให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในร่างกาย ซึ่งโลหะหนักดังกล่าวจะไปเร่งการเกิดอนุมูลอิสระหลายประเภทเช่น peroxy radical, hydroxyl radical และ alkyl radical รวมถึง singlet oxygen ดังนั้นการที่มีสารไปจับกับโลหะหนักเหล่านี้จะช่วยชะลอการเกิดอนุมูลอิสระในร่างกายได้ สารที่ออกฤทธิ์ผ่านกลไกนี้ได้แก่ flavonoids, phosphoric acid, citric acid และ ascorbic acid เป็นต้น

4. การเสริมฤทธิ์ (synergism) และการยับยั้งเอนไซม์ (enzyme inhibition) ป้องกันเอนไซม์ที่กระตุ้นการเกิดอนุมูลอิสระจากการทำงานมากเกินไป สารประกอบ phenolics บางชนิด เช่น flavonoids

phenolic acid และ gallates สามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ lipoxygenase โดยสามารถเข้าจับกับไอออนของเหล็กซึ่งเป็น cofactor ส่งผลให้เอนไซม์ดังกล่าวไม่สามารถทำงานได้

สารต้านอนุมูลอิสระเป็นสารที่มีบทบาทสำคัญในการป้องกันความเสียหายที่เกิดจากอนุมูลอิสระ ซึ่งสามารถจำแนกออกเป็นสองแหล่งใหญ่ ได้แก่ สารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์ สารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติ

1) สารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์

สารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์ถูกผลิตขึ้นจากกระบวนการทางเคมี โดยทั่วไปเป็นสารประกอบฟีนอลิกที่ได้รับความนิยมในอุตสาหกรรมอาหารเพื่อลดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน ซึ่งอาจทำให้อาหารเปลี่ยนแปลงในด้านกลิ่น สี และรสชาติ ตัวอย่างของสารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์ ได้แก่

- โพรพิลแกลเลต (propyl gallate) เป็นเอสเทอร์ของโพรพานอลกับกรดแกลลิก (3,4,5-trihydroxybenzoic acid) ละลายได้ในไขมันและน้ำมัน มีบทบาทสำคัญในการเป็นสารต้านออกซิเดชันให้แก่ไขมัน น้ำมัน และเนยเทียม

- บิวทิลเลส ไฮดรอกซีอะนิโซล (butylated hydroxyanisole; BHA) เป็นสารต้านอนุมูลอิสระเหมาะสำหรับน้ำมันและกรดไขมัน ป้องกันกลิ่นเหม็นหืนในอาหารและเครื่องสำอาง

- บิวทิลเลส ไฮดรอกซีโทลูอิน (butylated hydroxytoluene; BHT) และเทอเทียรี-บิวทิลไฮโดรควิโนน (tertiary butylhydroquinone; TBHQ) เป็นวัตถุเจือปนอาหาร มี E-number คือ E319 เป็นสารฟีนอลิกใช้เพื่อเป็นสารกันหืน ป้องกันการหืนที่เกิดจากปฏิกิริยาการออกซิเดชันของลิพิด เป็นต้น

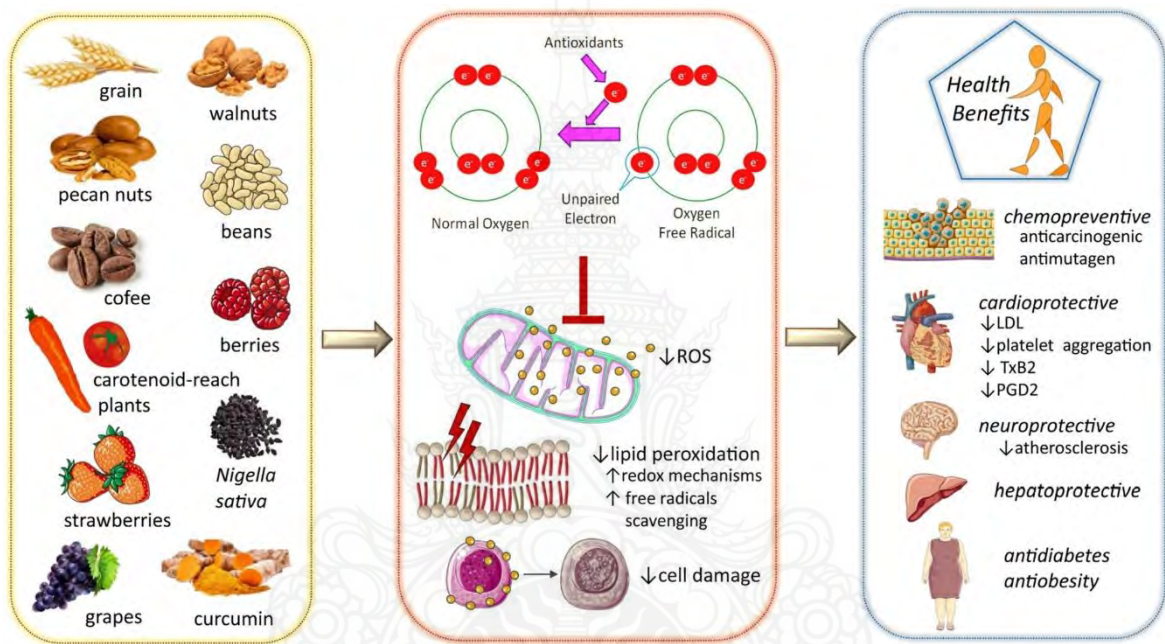
สารเหล่านี้มีความคงตัวสูงกว่าสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติ อย่างไรก็ตาม ข้อเสียของสารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์คือ ความเสี่ยงด้านความปลอดภัยในการบริโภค

2) สารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติ

สารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติมีอยู่ในสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์ สามารถแบ่งออกเป็นประเภทต่าง ๆ ได้แก่ วิตามิน เอนไซม์ และสารอื่น ๆ ที่มีคุณสมบัติช่วยลดความเสียหายจากอนุมูลอิสระ ตัวอย่างของสารต้านอนุมูลอิสระประเภทวิตามิน ได้แก่ วิตามินซีทำหน้าที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระในไฮโดรฟิลิกของเซลล์ วิตามินอีทำหน้าที่ปกป้องเยื่อหุ้มเซลล์จากการถูกทำลาย และกลูตาไธโอนช่วยป้องกันอนุมูลอิสระทั้งในไฮโดรฟิลิกและเนื้อเยื่อ

สารต้านอนุมูลอิสระป้องกันความเสียหายของเซลล์จากออกซิเดชัน (oxidative damage prevention) ช่วยกำจัดหรือยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันที่อาจทำให้เกิดความเสียหายต่อองค์ประกอบสำคัญของเซลล์ เช่น เยื่อหุ้มเซลล์ โปรตีน และดีเอ็นเอ ช่วยลดภาวะความไม่สมดุลของการเกิดอนุมูลอิสระและกระบวนการป้องกันอันตรายจากอนุมูลอิสระ (reduction of oxidative stress) ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อระดับของอนุมูลอิสระสูงเกินกว่าความสามารถของระบบป้องกันภายในเซลล์ สารต้านอนุมูลอิสระช่วยรักษาสสมดุลโดยการลดปริมาณอนุมูลอิสระที่เป็นอันตราย ช่วยสนับสนุนระบบภูมิคุ้มกัน โดยสารต้านอนุมูลอิสระบางชนิด เช่น วิตามินซีและวิตามินอี มีบทบาทสำคัญในการกระตุ้นการทำงานของเซลล์ภูมิคุ้มกัน และลดการอักเสบที่เกิดจากปฏิกิริยาของระบบภูมิคุ้มกัน ป้องกันความเสื่อมของเซลล์และชะลอความชรา (cellular aging and degeneration) การเกิดออกซิเดชันที่มากเกินไปส่งผลให้เกิดภาวะเซลล์เสื่อมสภาพ

(cellular senescence) และมีความเกี่ยวข้องกับกระบวนการชราภาพ สารต้านอนุมูลอิสระช่วยชะลอกระบวนการนี้โดยลดความเสียหายต่อเซลล์และช่วยฟื้นฟูโครงสร้างเซลล์ ช่วยควบคุมการส่งสัญญาณเซลล์ และการแสดงออกของยีน (cell signaling and gene regulation) สารต้านอนุมูลอิสระมีบทบาทสำคัญในการควบคุมการส่งสัญญาณของเซลล์ (cell signaling) และการแสดงออกของยีน (gene expression) โดยช่วยปรับสมดุลของปฏิกิริยาออกซิเดชัน-รีดักชันในเซลล์ ส่งผลต่อการทำงานของโปรตีนและเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการซ่อมแซมเซลล์ และช่วยลดความเสี่ยงของโรคเรื้อรัง โดยอนุมูลอิสระมีส่วนเกี่ยวข้องกับการพัฒนาของโรคเรื้อรัง เช่น โรคหัวใจและหลอดเลือด และโรคทางระบบประสาท สารต้านอนุมูลอิสระช่วยลดความเสี่ยงของโรคเหล่านี้โดยการยับยั้งการทำลายดีเอ็นเอและการอักเสบในระดับเซลล์ ดังภาพที่ 2.9



ภาพที่ 2.9 กลไกการทำงานของสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติ

(ที่มาภาพ: <https://www.welkinchemi.com/content/20151/antioxidant-intro2>)

2.5 วิธีการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

วิธีการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant activity) แบ่งเป็นประเภทการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเชิงคุณภาพ และการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเชิงปริมาณ ในที่นี้จะกล่าวเฉพาะการวิเคราะห์เชิงปริมาณที่นิยมใช้ในการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารตัวอย่าง ได้แก่ วิธีการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธีการทำลายอนุมูลอิสระดีพีพีเอช (DPPH•) วิธีการฟอกสีอนุมูลอิสระเอบีทีเอส (ABTS•+) และการวิเคราะห์ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกของสารต้านอนุมูลอิสระ (FRAP assay) โดยวิธีดังกล่าวข้างต้น จะมีการสร้างสารอนุมูลอิสระที่ทราบความเข้มข้นแน่นอน และจะทำการวิเคราะห์ความสามารถในการยับยั้งหรือกำจัดอนุมูลอิสระของสารตัวอย่างที่สนใจ โดยการวัดปริมาณสารอนุมูลอิสระที่ลดลง หรือที่เหลือจากปฏิกิริยาเคมี โดยอาศัยวิธีสเปกโทรสโกปีวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารอนุมูลอิสระที่เกิดอันตรกิริยากับสารตัวอย่างที่สนใจเทียบกับสารมาตรฐาน เช่น ไทโรลีน กรดแอสคอร์บิก และเฟอร์รัสซัลเฟต

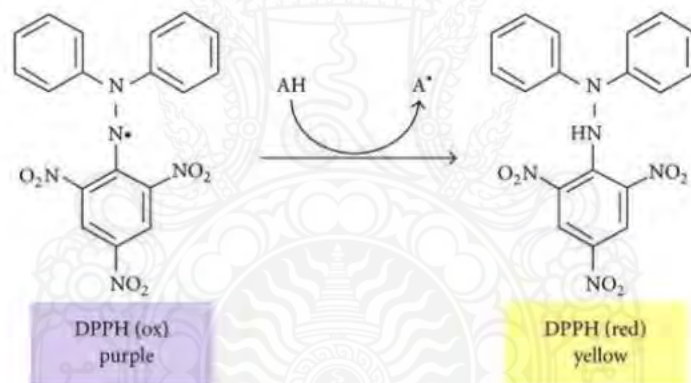
ในการคำนวณหาปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระทำได้โดยการเตรียมอัตราส่วนการลดลงของค่าการดูดกลืนแสงสารตัวอย่างเทียบกับสารมาตรฐาน ผลการทดลองนิยมแสดงเป็น 2 รูปแบบ คือ

1) แบบปริมาณความเข้มข้นของสารต้านอนุมูลอิสระที่มีในตัวอย่าง ซึ่งถ้าค่าตัวเลขสูงแสดงว่ามีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง

2) แบบปริมาณความเข้มข้นของสารตัวอย่างที่ทำให้สารอนุมูลอิสระลดลงร้อยละ 50 (IC_{50} , 50% of inhibitory concentration) โดย ถ้าค่าตัวเลขต่ำ แสดงว่ามีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง

2.5.1 วิธีทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH

วิธีการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธีการทำลายอนุมูลอิสระดีพีพีเอช (DPPH radical scavenging assay) เป็นวิธีทางเคมีที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งใช้สาร 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) ซึ่งเป็นสารประกอบอนุมูลอิสระ (DPPH•, diphenyl-picrylhydrazyl radical) ที่เสถียรในตัวทำละลายเมทานอลจะปรากฏเป็นสารละลายสีม่วงเข้มสามารถดูดกลืนแสงสูงสุดที่ความยาวคลื่น 515-517 nm เมื่อ DPPH• ทำปฏิกิริยากับสารต้านอนุมูลอิสระที่ละลายในเอทานอล จะเกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างและทำให้สีของสารละลายจางลงจนเป็นสีเหลือง ดังภาพที่ 2.10



ภาพที่ 2.10 หลักการทดสอบความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH

โดยขั้นตอนก่อนการวัดค่าการดูดกลืนแสง ต้องตั้งทิ้งไว้ที่มืดเป็นเวลา 30 นาที เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาระหว่างสารอนุมูลอิสระ (DPPH•) และสารตัวอย่างที่ยับยั้งสารอนุมูลอิสระ (สารทำหน้าที่ให้อิเล็กตรอน) ดังสมการ



การคำนวณสีที่จางลงของการยับยั้งอนุมูลอิสระ ดังนี้

$$DPPH \text{ radical scavenging } (\%) = [(A_0 - A_s)/A_0] \times 100$$

เมื่อ A_0 คือ ค่าการดูดกลืนแสงตั้งต้น

A_s คือ ค่าการดูดกลืนแสงหลังจากเติมสารตัวอย่าง

สารมาตรฐานที่ใช้ในการเทียบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ คือ โทรล๊อกซ (trolox, 6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchlorman-2-carboxylic acid) แสดงผลเป็น TEAC (trolox equivalent antioxidant capacity) มีหน่วยเป็น mM/mg หรือ $\mu\text{M}/\text{mg}$

การทดสอบด้วยวิธี DPPH มีข้อดี คือ มีขั้นตอนและการวิเคราะห์ที่ไม่ซับซ้อน ใช้เครื่องมือพื้นฐานนิยมใช้เป็นวิธีเบื้องต้นในการทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารที่สนใจ แต่ข้อด้อยของวิธีนี้คือ อนุมูล DPPH• มีความคงตัวไม่ไวต่อปฏิกิริยาเหมือนอนุมูลอิสระที่เกิดในเซลล์หรือร่างกาย ดังนั้นวิธีนี้จึงไม่สามารถแยกแยะ จัดอันดับอนุมูลที่มีความไวสูงได้ นอกจากนี้ โครงสร้างทางเคมีของ DPPH• ที่แสดงจะเห็นว่าอิเล็กตรอนเดี่ยวของอนุมูลอิสระถูกบดบังด้วยวงเบนซีน 3 วง และหมู่ไนโตร (NO_2) ทำให้สารต้านอนุมูลมีฤทธิ์แรง แต่มีขนาดใหญ่ บางสารไม่สามารถเข้าทำปฏิกิริยาจัดอนุมูลหรือเกิดปฏิกิริยาช้ากว่าความเป็นจริง ทั้งที่สารต้านอนุมูลนั้นมีฤทธิ์ดีในการขจัดอนุมูลเปอร์ออกซี (peroxyl radical) นอกจากนี้ สารรีดิวซ์สามารถทำให้สี DPPH• จางลงได้อีกด้วย (Christodoulou et al., 2022; Pisoschi & Negulescu, 2012)

การศึกษาความสามารถในการต้านออกซิเดชันในสารตัวอย่างนิยมรายงานเป็นค่า 50% effective concentration (EC_{50}) ซึ่งหมายถึง ปริมาณสารต้านออกซิเดชันที่ทำให้ความเข้มข้นของ DPPH• ลดลงร้อยละ 50 โดยสร้างกราฟระหว่างความเข้มข้นของสารตัวอย่างกับค่าการดูดกลืนแสง แล้วหาค่า EC_{50} จากกราฟแสดงค่าความเข้มข้นของสารตัวอย่างที่สามารถทำให้ความเข้มข้นของ DPPH ลดลงร้อยละ 50 แล้วใช้ค่า EC_{50} ในการเปรียบเทียบความสามารถของสารต้านอนุมูลอิสระระหว่างตัวอย่างที่ทดสอบกับสารมาตรฐาน butylated hydroxytoluene (BHT) คำนวณ %radical scavenging (ร้อยละการออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ)

2.5.2 วิธีการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS

วิธีการฟอกสีอนุมูลอิสระเอบีทีเอส ($\text{ABTS}^{\bullet+}$) หรือ ABTS radical cation decolorization assay เป็นหนึ่งในเทคนิคมาตรฐานที่นิยมใช้วัดความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ โดยอาศัยปฏิกิริยาระหว่างสารต้านอนุมูลอิสระกับ 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS) ซึ่งเป็นสารอยู่ในรูปอนุมูลอิสระ $\text{ABTS}^{\bullet+}$ ที่มีสีฟ้า-เขียวเข้ม สามารถดูดกลืนแสงสูงสุดที่ความยาวคลื่น 734 nm เนื่องจากสีของ $\text{ABTS}^{\bullet+}$ ปกติจะมีค่าการดูดกลืนแสงสูงจึงต้องทำการเจือจาง $\text{ABTS}^{\bullet+}$ ด้วยฟอสเฟตบัฟเฟอร์ แล้วจึงปฏิกิริยากับสารต้านอนุมูลอิสระ (สารตัวอย่างที่ละลายในเอทานอล) สีของสารละลายจะจางลง และสามารถวัดการลดลงของค่าการดูดกลืนแสงที่ 734 nm เพื่อคำนวณร้อยละการกำจัดอนุมูลอิสระ



ข้อดีของวิธีการนี้คือ สารอนุมูล $\text{ABTS}^{\bullet+}$ ละลายได้ดีในน้ำและตัวละลายอินทรีย์ จึงทำปฏิกิริยาได้รวดเร็วและทำปฏิกิริยาได้ดีในช่วง pH กว้าง ส่วนข้อเสียคือ สารอนุมูลอิสระ $\text{ABTS}^{\bullet+}$ ไม่เป็นสารธรรมชาติที่พบในร่างกายหรือในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตและต้องมีการทำปฏิกิริยากับสารอื่นก่อนถึงจะเกิดเป็นอนุมูลอิสระ

2.5.3 การวิเคราะห์ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก (FRAP assay)

การวิเคราะห์ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกของสารต้านอนุมูลอิสระ (FRAP assay) เป็นวิธีวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารประกอบโดยอาศัยกลไกการถ่ายโอนอิเล็กตรอนซึ่งได้รับการพัฒนาขึ้นโดย Benzie และ Strain (1996) เพื่อใช้วัดศักยภาพในการรีดิวซ์ไอออน

เฟอร์ริก (Fe^{3+}) ไปเป็นเฟอร์รัส (Fe^{2+}) ผ่านปฏิกิริยากับสารประกอบที่มีฤทธิ์รีดิวซ์ เช่น พอลีฟีนอล และสารต้านอนุมูลอิสระอื่น ๆ (Benzie & Strain, 1996)

การทดสอบ FRAP อาศัยปฏิกิริยาระหว่างสารต้านอนุมูลอิสระกับสารละลายรีเอเจนต์ FRAP ซึ่งประกอบด้วย ferric chloride ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) ซึ่งเป็นแหล่งของไอออนเฟอร์ริก (Fe^{3+}) และสาร 2,4,6-Tris(2-pyridyl)-s-triazine (TPTZ) เป็นตัวสร้างสารประกอบเชิงซ้อนกับ Fe^{2+} และบัฟเฟอร์แอซิเตต (acetate buffer, pH 3.6) ทำหน้าที่ควบคุมสภาพแวดล้อมของปฏิกิริยา เมื่อสารที่มีศักยภาพในการรีดิวซ์ทำปฏิกิริยากับรีเอเจนต์ FRAP ไอออน Fe^{3+} จะถูกรีดิวซ์ไปเป็น Fe^{2+} ซึ่งสามารถสร้างสารประกอบเชิงซ้อนกับ TPTZ (Fe^{2+} -TPTZ complex) ทำให้สารละลายเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงินเข้มที่มีการดูดกลืนแสงสูงสุดที่ความยาวคลื่นประมาณ 593 nm ผลการทดสอบ FRAP มักรายงานเป็นค่าเทียบเท่าเฟอร์รัสซัลเฟต (FeSO_4) หรือกรดแอสคอร์บิก (ascorbic acid equivalent, AAE) โดยสร้างกราฟมาตรฐานจากสารที่มีความสามารถในการรีดิวซ์ที่ทราบค่าชัดเจน (Munteanu & Apetrei, 2021)

ข้อดีของวิธี FRAP Assay เป็นวิธีการง่าย ไม่ซับซ้อน และให้ผลรวดเร็ว ไม่ต้องใช้สารเคมีที่เป็นอันตรายในปริมาณมาก สามารถวิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระในสารสกัดธรรมชาติ อาหาร และตัวอย่างชีวภาพได้ แต่ข้อจำกัดคือ วิธีนี้ไม่สามารถวัดความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระโดยใช้กลไกการถ่ายโอนโปรตอน (hydrogen atom transfer, HAT) ได้ ปฏิกิริยาเกิดขึ้นในสภาวะที่เป็นกรด (pH 3.6) ซึ่งอาจไม่สะท้อนประสิทธิภาพของสารต้านอนุมูลอิสระในสภาพแวดล้อมทางชีวภาพที่เป็นกลางหรือเป็นด่าง และสารบางชนิด เช่น โปรตีน หรือแร่ธาตุที่มีฤทธิ์รีดิวซ์ไอออนโลหะ อาจรบกวนการวิเคราะห์

2.5.4 วิธีการทดสอบสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ORAC

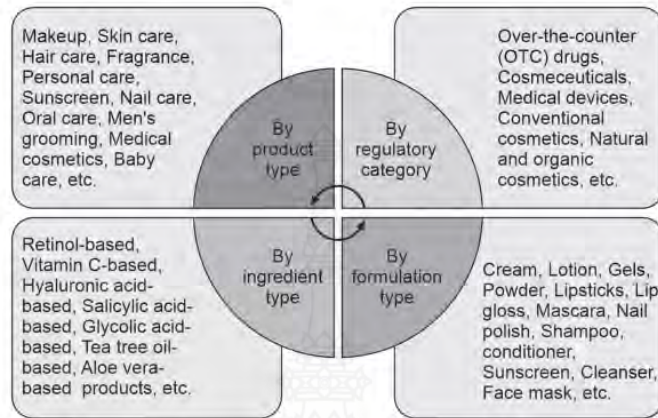
การวัดความสามารถตัวต้านออกซิเดชันทั้งหมด (oxygen radical absorbance capacity, ORAC) เป็นวิธีวัดความสามารถของสารประกอบในการต่อต้านอนุมูลอิสระ โดยเฉพาะอนุมูลเปอร์ออกไซด์ (peroxyl radicals) ซึ่งเกิดขึ้นจากกระบวนการออกซิเดชันในร่างกาย วิธีนี้ใช้หลักการวัดความสามารถของสารต้านอนุมูลอิสระในการป้องกันการทำลายโมเลกุลฟลูออเรสซิน (fluorescein) โดยอนุมูลเปอร์ออกไซด์ (peroxyl radicals) ที่เกิดจากตัวก่อให้เกิดอนุมูลอิสระ คือ 2,2'-azobis(2-methylpropionamidine) dihydrochloride (AAPH) สัญญาณการเรืองแสงของฟลูออเรสซินจะถูกติดตามด้วย fluorescence spectrophotometer และเปรียบเทียบกับสารมาตรฐานโทรลล็อกซ์ ค่าผลลัพธ์แสดงเป็น $\mu\text{mol TE/g}$ ข้อดีมีแม่นยำสูง ใช้ได้ทั้งสารเดี่ยวและสารผสม จำลองกระบวนการในร่างกายได้ดี แต่มีข้อจำกัด เช่น ไม่ระบุชนิดของสารต้านอนุมูลอิสระ ต้องใช้เครื่องมือเฉพาะ ราคาสูง และผลลัพธ์อาจมีความแปรปรวน เนื่องจากค่า ORAC อาจได้รับอิทธิพลจากปัจจัยหลายอย่าง (Christodoulou et al., 2022; Pisoschi & Negulescu, 2012)

2.6 ประเภทและองค์ประกอบผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง

2.6.1 ประเภทเครื่องสำอาง

เครื่องสำอางในปัจจุบันได้พัฒนาไปไกลจากบทบาทดั้งเดิมที่เป็นเพียงเครื่องประดับเสริมความงาม กลายเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีบทบาทสำคัญในการดูแลสุขภาพผิวและการป้องกันผิวจากปัจจัยแวดล้อมที่เป็นอันตราย ตั้งแต่แสงแดด มลภาวะ จนถึงการรักษาและบำรุงผิวพรรณ ความเป็นมาของ

เครื่องสำอางสามารถย้อนกลับไปถึงยุคหินและอารยธรรมอียิปต์โบราณ แต่ในยุคปัจจุบัน เครื่องสำอางได้กลายเป็นสิ่งจำเป็นในชีวิตประจำวันของผู้คนทั่วโลก เครื่องสำอางสามารถจำแนกประเภทได้หลายวิธี ขึ้นอยู่กับเกณฑ์ที่ใช้ในการจัดหมวดหมู่ ดังแสดงในภาพที่ 2.11 เช่น การจำแนกตามประเภทผลิตภัณฑ์ หรือการจำแนกตามส่วนประกอบ เป็นต้น



ภาพที่ 2.11 การจำแนกประเภทเครื่องสำอาง (Preeti et al., 2024)

1) การจำแนกตามประเภทผลิตภัณฑ์ เป็นระบบการจำแนกประเภทที่พบเห็นมากที่สุด ซึ่งจัดหมวดหมู่เครื่องสำอางตามการใช้งานที่ตั้งใจไว้และส่วนประกอบของตำรับ ประเภทผลิตภัณฑ์ที่พบได้ทั่วไป ได้แก่ เครื่องแต่งหน้า (เช่น ลิปสติก รองพื้น) ผลิตภัณฑ์บำรุงผิว (เช่น ครีมบำรุงผิว ผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดผิว) ผลิตภัณฑ์บำรุงเส้นผม (เช่น แชมพู สีย้อมผม) น้ำหอม (เช่น น้ำหอม โคลอญ) และผลิตภัณฑ์ดูแลส่วนบุคคล (เช่น ผลิตภัณฑ์ระงับกลิ่นกาย ยาสีฟัน)

2) การจำแนกตามหมวดหมู่กฎระเบียบ เครื่องสำอางสามารถจำแนกประเภทได้ตามลักษณะการควบคุมกำกับดูแลในแต่ละประเทศ ในสหรัฐอเมริกา เครื่องสำอางอยู่ภายใต้การกำกับดูแลของสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (FDA) และมีคำนิยามว่าเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีจุดประสงค์เพื่อนำไปใช้กับร่างกายมนุษย์เพื่อการทำความสะอาด เสริมความงาม ส่งเสริมความน่าดึงดูดใจ หรือเปลี่ยนแปลงรูปลักษณ์ ในทางตรงกันข้าม ยาเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีจุดประสงค์เพื่อรักษา บรรเทา บำบัด หรือป้องกันโรค และอยู่ภายใต้ข้อกำหนดด้านกฎระเบียบที่แตกต่างกัน

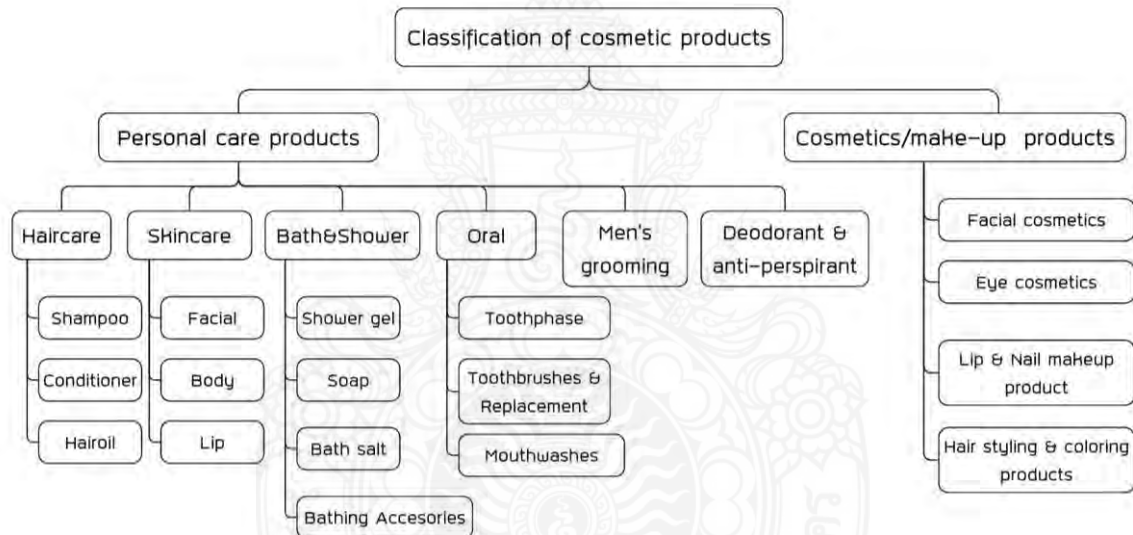
3) การจำแนกตามส่วนประกอบของตำรับ เครื่องสำอางยังสามารถจำแนกประเภทได้ตามส่วนประกอบของตำรับ เช่น เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำเป็นฐานหรือน้ำมันเป็นฐาน หรือออกแบบมาสำหรับประเภทผิวหรือสภาพผิวเฉพาะ

4) การจำแนกตามส่วนผสม การจำแนกประเภทบางระบบจัดหมวดหมู่เครื่องสำอางตามสารออกฤทธิ์ เช่น ผลิตภัณฑ์ที่มีเรตินอยด์ กรดแอลฟาไฮดรอกซี หรือสารต้านอนุมูลอิสระ

โดยทั่วไปการจำแนกประเภทเครื่องสำอางตามประเภทผลิตภัณฑ์ ตามการใช้งานที่ตั้งใจไว้และส่วนประกอบของตำรับ ดังนี้ (Preeti et al., 2024)

- เครื่องแต่งหน้า หมวดหมู่นี้รวมถึงผลิตภัณฑ์ที่ใช้กับใบหน้า ดวงตา ริมฝีปาก และเล็บ เพื่อเสริมหรือเปลี่ยนแปลงรูปลักษณ์ ตัวอย่างของผลิตภัณฑ์เครื่องแต่งหน้า ได้แก่ ลิปสติก รองพื้นอายแชโดว์ (eye shadow) มาสคาร่า (mascara) ยาทาเล็บ และบลัชออน (blush on)

- ผลิตภัณฑ์บำรุงผิว หมวดยุบรวมถึงผลิตภัณฑ์ที่ใช้เพื่อปรับปรุงสุขภาพและรูปลักษณ์ของผิวหนัง เช่น ครีมบำรุงผิว ผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดผิว โทเนอร์ เซรัม และผลิตภัณฑ์ต้านริ้วรอย
- ผลิตภัณฑ์บำรุงเส้นผม หมวดยุบรวมถึงผลิตภัณฑ์ที่ใช้สำหรับทำความสะอาด บำรุง จัดแต่งทรงผม และย้อมสีผม เช่น แชมพู ครีมนวดผม เจลแต่งผม สเปรย์แต่งผม และสีย้อมผม
- น้ำหอม หมวดยุบรวมถึงผลิตภัณฑ์ที่ใช้เพื่อเพิ่มกลิ่นหอมให้กับร่างกายหรือสิ่งแวดล้อม เช่น น้ำหอม โคลโลญ สเปรย์บอดี และเทียนหอม เป็นต้น
- ผลิตภัณฑ์ดูแลส่วนบุคคล หมวดยุบรวมถึงผลิตภัณฑ์ที่ใช้เพื่อวัตถุประสงค์ด้านสุขอนามัยและการดูแลสุขภาพสะอาด เช่น ผลิตภัณฑ์ระงับกลิ่นกาย ยาสีฟัน น้ำยาบ้วนปาก ครีมนอนหวาด และครีมอาบน้ำ เป็นต้น
- ผลิตภัณฑ์ดูแลช่องปาก หมวดยุบรวมถึงผลิตภัณฑ์ที่ใช้เพื่อรักษาสุขอนามัยในช่องปากและความสดชื่น เช่น แปรงสีฟัน ยาสีฟัน น้ำยาบ้วนปาก และไหมขัดฟัน เป็นต้น
- ผลิตภัณฑ์ดูแลเด็ก หมวดยุบรวมถึงผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการพัฒนาสำหรับผิวหน้าที่บอบบางของทารกและเด็กเล็ก เช่น น้ำมันเด็ก แชมพูเด็ก และโลชั่นเด็ก เป็นต้น

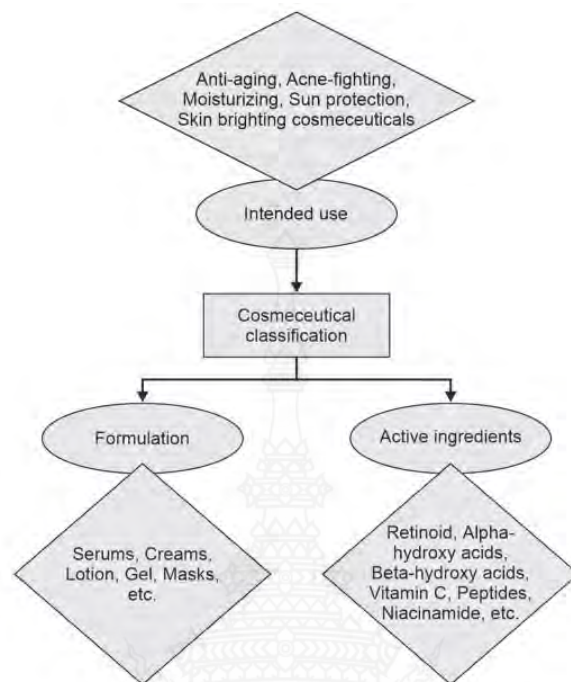


ภาพที่ 2.12 ประเภทเครื่องสำอาง (Mangle et al., 2024)

เวชสำอาง (cosmeceuticals) คือผลิตภัณฑ์ที่รวมคุณสมบัติของเครื่องสำอางและยาเข้าด้วยกัน โดยมีส่วนผสมที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพซึ่งมีเป้าหมายเพื่อส่งผลต่อสุขภาพผิวและแก้ไขปัญหาผิว เช่น ริ้วรอย ความหย่อนคล้อย และจุดด่างดำ โดยทั่วไปแล้ว เวชสำอางจะอยู่ในระหว่างผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางทั่วไปและยา

การจำแนกประเภทเวชสำอางนั้นอาจจำแนกตามแนวทางที่แตกต่างกันในการดูแลผิวหน้า และมุ่งเป้าไปยังส่วนปัญหาเฉพาะของผิว ดังภาพที่ 2.13 เช่น เวชสำอางต้านริ้วรอย (anti-aging cosmeceuticals) มักประกอบด้วยส่วนผสม เช่น เรตินอยด์ (retinoids) และเปปไทด์ ซึ่งช่วยลดเลือนริ้วรอยเล็กน้อยและรอยย่น สามารถกระตุ้นการสร้างคอลลาเจนที่ชั้นผิว ในทางตรงกันข้าม เวชสำอางสำหรับรักษาสิวมักประกอบด้วยกรดแซลิไซลิกและเบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ (benzoyl peroxide) ซึ่งช่วย

ลดการอุดตันของรูขุมขนและลดการอักเสบ สิ่งสำคัญคือต้องเลือกผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมกับประเภทผิวและ
ข้อกังวลของผิว และใช้ตามคำแนะนำเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด (Preeti et al., 2024)



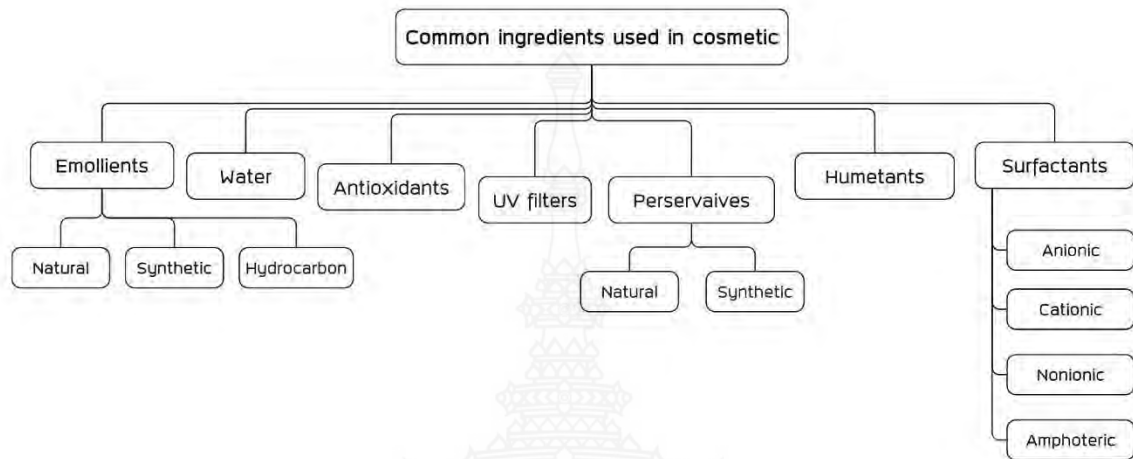
ภาพที่ 2.13 การจำแนกประเภทของเวชสำอาง (Preeti et al., 2024)

ตารางที่ 2.3 ความแตกต่างระหว่างเครื่องสำอางและเวชสำอาง (Preeti et al., 2024)

ที่	เครื่องสำอาง	เวชสำอาง
1	Cosmetics can apply to the outer surface of the skin	Cosmeceuticals can improve and enhance the skin's appearance by using biologically active ingredients
2	It can maintain, protect and clean	Active principles can pass through the epidermis
3	Alters the appearance and external feel of the skin for a short time	Designed to have long-term, clear effects
4	Cosmetic products only deliver their ingredients at a very superficial level into the skin for beauty and style	Cosmeceuticals are more concentrated, pure and more effective, giving pharmaceuticals benefits
5	Results through cosmetics are immediate and fast	Cosmeceutical products give slow but permanent results
6	Cosmetics do not heal your damage they only cover up	Cosmeceuticals have ingredients that have rejuvenating properties
7	Examples: Makeup, hair care, skin care	Examples: Serums, creams, and dermaceutical products

2.6.2 องค์ประกอบของเครื่องสำอาง

ผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางสมัยใหม่มักประกอบด้วยส่วนผสมตั้งแต่ 15-50 ชนิด แต่ละส่วนผสมมีหน้าที่เฉพาะในการสร้างคุณสมบัติและประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ การเข้าใจถึงบทบาทของส่วนผสมเหล่านี้จึงเป็นสิ่งสำคัญสำหรับทั้งผู้ผลิต นักพัฒนาผลิตภัณฑ์ และผู้บริโภค ภาพที่ 2.14 แสดงประเภทของสารที่ใช้ส่วนผสมเครื่องสำอาง (Khan et al., 2023; Sharma et al., 2023)



ภาพที่ 2.14 สารที่ใช้ส่วนผสมเครื่องสำอาง (Sharma et al., 2023)

ตารางที่ 2.4 ส่วนผสมหลักในเครื่องสำอาง

ส่วนผสม	หน้าที่/สมบัติ
ส่วนผสมหลัก	
น้ำ	ส่วนผสมพื้นฐานที่สำคัญที่สุดในเครื่องสำอางส่วนใหญ่ เนื่องจากเป็นตัวทำละลายสากลที่สามารถผสมรวมกับอิมัลซิไฟเออร์และส่วนผสมอื่น ๆ เพื่อสร้างอิมัลชันที่ใช้ในการผลิตครีมและโลชั่น การใช้น้ำบริสุทธิ์หรือน้ำที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพพิเศษ เช่น น้ำข้าว ยังสามารถเพิ่มคุณสมบัติต้านริ้วรอยและการบำรุงผิวได้อีกด้วย
สารให้ความชุ่มชื้น (emollients)	สารปรับสภาพผิวมีหน้าที่ทำให้ผิวนุ่มนวล ชุ่มชื้น และเป็นการสร้างชั้นป้องกันบนผิวเพื่อลดการสูญเสียความชื้น ส่วนผสมประเภทนี้แบ่งออกเป็นหลายประเภทตามแหล่งที่มาและโครงสร้างทางเคมี • สารปรับสภาพผิวจากธรรมชาติ เช่น เซียบัตเตอร์ น้ำมันมะพร้าว และน้ำมันโจโจบาร์ มักอุดมไปด้วยวิตามินและกรดไขมันที่มีประโยชน์ต่อผิว • สารสังเคราะห์ เช่น ไดเมทิลโคน และกลีเซอรอลสเตียเรต มีข้อดีในเรื่องของความคงตัวและคุ้มค่าในการผลิต สารไฮโดรคาร์บอน เช่น น้ำมันแร่และปิโตรเลียม ถึงแม้จะมีประสิทธิภาพดีแต่อาจไม่เป็นที่นิยมในหมู่ผู้บริโภคที่ต้องการผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ

ตารางที่ 2.4 ส่วนผสมหลักในเครื่องสำอาง (ต่อ)

ส่วนผสม	หน้าที่/สมบัติ
สารกักเก็บความชุ่มชื้น (humectants)	สารกักเก็บความชุ่มชื้นมีความสามารถในการดึงความชื้นจากสิ่งแวดล้อมและกักเก็บไว้บนผิว ส่วนผสมที่สำคัญในหมวดนี้ ได้แก่ • กลีเซอริน ซึ่งมีคุณสมบัติในการทำให้ผิวนุ่มและช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ • กรดไฮยาลูโรนิกที่สามารถกักเก็บน้ำได้มากกว่าน้ำหนักของตัวเองหลายพันเท่า • ยูเรียที่มีคุณสมบัติในการผลิตเซลล์ผิวเก่าออก • การพัฒนานาโนเทคโนโลยีได้ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของสารเหล่านี้ เช่น การสร้างนาโนอนุภาคนาโนของกรดไฮยาลูโรนิกที่สามารถซึมซาบเข้าสู่ผิวได้ดีขึ้นและมีประสิทธิภาพในการให้ความชื้นที่ยาวนานกว่าเดิม
สารลดแรงตึงผิว (surfactants)	สารลดแรงตึงผิวมีบทบาทสำคัญในการผสมผสานระหว่างน้ำและน้ำมัน ทำให้เกิดอิมัลชันที่เสถียร และช่วยในการทำความสะอาด แบ่งออกเป็น 4 ประเภท • สารแอนไอออน เช่น โซเดียมลอริลซัลเฟต (SLS) มักใช้ในผลิตภัณฑ์ทำความสะอาด แต่อาจก่อให้เกิดการระคายเคืองในบางคน • สารแคตไอออน เช่น เซตริโมเนียมคลอไรด์ มักใช้ในครีมนวดผมเพื่อคุณสมบัติในการปรับสภาพ • สารนอนไอออน เช่น พอลิซอร์เบต 20 และ 80 มีความอ่อนโยนต่อผิวและใช้ได้ทั้งในสภาวะที่เป็นกรด-เบส • สารแอมโฟเทอริก เช่น โคคาไมโดโพรพิลเบทีน มักใช้ในผลิตภัณฑ์สำหรับเด็กเนื่องจากความอ่อนโยน
สารกันเสีย (preservatives)	สารกันเสียมีบทบาทสำคัญในการป้องกันการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่เป็นอันตราย เช่น แบคทีเรีย เชื้อรา และไวรัส ซึ่งสามารถทำให้ผลิตภัณฑ์เสื่อมสภาพ เกิดกลิ่น หรือเปลี่ยนสี • สารกันเสียจากธรรมชาติ เช่น สารสกัดจากโรสแมรี่ น้ำมันชาเขียวและน้ำมันลาเวนเดอร์ ได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นเนื่องจากการรับรู้ความปลอดภัยและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม แต่อาจมีข้อจำกัดในเรื่องประสิทธิภาพและความคงตัว • สารกันเสียสังเคราะห์ เช่น พาราเบน แม้จะมีประสิทธิภาพสูงแต่มีข้อกังวลเรื่องความปลอดภัยระยะยาว ส่วนสารปล่อยฟอร์มัลดีไฮด์และสารประกอบแอมโมเนียมควอเตอร์นารี ถึงแม้จะมีประสิทธิภาพดีแต่อาจก่อให้เกิดการระคายเคืองหรือภูมิแพ้ในบางคน
สารสำคัญเพื่อการป้องกันและบำรุง	
สารต้านอนุมูลอิสระ	สารต้านอนุมูลอิสระมีบทบาทสำคัญในการป้องกันความเสียหายจากอนุมูลอิสระที่เกิดจากแสงแดด มลภาวะ และปัจจัยแวดล้อมอื่น ๆ วิตามินอี และวิตามินซี เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญที่สุด โดยวิตามินซียังมีบทบาทในการสร้างคอลลาเจนด้วย สารสกัดจากชาเขียวก็เป็นอีกหนึ่งสารที่ได้รับความนิยมเนื่องจากมีคุณสมบัติด้านการอักเสบและช่วยลดการแดงของผิว

ตารางที่ 2.4 ส่วนผสมหลักในเครื่องสำอาง (ต่อ)

สารกรองแสง UV	สารกรองแสง UV มีความสำคัญอย่างยิ่งในการป้องกันผิวจากรังสี UV ที่เป็นสาเหตุของการเสื่อมสภาพของผิว การเกิดฝ้า กระและมะเร็งผิวหนัง ซึ่งออกไซด์และไทเทเนียมไดออกไซด์เป็นสารกรองแสง UV ทางกายภาพที่ได้รับการยอมรับว่าปลอดภัย โดยเฉพาะในรูปแบบไมโครโซล์ที่ให้ความโปร่งใสและไม่ทิ้งรอยขาวบนผิว ส่วน Avobenzene เป็นสารกรองแสง UV ทางเคมีที่มีประสิทธิภาพสูงในการป้องกันรังสี UVA แต่อาจมีข้อกังวลเรื่องความเสถียรและการระคายเคือง
---------------	--

เซรัมเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางที่ได้รับการพัฒนาขึ้นสำหรับการบำรุงผิวหน้าให้กระจ่างใส โดยมีจุดเด่นคือการมีสารออกฤทธิ์ทางชีววิทยาที่เข้มข้นสูงกว่าครีมบำรุงผิวทั่วไปถึงสิบเท่า ซึ่งส่งผลให้สามารถให้ประสิทธิภาพในการรักษาและบำรุงผิวได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพเหนือกว่า คุณสมบัติเด่นของเซรัมมีความหนืดต่ำกว่าครีมบำรุงผิวประเภทอื่น จึงมีข้อได้เปรียบในด้านความสะดวกสบายในการใช้งาน สามารถกระจายตัวไปทั่วผิวหน้าได้อย่างสม่ำเสมอ และให้เนื้อสัมผัสที่ไม่เหนียวหนืด ซึ่งเหมาะสมสำหรับการใช้งานในชีวิตประจำวัน

เซรัมประกอบด้วยสารออกฤทธิ์และสารอาหารที่มีคุณประโยชน์ต่อผิวหลากหลายชนิด ได้แก่ สารต้านอนุมูลอิสระ เซราไมด์ และกรดอะมิโน ซึ่งสารเหล่านี้ถูกออกแบบมาเพื่อส่งมอบการบำรุงอย่างเข้มข้นไปยังชั้นผิวหนังที่ลึก ด้วยความเข้มข้นของสารที่มีฤทธิ์ทางชีววิทยาที่สูงกว่าครีมประมาณสิบเท่า เซรัมจึงสามารถจัดการกับปัญหาผิวหน้าและข้อกังวลด้านความงามได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยให้ผลลัพธ์ที่รวดเร็วและเห็นผลชัดเจนกว่าผลิตภัณฑ์บำรุงผิวทั่วไป

หลักการสำคัญในการพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง ประเภทเซรัมและน้ำตบที่มีจากสารสกัดเมล็ดลิ้นจี่พันธุ์ค่อมเป็นส่วนผสม เซรัมมักมีเนื้อสัมผัสบางเบา ซึมซาบเร็ว ส่วนใหญ่เป็นเบสแบบน้ำ หรืออิมัลชันน้ำในน้ำมันที่มีสัดส่วนน้ำสูง และมีสารออกฤทธิ์ความเข้มข้นสูง ส่วนประกอบสำคัญ ได้แก่ (Khan et al., 2023; Maya et al., 2024)

- เบสเซรัม (serum base) เบสสำเร็จรูปที่ช่วยให้ขึ้นเนื้อเซรัมได้ง่าย เช่น silky serum base สำหรับเซรัมที่ไม่มีส่วนผสมของน้ำมัน หรือ silky serum base plus สำหรับเซรัมที่มีส่วนผสมของน้ำมัน
- ส่วนของน้ำ (water phase) น้ำและสารที่ละลายน้ำได้ เช่น hyaluronic acid gel base ซึ่งเป็นเบสเจลไฮยาลูรอนิกที่ช่วยเพิ่มความชุ่มชื้น
- สารออกฤทธิ์ (active ingredients) สารบำรุงผิวต่าง ๆ ที่ต้องการเน้น
- สารเพิ่มความข้นหนืด/คงตัว (thickener/stabilizer) หากต้องการปรับความหนืด เช่น CreamMaker EG™
- สารกันเสีย (preservative) เช่น ฟีน็อกซีเอทานอล ซอร์บิทอล สารสกัดจากพืชที่มีฤทธิ์ต้านจุลชีพ

วัตถุดิบในเครื่องสำอางประเภทเซรัมโดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มใหญ่ ๆ ได้แก่

- 1) สารให้ความชุ่มชื้น ทำหน้าที่ดึงและกักเก็บความชื้นไว้ในผิว ทำให้ผิวชุ่มชื้นและลดความแห้งกร้าน ตัวอย่างเช่น glycerin, hyaluronic acid, butylene glycol, propylene glycol,

pentylene glycol, caprylyl glycol, saccharide isomerate, biosaccharide gum-1, biosaccharide gum-4 และ urea เป็นต้น

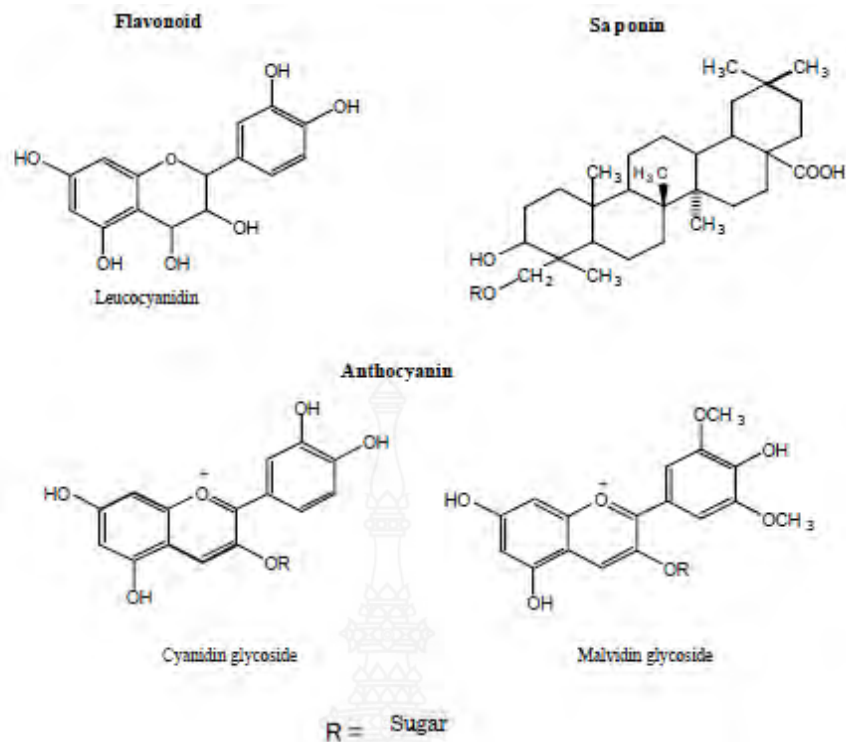
2) สารปรับสภาพผิว (skin conditioning agents) ช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัสของเซรัม ทำให้ผิวรู้สึกนุ่มลื่น ไม่เหนียวเหนอะหนะ และช่วยให้เกลี่ยง่ายขึ้น ตัวอย่างเช่น dimethicone (ซิลิโคน) สารสกัดจากว่านหางจระเข้ หรือสารเพิ่มการซึมผ่าน (penetration enhancers) เช่น ไนอาซิโนไมด์ เอทานอล (ปริมาณต่ำ) โพรเพนไดออล

3) สารเพิ่มความหนืด หรือสารก่อเจล (thickeners/gelling agents) หรือสารก่อเนื้อสัมผัส (texture modifiers) ช่วยให้เซรัมมีเนื้อสัมผัสแบบเจลหรือมีความข้นหนืดตามต้องการ ตัวอย่างเช่น carbomer, xanthan gum, acrylates copolymer, sodium acrylate/sodium acryloyldimethyl taurate copolymer

นอกจากนี้ ยังมีส่วนผสมอื่น ๆ ที่เป็นสารออกฤทธิ์ เช่น สารสกัดจากธรรมชาติ วิตามิน แร่ธาตุและสารอื่น ๆ ที่ช่วยบำรุงและแก้ไข้ปัญหาผิวต่าง ๆ เช่น สารสกัดเมล็ดลิ้นจี่ ประกอบไปด้วยสารสำคัญทางธรรมชาติหลายชนิด เช่น saponin, tannin, leucocyanidin (flavonoid), anthocyanin และอื่น ๆ สารกลุ่มฟลาโวนอยด์ในลิ้นจี่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ช่วยป้องกันและลดการอักเสบของผิว และลดอัตราการเสื่อมสภาพของผิวหนัง ช่วยทำให้ผิวเต่งตึง ชุ่มชื้น มีคุณสมบัติช่วยยับยั้งเอนไซม์ collagenase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่มีผลต่อการเสื่อมและสลายของคอลลาเจน ทำให้การเสื่อมของคอลลาเจนลดลง ช่วยกระตุ้นการสร้างคอลลาเจนทำให้ผิวเต่งตึงและยืดหยุ่น ยับยั้งเอนไซม์ elastase ช่วยลดอัตราการเสื่อมสภาพของผิวหนัง และช่วยลดการอักเสบของผิว และยังช่วยยับยั้งเอนไซม์ hyaluronidase ที่มีผลทำให้ผิวแห้งกร้าน

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากรายงานวิจัยพบว่าสารสกัดจากเมล็ดลิ้นจี่ประกอบไปด้วยสารสำคัญทางธรรมชาติหลายชนิดที่มีสมบัติทางชีวภาพที่สำคัญ เช่น ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ช่วยป้องกันและลดการอักเสบของผิว และลดอัตราการเสื่อมสภาพของผิวหนัง ช่วยยับยั้งเอนไซม์ที่ทำลายคอลลาเจน อิลาสติน และกรดไฮยาลูโรนิกได้ ซึ่งส่งผลให้สามารถช่วยรักษาความเต่งตึง ความชุ่มชื้นให้ผิวหนัง และป้องกันการเกิดรอยเหี่ยวย่น (Kanlayavattanakul et al., 2012; Punia & Kumar, 2021; Sathya et al., 2023) สารสำคัญที่พบในสารสกัดจากเมล็ดลิ้นจี่ เช่น ซาโปนิน (saponin) แทนนิน (tannin) ลิวโคไซยานิดิน (leucocyanidin ; flavonoid) ไซยานิดินไกลโคไซด์ (cyanidin glycosides)



ภาพที่ 2.15 สารสำคัญในสารสกัดจากเมล็ดลิ้นจี่

Wang และคณะ (2011) ได้รายงานสารสำคัญในสารสกัดเมล็ดลิ้นจี่ในเอทานอล 95% ที่ผ่านการสกัดโดยวิธีรีฟลักซ์ และใช้วิธี HPLC เป็นเทคนิคการแยกสารบริสุทธิ์ พบสารสำคัญจำนวน 11 ชนิดที่ทราบก่อนแล้ว และพบว่าเป็นสารใหม่จำนวน 4 ชนิด คือ $2\alpha,3\alpha$ -epoxy-5,7,3',4'-tetrahydroxyflavan-(4 β -8-catechin), $2\beta,3\beta$ -epoxy-5,7,3',4'-tetrahydroxyflavan-(4 α -8-epicatechin), litchiol A และ litchiol B ยังพบว่าสารดังกล่าวมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในระดับปานกลาง (Wang et al., 2011) สารสกัดจากเมล็ดลิ้นจี่ในเอทานอล 95% (ไม่ได้ระบุสายพันธุ์) พบว่ามีปริมาณฟีนอลิกรวม 89.5 ± 3.7 mg GAE/g สารสกัด มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเมื่อทดสอบด้วยวิธี DPPH radicals scavenging (EC_{50} เท่ากับ $0.65 \mu\text{g/mL}$) และ $IC_{50} = 0.16$ mg/mL as ascorbic acid (Daorueang, 2019) กรณีการสกัดเมล็ดลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวยที่ใช้ทั้งเมล็ดโดยใช้ตัวทำละลายผสม มีปริมาณฟีนอลิกรวม 103.10 mg GA/g สารสกัด ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด 76.12 mg CT/g สารสกัด ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH 92.26 IC_{50} ($\mu\text{g/mL}$) และวิธี ABTS 15.33 IC_{50} ($\mu\text{g/mL}$) จากการเปรียบเทียบวิธีสกัดแบบดั้งเดิมโดยใช้แผ่นความร้อน (hot plate extraction) เปรียบเทียบกับการสกัดโดยใช้ไมโครเวฟ (microwave-assisted extraction) พบว่าปริมาณฟีนอลิกรวม ปริมาณฟลาโวนอยด์รวม ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH และวิธี ABTS ที่ได้จากวิธีสกัดแบบดั้งเดิมโดยใช้แผ่นความร้อนจะมีค่าสูงกว่าวิธีการสกัดโดยใช้ไมโครเวฟ (Potisate & Pintha, 2021) สารสกัดเมล็ดลิ้นจี่พันธุ์ประเทศอินเดียในเอทานอลมีปริมาณฟีนอลิกรวม 33.65 mg GAE/100 g (Shukla et al., 2014) สารสกัดเมล็ดลิ้นจี่พันธุ์ประเทศอินเดียในเอทานอลผสมกับกรดไฮโดรคลอริกมีปริมาณฟีนอลิกรวม 35.49 mg GAE/100 g ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ $252.58 \mu\text{mol TE/g}$ และพบว่าปริมาณฟีนอลิกรวมและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระลดลงเพียง 18% และ 12% ตามลำดับเมื่อระยะเวลาของการเก็บรักษาลิ้นจี่เพิ่มขึ้น 17 สัปดาห์ (Rosales et al., 2019) สารสกัดเมล็ดลิ้นจี่ในเอทานอล (95%) พบสารสำคัญ เช่น แคทีชิน (catechin) อีพิกะทีชิน (epicatechin) ซึ่งเป็นสาร

กลุ่มฟลาโวนอยด์ โพรแอนโทไซยานิดิน (proanthocyanidin) แอนโทไซยานิน ซึ่งมีสมบัติสำคัญต้านอนุมูลอิสระที่สูง ยับยั้งแบคทีเรีย ลดความเสี่ยงเบาหวาน ต้านไวรัส ลดการอักเสบ ยับยั้งกระบวนการที่ผิวหนังทำปฏิกิริยากับออกซิเจน (anti-tyrosinase) ต่อด้านมะเร็งผิวหนัง และอื่น ๆ (García-Villegas et al., 2022; Zhang et al., 2021) สารสกัดเมล็ดลิ้นจี่มีคุณสมบัติช่วยยับยั้งเอนไซม์คอลลาจีเนส (collagenase) ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่มีผลต่อการเสื่อมและสลายของคอลลาเจนทำให้การเสื่อมของคอลลาเจนลดลง มีสรรพคุณช่วยกระตุ้นการสร้างคอลลาเจนทำให้ผิวเต่งตึงและยืดหยุ่น ยับยั้งเอนไซม์อีลาสเทส (elastase) ช่วยลดอัตราการเสื่อมสภาพของผิวหนัง และช่วยลบเลือนริ้วรอยแห่งวัย ยับยั้งเอนไซม์ไฮยาลูโรนิเดส (hyaluronidase) ต้านสารอนุมูลอิสระ ซึ่งจะมีส่วนช่วยให้ผิวเต่งตึง ชุ่มชื้น และป้องกันการเกิดริ้วรอย ซึ่งเห็นได้ว่าสารสกัดเมล็ดลิ้นจี่สามารถพัฒนาศักยภาพให้เป็นสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติที่เป็นส่วนผสมในเครื่องสำอางและอุตสาหกรรมอาหารเพื่อสุขภาพและยา หรือเวชสำอางได้ นอกจากนี้ยังพบว่าสารสกัดจากใบลิ้นจี่สามารถป้องกันความเสียหายของเซลล์อันเนื่องมาจากปฏิกิริยาออกซิเดชันจากแสงยูวีบี (UVB) ได้ โดยมีค่า SPF ที่บ่งบอกถึงความสามารถในการป้องกันรังสียูวีบี เท่ากับ 18.9 ที่ความเข้มข้น 1 mg/mL (Thiesen et al., 2017) ด้วยเหตุนี้จึงทำให้สารสกัดเมล็ดลิ้นจี่มีศักยภาพในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางทั้งในรูปแบบการบำรุง การป้องกัน และการชะลอการเสื่อมสภาพของเซลล์

เซรั่มบำรุงผิวหน้าเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางที่มีลักษณะเด่นคือความเข้มข้นของสารออกฤทธิ์ในปริมาณสูงเมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ประเภทครีม โดยทั่วไปความเข้มข้นของสารออกฤทธิ์ในเซรั่มจะมากกว่าครีมประมาณสิบเท่า ส่งผลให้สามารถออกฤทธิ์ได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพต่อการแก้ไขปัญหาผิวพรรณเฉพาะด้าน สารสำคัญที่มักถูกนำมาใช้ ได้แก่ กรดไฮยาลูโรนิก (hyaluronic acid) และกรดไกลโคลิก (glycolic acid) ซึ่งเป็นที่ยอมรับว่ามีบทบาทสำคัญในการให้ความชุ่มชื้นและการผลัดเซลล์ผิว องค์ประกอบของเซรั่มอาจอยู่ในรูปแบบของสารละลายน้ำหรือน้ำมันที่คล้ายคลึงกับครีม แต่มีความแตกต่างในเชิงโครงสร้างโมเลกุล โดยมักใช้สารออกฤทธิ์ที่มีขนาดโมเลกุลเล็ก ทำให้สามารถซึมผ่านผิวหนังได้อย่างรวดเร็วและลึกกว่า ทั้งนี้ มีรายงานว่าเซรั่มสามารถแทรกซึมเข้าสู่ชั้นผิวหนังได้ลึกประมาณ 6-7 ชั้น จึงเอื้อต่อการออกฤทธิ์เชิงสรีรวิทยาในระดับที่มีประสิทธิผลสูงกว่าผลิตภัณฑ์บำรุงผิวทั่วไป ด้วยคุณลักษณะดังกล่าว เซรั่มบำรุงผิวหน้าจึงถือเป็นตำรับที่มีศักยภาพในการจัดการกับปัญหาผิวพรรณได้อย่างตรงจุดและรวดเร็ว อีกทั้งยังมีคุณสมบัติในการบำรุงผิวด้วยสารสำคัญที่จำเป็นต่อการเสริมสร้างและฟื้นฟูสภาพผิว ส่งผลให้เซรั่มได้รับความนิยมและมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางเชิงชีวภาพและเชิงเวชสำอางในปัจจุบัน (Mangle et al., 2024)

หยานและคณะ (Yan et al., 2024) ประเมินศักยภาพของสารสกัดเมล็ดลิ้นจี่ที่ผ่านการหมักด้วยแบคทีเรียเพื่อใช้เป็นสารตั้งต้นสำหรับเครื่องสำอาง สารสกัดจากการหมักเมล็ดลิ้นจี่ด้วยแบคทีเรีย *Lactobacillus plantarum* และ *Saccharomyces cerevisiae* สามารถใช้เป็นวัตถุดิบธรรมชาติในส่วนผสมเครื่องสำอางที่มีสมบัติต้านอนุมูลอิสระ ต้านการอักเสบ และช่วยชะลอวัยได้ นอกจากนี้ยังไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ การพัฒนาสูตรเซรั่มโดยการใช้สารสกัดลิ้นจี่ร้อยละ 0.05 และ 0.1 (Lourith & Kanlayavattanukul, 2020)

การพัฒนาสูตรเซรั่ม และ/หรือน้ำตบเพื่อเป็นผลิตภัณฑ์บำรุงผิวหน้า (facial essence) ดูแลผิวต่อต้านริ้วรอย มีศึกษาอย่างต่อเนื่อง โดยผสมความรู้จากหลายด้าน เช่น โรคผิวหนัง วิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง และเทคโนโลยีชีวภาพ สกัดบำรุงผิวหน้าเป็นผลิตภัณฑ์บำรุงผิวที่มีเนื้อบางเบาและละลายน้ำได้ดี ออกแบบมาเพื่อส่งสารออกฤทธิ์เข้มข้นลงสู่ผิวอย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะในผลิตภัณฑ์ต่อต้านริ้วรอย ซึ่งมีเป้าหมายเพื่อปรับปรุงพื้นผิวผิว ลดริ้วรอยต้น พื้นฟูความชุ่มชื้น และกระตุ้นการสร้างคอลลา

เจนประเด็นการวิจัยที่สำคัญ สารออกฤทธิ์หลัก และผลการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับสูตรเซรัม/น้ำตบบำรุงผิวหน้าเพื่อต่อต้านริ้วรอย สารออกฤทธิ์หลักในสกตบำรุงผิวหน้าต่อต้านริ้วรอยที่นิยมใช้ในการพัฒนาสูตรมีดังนี้

- กรดไฮยาลูโรนิก (Hyaluronic Acid: HA) ทำหน้าที่ให้ความชุ่มชื้นล้ำลึก ช่วยให้ผิวดูตึงและเต่งตึง ลดริ้วรอยตื้น การศึกษาพบว่า กรดไฮยาลูโรนิกที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำสามารถซึมลึกถึงชั้นผิวได้ดี ช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นของผิว และลดความลึกของริ้วรอย มักใช้ร่วมกันหลายระดับน้ำหนักโมเลกุลเพื่อให้ความชุ่มชื้นได้ทั่วทั้งชั้นผิว (Papakonstantinou et al., 2012)
- นีอาซิनाไมด์ (วิตามิน บี3) ทำหน้าที่ปรับปรุงเกราะป้องกันผิว ลดปัญหาผิวหมองคล้ำ และกระตุ้นการสร้างคอลลาเจน การศึกษาทางคลินิกพบว่า การใช้นีอาซิनाไมด์ 5% อย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 12 สัปดาห์ ช่วยลดริ้วรอยตื้น ริ้วรอยลึก และอาการผิวแห้งจากวัยได้อย่างมีนัยสำคัญ (Bissett et al., 2005) โดยการใช้ในสูตรมีความเสถียรในสารละลายน้ำ นิยมใช้ในความเข้มข้น 2-5%
- เปปไทด์ ทำหน้าที่ส่งสัญญาณกระตุ้นเซลล์ผิวให้ผลิตคอลลาเจนและอีลาสตินเพิ่มขึ้น การใช้ในสูตร เปปไทด์ที่ละลายน้ำได้ดี เหมาะสำหรับการใช้ในสูตรน้ำตบ เช่น พาลมิทอิลเพนตาเปปไทด์-4 (palmitoyl pentapeptide-4) อะมิโนโปรตีนขนาดเล็กที่ซึมซาบสู่ผิวได้อย่างรวดเร็ว ช่วยถนอมผิว เสริมสร้างคอลลาเจน ให้ผิวเรียบเนียน กระชับขึ้น ด้วยกระบวนการที่ช่วยสร้างเส้นใยผิวใหม่ได้ดี หรือแอซิทิลเฮกซาเปปไทด์-8 (acetyl hexapeptide-8) หรือที่รู้จักกันในชื่อ argireline เป็นเปปไทด์ที่ใช้ในผลิตภัณฑ์ดูแลผิว เพื่อช่วยลดเลือนริ้วรอยและรอยเหี่ยวย่น โดยเฉพาะบริเวณหน้าผากและรอบดวงตา
- สารต้านอนุมูลอิสระ (วิตามินซี กรดเฟอริก เรสเวอราทรอล) หน้าที่ทำลายอนุมูลอิสระ ปกป้องผิวจากรังสี UV และกระตุ้นการสร้างคอลลาเจน วิตามินซีที่มีค่า pH ต่ำกว่า 3.5 และความเข้มข้น 10-20% มีรายงานยืนยันว่าช่วยปรับปรุงผิวที่เสื่อมสภาพจากแสงแดด ความเสถียรในสารละลายน้ำต้องอาศัยการห่อหุ้ม (encapsulation) หรือใช้อนุพันธ์ เช่น ascorbyl glucoside
- สารสกัดจากพืชและส่วนผสมหมัก (Fermented Ingredients) ตัวอย่าง Galactomyces ferment filtrate (GFF) สารสกัดจากชาเขียว รากชะเอม และโสม การวิจัยพบว่า GFF ช่วยปรับสีผิวให้สม่ำเสมอและเพิ่มความชุ่มชื้น การหมักช่วยเพิ่มความสามารถในการดูดซึมของสารออกฤทธิ์ การใช้ในสูตร พบได้บ่อยในผลิตภัณฑ์ดูแลผิวสไตล์เกาหลี (Yan et al., 2022)

นอกจากสารออกฤทธิ์หลักแล้วการศึกษาระบบส่งสารในสูตรเซรัม/น้ำตบ เป็นส่วนสำคัญในการนำพาสารสำคัญเข้าสู่ผิวหรือตรงเป้าหมาย เช่น

- ตัวนำส่งระดับนาโนเมตร (nanocarriers) เช่น ไลโปโซม ไนโอโซม และนาโนอิมัลชัน ช่วยเพิ่มการซึมผ่านของสารออกฤทธิ์ การวิจัยพบว่า การห่อหุ้มเรตินอลหรือวิตามินซีด้วยไลโปโซมช่วยเพิ่มความเสถียรและการซึมผ่านสู่ผิว
- ไฮโดรเจลและพอลิเมอร์ชีวภาพ ช่วยปล่อยสารอย่างต่อเนื่องและเพิ่มความชุ่มชื้น
- สารช่วยซึมผ่าน เช่น เอทานอล โกลคอล หรือเทอร์พีน ช่วยเพิ่มการดูดซึมของสาร

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 เครื่องมือ

- 1) เครื่องอินดักทีฟพลาสมาอิมิซชันสเปกโทรโฟโตเมทรี (ICP-OES, iCAP7400 series, Thermo, USA)
- 2) เครื่องยูวี-วิสิเบิล สเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (UV-Vis, UV-1800, Shimudzu, Japan)
- 3) เครื่องวิเคราะห์หาปริมาณธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน ไนโตรเจนและซัลเฟอร์ (Thermo, Italy)
- 4) เครื่องย่อยด้วยคลื่นไมโครเวฟ (PreKem, Toplex, China)
- 5) เครื่องอัลตราโซนิก (Crest, P500, USA)
- 6) เครื่องกลั่นระเหยแบบลดความดัน (IKA, RV100, Germany)
- 7) เครื่องชั่งไฟฟ้า
- 8) เครื่องหมุนเหวี่ยง (Gemmy, PLC-012E, Germany)
- 9) เตาไฟฟ้า (IKA, C-MAG HS7, Germany)
- 10) เตาเผาอุณหภูมิสูง (Carbolite, ELF11/23, England)
- 11) เตาอบไฟฟ้า (Memmert, HCP50, Germany)
- 12) เครื่องผสมเป็นเนื้อเดียว (IKA, T-25 easy clean, Germany)
- 13) เครื่องบด (Boss mall, HRS-1500, ประเทศไทย)
- 14) ไมโครปิเปต
- 15) เครื่องวัด pH (Horiba, pH2000, Japan)
- 16) เครื่องย่อยตัวอย่างด้วยคลื่นเสียง (Taisite, JY96-IIN, China)
- 17) เครื่องเขย่าตะแกรงแยกขนาด (Endecotts, Minor200, England)

3.2 สารเคมี และวัตถุดิบ

- 1) Nitric acid (HNO_3 70%w/w), MERCK
- 2) Hydrochloric acid (HCl , 37%w/w) MERCK
- 3) Hydrogen peroxide (H_2O_2 , 30%w/w) MERCK
- 4) Gallic acid (MW. 188.14 g/mol)
- 5) Sodium carbonate (Na_2CO_3 , MW. 105.99 g/mol) AR grade, MERCK
- 6) สารละลายมาตรฐาน เกรด ICP, Agilent
- 7) Folin & Ciocalteu's phenol reagent
- 8) 2,2-ไดฟีนิล-1-พิกิริลไฮดราซิล, (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl,) (DPPH), Sigma-Aldrich
- 9) สารละลายมาตรฐาน

3.3 วิธีการทดลอง

3.3.1 การเตรียมสารสกัด

1) การสกัดด้วยเอทานอล

นำเมล็ดลิ้นจี่พันธุ์ค่อมมาล้างทำความสะอาด แล้วนำไปผึ่งให้แห้ง จากนั้นนำมาหั่นให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 40°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และนำไปบดด้วยเครื่องบดแบบหยาบ วิธีการสกัดดัดแปลงจากวิธีของโมเรโนและจอร์จ (Moreno Luzia & Jorge, 2011) อัตราส่วนเมล็ดลิ้นจี่บดต่อเอทานอล 70% เป็น 1:5 โดยน้ำหนัก ปิดฝาให้สนิทและเก็บให้พ้นแสง กวนและเขย่าทุกวัน ๆ ละ 2 ครั้ง แช่ทิ้งไว้ 7 วัน กรองแยกกากออกด้วยผ้าขาวบาง และกระดาดกรองเบอร์ 1 จากนั้นนำสารสกัดที่ได้ไประเหยตัวทำละลายออกโดยใช้เครื่องระเหยแบบสุญญากาศ และคำนวณหาตัวร้อยละของสารสกัด (%yield) เก็บสารสกัดที่ได้ใส่ในขวดสีชาและเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4°C เพื่อใช้ในการวิเคราะห์คุณสมบัติอื่น ๆ ต่อไป



(ก)

(ข)

(ค)

ภาพที่ 3.1 เมล็ดลิ้นจี่พันธุ์ค่อม (ก) เมล็ด (ข) เปลือกเมล็ด (endocarp) และ (ค) ทั้งเมล็ดบดหยาบ



ภาพที่ 3.2 เมล็ดลิ้นจี่พันธุ์ค่อมในตัวละลายเอทานอล 70% (ก) ทั้งเมล็ด (whole seed) (ข) เปลือกเมล็ด (endocarp) และ (ค) เนื้อเมล็ด (kernel)

2) การสกัดด้วยคลื่นอัลตราโซนิก

อัตราส่วนเมล็ดลั่นจี่บดต่อเอทานอล 70% เป็น 1:5 โดยน้ำหนัก นำไปสกัดด้วยเครื่องอัลตราโซนิก (Crest, P1000) ที่ความถี่ 45 kHz ที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 60 นาที ทำการสกัดซ้ำ 5 ครั้ง นำไปกรองผ่านผ้าขาวบาง กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 นำสารสกัดที่ได้ไประเหยตัวทำละลายออกโดยใช้เครื่องระเหยแบบสูญญากาศ และคำนวณหาค่าร้อยละของสารสกัด เก็บสารสกัดที่ได้ใส่ในขวดสีชาและเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4°C เพื่อใช้ในการวิเคราะห์คุณสมบัติอื่น ๆ ต่อไป

3.3.2 การหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม (total phenolic content; TPC) ด้วยวิธี Folin-Ciocalteu reagent (FCR) อ้างอิงจากวิธีมาตรฐานของ ISO14502-1 (Determination of substances characteristic of green and black tea part 1: content of total polyphenols in tea-colorimetric method using Folin-Ciocalteu reagent) ขั้นตอนการทดลองการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมด้วย 96-well microplate Folin-Ciocalteu method (Elin Novia et al., 2018) ดังนี้

1. การเตรียมสารละลายมาตรฐานและสารละลายที่ใช้ในการทดลอง
 - 1.1 เตรียมสารมาตรฐาน Folin-Ciocalteu reagent ในอัตราส่วน 1:4 (Folin-Ciocalteu reagent:น้ำกลั่น)
 - 1.2 เตรียมสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก (gallic acid) ในช่วงความเข้มข้น 10-200 mg/L
 - 1.3 เตรียมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) ความเข้มข้น 100 กรัม/ลิตร (10% w/v)
 - 1.4 เตรียมสารละลายแบล็ก โดยใช้ เอทานอล 96% w/v แทนสารสกัด
2. การเตรียมตัวอย่างสำหรับการทดลอง
 - 2.1 เตรียมสารสกัดเมล็ดลั่นจี่ที่ผ่านการเจือจาง ให้เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์
 - 2.2 ปิเปตสารละลายตัวอย่างปริมาตร 25 μL ลงในจานหลุม 96 หลุม (flat-bottom 96-well microplate)
 - 2.3 เติมสารมาตรฐาน Folin-Ciocalteu reagent อัตราส่วน 1:4 ปริมาตร 100 μL
 - 2.4 ทำการเขย่าเป็นเวลา 60 วินาที
3. ทำปฏิกิริยากับโซเดียมคาร์บอเนต
 - 3.1 นำของผสมออกจากเครื่องเขย่าและปล่อยให้ทำปฏิกิริยาเป็นเวลา 240 วินาที
 - 3.2 เติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (100 กรัม/ลิตร) ปริมาตร 75 μL
 - 3.3 ทำการเขย่าด้วยความเร็วปานกลางต่อเนื่องเป็นเวลา 1 นาที
 - 3.4 ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 ชั่วโมง
4. การวัดค่าการดูดกลืนแสงและการคำนวณผล
 - 4.1 วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 nm โดยใช้ spectrophotometer plate reader
 - 4.2 สร้างกราฟมาตรฐาน จากสารละลายกรดแกลลิกในช่วงความเข้มข้น 10-200 mg/L
 - 4.3 คำนวณปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม ของสารตัวอย่างจากกราฟมาตรฐาน

4.4 รายงานผลเป็นหน่วย มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิก (mg GAE/g extract) ต่ำ
น้ำหนักสารสกัด 1 กรัม

3.3.3 การหาปริมาณฟลาโวนอยด์รวม

การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์รวม (total flavonoids) ด้วยวิธี aluminium chloride method โดยใช้เคอซีทิน (quercetin) เป็นสารมาตรฐาน (Elin Novia et al., 2018) ทำการทดสอบโดยนำสารละลายมาตรฐานเคอซีทินที่ละลายในเอทานอล 96%w/v (ความเข้มข้น 30-100 $\mu\text{g/mL}$) นำสารสกัดเมล็ดลิ้นจี่ ปริมาตร 50 μL (1 mg/mL) หรือสารละลายมาตรฐานเคอซีทิน ปริมาตร 50 μL เติมนลงในสารละลายอะลูมิเนียมคลอไรด์ (AlCl_3) ที่ความเข้มข้น 10% ปริมาตร 10 μL และเติมเอทานอล 96%w/v ปริมาตร 150 μL ผสมให้เข้ากัน บรรจุลงจานหลุม (96 well plate) จากนั้นเติมน้ำยาละลายโซเดียมแอสซิเตต ความเข้มข้น 1 mol/L ปริมาตร 10 μL ผสมและบ่มที่อุณหภูมิห้อง ป้องกันไม่ให้โดนแสง เป็นเวลา 40 นาที จากนั้นทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 415 nm ด้วยเครื่อง spectrophotometer plate reader โดยทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง โดยใช้เอทานอล 96%w/v เป็นสารละลายแบล็ก คำนวณปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์รวมของสารตัวอย่างจากกราฟมาตรฐานเคอซีทินในหน่วยมิลลิกรัมสมมูลของเคอซีทิน (quercetin equivalents; QE) ต่อน้ำหนักสารสกัด 1 กรัม (mg QE/g extract)

3.3.4 การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

1) การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH

การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH สำหรับสารสกัดเมล็ดลิ้นจี่พันธุ์ค่อมดำเนินการตามวิธีของ Peamsuk คณะ (Suvarnakuta et al., 2011) ดัดแปลงจากโอโกโนกิ และคณะ (Okonogi et al., 2007) เตรียมสารอนุมูลอิสระ DPPH ความเข้มข้น 100 μM ในเอทานอล ปริมาตร 3.9 mL ลงในหลอดทดลองที่มีสารสกัดในเอทานอล ปริมาตร 0.2 mL ทำการเขย่าด้วยเครื่องเขย่า (vertex mixer) เป็นเวลา 10 วินาที และตั้งทิ้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 60 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 nm ด้วยเครื่อง UV-Vis spectrophotometer โดยใช้เอทานอลเป็นสารละลายแบล็ก

2) การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS

การทดสอบวิธีการฟอกสีอนุมูลอิสระ ABTS radical scavenging assay สรุปได้ดังนี้ (Re et al., 1999)

1. การเตรียมสารละลาย ABTS⁺.

- เตรียมสารละลาย ABTS (7 mM) ในน้ำกลั่น
- เตรียมสารละลายโพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต ($\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$) 2.45 mM ในน้ำกลั่น
- ผสมสารละลาย ABTS และ $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ ในอัตราส่วน 1:1 (v/v) และบ่มในที่มืดที่อุณหภูมิห้อง 12-16 ชั่วโมง เพื่อให้เกิดอนุมูลอิสระ ABTS⁺ ได้เป็นสารละลายสีน้ำเงินเข้ม (สารละลายมีความเสถียรเพียง 2 วัน)

- ก่อนใช้ต้องเจือจางสารละลาย ABTS⁺ ให้ค่าการดูดกลืนแสงที่ 734 nm อยู่ในช่วง 0.7 ± 0.02 โดยเติมเอทานอลหรือบัฟเฟอร์ฟอสเฟต (phosphate buffer pH 7.4)

2. การเตรียมสารตัวอย่าง

- ละลายสารตัวอย่างในเอทานอลหรือ buffer ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ (เช่น 1–100 $\mu\text{g/mL}$)

- ใช้สารละลายกรดแอสคอร์บิก (ascorbic acid) เป็นสารมาตรฐาน

3. การทำปฏิกิริยากับ ABTS⁺.

- ผสม 1000 μL ของสารละลาย ABTS⁺ กับ 20 μL ของสารตัวอย่างหรือสารมาตรฐาน

- เขย่าด้วย vortex 10 วินาที

- วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 734 nm ด้วยเครื่อง UV-Vis spectrophotometer ภายใน 1 นาทีหลังจากการเขย่า

4. การคำนวณร้อยละการกำจัดอนุมูลอิสระ ABTS ดังนี้

$$\text{inhibition (\%)} = \left(\frac{A_c - A_s}{A_c} \right) \times 100 \quad \dots\dots(3.1)$$

โดยที่

A_c = ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย ABTS⁺. (control)

A_s = ค่าการดูดกลืนแสงของสารตัวอย่าง

5. การคำนวณค่า IC₅₀

- เขียนกราฟระหว่างร้อยละการกำจัด ABTS กับความเข้มข้นของสารตัวอย่าง
- ค่า IC₅₀ (ความเข้มข้นของสารที่สามารถกำจัดอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50)
- เปรียบเทียบค่า IC₅₀ กับสารมาตรฐานกรดแอสคอร์บิก

3.3.5 การทดสอบฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส

เอนไซม์ไทโรซิเนสเป็นเอนไซม์สำคัญในกระบวนการสร้างเมลานิน(melanogenesis) โดยเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของไทโรซีนไปเป็น DOPA (L-3,4-dihydroxyphenylalanine) และ DOPA quinone ซึ่งเป็นสารตั้งต้นของเมลานิน (Saive et al., 2020) ดังนั้น การยับยั้งไทโรซิเนสจึงเป็นกลไกสำคัญของสารออกฤทธิ์ที่ใช้ในผลิตภัณฑ์ไวท์เทนนิ่งและเครื่องสำอางเพื่อควบคุมการสร้างเม็ดสี วิธีมาตรฐานในการทดสอบฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส (Masamoto et al., 2003) สรุปดังนี้

1) การเตรียมสารละลาย

1. สารละลายเอนไซม์ไทโรซิเนส เตรียมเอนไซม์ไทโรซิเนสจากเห็ด (mushroom tyrosinase) ในบัฟเฟอร์กรดฟอสฟอริก 1/15 โมลาร์ (pH 6.8)

2. สารตั้งต้น (substrate) ใช้ L-3,4-dihydroxyphenylalanine (L-DOPA) ความเข้มข้น 1.5 mM

3. สารตัวอย่างเป็นสารสกัดเมล็ดลิ้นจี่ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ในสารละลาย DMSO

2) วิธีการทดสอบ

1. เตรียมสารละลาย L-DOPA ความเข้มข้น 1.5 mM ปริมาตร 1 mL ลงในไมโครเพลท (96 well plates) ผสมกับ DMSO ปริมาตร 0.1 mL (ที่มีหรือไม่มีสารตัวอย่าง) และสารละลายบัฟเฟอร์กรด ฟอสฟอริก 1/15 M (pH 6.8) ปริมาตร 1.8 mL

2. เตรียมสารตัวอย่างที่ต้องการทดสอบลงไป

3. ส่วนผสมถูกบ่ม (preincubated) ที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 10 นาที

4. เตรียมสารละลายเอนไซม์ไทโรซิเนสจากเห็ด (1000 U/mL) ปริมาตร 0.1 mL

5. วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 475 nm

6. การทำแบล็กโดยใช้ DMSO ที่ไม่มีสารตัวอย่างแทน

7. คำนวณร้อยละการยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส ดังนี้

$$\text{Inhibition (\%)} = \left(\frac{A - B}{A} \right) \times 100 \quad \dots\dots(3.2)$$

เมื่อ A = ค่าความแตกต่างของค่าการดูดกลืนแสงของแบล็ก ระหว่างเวลา 0.5 และ 1.0 นาที

B = ค่าความแตกต่างของค่าการดูดกลืนแสงของชุดทดลอง ระหว่างเวลา 0.5 และ 1.0 นาที

8. ค่าที่รายงานเป็นค่าเฉลี่ยของการวัด โดยใช้กรดโคจิก (kojic acid) เป็นสารมาตรฐาน ในการเปรียบเทียบค่า IC₅₀ (ความเข้มข้นของสารที่สามารถยับยั้งเอนไซม์ได้ 50%)

3.3.6 การทดสอบฤทธิ์ด้านการอักเสบ

การทดสอบฤทธิ์ด้านการอักเสบโดยวิธีการยับยั้งไนตริกออกไซด์ (NO inhibition assay) เป็นการศึกษาฤทธิ์ด้านการอักเสบของสารสกัดหรือสารบริสุทธิ์สามารถประเมินได้จากความสามารถในการยับยั้งการสร้าง NO ในเซลล์แมคโครฟาจที่ถูกกระตุ้น โดยทั่วไปใช้ RAW 264.7 murine macrophage cells เป็นแบบจำลองในการทดสอบ ไนตริกออกไซด์ (Nitric oxide, NO) เป็นสารสำคัญในกระบวนการอักเสบ โดยเซลล์แมคโครฟาจ (macrophages) เมื่อถูกกระตุ้นด้วยสารก่อการอักเสบ เช่น lipopolysaccharide (LPS) หรือ interferon- γ (IFN- γ) จะกระตุ้นเอนไซม์ inducible nitric oxide synthase (iNOS) ให้ผลิต NO ออกมาในปริมาณมาก ซึ่ง NO ที่เกิดขึ้นจะมีบทบาทในการก่อให้เกิดภาวะอักเสบเรื้อรังและเป็นสาเหตุของโรคต่าง ๆ เช่น โรคข้ออักเสบ (arthritis) และโรคเกี่ยวกับภูมิคุ้มกัน การทดลองการทดสอบฤทธิ์ด้านการอักเสบโดยวิธีการยับยั้งไนตริกออกไซด์ (NO Inhibition Assay) ของสารสกัดจากเมล็ดลิ้นจี่พันธุ์ค่อม ดำเนินการตามวิธีของซามานี และคณะ (Zamani Taghizadeh Rabe et al., 2015) โดยใช้เซลล์แมคโครฟาจ J774A.1 ที่ถูกกระตุ้นด้วยไลโปโพลแซ็กคาไรด์ (lipopolysaccharide, LPS) ซึ่งเป็นแบบจำลองที่ใช้ในการศึกษาการอักเสบ ประเมินผลของโปรตีน 14-kDa จากกระเทียมต่อการผลิตสารกระตุ้นการอักเสบในเซลล์แมคโครฟาจ J774A.1 โดยการทดสอบมีขั้นตอนดังนี้

1. การเพาะเลี้ยงเซลล์ (cell culture and treatment)

เซลล์แมคโครฟาจสายพันธุ์ J774A.1 ถูกเพาะเลี้ยงใน Dulbecco's modified Eagle's medium (DMEM) เสริมด้วย 10% fetal bovine serum (FBS), 2 mM L-glutamine, 100 U/mL penicillin และ 100 mg/mL streptomycin ภายใต้สภาวะที่มีอากาศ 95% และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 5% ในตู้บ่มที่มีความชื้นที่อุณหภูมิ 37°C หลังจากเก็บเซลล์จากขวดเพาะเลี้ยง เซลล์แมคโครฟาจถูกนับจำนวนและประเมินการอยู่รอดของเซลล์โดยวิธี Trypan blue exclusion method สำหรับในการทดลอง เซลล์ถูกเพาะเลี้ยงให้เกาะติดพื้นผิว จากนั้นถูกบ่มด้วยโปรตีนจากกระเทียม 14-kDa (ความเข้มข้น 5–30 mg/mL) เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ก่อนถูกกระตุ้นด้วย lipopolysaccharide (LPS) (1 mg/ml, serotype 0111:B4) ต่ออีก 24 ชั่วโมง

2. การหาการเกิดไนตริกออกไซด์ (nitric oxide formation)

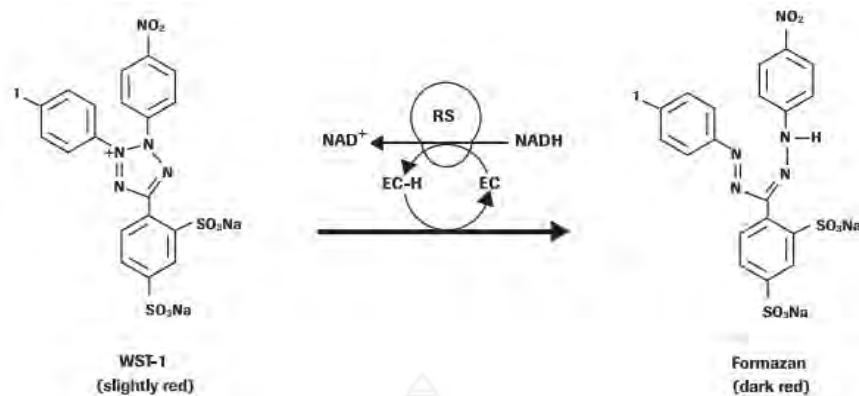
เซลล์แมคโครฟาจสายพันธุ์ J774A.1 ถูกบ่มรวมกับโปรตีนจากกระเทียม 14-kDa (5–30 mg/mL) ที่มีและไม่มี LPS (1 mg/ml) เวลา 24 ชั่วโมง การสะสมของไนไตรท์ (ซึ่งเป็นดัชนีบ่งชี้การสังเคราะห์ไนตริกออกไซด์, NO) ในสารละลายอาหารเลี้ยงเซลล์ถูกวัดโดยใช้ Griess reagent โดยสุรบนำสารละลายไซบรินเซลล์ (supernatant) ในปริมาณเท่ากัน มาผสมกับสารละลาย Griess reagent (ซึ่งประกอบด้วยซัลฟานิลาไมด์ 1%w/v ละลายในกรดฟอสฟอริก 5%v/v และ N-(1-naphthyl) ethylenediamine dihydrochloride 0.1%w/v) ในปริมาตรที่เท่ากัน แล้วบ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 20 นาที จากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสงถูกวัดโดยใช้เครื่อง Convergys EL reader ที่ความยาวคลื่น 545 nm ความเข้มข้นของไนไตรท์ (mM) คำนวณโดยการเทียบกับกราฟมาตรฐานจากโซเดียมไนไตรต์ (NaNO₂)

3.3.7 การทดสอบความเป็นพิษต่อเซลล์ผิวหนัง

การทดสอบความเป็นพิษต่อเซลล์ผิวหนัง (cytotoxicity) ของสารสกัดเมล็ดลิ้นจี่ ทำการทดสอบความเป็นพิษตัวอย่างทดสอบต่อเซลล์ผิวหนังมนุษย์ชนิดเคราติโนไซต์ (HaCaT) ที่ระดับความเข้มข้นตั้งแต่ร้อยละ 0.78 ถึง 12.5 ทดสอบเป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยมีวิธีการทดสอบดังนี้

1) การทดสอบความเป็นพิษต่อเซลล์โดยวิธี WST-1 assay

วิธี WST-1 assay เป็นวิธีที่ใช้วัดความมีชีวิตของเซลล์โดยอาศัยปฏิกิริยารีดอกซ์ของเอนไซม์ซักซิเนตดีไฮโดรจีเนส (succinate dehydrogenase) ในไมโทคอนเดรียของเซลล์ที่มีชีวิต สามารถรีดิวซ์สาร WST-1 (tetrazolium salt) หรือ 4-[3-(4-Iodophenyl)-2-(4-nitro-phenyl)-2H-5-tetrazolio]-1,3-benzene sulfonate จะเปลี่ยนเป็นฟอร์มาซาน (formazan) ที่ละลายในน้ำ สามารถวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 450 nm ได้โดยตรง ปริมาณฟอร์มาซานที่เกิดขึ้นมีความสัมพันธ์โดยตรงกับจำนวนเซลล์ที่มีชีวิตในตัวอย่างนั้น หลักการแสดงดังภาพที่ 3.3 โดยวิธี WST-1 assay มีข้อดี คือ ไม่ต้องใช้ DMSO ในการละลายผลึกฟอร์มาซาน ทำให้เป็นวิธีที่สะดวกและลดความเสี่ยงของสารเคมีที่อาจเป็นอันตรายต่อเซลล์



ภาพที่ 3.3 หลักการของการทดสอบความเป็นพิษต่อเซลล์โดยวิธี WST-1 assay

ที่มาภาพ : <https://www.sigmaaldrich.cn/CN/zh/technical-documents/protocol/cell-culture-and-cell-culture-analysis/cell-counting-and-health-analysis/cell-proliferation-reagent-wst-1>

2) การเตรียมตัวอย่างทดสอบและวิธีทดสอบ

2.1 การเตรียมตัวอย่างทดสอบ เจือจางสารละลายตัวอย่างด้วยอาหารเลี้ยงเซลล์ชนิด Dulbecco's modified eagle medium (DMEM) ให้มีความเข้มข้นระดับต่าง ๆ คือ 0.70, 1.50, 3.120, 6.25, 12.5, 25.0, 50.0 และ 100% ด้วยวิธีเจือจางสองเท่า (2-fold dilution) (Mosmann, 1983)

2.2 วิธีการทดสอบความเป็นพิษต่อเซลล์ผิวหนังชนิดเคราติโนไซต์

2.2.1 การเตรียมเซลล์

1) นำเซลล์เคราติโนไซต์ของมนุษย์สายพันธุ์ HaCaT มาเพาะเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเซลล์ DMEM ที่เสริมด้วยฟิtalโบวีนซีรัม (FBS) ร้อยละ 10 และเพนิซิลลิน-สเตรปโตมัยซิน (penicillin-streptomycin) ความเข้มข้น 1% ในภาวะปลอดเชื้อ

2) บ่มเซลล์ในตู้เพาะเลี้ยงที่อุณหภูมิ 37°C และปริมาณแก๊ส CO₂ ร้อยละ 5 จนกระทั่งเซลล์มีความหนาแน่นที่เหมาะสม (ประมาณ 80% confluency)

3) นำเซลล์ที่เจริญเต็มที่มานับจำนวนโดยใช้เครื่องนับเซลล์ (hemocytometer) และปรับความเข้มข้นของเซลล์ให้ได้ประมาณ 5×10^3 เซลล์ต่อหลุม

4) ปิเปิดเซลล์ที่เตรียมไว้ลงในจานเพาะเลี้ยงแบบ 96 หลุม โดยเติมเซลล์ลงไปในแต่ละหลุมปริมาตร 100 μ L

5) บ่มเซลล์ในตู้เพาะเลี้ยงเป็นเวลา 24 ชั่วโมงเพื่อให้เซลล์ยึดติดกับพื้นผิวของหลุม

2.2.2 การบ่มร่วมกับสารทดสอบ

1) เตรียมสารทดสอบที่ต้องการประเมินในอาหารเลี้ยงเซลล์ DMEM ที่ปราศจาก FBS โดยปรับความเข้มข้นให้ได้ 8 ระดับความเข้มข้นที่ต้องการ

2) เตรียมกลุ่มควบคุม

- กลุ่มควบคุมลบ ใช้อาหารเลี้ยงเซลล์เพียงอย่างเดียว (ไม่มีสารทดสอบ)
- กลุ่มควบคุมบวก ใช้สาร sodium dodecyl sulfate (SDS) ที่ความเข้มข้น 0.1 μ g/mL

3) ทำการเปลี่ยนอาหารเลี้ยงเซลล์เดิมออก และเติมสารละลายที่เตรียมไว้ลงในแต่ละหลุม ปริมาตร 100 μL ต่อหลุม

4) นำจานเพาะเลี้ยงกลับไปบ่มในตู้เพาะเลี้ยงเซลล์ที่อุณหภูมิ 37°C และ CO_2 ร้อยละ 5 เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

2.2.3 การประเมินความมีชีวิตของเซลล์ด้วย WST-1 assay

1) เมื่อครบระยะเวลาการบ่ม นำจานเพาะเลี้ยงออกมา และทำการดูดสารละลายออกจากหลุมโดยใช้ปิเปต

2) ล้างเซลล์ด้วยฟอสเฟตบัฟเฟอร์ (PBS) ปริมาตร 100 μL ต่อหลุม จำนวน 2 ครั้ง

3) เติมสารละลาย WST-1 ปริมาตร 10 μL ลงในอาหารเลี้ยงเซลล์ 100 μL ในแต่ละหลุม

4) นำจานเพาะเลี้ยงกลับไปบ่มในตู้เพาะเลี้ยงภายใต้สภาวะเดิมเป็นเวลา 30 นาที

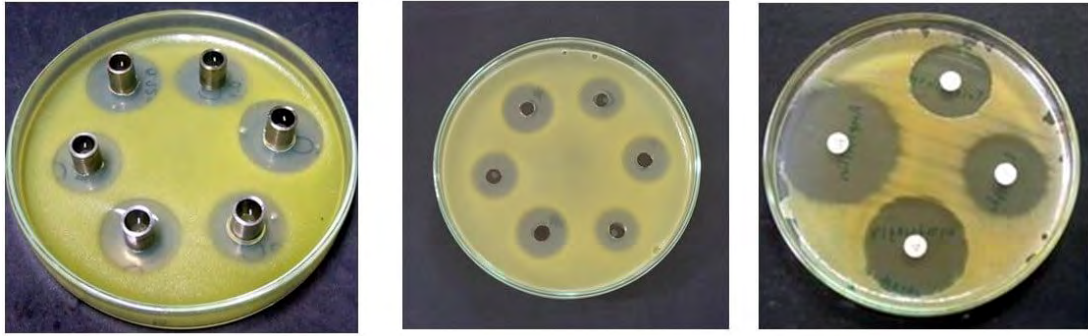
5) นำจานเพาะเลี้ยงออกจากตู้ และทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 450 nm โดยใช้เครื่อง microplate reader

6) บันทึกค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ และนำมาคำนวณอัตราร้อยละการรอดชีวิตของเซลล์ (cell viability) ดังนี้

$$\% \text{cell viability} = \frac{\text{ค่าการดูดกลืนแสงของเซลล์ในกลุ่มที่ได้รับการทดสอบ}}{\text{ค่าการดูดกลืนแสงของเซลล์กลุ่มควบคุมลบ}} \times 100 \dots\dots(3.3)$$

3.3.8 การทดสอบฤทธิ์การยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย

วิธีการแพร่กระจายผ่านวุ้น (agar diffusion) เป็นการใช้หลักการซึมผ่านของสารทดสอบ หรือยาผ่านอาหารเพาะเชื้อบนอาหารแข็ง ไปมีผลยับยั้งการเจริญของเชื้อก่อโรค ทำให้เกิดโซนใสที่เป็นบริเวณยับยั้ง (inhibition zone) ซึ่งอ่านผลโดยการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโซนใส หากสารหรือยาที่นำมาทดสอบมีฤทธิ์ในการต้านเชื้อได้จะเกิดโซนใสที่ไม่มีเชื้อขึ้นรอบ ๆ แสดงว่าไม่มีเชื้อขึ้นในบริเวณนั้น ยังมีโซนใสกว้างแสดงว่าสารทดสอบมีฤทธิ์ต้านเชื้อได้ดี วิธีการแพร่กระจายผ่านวุ้นแบบจานทรงกระบอก (cylindrical-plate หรือ cup-plate) เป็นวิธีที่ใช้กันอย่างแพร่หลายที่สุดในการประเมินความแรงและฤทธิ์ทางชีวภาพของตัวยาหรือสารที่ต้องการทดสอบ หลักการของวิธีนี้อาศัยการแพร่ของสารที่ต้องการทดสอบจากกระบอกทรงตั้งผ่านชั้นวุ้นที่แข็งตัวแล้วในจานเพาะเชื้อ (Petri dish) การเจริญเติบโตของจุลชีพเฉพาะชนิดที่ถูกใส่ลงในวุ้นจะถูกยับยั้งในบริเวณรอบกระบอกที่มีสารที่ต้องการทดสอบ ทำให้เกิดเป็นบริเวณโซนใสเปรียบเทียบกับตัวควบคุม (Dafale et al., 2016)



ภาพที่ 3.4 วิธีการแพร่กระจายผ่านวุ้นแบบจานทรงกระบอก

วิธีการแพร่ผ่านวุ้นนี้จะเชื่อมโยงขนาดของบริเวณยับยั้งการเจริญเติบโตกับปริมาณสารที่ทำการวิเคราะห์ ความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณยับยั้งและความเข้มข้นของสารในสารละลายที่หยดลงในคัพ หากสารสกัดมีฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย จะเกิดบริเวณยับยั้งเป็นวงใสปราศจากการเจริญของเชื้อรอบแผ่นจาน ซึ่งสามารถวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพื่อนำมาใช้วิเคราะห์ฤทธิ์ของสารสกัดได้ (Balouiri et al., 2016; Hossain, 2024) โดยเชื้อแบคทีเรียที่ทำการศึกษาที่รับการอนุเคราะห์จากคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ได้แก่

- 1) แบคทีเรียสตาฟีโลคอคคัส ออเรียส (*Staphylococcus aureus*; *S. aureus*) เป็นแบคทีเรียก่อโรคที่สำคัญในอาหาร แบคทีเรียชนิดนี้ย้อมติดสีแกรมบวกมีรูปร่างเป็นทรงกลม
- 2) แบคทีเรียโพรพิออนินแบคทีเรีย (*Propionibacterium acnes*; *P. acnes*) หรือรู้จักในชื่อของ *Cutibacterium acnes* (*C. acnes*) เป็นแบคทีเรียแกรมบวกชนิดแท่งที่เติบโตค่อนข้างช้า โดยทั่วไปจะทนต่ออากาศและไม่ใช้ออกซิเจน แบคทีเรียชนิดหนึ่งในรูชุมชนของมนุษย์ หากเชื้อแบคทีเรียชนิดนี้เติบโตหรือมีจำนวนเพิ่มขึ้นจากสาเหตุบางอย่างอาจกระตุ้นให้เกิดสิว
- 3) แบคทีเรียสแตฟิโลคอคคัส อี피เดอร์มิติส (*Staphylococcus epidermidis*; *S. epidermidis*) เป็นปรสิตที่ผิวหนังและเยื่อเมือกของคนและสัตว์ ทำให้พลาสมาเป็นลิ่ม เป็นสาเหตุทำให้เกิดฝี แผลพุพองและเกิดการติดเชื้อหลังผ่าตัด
- 4) เชื้อราแคนดิดา อัลบิแคนส์ (*Candida albicans* 10231; *C. albicans*) เป็นเชื้อราชนิดหนึ่งที่พบได้ทั่วไปในร่างกายมนุษย์ โดยปกติแล้วจะอาศัยอยู่บริเวณผิวหนังและเยื่อต่าง ๆ

การเตรียมเชื้อแบคทีเรียและเชื้อรา

เชื้อแบคทีเรียที่ใช้ในการทดลองควรมีอายุไม่เกิน 24 ชั่วโมง และปริมาณความเข้มข้นของเชื้อที่เหมาะสม ประมาณ 10^8 CFU/mL โดยเชื้อแบคทีเรียที่ต้องการทดสอบ *S. aureus* และ *S. epidermidis* ที่เพาะเลี้ยงในจานอาหารเลี้ยงเชื้อ trypticase soy agar (TSA) ที่มีอายุประมาณ 24 ชั่วโมง นำโคโลนีเดียวใสในอาหารเลี้ยงเชื้อ tryptic soy broth (TSB) ที่เตรียมไว้ในหลอดทดลองปริมาตรหลอดละ 5 mL จากนั้นนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35-37°C เป็นเวลา 18-24 ชั่วโมง เมื่อครบตามเวลาให้นำเชื้อมาเจือจางด้วยน้ำเกลือความเข้มข้น 0.85% ให้มีความขุ่นเท่ากับ McFarland standard No. 0.5 (ประมาณ 1×10^8 CFU/mL) ส่วนเชื้อ *P. acnes* ทำการเตรียมเช่นเดียวกัน แต่บ่มในสภาวะไร้อากาศที่อุณหภูมิ 35-37°C เป็นเวลา 48-72 ชั่วโมง

เชื้อ *C. albicans* ทำการเตรียมเช่นเดียวกับ *S. aureus* แต่ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ sabouraud dextrose broth (SDB) จากนั้นนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35-37°C เป็นเวลา 18-24 ชั่วโมง

เมื่อครบตามเวลาให้นำเชื้อมาเจือจางด้วยน้ำเกลือความเข้มข้น 0.85% ให้มีความขุ่นเท่ากับ McFarland standard No. 0.5 (ประมาณ 1×10^8 CFU/mL)

การทดสอบฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย

1. เตรียม TSA สำหรับ *S. aureus* และ *S. epidermidis* และ brain heart infusion (BHI) agar สำหรับ *P. acnes* ลงในจานเพาะเชื้อ (Petri dish) และปล่อยให้แข็งตัว
2. วาง cylinder cup ลงในจานเพาะเชื้อตามตำแหน่งที่กำหนด
3. หยดสารที่ต้องการทดสอบปริมาตร 200 μ L ลงใน cylinder cup
4. บ่มจานเพาะเชื้อ *S. aureus* และ *S. epidermidis* ที่ 35-37°C เป็นเวลา 18-24 ชั่วโมง และ *P. acnes* ในภาวะไร้ออกซิเจนที่ 35-37°C เป็นเวลา 48-72 ชั่วโมง
5. วัดเส้นผ่านศูนย์กลางของ inhibition zone (มิลลิเมตร) รอบคัพและบันทึกผล

การทดสอบฤทธิ์ต้านเชื้อรา

1. เตรียม DSA สำหรับ *C. albicans* แล้วเทลงในจานเพาะเชื้อและปล่อยให้แข็งตัว
2. วาง cylinder cup ลงในจานเพาะเชื้อตามตำแหน่งที่กำหนด
3. หยดสารที่ต้องการทดสอบปริมาตร 200 μ L ลงใน cylinder cup
4. บ่มจานเพาะเชื้อ *C. albicans* ที่ 35-37°C เป็นเวลา 18-24 ชั่วโมง
5. วัดเส้นผ่านศูนย์กลางของ inhibition zone (มิลลิเมตร) รอบคัพและบันทึกผล

3.3.9 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีด้วยเทคนิค GC-MS

Gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) เป็นเทคนิคที่ใช้ในการแยกและระบุองค์ประกอบของสารอินทรีย์ระเหยง่าย โดยอาศัยการทำงานร่วมกันของ gas chromatography (GC) และ mass spectrometry (MS) โดย GC ทำหน้าที่แยกสารประกอบต่าง ๆ ในตัวอย่าง โดยอาศัยความสามารถในการระเหยและแรงดึงดูดระหว่างสารกับคอลัมน์แยกสาร และ MS ทำหน้าที่วิเคราะห์โครงสร้างโมเลกุลของสารที่ผ่านการแยกจาก GC โดยอาศัยการแตกตัวของไอออนและการวิเคราะห์มวลของไอออนเหล่านั้น ทำให้สามารถระบุชนิดของสารได้อย่างแม่นยำ

การวิเคราะห์สารสำคัญในสารสกัดเมล็ดลิ้นจี่โดยใช้สารสกัดเอทานอล ดำเนินการโดยหน่วยเครื่องมือกลาง งานวิจัยและนวัตกรรม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล (CIF) จากนั้นนำผลสเปกตรัมที่ได้มาเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลมาตรฐาน เพื่อระบุองค์ประกอบของสารสำคัญในเมล็ดลิ้นจี่ คำนวณร้อยละองค์ประกอบของสารแต่ละชนิดโดยใช้พื้นที่พีคของโครมาโตแกรม วิเคราะห์และสรุปสารสำคัญที่ตรวจพบเทียบกับฐานข้อมูลมาตรฐาน และพิจารณาคุณสมบัติทางชีวภาพหรือฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา

3.3.10 การวิเคราะห์ปริมาณแร่ธาตุและโลหะหนัก

1) การเตรียมสารละลายมาตรฐาน

การเตรียมสารละลายมาตรฐานโลหะหนักและธาตุต่าง ๆ จากสารละลายมาตรฐานแบบเดี่ยวและแบบผสม โดยทำการเตรียมสารละลายมาตรฐานให้มีความเข้มข้นตามช่วงที่กำหนดที่เหมาะสมกับ

การวัดด้วยเครื่องอินดักทีฟพลาสมาอิมิซชันสเปกโทรโฟโตเมทรี (ICP-OES, iCAP7400 series, Thermo, USA) โดยใช้ตัวทำละลายเป็นสารละลาย HNO_3 1%w/v

2) ขั้นตอนการทดลอง

การเตรียมตัวอย่างเมล็ดลิ้นจี่ด้วยคลื่นไมโครเวฟตามคำแนะนำวิธีย้อยตัวอย่างจากเครื่องมือ (operation manual) ตัวอย่างผงละเอียด 0.2 กรัม ถูกผสมกับกรด HNO_3 4 mL ในหลอดย้อยตัวอย่าง เทฟลอนและนำไปผ่านโปรแกรมการควบคุมอุณหภูมิ (เพิ่มอุณหภูมิเป็นเวลา 5 นาทีจนถึง 120°C คงอุณหภูมิที่ 120°C เป็นเวลา 5 นาที เพิ่มอุณหภูมิเป็นเวลา 5 นาทีจนถึง 150°C คงอุณหภูมิที่ 150°C เป็นเวลา 5 นาที เพิ่มอุณหภูมิเป็นเวลา 5 นาทีจนถึง 180°C คงอุณหภูมิที่ 180°C เป็นเวลา 20 นาทีต่อเนื่อง) หลังจากนำออกแล้ว เจือจางด้วยน้ำกลั่นให้มีปริมาตรครบ 25 mL (Altundag & Tuzen, 2011; Chen et al., 2023) การวิเคราะห์ปริมาณธาตุในเมล็ดลิ้นจี่ด้วยเครื่อง ICP-OES โดยมีสภาวะการทดลอง ดังตารางที่ 3.1 โดยนำสารละลายตัวอย่างปริมาตร 25.00 mL นำไปวัดค่าการเปล่งออกเทียบกับกราฟมาตรฐาน โดยใช้ HNO_3 1%w/v เป็นสารละลายแบล็ก

ตารางที่ 3.1 สภาวะการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง ICP-OES

พารามิเตอร์	สภาวะการทดลอง
Instrument model	Thermo iCAP 7400 series
Viewing height	12 mm
Wavelengths (nm)	radial mode: K (766.49 nm), Ca (422.673 nm), Mg (280.270 nm), Na (589.592 nm) Axial mode: P (213.618 nm)
Replicates	3
RF power	1150 W
Spray chamber	cyclonic
Nebulizer flow	0.5 L/min
Plasma torch	quartz, fixed, 3.0-mm injector tube
Replicate read time	50 sec per replicate
Plasma gas flow	12 L/min
Auxiliary gas flow	0.5 L/min
Sample aspiration rate	2.0 mL/min
Sample pump rate	25 rpm

3.3.11 การวิเคราะห์ทางกายภาพ

1) การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า

ปริมาณเถ้าเป็นตัวบ่งชี้ถึงปริมาณแร่ธาตุทั้งหมดที่มีอยู่ในวัตถุดิบ ซึ่งรวมถึงแร่ธาตุสำคัญที่จำเป็นต่อร่างกาย การวิเคราะห์ปริมาณเถ้าจึงเป็นพารามิเตอร์พื้นฐานสำหรับการประเมินคุณค่าทางโภชนาการ และการควบคุมคุณภาพของวัตถุดิบทางการเกษตร การวิเคราะห์ปริมาณเถ้าในเมล็ดลิ้นจี่ส่วนใหญ่ใช้วิธีการมาตรฐานตาม AOAC Official Method ซึ่งมีขั้นตอนโดยย่อ ดังนี้

1. อบแห้งตัวอย่างเมล็ดลิ้นจี่ที่บดละเอียดแล้วที่อุณหภูมิ 105°C จนน้ำหนักคงที่
2. ชั่งตัวอย่างแห้งประมาณ 2-5 กรัม ใส่ในถ้วยเผา (crucible) ที่ทราบน้ำหนักแน่นอน
3. เผาตัวอย่างในเตาเผา (muffle furnace) ที่อุณหภูมิ 550°C เป็นเวลา 5-6 ชั่วโมง หรือจนกระทั่งได้เถ้าสีขาวหรือเทาอ่อน
4. ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น (desiccator) และชั่งน้ำหนัก
5. คำนวณปริมาณเถ้าโดยใช้สูตร % เถ้า = $(\text{น้ำหนักเถ้า} \div \text{น้ำหนักตัวอย่างแห้ง}) \times 100$

2) การวิเคราะห์ปริมาณ CHNS ในเมล็ดลิ้นจี่และสารสกัด

เมล็ดลิ้นจี่ที่ผ่านการเตรียมเป็นผงละเอียด และสารสกัดหยานำมาวิเคราะห์หาปริมาณธาตุ C/H/N/S แบบอัตโนมัติ โดยใช้หลักการการเผาไหม้ในเตาเผาอุณหภูมิสูง แก๊สที่ได้จะผ่านการแยกโดยคอลัมน์ ตรวจวัดปริมาณด้วย thermal conductivity detector ขั้นตอนการวิเคราะห์ดำเนินการตามคู่มือปฏิบัติการ โดยใช้ตัวอย่าง 0.05 กรัม บรรจุในห่อดีบุก แล้วบรรจุลงในช่องใส่ตัวอย่างอัตโนมัติ โดยทำการทดลองตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

3.3.12 การพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง

1) ความแตกต่างของเซรัมและน้ำตบ

เซรัมมีน้ำเป็นส่วนประกอบหลัก จึงทำให้มีเนื้อบางเบากว่าครีม โลชั่นและเจล แต่มีปริมาณสารสำคัญสำหรับการบำรุงผิวที่เข้มข้นกว่า จึงให้ประสิทธิภาพการบำรุงผิวที่ดีกว่า ออกฤทธิ์ได้ลึกถึงผิวชั้นใน ช่วยแก้ปัญหาผิวได้ตรงจุด นอกจากนั้นเซรุ่มยังมีโมเลกุลเล็ก จึงสามารถซึมซาบเข้าสู่ผิวหน้าได้อย่างรวดเร็วและล้ำลึกกว่า

น้ำตบหรือเอสเซนส์ (essence) จะเนื้อเหลวคล้ายเซรัม เพราะมีส่วนประกอบหลักเป็นน้ำเช่นกัน แต่อาจจะมีปริมาณสารสำคัญที่เข้มข้นกว่าเซรัม เนื้อเหลวบางเบากว่า ซึ่งสามารถซึมซาบเข้าสู่ผิวได้รวดเร็วและล้ำลึก เหมาะแก่การบำรุงผิวหน้าในขั้นเริ่มต้น ช่วยให้ผิวนุ่มชุ่มชื้น กระชับรูขุมขน ลดปัญหาสิวอุดตัน ควบคุมความมัน

ตารางที่ 3.2 คุณสมบัติของเซรัมและน้ำตบ

คุณสมบัติ	เซรัม	น้ำตบ
เนื้อสัมผัส	เข้มข้นกว่าน้ำตบ	บางเบาคล้ายน้ำ
ความเข้มข้นของสารออกฤทธิ์	สูง	ปานกลาง
การดูดซึม	ซึมซาบเร็วแต่มีความหนืดเล็กน้อย	ซึมไวมาก ไม่เหนอะหนะ
จุดประสงค์	ฟื้นฟูบำรุงล้ำลึก	เพิ่มความชุ่มชื้นและเตรียมผิว

2) ขั้นตอนพื้นฐานในการเตรียมเซรัม

การพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์เซรัมจากสารสกัดเมล็ดลิ้นจี่ เป็นการดำเนินงานร่วมกับบริษัท เอ็ม ไอ เอ็ม คอสเมติก แมนูแฟคเจอร์ จำกัด จังหวัดปทุมธานี และบริษัท กิรติ จำกัด จังหวัดสมุทรสงคราม ในด้านการเตรียมวัตถุดิบ สารสำคัญ การคิดค้นและปรับปรุงสูตร และการทดสอบความคงทนของผลิตภัณฑ์

ตลอดจนการทดสอบจากอาสาสมัคร โดยการออกแบบสูตรและการผลิตผลิตภัณฑ์ต้นแบบเซรั่มสำหรับการทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยบริษัทเอ็ม ไอ เอ็ม คอสเมติก แมนูแฟคเจอร์ จำกัด ภายใต้มาตรฐาน GMP Asean Cosmetic, ISO9001:2015, ISO14001:2015

ตารางที่ 3.3 ส่วนผสมหลักของผลิตภัณฑ์เซรั่มจากสารสกัดเมล็ดลิ้นจี่

ที่	รายการ (INCI name)	ช่วงการใช้ (%)	สมบัติ
1	1,3-butylene glycol	1-20% (ห้ามใช้เกิน 50%)	สารเพิ่มความชุ่มชื้น และเป็นตัวทำละลายที่ใช้ทดแทน PG สำหรับผู้ที่แพ้ PG มีความอ่อนโยนสูงกว่า ก่อให้เกิดการระคายเคืองผิวที่น้อยกว่า PG
2	refined glycerine	1-20% (ห้ามใช้เกิน 50%)	ลักษณะเป็นเนื้อหนืดใส กักเก็บความชุ่มชื้นไว้ที่ผิว รักษาผิวไม่ให้แห้งตึง
3	propylene glycol	1-20% (ห้ามใช้เกิน 50%)	สารช่วยหล่อลื่น และลดความหนืด ทำให้เนื้อครีมหรือเนื้อเจลมีความลื่น
4	satiexane VPC 930	0.1-2% (ตามความหนืดที่ต้องการ)	สารเพิ่มความหนืด (thickener) ที่สามารถใช้ได้ในแทบทุกสภาพแวดล้อม
5	sodium hyaluronate	0.1-1%	สารให้ความชุ่มชื้นตามธรรมชาติ
6	aristoflex AVC	0.1-2.0% แล้วแต่ความข้นหนืด	สารสร้างเนื้อเจล สารประสานเนื้อครีม (emulsifier) หรือเป็นสารสร้างเนื้อเจลน้ำ
7	di water		ตัวทำละลาย
8	EDTA 2 Na	0.1-0.2% (แนะนำ 0.2%)	สารจับประจุในน้ำ ป้องกันไม่ให้ประจุในน้ำ
9	niacinamide USP PC (B3)	1-10% (แนะนำ 5%)	ช่วยลดริ้วรอย ลดรอยแดง/ดำ เพิ่มความชุ่มชื้น ด้วยการกระตุ้นให้ผิวสร้างคอลลาเจน และเซราไมด์ ทำให้ผิวแข็งแรง ต่อสู้กับการระคายเคือง ลดความมันบนใบหน้า
10	alpha-arbutin	0.2-2% (แนะนำ 2% สำหรับ whitening ห้ามใช้เกิน 2%)	ปรับให้ผิวกระจ่างใส และสีโทนเดียวกัน
11	ethyl ascorbic acid	1-10% แนะนำ 3%	ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไทโรซิเนส ป้องกันการสังเคราะห์เมลานิน เร่งการสังเคราะห์คอลลาเจน เพิ่มความมันวาวของผิว ให้ผิวดูฉ่ำสุขภาพดี เพิ่มความขาวกระจ่างใส ความเรียบเนียน
12	aloe vera extract	1-10%	ช่วยกระตุ้นการสร้างคอลลาเจน ช่วยให้รูขุมขนกระชับและลดรอยแผลเป็น สารต้านอนุมูลอิสระ ให้ความชุ่มชื้น

ตารางที่ 3.3 ส่วนผสมหลักของผลิตภัณฑ์เซรั่มจากสารสกัดเมล็ดลิ้นจี่ (ต่อ)

ที่	รายการ (INCI name)	ช่วงการใช้ (%)	สมบัติ
13	lychee's seed extract (สารสกัดเมล็ดลิ้นจี่)	1%	มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ช่วยป้องกันและลดเลือนริ้วรอยแห่งวัย และลดอัตราการเสื่อมสภาพของผิวหนัง ช่วยทำให้ผิวเต่งตึง ชุ่มชื้น มีคุณสมบัติช่วยยับยั้งเอนไซม์ collagenase
14	fish collagen tri-peptide granule		แก้ปัญหามีริ้วรอยแก่กร้าน เพิ่มความชุ่มชื้น ลดเลือนริ้วรอยและจุดต่างดํา ลดปัญหาสิวและรอยสิ่ว กระชับผิวให้เต่งตึง ควบคุมความมันส่วนเกิน
15	golden ginseng (สารสกัดโสมสีทอง)		ช่วยฟื้นฟูผิว ป้องกันการเกิดริ้วรอยแห่งวัย
16	moistshield HA	1-10%	เพิ่มความชุ่มชื้นได้อย่างล้ำลึกเพราะมีขนาดโมเลกุลที่เล็ก ผสานกับสารสกัดจากสาหร่ายทะเลสีแดง เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ กระตุ้นการสร้างคอลลาเจนให้กับผิว
17	phenoxyethanol	0.5-1.0% (ผลิตภัณฑ์รอบดวงตา ให้ใช้ไม่เกิน 0.5%)	สารกันเสียที่ปลอดภัยสูง ปราศจากสาร paraben และ formaldehyde ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็ง
18	eumulgin CO 40 (PEG-40)	0.5-10%	เป็น emulsifier ประสานน้ำ-น้ำมัน
19	love (delpy love 1259304)	1%	น้ำหอม
20	sweetie picnic 590923191	1%	น้ำหอม
21	galmol CCT (MCT oil)	1-20%	ช่วยเพิ่มความชุ่มชื้นให้แก่ผิว โดยเป็น occludent กลไกคือไปสร้างฟิล์มบนผิวหนัง ทำหน้าที่คล้ายกับเกราะป้องกันผิว ช่วยป้องกันไม่ให้น้ำระเหยออกจาก stratum corneum ส่งเสริมการกักเก็บน้ำไว้ด้านบนของผิว

หมายเหตุ: ข้อมูลสมบัติและช่วงร้อยละการใช้จาก myskinrecipes. (<https://www.myskinrecipes.com>)

ขั้นตอนการผลิตเซรั่ม

- 1) เติมสารแต่ละชนิดตามอัตราส่วน ลงในถังผสมหลัก กวนให้กระจายตัวเข้ากันที่ละตัว
- 2) กวนให้ขึ้นเป็นเนื้อเซรั่มใส ทำการปั่นหรือ homogenizer ให้ไม่มีเม็ดขาว

การทดสอบสมบัติกายภาพของเซรั่ม

- 1) appearance (ลักษณะทางกายภาพ) ด้วย visual (ดูด้วยตา)
- 2) color (สี) ด้วย visual (ดูด้วยตา)
- 3) odor (กลิ่น) ด้วย sniff test (ดมกลิ่น)

4) pH (ค่าความเป็นกรด-เบส) ด้วย pH meter

3) ขั้นตอนพื้นฐานในการเตรียมน้ำตบ (essence water)

จากรายงานของนาบิลาและเมนทารี (Nabilah & Mentari, 2023) ส่วนประกอบสูตรพื้นฐานของน้ำตบที่ผู้ผลิตในประเทศอินโดนีเซียใช้ประกอบด้วย vitamin B3 1-5%, provitamin B5 1-5%, PEG-40 hydrogen castor oil 0.1%, butylene glycol 5%, glycerin 5%, sodium polyacrylate 0.2%, methyl paraben 0.2%, ethanol 3,0%, parfum 1 หยด และ distilled water (เติมให้ครบ 100%) จากส่วนผสมดังกล่าวมีการใช้สารบางประเภทที่มีความเสี่ยงด้านสุขภาพ เช่น สารกลุ่มพาราเบน ซึ่งใช้เป็นสารกันเสียในผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น เครื่องสำอาง ยา อาหาร และผลิตภัณฑ์ในชีวิตประจำวัน เพื่อป้องกันการเจริญเติบโตของแบคทีเรียและเชื้อรา มีงานวิจัยที่ระบุว่าพาราเบนส่งผลกระทบต่อการทำงานของฮอร์โมนในร่างกาย เนื่องจากพาราเบนมีคุณสมบัติคล้ายฮอร์โมนเอสโตรเจน (estrogen) ซึ่งเป็นฮอร์โมนที่ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของระบบสืบพันธุ์ ผลกระทบต่อสุขภาพร่างกายที่เกิดจากพาราเบน ส่วนใหญ่คือ ความเสียหายที่เกิดขึ้นกับระบบต่อมไร้ท่อในร่างกาย หากระบบต่อมไร้ท่อถูกขัดขวางการทำงาน การเผาผลาญอาหารจะถูกรบกวน และอาจก่อให้เกิดอันตราย เช่น สร้างความไม่สมดุลของฮอร์โมน สามารถทำลายประสิทธิภาพการทำงานของอวัยวะส่วนต่าง ๆ ของร่างกายได้ โรคมะเร็งผิวหนัง โรคมะเร็งเต้านม โรคภูมิแพ้ และระบบการเผาผลาญอาหารผิดปกติ (Janiga-MacNelly et al., 2025; Matwiejczuk et al., 2020)

ในสหภาพยุโรป อนุญาตให้ใช้สารพาราเบนในเครื่องสำอางได้ โดยมีเงื่อนไขให้เลือกสาร 1 ชนิด ใส่เป็นสารกันเสียได้ในอัตราส่วนไม่เกินเกิน 0.4% หากใช้หลาย ๆ ชนิดรวมกัน ให้ใช้ในอัตราส่วนสูงสุดไม่เกิน 0.8% เป็นต้น สำหรับประเทศไทยต้องใช้พาราเบนในปริมาณที่กำหนดเท่านั้น คือ ไม่เกิน 0.25%

การพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์น้ำตบจากสารสกัดเมล็ดลิ้นจี่ เป็นการดำเนินงานร่วมกับบริษัท เอ็ม ไอ เอ็ม คอสเมติก แมนูแฟคเจอร์ จำกัด จังหวัดปทุมธานี และบริษัท กิรติ จำกัด จังหวัดสมุทรสงคราม ในด้านการเตรียมวัตถุดิบ สารสำคัญ การคิดค้นและปรับปรุงสูตร และการทดสอบความคงทนของผลิตภัณฑ์ ตลอดจนการทดสอบจากอาสาสมัคร โดยการออกแบบสูตรและการผลิตผลิตภัณฑ์ต้นแบบเซรั่มสำหรับการทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยบริษัทเอ็ม ไอ เอ็ม คอสเมติก แมนูแฟคเจอร์ จำกัด ภายใต้มาตรฐาน GMP Asean Cosmetic, ISO9001:2015, ISO14001:2015

ตารางที่ 3.4 ส่วนผสมหลักของผลิตภัณฑ์น้ำตบจากสารสกัดเมล็ดลิ้นจี่

ที่	รายการ (INCI name)	ช่วงการใช้ (%)	สมบัติ
1	น้ำ		ตัวทำละลาย
2	EDTA 2 Na	0.1-0.2% (แนะนำ 0.2%)	สารจับประจุในน้ำ ป้องกันไม่ให้ประจุในน้ำ
3	niacinamide USP PC (B3)	1-10% (แนะนำ 5%)	ช่วยลดริ้วรอย ลดรอยแดง/ดำ เพิ่มความชุ่มชื้น ด้วยการกระตุ้นให้ผิวสร้างคอลลาเจน และเซราไมด์ ทำให้ผิวแข็งแรง ต่อสู้กับการระคายเคือง ลดความมันบนใบหน้า
4	sodium hyaluronate (low MW)	0.1-1%	สารให้ความชุ่มชื้นตามธรรมชาติ

ตารางที่ 3.4 ส่วนผสมหลักของผลิตภัณฑ์น้ำตบจากสารสกัดเมล็ดลิ้นจี่ (ต่อ)

ที่	รายการ (INCI name)	ช่วงการใช้ (%)	สมบัติ
5	witch hazel	10-100%	จากการกลั่นปราศจากแอลกอฮอล์ หรือสิ่งเจือปนทุกชนิด สามารถใช้ได้โดยตรงกับผิวช่วยกระชับรูขุมขน โดยไม่ระคายเคืองผิว นิยมใช้ผสมใน toner เพื่อช่วยกระชับรูขุมขน
6	lactobacillus ferment	1-100%	ผลิตเซลล์ผิวอย่างอ่อนโยนและควบคุมผิว
7	centella extract (สารสกัดจากใบบัวบก)	0.1-2% (แนะนำ 1%)	สารสกัดจากใบบัวบก ช่วยบาดแผล การขีดข่วน รอยฟกช้ำ แผลไฟไหม้ มีฤทธิ์ลดการอักเสบ และที่สำคัญที่สุด สามารถกระตุ้นการสร้างคอลลาเจน Type I และ III ลดริ้วรอย ให้ผิวกระชับขึ้น และช่วยแผล หรือรอยดำแดง ที่เกิดจากสิวได้
8	lychee's seed extract (สารสกัดเมล็ดลิ้นจี่)	1%	มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ช่วยป้องกันและลบเลือนริ้วรอยแห่งวัย และลดอัตราการเสื่อมสภาพของผิวหนัง ช่วยทำให้ผิวเต่งตึง ชุ่มชื้น มีคุณสมบัติช่วยยับยั้งเอนไซม์ collagenase

หมายเหตุ. ข้อมูลสมบัติและช่วงร้อยละการใช้จาก myskinrecipes. (<https://www.myskinrecipes.com>)

ขั้นตอนการผลิตผลิตภัณฑ์น้ำตบ

- 1) เติมสารแต่ละชนิดตามอัตราส่วน ลงในถังผสมหลัก กวนให้กระจายตัวเข้ากันที่ละตัว
- 2) กวนให้ขึ้นเป็นเนื้อใส ทำการปั่นหรือ homogenizer ให้ไม่มีเม็ดขาว

การทดสอบสมบัติกายภาพของน้ำตบ

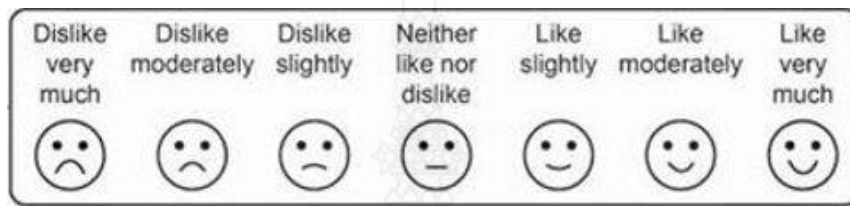
- 1) appearance (ลักษณะทางกายภาพ) ด้วย visual (ดูด้วยตา)
- 2) color (สี) ด้วย visual (ดูด้วยตา)
- 3) odor (กลิ่น) ด้วย sniff test (ดมกลิ่น)
- 4) pH (ค่าความเป็นกรด-เบส) ด้วย pH meter

3.3.13 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

การทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อประเมินระดับความชอบและความพอดีของผลิตภัณฑ์จากสารสกัดเมล็ดลิ้นจี่ เพื่อประเมินระดับความชอบ (acceptability) ของเซรั่มและน้ำตบจากสารสกัดเมล็ดลิ้นจี่ 2 สูตร โดยใช้มาตราส่วน 7 ระดับ และประเมินระดับความพอดี (just-about-right; JAR) ของคุณลักษณะเฉพาะของเซรั่ม โดยใช้มาตราประเมินที่คะแนน 3.0 แทนความพอดีที่สุด คะแนนต่ำกว่า 3.0 หมายถึงคุณลักษณะนั้นมีน้อยเกินไป และคะแนนสูงกว่า 3.0 หมายถึงมีมากเกินไป (Li et al., 2014) โดยมีอาสาสมัครจำนวน 35 คน คัดเลือกโดยใช้ การสุ่มแบบเฉพาะเจาะจง (purposive sampling) ให้ครอบคลุมกลุ่มเป้าหมายที่มีศักยภาพในการใช้ผลิตภัณฑ์ คุณสมบัติของอาสาสมัคร เช่น อายุ 20-50 ปี ไม่มีประวัติแพ้เครื่องสำอางหรือสารสกัดจากเมล็ดลิ้นจี่ และมีความสนใจหรือเคยใช้ผลิตภัณฑ์บำรุงผิว

การประเมินผลระดับความชอบ (การยอมรับ) ใช้ hedonic scale 7 ระดับ (1 = ไม่ชอบเลย 7 = ชอบมากที่สุด)

- 1 = ไม่ชอบมาก
- 2 = ไม่ชอบปานกลาง
- 3 = ไม่ชอบเล็กน้อย
- 4 = เฉย ๆ
- 5 = ชอบเล็กน้อย
- 6 = ชอบปานกลาง
- 7 = ชอบมาก



ภาพที่ 3.5 ภาพแสดง 7-point hedonic scale

การประเมินระดับความพอดี ใช้ JAR scale 5 ระดับ คือ

- 1 = อ่อนเกินไป หรือน้อยเกินไป
- 2 = อ่อน หรือน้อย
- 3 = พอดี
- 4 = เข้ม หรือมาก
- 5 = เข้มเกินไป หรือมากเกินไป

สำหรับคุณลักษณะเฉพาะ เช่น

- สี
- กลิ่น
- ลักษณะเนื้อสัมผัส
- การซึมผ่านผิวหนัง
- การแพร่กระจายบนผิวหนัง
- ความหนืด
- ความเหนอะหนะ
- ความชุ่มชื้น

บทที่ 4 ผลการวิจัย

4.1 การเตรียมสารสกัด

เมล็ดลิ้นจี่ที่ผ่านการล้างทำความสะอาดแยกเป็น 3 ส่วน คือ ทั้งเมล็ด (whole) เนื้อ คือ ส่วนที่ผ่ากะเทาะ ส่วนที่เป็นเปลือกแข็งสีน้ำตาล (endocarp) และส่วนเนื้อเมล็ดสีขาวน้ำตาล (seed kernel) หลังการอบให้แห้งด้วยเตาไฟฟ้า ทำการบดหยาบและบดละเอียด และร่อนแยกขนาดที่ต้องการสำหรับการสกัดด้วยตัวทำละลาย โดยในการทดลองเลือกใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย จากรายงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าเอทานอลเป็นตัวทำละลายชนิดหนึ่งที่มีประสิทธิภาพและนิยมใช้เป็นตัวทำละลายในการสกัดสารสำคัญในเมล็ดลิ้นจี่ (Wang et al., 2011; Zhu et al., 2019)

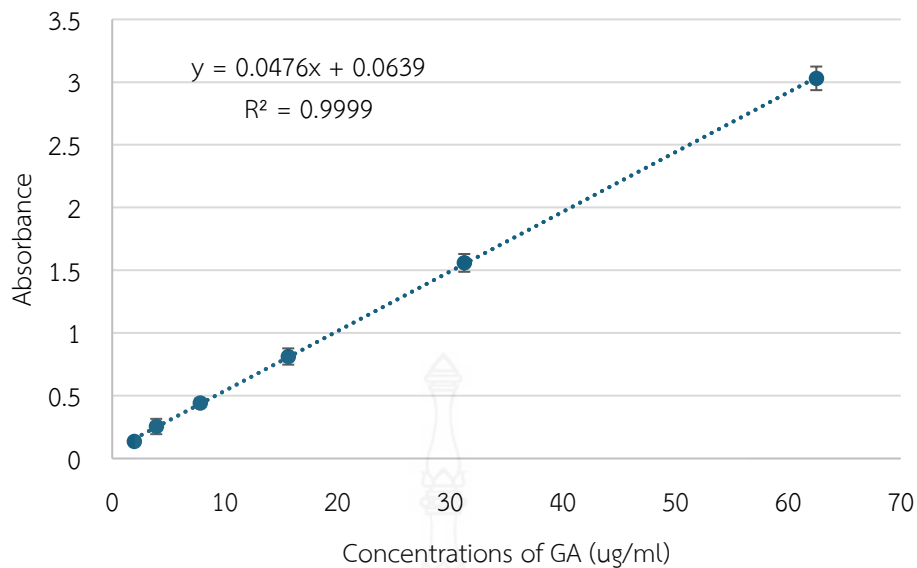
การเตรียมสารสกัดเมล็ดลิ้นจี่พันธุ์ค่อมด้วยวิธีสกัดด้วยเอทานอลโดยการแช่หมักและการสกัดด้วยเอทานอลร่วมกับการใช้คลื่นอัลตราโซนิก เมื่อกรองและระเหยตัวทำละลายออกโดยใช้เครื่องระเหยแบบสุญญากาศ พบว่าลักษณะกายภาพของส่วนเปลือกและทั้งเมล็ดมีลักษณะหนืด สีน้ำตาลเข้ม ส่วนเนื้อมีลักษณะหนืด สีน้ำตาลอ่อนกว่าเล็กน้อย และคำนวณหาค่าร้อยละของสารสกัด (%yield) ได้ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ลักษณะกายภาพและร้อยละของสารสกัดเมล็ดลิ้นจี่พันธุ์ค่อม

ส่วนของพืช	ลักษณะกายภาพ	ร้อยละของสารสกัด (%yield)	
		การแช่หมัก	สกัดด้วยคลื่นอัลตราโซนิก
เปลือก	สีน้ำตาลเข้ม	8.56	8.88
เนื้อเมล็ด	สีน้ำตาลอ่อน	13.5	13.02
ทั้งเมล็ด	สีน้ำตาลเข้ม	13.1	13.26

4.2 การหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม (total phenolic content; TPC) ด้วยวิธี Folin-Ciocalteu reagent (FCR) อ้างอิงจากวิธีมาตรฐานของ ISO14502-1 (Determination of substances characteristic of green and black tea part 1: content of total polyphenols in tea-colorimetric method using Folin-Ciocalteu reagent) ในสารสกัดเอทานอลโดยวิธีแช่หมัก กราฟมาตรฐานของการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม แสดงดังภาพที่ 4.1 และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม แสดงหน่วยมิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อสารสกัด 1 กรัม (mg gallic acid equivalents per g of extract หรือ mg GAE/g) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมของสารสกัดเมล็ดลิ้นจี่พันธุ์ค่อม แสดงดังตารางที่ 4.2



ภาพที่ 4.1 กราฟมาตรฐานของการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม

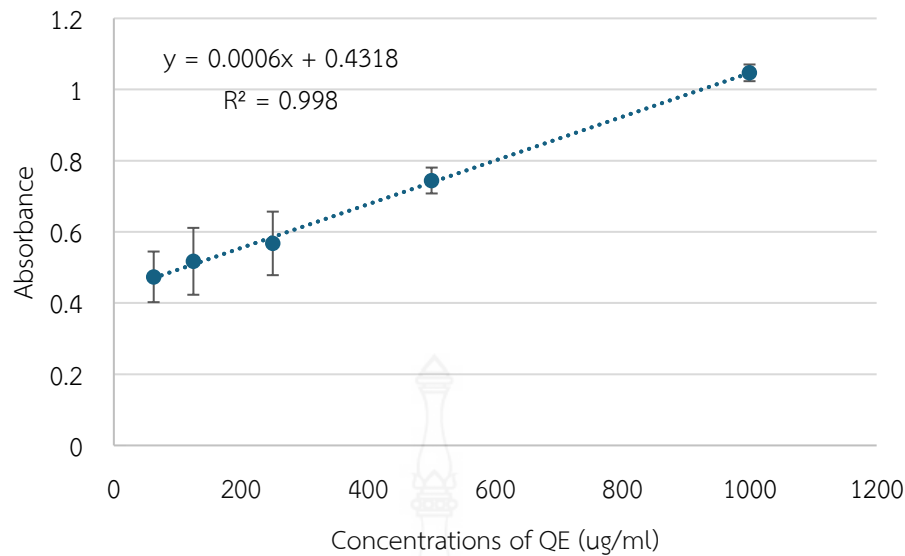
ตารางที่ 4.2 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมของสารสกัดเมล็ดลิ้นจี่พันธุ์ค่อม

ส่วนของพืช	TPC (mg GAE / g extract)	สมการกราฟมาตรฐาน
เปลือก	26.49 ± 6.46	$y = 0.0476x + 0.0639$ ($R^2=0.9999$)
เนื้อเมล็ด	25.08 ± 3.22	
ทั้งเมล็ด	26.12 ± 2.80	

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมของสารสกัดเมล็ดลิ้นจี่ขึ้นกับตัวทำละลายด้วย เช่น ตัวทำละลายเอทานอล-น้ำ (50:50 %v/v) พบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมในเมล็ดประมาณ 1.264 mg GAE/g (Sai-Ut et al., 2023) ในขณะที่เมื่อใช้เอทานอล 99% พบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมประมาณ 89.5 mg GAE/g (Daorueang, 2019) เมื่อสกัดด้วยน้ำ (1:5) ด้วยการรีฟลักซ์เป็นเวลา 3 ชั่วโมง พบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมประมาณ 319 mg GAE/g (Wathita Phachonpai, 2025) และใช้ตัวทำละลายเป็น *n*-butane พบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมประมาณ 1.26 mg GAE/g (Paliga et al., 2017)

4.3 การหาปริมาณฟลาโวนอยด์รวม

การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์รวม (total flavonoid content; TFC) ด้วยวิธี aluminium chloride method โดยใช้เคอซีทิน (quercetin) เป็นสารมาตรฐาน ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์รวมของสารสกัดเอทานอลโดยวิธีแซ่หมัก จากกราฟมาตรฐานเคอซีทินในหน่วยมิลลิกรัมสมมูลของเคอซีทิน (quercetin equivalents; QE) ต่อน้ำหนักสารสกัด 1 กรัม (mg QE/g Extract) ดังภาพที่ 4.2 ของสารสกัดเมล็ดลิ้นจี่พันธุ์ค่อม แสดงดังตารางที่ 4.3



ภาพที่ 4.2 กราฟมาตรฐานของการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์รวม

ตารางที่ 4.3 ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์รวมของสารสกัดเมล็ดลิ้นจี่พันธุ์ค่อม

ส่วนของพืช	TFC (mg GAE / g extract)	สมการกราฟมาตรฐาน
เปลือก	367.23 ± 17.43	$y = 0.0006x + 0.4318$ ($R^2=0.9980$)
เนื้อเมล็ด	389.43 ± 20.12	
ทั้งเมล็ด	401.44 ± 22.63	

4.4 การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

4.4.1 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH

การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH สำหรับสารสกัดเมล็ดลิ้นจี่พันธุ์ค่อมดำเนินการตามวิธีของเปี่ยมสุข สุวรรณภู และคณะ (Suvarnakuta et al., 2011) โดยวิธี UV-vis ตารางที่ 4.4 แสดงผลการทดสอบเป็นค่า IC_{50} ที่แสดงถึงความเข้มข้นของสารสกัดที่ทำให้ความเข้มข้นของอนุมูลอิสระ DPPH ลดลงร้อยละ 50 จากการทดสอบพบว่าสารสกัดเมล็ดลิ้นจี่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยมีค่า IC_{50} ในช่วง 200.4 ถึง 224.4 mg/mL

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH

ส่วนของพืช	IC_{50} (mg/mL)	สมการกราฟมาตรฐาน
เปลือก	212.2 ± 6.41	$R^2 = 0.9747$
เนื้อเมล็ด	200.4 ± 4.15	
ทั้งเมล็ด	224.4 ± 2.23	

โดยวิธี DPPH เป็นการทดสอบทางเคมีด้วยสารที่มีสมบัติเป็นอนุมูลอิสระซึ่งในการทดลองจะใช้อนุมูลอิสระ DPPH ซึ่งเป็นสารอนุมูลอิสระสังเคราะห์ที่คงตัวและมีสีม่วงสามารถดูดกลืนแสงได้ที่

ความยาวคลื่น 540 nm เมื่อ DPPH ทำปฏิกิริยากับสารต้านอนุมูลอิสระจะทำให้สีม่วงค่อย ๆ จางลง จึงสามารถนำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้จากการทดลองมาคำนวณหาค่าความเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของสารตัวอย่างได้ เมื่อเปรียบเทียบกับรายงานของวาทีตา ผจญภัย (Wathita Phachonpai, 2025) พบว่าค่า IC_{50} เท่ากับ 4.03 ± 1.03 mg/mL และ 0.65 mg/mL (Daorueang, 2019) และเมื่อใช้วิธีการสกัดด้วยน้ำ พบว่า ค่า IC_{50} เท่ากับ 28.087 mg/mL (Yan et al., 2024) ซึ่งจากผลการทดสอบเปรียบเทียบกับรายงานวิจัยพบว่าสารสกัดเมล็ดลิ้นจี่พันธุ์ค่อมมีประสิทธิภาพไม่สูงในการต้านอนุมูลอิสระด้วยการทดสอบด้วยวิธี DPPH

3.4.2 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS

การทดสอบวิธีการฟอกสีอนุมูลอิสระ ABTS radical scavenging assay (Re et al., 1999) ผลการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS ของสารสกัดเมล็ดลิ้นจี่พันธุ์ค่อม แสดงดังตารางที่ 4.5 ค่า IC_{50} แสดงถึงความเข้มข้นของสารสกัดที่ทำให้ความเข้มข้นของอนุมูลอิสระ $ABTS^+$ ลดลงร้อยละ 50 จากการทดสอบพบว่า สารสกัดเมล็ดลิ้นจี่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยมีค่า IC_{50} ในช่วง 88.63 ถึง 92.34 mg/mL โดยวิธี ABTS เป็นวิธีการวัดความสามารถในการฟอกสีอนุมูลอิสระ $ABTS^+$ ซึ่งเป็นสารสังเคราะห์ที่มีสีเขียวปนน้ำเงิน มีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดที่ความยาวคลื่น 734 nm เมื่อ $ABTS^+$ ทำปฏิกิริยากับสารตัวอย่างจะทำให้สีจางลงจึงสามารถหาความเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของสารตัวอย่างได้จากการคำนวณค่าการดูดกลืนแสงของการยับยั้งอนุมูลอิสระ $ABTS^+$.

ตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS

ส่วนของพืช	IC_{50} (mg/mL)	สมการกราฟมาตรฐาน
เปลือก	92.77 ± 1.33	$R^2 = 0.9904$
เนื้อเมล็ด	88.63 ± 1.24	
ทั้งเมล็ด	92.34 ± 1.93	

การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ ABTS ของตัวอย่างสารสกัดเมล็ดลิ้นจี่พันธุ์ค่อมทั้งเมล็ด แสดงดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ ABTS

ความเข้มข้นสารสกัด (mg/mL)	% free radical scavenging	
	DPPH	ABTS
31.25	11.93 ± 0.64	22.81 ± 0.75
62.50	22.18 ± 2.06	38.27 ± 1.43
125.0	31.59 ± 2.24	54.41 ± 0.34
250.0	46.95 ± 3.28	78.65 ± 0.79
500.0	71.89 ± 2.48	95.87 ± 0.40
1000	94.88 ± 0.76	97.97 ± 0.56

จากรายงานของสามารถ สายอุต (Sai-Ut et al., 2023) ศึกษาสภาวะการสกัดด้วยเอทานอลที่ความเข้มข้น 50% และ 100% ให้ผลการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระแตกต่างกันไม่มีนัยสำคัญ ทั้งวิธี DPPH, ABTS และ FRAP โดยพบว่าตัวทำละลายเอทานอล 50%w/v มีผลการกำจัดอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 48.9 และพบว่าลำดับตัวทำละลายในการสกัดเมล็ดลิ้นจี่ในการศึกษาการกำจัดอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH คือ 50% เอทานอล > เอทานอล > 50% เมทานอล > เมทานอล > BHT > น้ำกลั่น โดยพบว่าสารสกัดลิ้นจี่มีฤทธิ์ยับยั้งอนุมูลอิสระเทียบต่อบกรดแกลกโดยวิธี DPPH, ABTS และ FRAP เท่ากับ 134, 581 และ 132 mg GAE/100 g

4.5 การทดสอบฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส

วิธีมาตรฐานในการทดสอบฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสโดยทั่วไปจะใช้วิธีการทดสอบในหลอดทดลอง (in vitro) โดยใช้สารตั้งต้น *L*-DOPA (*L*-3,4-dihydroxyphenylalanine) และวัดการเปลี่ยนแปลงสีที่เกิดจากการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันเป็น Dopachrome ซึ่งมีสีส้มแดง (Masamoto et al., 2003; Saive et al., 2020) เอนไซม์ไทโรซิเนสเป็นเอนไซม์สำคัญในกระบวนการสร้างเมลานิน โดยเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของไทโรซีนไปเป็น *L*-DOPA และ DOPA quinone ซึ่งเป็นสารตั้งต้นของเมลานิน ดังนั้นการยับยั้งไทโรซิเนสจึงเป็นกลไกสำคัญของสารออกฤทธิ์ที่ใช้ในผลิตภัณฑ์ไวท์เทนนิ่งและเครื่องสำอางเพื่อควบคุมการสร้างเม็ดสี ผลการทดสอบฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสตัวอย่างสารสกัดเมล็ดลิ้นจี่พันธุ์คอมพิวเตอร์ตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ผลการทดสอบฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสตัวอย่างสารสกัดเมล็ดลิ้นจี่พันธุ์คอมพิวเตอร์

ส่วนของพืช	ความเข้มข้น (mg/mL)	% inhibition	หมายเหตุ
ทั้งเมล็ด	500	15.88 ± 1.92	ที่ความเข้มข้นสูงสุดที่สารตัวอย่างสามารถละลายได้ในตัวทำละลายมีค่า %inhibition น้อยกว่า 50% จึงไม่สามารถหาค่า IC ₅₀ ได้
	250	6.28 ± 0.72	
	125	2.73 ± 1.04	
เปลือก	500	7.43 ± 2.08	ที่ความเข้มข้นสูงสุดที่สารตัวอย่างสามารถละลายได้ในตัวทำละลายมีค่า %inhibition น้อยกว่า 50% จึงไม่สามารถหาค่า IC ₅₀ ได้
	250	2.21 ± 0.57	
	125	0.77 ± 0.14	
เนื้อ	500	12.81 ± 1.76	ที่ความเข้มข้นสูงสุดที่สารตัวอย่างสามารถละลายได้ในตัวทำละลายมีค่า %inhibition น้อยกว่า 50% จึงไม่สามารถหาค่า IC ₅₀ ได้
	250	4.85 ± 1.05	
	125	1.98 ± 0.47	

ฮากิوارา และคณะ (Hagiwara et al., 2016) รายงาน IC₅₀ ของสารสกัดลิ้นจี่เท่ากับ 83.5 µmol/L ในเปลือกลิ้นจี่พบค่า IC₅₀ เท่ากับ 197.860 ± 1.230 µg/mL (Kanlayavattanakul et al., 2012)

4.6 การทดสอบฤทธิ์ด้านการอักเสบ

ผลการทดสอบฤทธิ์ด้านการอักเสบโดยวิธีการยับยั้งไนตริกออกไซด์ (NO inhibition assay) แสดงดังตารางที่ 4.8 การศึกษาฤทธิ์ด้านการอักเสบของสารสกัดหรือสารบริสุทธิ์สามารถประเมินได้จากความสามารถในการยับยั้งการสร้าง NO ในเซลล์แมคโครฟาจเมื่อถูกกระตุ้นด้วยสารก่อการอักเสบ เช่น lipopolysaccharide (LPS) หรือ interferon- γ (IFN- γ) จะกระตุ้นเอนไซม์ inducible nitric oxide synthase (iNOS) ให้ผลิต NO ออกมาในปริมาณมาก การทดลองการทดสอบฤทธิ์ด้านการอักเสบโดยวิธีการยับยั้งไนตริกออกไซด์ (NO Inhibition Assay) ของสารสกัดจากเมล็ดลิ้นจี่พันธุ์คอมพิวเตอร์ ดำเนินการตามวิธีของซามานี และคณะ (Zamani Taghizadeh Rabe et al., 2015)

ตารางที่ 4.8 ผลการทดสอบฤทธิ์ด้านการอักเสบโดยวิธีการยับยั้งไนตริกออกไซด์

ส่วนของพืช	ความเข้มข้น (mg/mL)	% NO inhibition	%Cell Viability
ทั้งเมล็ด	12.5	15.31 $\pm$ 3.11	88.92 $\pm$ 4.85
	25	22.9 $\pm$ 3.62	87.20 $\pm$ 0.57
	50	30.09 $\pm$ 0.23	85.79 $\pm$ 1.16
	100	44.47 $\pm$ 1.28	84.41 $\pm$ 3.02
เปลือก	12.5	14.84 $\pm$ 3.40	-
	25	18.98 $\pm$ 2.72	-
	50	33.82 $\pm$ 5.57	-
	100	41.12 $\pm$ 4.67	-
เนื้อเมล็ด	12.5	13.81 $\pm$ 3.10	-
	25	16.44 $\pm$ 2.10	-
	50	26.15 $\pm$ 2.41	-
	100	40.84 $\pm$ 3.40	-

วิธีการยับยั้งการเกิดไนตริกออกไซด์เป็นการวัดปริมาณ NO ซึ่งเป็นสารสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการอักเสบสร้างจากเซลล์แมคโครฟาจ โดยรายงานเป็นค่า % inhibition ซึ่งบ่งบอกถึงความสามารถในการยับยั้งการสร้าง NO ของสารสกัด (Chukwuma et al., 2021; Saisavoey et al., 2018) เมื่อทดสอบฤทธิ์ด้านการอักเสบด้วยวิธีการยับยั้งการหลั่งไนตริกออกไซด์ พบว่าสารสกัดเอทานอลของเมล็ดลิ้นจี่ทดสอบฤทธิ์ด้านการอักเสบ โดยพบว่าค่า IC₅₀ เฉลี่ยของส่วนของพืชทั้งเมล็ดเท่ากับ 81.55 $\pm$ 1.81 mg/mL โดยความเข้มข้นที่ใช้ทั้งหมดในการทดสอบมี %cell viability มากกว่า 80% (ไม่มีความเป็นพิษต่อเซลล์ที่ใช้ทดสอบ) ในขณะที่ส่วนเนื้อเมล็ดและเปลือกไม่สามารถหาค่า IC₅₀ ได้ ดังและคณะ (Dong et al., 2019) รายงานสารสำคัญในเมล็ดลิ้นจี่ในกลุ่ม methyl jasmonate, lignanoside และกลุ่มฟลาโวนอยด์รวม 20 ชนิด พบว่าสารสำคัญกลุ่ม methyl jasmonates อาจมีส่วนใดส่วนหนึ่งที่ตอบสนองต่อฤทธิ์การต้านอักเสบ

4.6.2 การทดสอบฤทธิ์การต้านการอักเสบในหลอดทดลอง

โดยทำการเตรียมสารละลายตัวอย่างสำหรับทดสอบเป็นสารผสม 5 mL ประกอบด้วยอัลบูมินของไข่ขาว 0.2 mL น้ำเกลือบัฟเฟอร์ฟอสเฟต (PBS, pH 6.3) 4.6 mL และตัวอย่างทดสอบ (สารสกัดสมุนไพรที่มีความเข้มข้น 1000 ppm 0.2 mL สารละลายควบคุมเตรียมเช่นเดียวกันแต่เติมยาไดโคลฟีแนคโซเดียม (diclofenac sodium) ความเข้มข้นเดียวกับสารตัวอย่างอีก 0.2 mL แทนสารตัวอย่าง นำหลอดตัวอย่างทั้งหมดที่เตรียมได้ไปบ่มที่ $37\pm 2^{\circ}\text{C}$ ในอ่างควบคุมอุณหภูมิ เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นนำมาอุ่นที่อุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 1 นาที ทิ้งให้เย็นตัวนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 660 nm และคำนวณหาร้อยละการต้านการอักเสบ (% inhibition) (Sangeetha & Vidhya, 2016)

อัลบูมิน (albumin) ไม่ได้มีฤทธิ์ต้านการอักเสบโดยตรง แต่มีบทบาทในการลดการอักเสบทางอ้อมผ่านกลไกต่าง ๆ เช่น การลดการซึมผ่านของหลอดเลือดและการยึดเกาะของเม็ดเลือดขาว จากผลการทดสอบฤทธิ์การต้านการอักเสบในหลอดทดลองของสารสกัดเมล็ดลิ้นจี่พันธุ์ค่อมในเอทานอล พบว่าสารสกัดเมล็ดลิ้นจี่พันธุ์ค่อมไม่มีฤทธิ์ต้านการอักเสบในหลอดทดลอง ในขณะที่ diclofenac diethylammonium (ยาต้านการอักเสบ) มีฤทธิ์ในการต้านการอักเสบ โดยสามารถยับยั้งการสลายตัวของอัลบูมินได้ 50% (IC_{50}) ที่ความเข้มข้น $0.52\pm 0.04\text{ mg/mL}$

ตารางที่ 4.9 ฤทธิ์การยับยั้งการสลายตัวของอัลบูมินของตัวอย่างในหลอดทดลองของสารสกัดเมล็ดลิ้นจี่พันธุ์ค่อม

ตัวอย่างที่ทดสอบ	(IC_{50} ; mg/mL)	%inhibition
ทั้งเมล็ด	0.60 ± 0.03	29.7
เนื้อ	0.69 ± 0.06	28.9
เปลือก	0.66 ± 0.06	28.5
diclofenac diethylammonium	0.52 ± 0.04	45.8

หมายเหตุ. ค่าที่แสดงเป็นผลการทดสอบซ้ำ 3 ครั้ง (ค่าเฉลี่ย $\pm$ SD), NA=ไม่มีฤทธิ์

4.7 การทดสอบความเป็นพิษต่อเซลล์ผิวหนัง

การทดสอบความเป็นพิษและฤทธิ์ต้านการอักเสบของสารสกัดเมล็ดลิ้นจี่ในเอทานอล ทำการทดสอบความเป็นพิษตัวอย่างทดสอบต่อเซลล์ผิวหนังมนุษย์ชนิดเคราติโนไซต์ (HaCaT) ที่ระดับความเข้มข้นตั้งแต่ร้อยละ 0.50 ถึง 10 ทดสอบนาน 24 ชั่วโมง สรุปได้ดังนี้

1) ค่าการมีชีวิตรอดของเซลล์

ผลการทดสอบความเป็นพิษของสารตัวอย่างต่อเซลล์ผิวหนังมนุษย์ชนิดเคราติโนไซต์ (HaCaT) ได้ทำการทดสอบที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.70, 1.50, 3.10, 6.20, 12.5, 15.0, 50.0 และ 100 เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง โดยเซลล์กลุ่มควบคุมซึ่งไม่ได้รับสารใด ๆ ถูกกำหนดให้มีอัตราการรอดชีวิต 100% ขณะที่เซลล์กลุ่มควบคุมบวก (positive control) ที่ได้รับสารโซเดียมโดเดซิลซัลเฟต (SDS) ซึ่งเป็นสารที่ก่อให้เกิดการระคายเคืองและทำลายเยื่อหุ้มเซลล์อย่างชัดเจน พบว่าเซลล์มีอัตราการรอดชีวิตลดลงเหลือเพียง 42.81% เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม แสดงถึงความเป็นพิษที่รุนแรงของ SDS ซึ่งสอดคล้องกับรายงานการใช้ SDS เป็นสารมาตรฐานในการทดสอบความเป็นพิษต่อเซลล์ผิวหนัง

สำหรับเซลล์ที่ได้รับการบ่มเลี้ยงกับสารตัวอย่าง พบว่าในช่วงความเข้มข้นร้อยละ 0.70 ถึง 12.5 เซลล์ยังคงมีอัตราการรอดชีวิตใกล้เคียงกับกลุ่มควบคุม และไม่ก่อให้เกิดความเป็นพิษอย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตาม เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารตัวอย่างเป็นร้อยละ 25 พบว่าเริ่มแสดงความเป็นพิษ โดยอัตราการรอดชีวิตของเซลล์ลดลงเหลือเพียง 61.16% และเมื่อเพิ่มความเข้มข้นสูงสุดเป็นร้อยละ 100 อัตราการรอดชีวิตของเซลล์ลดลงเหลือ 39.12% ซึ่งต่ำกว่าร้อยละ 50 อย่างชัดเจน จึงสามารถคำนวณหาค่าความเข้มข้นของสารที่ยับยั้งการมีชีวิตของเซลล์ครึ่งหนึ่ง (half maximal inhibitory concentration; IC_{50}) ได้เท่ากับร้อยละ 45.06 โดยค่าดังกล่าวถือเป็นตัวบ่งชี้ความเข้มข้นที่ทำให้จำนวนเซลล์ลดลงเหลือเพียงครึ่งหนึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ซึ่งเป็นค่ามาตรฐานที่ใช้ในการประเมินระดับความเป็นพิษของสารชีวภาพหรือสารสังเคราะห์ต่าง ๆ

โดยทั่วไป หากสารมีค่า IC_{50} ที่สูง (มากกว่า 100 $\mu\text{g/mL}$ หรือมากกว่าร้อยละ 50 ในรูปแบบการเจือจาง) มักจัดว่าเป็นสารที่มีความเป็นพิษต่ำและสามารถนำมาพิจารณาใช้ในผลิตภัณฑ์ได้อย่างปลอดภัย ในขณะที่สารที่มีค่า IC_{50} ต่ำ (เช่น น้อยกว่า 20 $\mu\text{g/mL}$) มักบ่งชี้ถึงความเป็นพิษสูงและไม่เหมาะสมในการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์ที่สัมผัสกับผิวหนังโดยตรง ดังนั้น ผลการทดสอบในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าสารตัวอย่างมีความปลอดภัยในช่วงความเข้มข้นต่ำถึงปานกลาง แต่เมื่อใช้ในระดับสูงเกินร้อยละ 25 จะเริ่มมีความเสี่ยงต่อการเกิดความเป็นพิษต่อเซลล์ผิวหนัง

ตารางที่ 4.10 ค่าความสัมพันธ์ของการรอดชีวิตของเซลล์

ตัวอย่าง	ความเข้มข้น (ร้อยละ)	อัตราการรอดชีวิตของเซลล์ (%cell viability)
กลุ่มควบคุม	-	100.00±0.000
กลุ่มควบคุมบวก : SDS	0.1	42.81±0.018
กลุ่มทดสอบ : สารสกัดเมล็ดลิ้นจี่	0.70	97.42±0.006
	1.50	91.82±0.012
	3.10	83.94±0.015
	6.20	82.54±0.011
	12.5	74.30±0.003
	25.0	61.16±0.008
	50.0	45.85±0.008
	100	39.12±0.008
IC_{50}		45.06±0.017

หมายเหตุ. ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดสอบ 3 ซ้ำ

2) ผลการวิเคราะห์ปริมาณเอนไซม์ TNF-alpha และอัตราการยับยั้งเอนไซม์ TNF-alpha (%inhibition)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณและอัตราการยับยั้งการหลั่งของไซโตไคน์ TNF-alpha (%inhibition) ของตัวอย่างทดสอบต่อเซลล์ HaCaT แสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการลดการอักเสบของตัวอย่างในระดับเซลล์ โดยทำการทดลองภายหลังการให้ตัวอย่างทดสอบกับเซลล์เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง ตามด้วย

การกระตุ้นให้เกิดภาวะการอักเสบโดยใช้สาร Lipopolysaccharide (LPS) ซึ่งเป็นตัวกระตุ้นที่รู้จักกันดีในการกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันและการหลั่งไซโตไคน์ที่เกี่ยวข้องกับการอักเสบ เช่น TNF-alpha

ผลการทดสอบที่แสดงในตารางที่ 4.11 บ่งชี้ว่า ตัวอย่างทดสอบที่มีความเข้มข้นร้อยละ 6.25 สามารถยับยั้งการหลั่งของไซโตไคน์ TNF-alpha ได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยมีปริมาณของ TNF-alpha เท่ากับ 160.21 pg/mL ซึ่งต่ำกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับตัวอย่างทดสอบอย่างชัดเจน และให้อัตราการยับยั้งการหลั่ง TNF-alpha สูงที่สุดในระดับความเข้มข้นที่ทดสอบทั้งหมด คิดเป็นร้อยละ 46.63

ผลลัพธ์ดังกล่าวบ่งชี้ว่า ตัวอย่างทดสอบมีศักยภาพในการลดการอักเสบผ่านกลไกการยับยั้งการหลั่ง TNF-alpha ซึ่งเป็นไซโตไคน์สำคัญที่มีบทบาทหลักในการส่งสัญญาณการอักเสบในร่างกาย โดยเฉพาะในบริบทของผิวหนังที่เซลล์ HaCaT ถือเป็นแบบจำลองของเซลล์ผิวหนังมนุษย์ที่นิยมใช้ในการศึกษาภาวะอักเสบและประสิทธิภาพของสารออกฤทธิ์ที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพผิว

ตารางที่ 4.11 อัตราการยับยั้งการหลั่งเอนไซม์ TNF-alpha ในเซลล์ผิวหนังมนุษย์ชนิด HaCaT

ตัวอย่าง	ความเข้มข้น (ร้อยละ)	ปริมาณเอนไซม์ TNF-alpha (pg/mL)	อัตราการยับยั้งเอนไซม์ TNF-alpha (%inhibition)
กลุ่มควบคุม	-	190.28±0.005	-
LPS (µg/mL)	10.00	300.02±0.023	-
D, L-1-acetoxychavicol acetate (ยาต้านอักเสบ)	1.000	115.66±0.005	60.30±0.012
กลุ่มทดสอบ :	1.56	250.21±0.005	16.62±0.0220
สารสกัดเมล็ดลิ้นจี่ (%)	3.12	198.22±0.021	45.51±0.023
	6.25	160.21±0.012	46.63±0.016

การทดสอบความเป็นพิษของตัวอย่างทดสอบ คือสารสกัดเมล็ดลิ้นจี่ในเอทานอลต่อเซลล์ผิวหนังมนุษย์ชนิดเคราสโนไซต์ ระดับความเข้มข้นตั้งแต่ร้อยละ 0.70 ถึง 12.5 ทดสอบนาน 24 ชั่วโมง ไม่ก่อให้เกิดความเป็นพิษ และตรวจไม่พบการเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยาของเซลล์ แต่ที่ระดับความเข้มข้นที่ร้อยละ 25 และ 50 เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะสัณฐานวิทยาของเซลล์ที่ระดับ 2 และ 3 มีความเป็นพิษปานกลางและมีความเป็นพิษสูงตามลำดับ และที่ความเข้มข้นสูงสุดร้อยละ 100 เกิดการเปลี่ยนแปลงสัณฐานวิทยาของเซลล์ในระดับ 4 ซึ่งจัดว่าเป็นพิษรุนแรง และมีอัตราการรอดชีวิตของเซลล์ต่ำกว่าร้อยละ 50 (IC₅₀) และค่าความเข้มข้นของตัวอย่างทดสอบที่ก่อให้เกิดการตายของเซลล์ร้อยละ 50 เท่ากับร้อยละ 39.12 ผลการวิเคราะห์ปริมาณและอัตราการยับยั้งการหลั่งเอนไซม์ TNF-alpha พบว่า ตัวอย่างทดสอบที่ความเข้มข้นร้อยละ 6.25 มีปริมาณเอนไซม์ TNF-alpha เท่ากับ 160.21 pg/mL โดยมีอัตราการยับยั้งการหลั่งเอนไซม์ TNF-alpha สูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 46.63

4.8 การทดสอบฤทธิ์การยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย

เชื้อแบคทีเรีย *S. aureus*, *S. epidermidis* และ *P. acnes* และเชื้อรา *C. albicans* ที่ได้รับความอนุเคราะห์จากคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร เชื้อแบคทีเรีย *S. aureus* และ

S. epidermidis เพาะเลี้ยงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ TSB ที่อุณหภูมิ 35-37°C เป็นเวลา 18-24 ชั่วโมง และ *P. acnes* บ่มที่อุณหภูมิ 35-37°C ในสภาวะไร้ออกซิเจน เป็นเวลา 48-72 ชั่วโมง จากนั้นนำมาเจือจางด้วยน้ำเกลือความเข้มข้น 0.85% ให้มีความขุ่นเท่ากับ McFarland standard No. 0.5 (ประมาณ 1×10^8 CFU/mL)

ส่วนเชื้อ *C. albicans* ทำการเตรียมเช่นเดียวกับ *S. aureus* แต่ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ SDB จากนั้นนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35-37°C เป็นเวลา 18-24 ชั่วโมง เจือจางด้วยน้ำเกลือความเข้มข้น 0.85% ให้มีความขุ่นเท่ากับ McFarland standard No. 0.5

เมื่อทำการทดสอบสารสกัดลิ้นจี่พันธุ์ค่อมทั้งส่วนเนื้อเมล็ด และทั้งเมล็ด โดยหยดสารสกัดความเข้มข้น 10%w/v โดยมี DMSO เป็นตัวทำละลาย ปริมาตร 200 μ L ลงใน cylinder cup วางบนจานเพาะเชื้อตามตำแหน่ง ดังภาพที่ 4.3

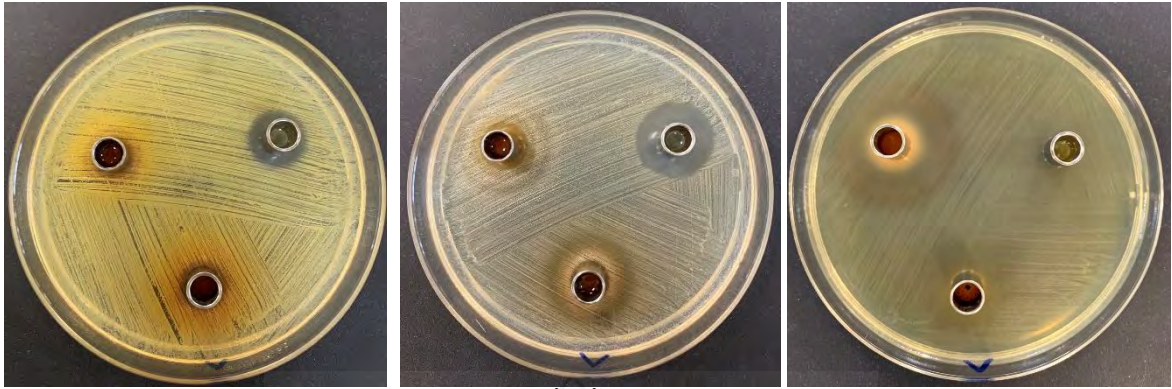


ภาพที่ 4.3 ตำแหน่งการทดสอบด้วยวิธีการแพร่กระจายผ่านวุ้นแบบจานทรงกระบอก

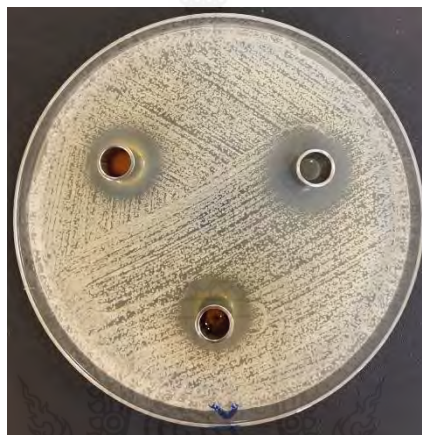
จากนั้นนำไปบ่มตามขั้นตอนที่กำหนด แล้วทำการวัดโซนใส ดังตารางที่ 4.12 แสดงผลการทดสอบการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *S. aureus*, *S. epidermidis* และ *P. acnes* และเชื้อรา *C. albicans* ภาพโซนใสของการทดสอบแสดงดังภาพที่ 4.4 และ 4.5

ตารางที่ 4.12 ผลการทดสอบการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราของสารสกัดเมล็ดลิ้นจี่พันธุ์ค่อม

ส่วนของพืช	ค่าเฉลี่ยโซนใส (mm), n=3			
	<i>S. aureus</i>	<i>S. epidermidis</i>	<i>P. acnes</i>	<i>C. albicans</i>
เนื้อเมล็ด (10%)	9.6	10.3	13.0	15.7
ทั้งเมล็ด (10%)	11.2	10.3	18.7	16.7
DMSO	12.0	0	10.7	16.7



ภาพที่ 4.4 ตัวอย่างโชนไลของการทดสอบการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย (ก) *S. aureus* (ข) *S. epidermidis* และ (ค) *P. acnes*

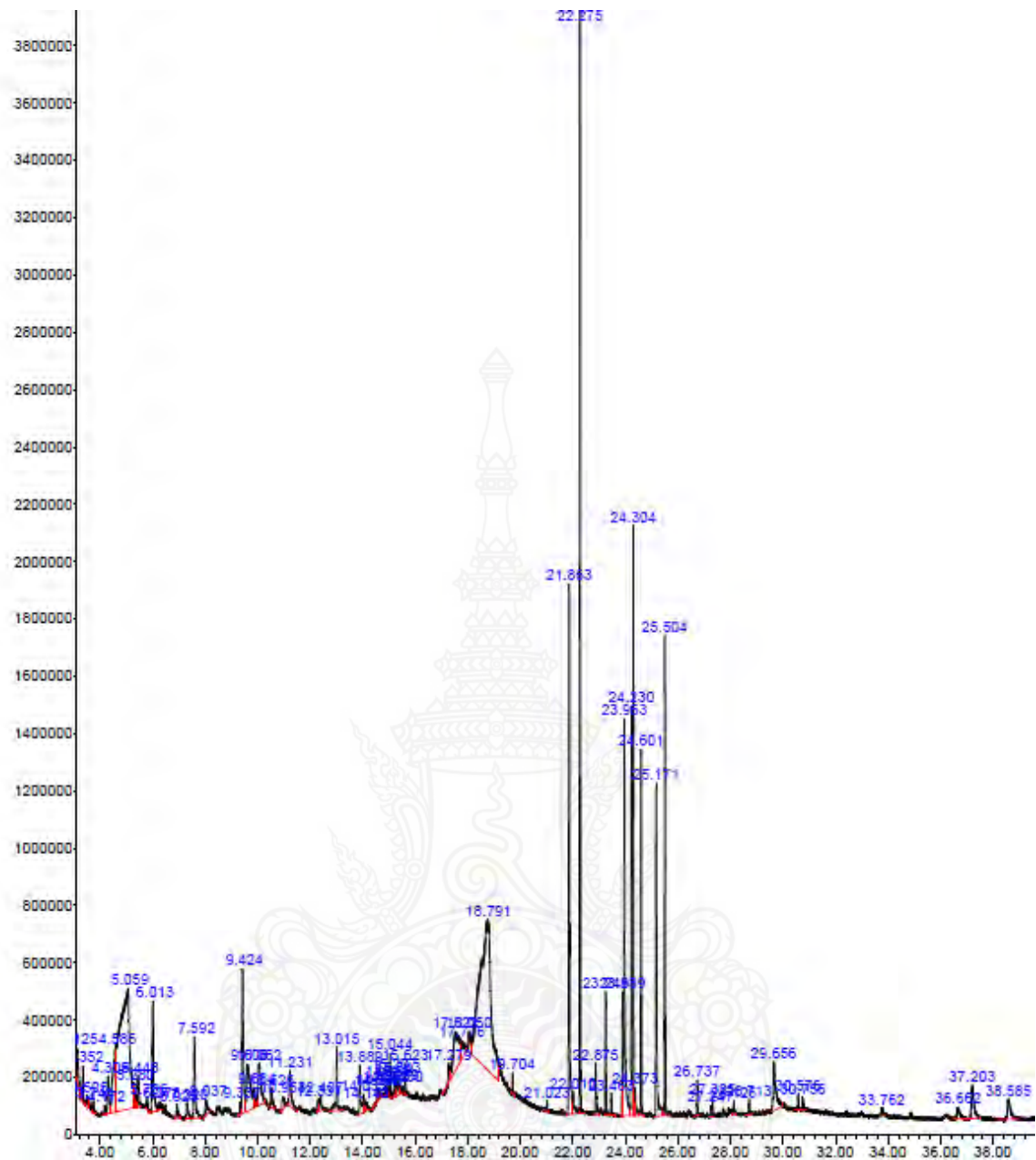


ภาพที่ 4.5 ตัวอย่างโชนไลของการทดสอบการยับยั้งเชื้อรา *C. albicans*

จากผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าสารสกัดเมล็ดลิ้นจี่มีความสามารถในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *P. acnes* เป็นหนึ่งในแบคทีเรียสาเหตุหลักของการเกิดสิวอักเสบ แบคทีเรีย *P. acnes* เป็นแบคทีเรียแกรมบวกในผิวหนังมนุษย์ที่ชอบการเจริญเติบโตแบบไม่ใช้ออกซิเจน และมีส่วนเกี่ยวข้องกับการเกิดโรคผิวหนังเนื่องจากก้อนของเซลล์ผิวผสมกับน้ำมันเป็นแหล่งอาหารอย่างดี ดึงดูดให้แบคทีเรีย *P. acnes* จำนวนมากเข้ามาที่คอมิโดน จากนั้นจะย่อยสลายน้ำมันกลายเป็นกรดไขมันอิสระ และมีการหลั่งสารอักเสบออกมาทำให้เกิดการอักเสบของผิวหนังตามมา จากรายงานของสิงห์และคณะ (Singh et al., 2013) รายงานสารสกัดเมล็ดลิ้นจี่จากตัวทำละลายเอทานอล แอซิโตนและน้ำ พบว่ามีประสิทธิภาพในการยับยั้งแบคทีเรีย *P. acnes* และ *S. aureus* ที่ใกล้เคียงกัน (Zhang et al., 2021; Zhu et al., 2019)

4.9 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีด้วยเทคนิค GC-MS

การวิเคราะห์สารสำคัญในสารสกัดเมล็ดลิ้นจี่โดยใช้สารสกัดเอทานอล ด้วยเทคนิค GC-MS นำผลสเปกตรัมที่ได้มาเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลมาตรฐาน เพื่อระบุองค์ประกอบของสารสำคัญในเมล็ดลิ้นจี่ ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค GC-MS (Agilent Technology, GC7890B, MSD5977B, PAL3 RTC120 Autosampler) แสดงดังภาพที่ 4.6



ภาพที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค GC-MS

ตารางที่ 4.13 ผลการวิเคราะห์สารประกอบในสารสกัดเอทานอล

RT (min)	สารประกอบ	สมบัติ
3.125	pentane	
3.352	1H-pyrrole-2,5-dione	anti-inflammatory, antimicrobial
3.505	1,2-cyclopentanedione	flavoring agent, fragrance
4.172	2-keto-3-methylene-5-methyltetrahydrothiophene	
4.310	4H-pyran-4-one,2,3-dihydro-3,5-dihydroxy-6-methyl-	

ตารางที่ 4.13 ผลการวิเคราะห์สารประกอบในสารสกัดเอทานอล (ต่อ)

RT (min)	สารประกอบ	สมบัติ
4.585	1,2,3-propanetriol	
5.095	glycerin	
5.280	1,3-dimethyl-2-imidazolidinone	
5.448	bicyclo[2.2.1]hept-5-en-2-yl-thiourea	
5.786	2(3H)-furanone, 5-ethoxydihydro-	
6.013	4,5-diamino-2-hydroxypyrimidine	
6.278	succinic acid, 2-chloro-6-fluorophenyl (2-chlorocyclohexyl)methyl ester	
6.925	benzene ethanol	flavoring agent
7.320	ethanamine, N-ethyl-N-nitroso-	
7.592	4H-pyran-4-one, 2,3-dihydro-3,5-dihydroxy-6-methyl-	
8.037	2-hydroxy-butanedial	
9.337	4-vinylphenol	
9.424	2-phenoxy-ethanol	
9.606	5-hydroxymethylfurfural	
9.884	4-butylbutan-4-olide	
10.062	2-hydroxypropane-1,3-diyl diacetate	
10.526	2H-pyran-2-one, 5,6-dihydro-6-propyl-	
10.953	2,5-difluorophenylhydrazine	
11.231	isosorbide	
12.331	dibutyl heptaoxatricosane-dioate	
12.407	α -cubebene	
13.015	copaene	
13.889	caryophyllene	
14.035	2,6-bis(1-methylethyl)- benzenamine	
14.140	3-furanmethanol	
14.557	α -humulene	
14.633	patchoulene	
14.872	2-[(1-methylethyl)thio]-phenol	
14.969	1-(1,5-dimethyl-4-hexenyl)-4-methyl-benzene	
15.044	1S,2S,5R-1,4,4-trimethyltricyclododec-8(9)-ene	
15.207	5-(1,5-dimethyl-4-hexenyl)-2-methyl-1,3-cyclohexadiene	

ตารางที่ 4.13 ผลการวิเคราะห์สารประกอบในสารสกัดเอทานอล (ต่อ)

RT (min)	สารประกอบ	สมบัติ
15.269	(2R,5R,10S)-6,11-spirovetivadiene	
15.343	4-methyl-2(3H)-oxazolethione	
15.430	4-(methylthio)- 1-butanamine	
15.623	1,2,3,5,6,8a-hexahydro-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-naphthalene	
17.279	1-methylcyclohexanol	
17.522	β -D-glucopyranoside, methyl	
17.776	3-methyl-1-(methylthio)-butane	
18.050	γ -coniceine	
18.791	9,11-octadecadienoic acid, 8-hydroxy-, methyl ester	
19.704	tetradecanoic acid, ethyl ester	
21.023	pentadecanoic acid, ethyl ester	
21.863	hexadecanoic acid	
22.010	ethyl 9-hexadecenoate	
22.275	hexadecanoic acid, ethyl ester	
22.875	carbonic acid, tridecyl 2,2,2-trichloroethyl ester	
23.249	ethyl 9-hexadecenoate	flavoring agent, fragrance, emollient
23.463	heptadecanoic acid, ethyl ester	flavoring agent, emollient
23.889	9,12-octadecadienoic acid (Z, Z)-	
23.963	oleic acid	moisturizing, emollient
24.230	ethyl (9Z,12Z)-9,12-octadecadienoate	
24.304	ethyl oleate	flavoring agent, emollient
24.373	bicyclo[2.2.2]octan-1-amine	
24.601	octadecanoic acid, ethyl ester	
25.171	18-Nonadecenoic acid	flavoring agent, fragrance,
25.504	ethyl 9-hexadecenoate	
26.737	eicosanoic acid, ethyl ester	antimicrobial
27.247	2-chloro-N-(3-fluoro-phenyl)-4,6-dimethyl-nicotinamide	
27.325	2-Hydroxy-4-methoxy-7-methyl octahydro-6-oxabenzocyclododecen-5-one	
28.126	(E)-bicyclo[10.8.0]eicosane	
28.713	docosanoic acid, ethyl ester	Emollient, lubricant

ตารางที่ 4.13 ผลการวิเคราะห์สารประกอบในสารสกัดเอทานอล (ต่อ)

RT (min)	สารประกอบ	
29.656	9-octadecenoic acid (Z)-, 2,3-dihydroxypropyl ester	
30.576	hexadecanoic acid, ethyl ester	
30.756	2,6,10-dodecatrien-1-ol, 3,7,11-trimethyl-	
33.762	(R)-2,8-dimethyl-2-chroman-6-ol	
36.662	23-R-methylchilesterol	
37.203	stigmasterol	anti-inflammatory, anti-oxidant
38.585	(3methyl)- stigmast-5-en-3-ol	

ตารางที่ 4.14 สารประกอบหลักที่มีพื้นที่มากกว่า 3%

ลำดับ	สารประกอบ	RT (min)	Area (%)	หมายเหตุ
1	9,11-octadecadienoic acid, 8-hydroxy-, methyl ester	18.791	18.75	สารประกอบหลักที่พบมากที่สุด
2	glycerin	5.059	13.84	กลีเซอริน
3	hexadecanoic acid, ethyl ester	22.275	7.99	เอซิล พัลมิเทต
4	hexadecanoic acid	21.863	5.36	กรดพัลมิติก
5	oleic acid	23.963	4.55	กรดโอเลอิก
6	ethyl oleate	24.304	4.33	เอซิล โอเลเอต
7	18-nonadecenoic acid	25.171	3.34	
8	ethyl 9-hexadecenoate	25.504	3.39	
9	ethyl (9Z,12Z)-9,12-octadecadienoate	24.230	3.14	เอซิล ลิโนเลเอต

ตารางที่ 4.14 ผลการวิเคราะห์สารสำคัญในสารสกัดเมล็ดลิ้นจี่โดยใช้ตัวทำละลายเอทานอลเป็นตัวทำละลาย ดำเนินการด้วยเทคนิค GC-MS เพื่อแยกและระบุองค์ประกอบทางเคมีของสารออกฤทธิ์ที่มีอยู่ในตัวอย่าง ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ที่ได้รับการตีความโดยการเปรียบเทียบกับสเปกตรัมมวลที่ได้กับฐานข้อมูลมาตรฐานเพื่อระบุชนิดของสารอย่างแม่นยำ จากผลการวิเคราะห์ พบสารประกอบสำคัญที่มีพื้นที่ใต้พีค (peak area) เกิน 3% ซึ่งถือว่ามีความเข้มข้นสูงและมีนัยสำคัญทางเคมี ได้แก่

1) 9,11-octadecadienoic acid, 8-hydroxy-, methyl ester เป็นอนุพันธ์ของกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีโครงสร้างพิเศษ อาจมีบทบาททางชีวภาพ เช่น คุณสมบัติด้านการอักเสบหรือต้านอนุมูลอิสระ

2) glycerin (glycerol) เป็นสารโพลีอัลกอฮอล์ที่พบทั่วไปในระบบชีวภาพ มีคุณสมบัติในการกักเก็บความชุ่มชื้น และอาจทำหน้าที่เป็นตัวทำละลายหรือสารตั้งต้นในการสังเคราะห์สารชีวโมเลกุล

3) hexadecanoic acid, ethyl ester (ethyl palmitate) อนุพันธ์ของกรดปาล์มิติก ซึ่งอาจมีฤทธิ์ต้านจุลชีพและใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง

4) hexadecanoic acid (palmitic acid) กรดไขมันอิ่มตัวที่พบมากในธรรมชาติ มีบทบาทในการสร้างเยื่อหุ้มเซลล์ และอาจมีส่วนเกี่ยวข้องกับกระบวนการเมตาบอลิซึม

5) oleic acid กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวที่มีคุณสมบัติช่วยลดการอักเสบ ปรับสมดุลผิว และเป็นส่วนประกอบสำคัญของน้ำมันธรรมชาติหลายชนิด

6) ethyl oleate อนุพันธ์ของโอเลอิกแอซิด เป็นเอสเทอร์ที่มีศักยภาพในการใช้เป็นสารนำส่งยา (drug carrier) หรือมีฤทธิ์ต้านการอักเสบ

7) 18-nonadecenoic acid กรดไขมันไม่อิ่มตัวสายยาวมีบทบาทในการปรับสมดุลของเซลล์

8) ethyl 9-hexadecenoate เอสเทอร์ของกรดไขมันสายกลางที่ไม่อิ่มตัว อาจมีฤทธิ์ทางชีวภาพ เช่น ด้านเชื้อจุลินทรีย์

9) ethyl (9Z,12Z)-9,12-octadecadienoate (ethyl linoleate) อนุพันธ์ของกรดลิโนเลอิก (linoleic acid) ซึ่งเป็นกรดไขมันโอเมก้า-6 ที่จำเป็น มีบทบาทสำคัญในการดูแลสุขภาพผิว และช่วยลดการสูญเสียน้ำจากผิวหนัง

สารประกอบที่ระบุได้เหล่านี้ส่วนใหญ่เป็นกรดไขมันและอนุพันธ์ของกรดไขมัน ซึ่งมีศักยภาพในการออกฤทธิ์ทางชีวภาพหลายด้าน เช่น ต้านการอักเสบ ต้านอนุมูลอิสระ ปรับสมดุลผิว และช่วยเสริมสร้างเกราะป้องกันผิว ผลการวิเคราะห์สนับสนุนศักยภาพของสารสกัดเมล็ดลิ้นจี่ในการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง ผลิตภัณฑ์ดูแลผิว หรือผลิตภัณฑ์สุขภาพที่ต้องการคุณสมบัติทางชีวภาพจากธรรมชาติ

จากรายงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าในเมล็ดลิ้นจี่แต่ละสายพันธุ์มีสารสำคัญจำนวนมาก เช่นงานวิจัยของชามินและคณะ (Sharmin et al., 2025) รายงานสารสำคัญในเมล็ดลิ้นจี่ที่สกัดด้วยตัวทำละลาย *n*-hexane, *n*-hexane–chloroform (2:1), และ methanol โดยพบสารสำคัญจำนวน 34, 35 และ 25 ชนิด ตามลำดับ โดยสารสำคัญหลักที่พบในตัวทำละลาย methanol คือ 13-docosanamide, Z (10.94%), 2-(hydroxymethyl)-2-nitro 1, 3-propanediol (39.16%), และ beta-longipinene (10.02%) สารสำคัญหลักที่พบในตัวทำละลาย *n*-hexane คือ phenol, 2,4-bis (1,1-dimethylethyl) (14.38%), bis (2-ethylhexyl) phthalate (10.69%) และ hexadecanoic acid methyl ester (9.75%) ส่วนใน *n*-hexane–chloroform พบสาร hexadecenoic acid methyl ester (13.35%), phenol, 2,4, bis(1,1-dimethylethyl) (9.61%) และ 9-octadecenoic acid (8.49%) และพบว่ามีสาร 6 ชนิดที่พบเหมือนกันในตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิด คือ caryophyllene, naphthalene, benzene acetaldehyde, 9,12-octadecadienoic acid methyl ester, hexadecanoic acid methyl ester และ methyl stearate

ซุและคณะ (Zhu et al., 2019) พบสารสำคัญในเมล็ดลิ้นจี่ที่สกัดด้วย *n*-hexane ดังนี้ gallic acid, procyanidin B2, (-)-epicatechin, (-)-gallocatechin, (-)-epicatechin-3-gallate, 2 α ,3 α -epoxy-5,7,3',4'-tetrahydroxyflavan-(4 β -8-catechin), 2 β ,3 β -epoxy-5,7,3',4'-tetrahydroxyflavan-(4 α -8-epicatechin), 2,5-dihydroxy-hexanoic acid, 4-O- α -L-rhamnopyranosyl-ellagic acid, isoscopoletin, coumaric acid, protocatechuic acid, pterodontriol, narirutin, D-6-O- β -D-glucopyranoside, naringin, pinocembrin-7-neohesperidoside, pinocembrin-7-rutinoside

นอกจากนี้สารสกัดเอทานอลของเมล็ดลิ้นจี่ที่ทำการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค HPLC-MS พบว่าสารใหม่จำนวน 4 ชนิด คือ 1) 2 α ,3 α -epoxy-5,7,3',4'-tetrahydroxyflavan-(4 β -8-catechin), 2) 2 β ,3 β -

epoxy-5,7,3',4'-tetrahydroxyflavan-(4 α -8-epicatechin), 3) litchiol A และ 4) litchiol B นอกจากนี้ยังพิสูจน์เอกลักษณ์สารสำคัญที่ทราบแล้วอีก 11 ชนิด คือ 2,5-dihydroxy-hexanoic acid, soscopoletin, coumaric acid, protocathechuic acid, 2 α ,3 α -epoxy-5,7,3',4'-tetrahydroxyflavan-(4 β -8)-epicatechin, pterodontriol d-6-O- β -d-glucopyranoside, narirutin, naringin, dihydrocharcone-4'-O- β -d-glucopyranoside, pinocembrin-7-rutinoside, pinocembrin-7-neohesperidoside โดยพบว่าสารสำคัญ 4 ชนิด ที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในระดับปานกลาง คือ protocathechuic acid, 2 α ,3 α -epoxy-5,7,3',4'-tetrahydroxyflavan-(4 β -8)-epicatechin, 2 α ,3 α -epoxy-5,7,3',4'-tetrahydroxyflavan-(4 β -8-catechin), 2 β ,3 β -epoxy-5,7,3',4'-tetrahydroxyflavan-(4 α -8-epicatechin) (Wang et al., 2011) และการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค HPLC (UHPLC-SPD-MS-MS) พบองค์ประกอบหลัก คือ adenosine, 5-hydroxymethyluridine, 4-p-coumaroylquinic acid, procyanidin B, procyanidin A, 5'- β -D-glucopyranosyloxy jasmonic acid, 4-O-(trans-p-coumaroyl) quinic acid และ procyanidin (Y. Tang et al., 2018)

4.10 ปริมาณแร่ธาตุและโลหะหนัก

ผลการวิเคราะห์ปริมาณแร่ธาตุในตัวอย่างเมล็ดลิ้นจี่พันธุ์คอมพิวเตอร์โดยวิธี ICP-OES โดยเตรียมสารละลายมาตรฐานของธาตุที่มีความเข้มข้นที่เหมาะสมโดยใช้ตัวทำละลายเป็นสารละลาย HNO₃ 1% w/v โดยนำสารละลายตัวอย่างปริมาตร 25.00 mL นำไปวัดค่าการเปล่งออกเทียบกับกราฟมาตรฐานผลการวิเคราะห์ปริมาณแร่ธาตุ แสดงดังตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15 ปริมาณแร่ธาตุในน้ำสกัดน้ำมันหอมระเหยจากเมล็ดลิ้นจี่พันธุ์คอมพิวเตอร์

	ปริมาณ (mg/kg)				
	Ca (422.6 nm)	Mg (285.21 nm)	K (766.49 nm)	Na (589.59 nm)	P (263.12 nm)
ทั้งเมล็ด	35.0 $\pm$ 5.21	40.3 $\pm$ 6.32	1680 $\pm$ 34.34	10.4 $\pm$ 1.38	203.4 $\pm$ 6.39
เนื้อ	21.3 $\pm$ 4.26	30.5 $\pm$ 6.76	1224 $\pm$ 21.32	8.41 $\pm$ 2.34	104.7 $\pm$ 4.38
เปลือก	24.4 $\pm$ 6.28	24.3 $\pm$ 5.37	1120 $\pm$ 16.38	7.43 $\pm$ 1.34	98.4 $\pm$ 5.72

หมายเหตุ ค่าที่แสดงเป็นผลการทดสอบซ้ำ 3 ครั้ง (ค่าเฉลี่ย $\pm$ SD), ND=non-detectable

จากผลการทดลองพบปริมาณแร่ธาตุในปริมาณแตกต่างจากรายงานที่ผ่านมา เช่น ปริมาณ Mg 0.28%, Ca 0.21%, P 0.11% (Castillo-Olvera et al., 2025; Punia & Kumar, 2021)

4.11 การวิเคราะห์ทางกายภาพ

1) การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า

ปริมาณเถ้าเป็นตัวบ่งชี้ถึงปริมาณแร่ธาตุทั้งหมดที่มีอยู่ในวัตถุดิบ ซึ่งรวมถึงแร่ธาตุสำคัญที่จำเป็นต่อร่างกาย การวิเคราะห์ปริมาณเถ้าจึงเป็นพารามิเตอร์พื้นฐานสำหรับการประเมินคุณค่าทางโภชนาการและการควบคุมคุณภาพของวัตถุดิบทางการเกษตร การวิเคราะห์ปริมาณเถ้าในเมล็ดลิ้นจี่ส่วน

ใหญ่ใช้วิธีการมาตรฐานตาม AOAC Official Method พบว่าปริมาณเถ้าของเมล็ดลันจีพันธุ์ค่อมเท่ากับ $1.86 \pm 0.12\%$

จากผลการทดสอบสอดคล้องกับรายงานที่พบว่าปริมาณเถ้าของเมล็ดลันจีมีค่าอยู่ในช่วง 1.84-2.15% โดยค่าเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 1.99% โดยมีความแปรปรวนตามสายพันธุ์ แหล่งปลูก และกระบวนการแปรรูป องค์ประกอบหลักของเถ้าในเมล็ดลันจีประกอบด้วยแร่ธาตุสำคัญหลายชนิด โดยเฉพาะโพแทสเซียม แมกนีเซียม และแคลเซียม ข้อมูลเหล่านี้มีประโยชน์ในการประเมินศักยภาพของเมล็ดลันจีเพื่อการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร หรือส่วนผสมในอาหารฟังกซ์ (Bangar et al., 2021; Castillo-Olvera et al., 2025; Choi et al., 2017)

2) ผลการวิเคราะห์ปริมาณ CHNS ในเมล็ดลันจีและสารสกัด

เมล็ดลันจีที่ผ่านการเตรียมเป็นผงละเอียด และสารสกัดหยาบนำมาวิเคราะห์หาปริมาณธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน ไนโตรเจนและซัลเฟอร์ แบบอัตโนมัติ ด้วยเครื่อง C/H/N/S analyzer (Thermo) ได้ผลดังตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.16 ผลการวิเคราะห์ปริมาณ CHNS

ส่วนของพืช		%			
		C	H	N	S
ผงละเอียด	ทั้งเมล็ด	41.73	5.80	0.34	0
	เนื้อเมล็ด	41.09	5.36	0.43	0
	เปลือก	41.97	5.06	0.39	0.05
สารสกัด	ทั้งเมล็ด	42.58	6.06	0.49	0
	เนื้อเมล็ด	40.12	5.06	0.50	0
	เปลือก	42.01	6.04	0.66	0

4.12 การพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง

การพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์เสริมจากสารสกัดเมล็ดลันจี เป็นการดำเนินงานร่วมกับบริษัท เอ็ม ไอ เอ็ม คอสเมติก แมนูแฟกเจอร์ จำกัด จังหวัดปทุมธานี และบริษัท กิรติ จำกัด จังหวัดสมุทรสงคราม ในด้านการเตรียมวัตถุดิบ สารสำคัญ การคิดค้นและปรับปรุงสูตร และการทดสอบความคงทนของผลิตภัณฑ์ ตลอดจนการทดสอบจากอาสาสมัคร

โดยทั่วไปของการพัฒนาสูตรเสริมผิวหน้ามักประกอบด้วยสารออกฤทธิ์ เช่น กรดไฮยาลูโรนิกหรือกรดไกลโคลิกเพื่อให้ได้ผลเฉพาะเจาะจง เสริมผิวหน้าเป็นตำรับเข้มข้นที่ประกอบด้วยน้ำหรือน้ำมัน เช่นเดียวกับครีมอื่น ๆ เสริมหรือสารเข้มข้นมีความเข้มข้นของสารเคมีที่มีฤทธิ์ทางสรีรวิทยาประมาณสิบเท่าเมื่อเปรียบเทียบกับครีม ทำให้สามารถจัดการกับข้อกังวลด้านความงามได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยเสริมผิวหน้ามีความเข้มข้นสูงของสารประกอบที่มีฤทธิ์ซึ่งสามารถตอบสนองปัญหาผิวหน้าที่หลากหลายได้อย่างมีประสิทธิภาพ เสริมผิวหน้าประกอบด้วยสารเคมีขนาดเล็กที่ช่วยให้ผิวหน้าสามารถดูดซึมได้อย่างรวดเร็วและลึก เสริมผิวหน้าไม่เพียงแต่ดูดซึมได้อย่างรวดเร็วเท่านั้น แต่ยังสามารถเข้าถึงชั้นผิวหน้าที่ลึกกว่าเพื่อจัดการกับบริเวณต่าง ๆ และให้ประสิทธิภาพที่เหมาะสมที่สุด

ส่วนประกอบดังกล่าวมีสารที่ช่วยให้ซึมซาบเข้าสู่ผิวหนังซึ่งสามารถเข้าถึงได้ลึก 6-7 ชั้น และบำรุงผิวด้วยส่วนผสมที่จำเป็น (Mangle et al., 2024)

จากรายงานของหยานและคณะ (Yan et al., 2024) สารสกัดจากการหมักเมล็ดลิ้นจี่ด้วยแบคทีเรีย *Lactobacillus plantarum* และ *Saccharomyces cerevillus* สามารถใช้เป็นวัตถุดิบธรรมชาติในส่วนผสมเครื่องสำอางที่มีสมบัติต้านอนุมูลอิสระ ต้านการอักเสบ และช่วยชะลอวัยได้ นอกจากนี้ยังไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ (Sathya et al., 2023) จากรายงานการพัฒนาสูตรเซรั่มโดยใช้สารสกัดลิ้นจี่ร้อยละ 0.05 และ 0.1 (Lourith & Kanlayavattanukul, 2020) ดังนั้น ในการพัฒนาสูตรเครื่องสำอางประเภทเซรั่ม พิจารณาส่วนผสมสารสกัดลิ้นจี่อัตราส่วนระหว่าง 0.05 – 1.0% และได้ออกแบบสูตรส่วนผสมเป็น 2 สูตร (สูตร A และ สูตร B) ที่มีการใช้วัตถุดิบบางส่วนที่แตกต่างกัน โดยมีอัตราส่วนผสมดังตารางที่ 4.17 และ 4.19 โดยการออกแบบสูตรและการผลิตผลิตภัณฑ์ต้นแบบเซรั่มสำหรับการทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยบริษัท เอ็ม ไอ เอ็ม คอสเมติก แมนูแฟคเจอร์ จำกัด ภายใต้มาตรฐาน GMP Asean Cosmetic, ISO9001:2015, ISO14001:2015

ตารางที่ 4.17 ส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ สูตร A

ที่	รหัส	รายการ (INCI name)	ปริมาณ (% w/w)
A1	R032/1	1,3-butylene glycol	12.000
A2	R118/6	refined glycerine	2.000
A3	R025/5	propylene glycol	10.000
A4	R088/2	satiexane VPC 930	0.150
A5	R175/2	sodium hyaluronate	0.100
A6	R034	aristoflex AVC	0.100
B7	R001	di water	67.900
B8	R002	EDTA 2 Na	0.200
B9	R003/3	niacinamide USP PC (B3)	4.000
B10	R011	alpha-arbutin	0.500
B11	R186	spec-White VCE	0.100
B12	R195/2	aoe vera extract	0.500
B13		lychee's seed extract	0.500
B14	R074/1	fish collagen tri-peptide granule	0.100
B15	R331	golden ginseng	0.500
B16	R157	moistshield HA	0.500
B17	R016/2	phenoxyethanol	0.600
C18	R031/3	eumulgin CO 40 (PEG-40)	0.150
C19	F001	love (delpy love 1259304)	0.050
B20	F111	sweetie picnic 590923191	0.050
รวม			100.00

ขั้นตอนการผลิตเซรั่ม สูตร A

1. เติมสารลำดับที่ A1- A6 ใน part A ลงในถังผสมหลัก กวนให้กระจายตัวเข้ากันที่ละตัว

2. ค่อย ๆ เติมน้ำลงใน part B ลงในถังผสม กวนให้ขึ้นเป็นเนื้อเซรัมใส ทำการปั่นหรือ homogenizer ให้ไม่มีเม็ดขาว หลังจากนั้นเติมน้ำลำดับที่เหลือนตามลำดับ ปั่นหรือกวนให้ละลายเข้ากัน เป็นเนื้อเซรัมใส

3. เติมน้ำลำดับที่ C18 – C20 ใน part C ตามลำดับลงในถังผสมรอง กวนให้ละลายเข้ากันที่ละตัว แล้วค่อย ๆ เติมน้ำลงในถังผสมหลักขณะปั่นกวนที่ความเร็วรอบเท่าเดิมเนื้อ bulk จะมีลักษณะเป็นเซรัมใส มีฟองเล็กน้อย

ตารางที่ 4.18 การทดสอบสมบัติกายภาพของเซรัม สูตร A

ที่	หัวข้อการทดสอบ	ข้อกำหนดผลิตภัณฑ์	วิธีการตรวจสอบ
1	appearance (ลักษณะทางกายภาพ)	เนื้อเซรัมใส	visual (ดูด้วยตา)
2	color (สี)	ไม่มีสี	visual (ดูด้วยตา)
3	odor (กลิ่น)	characteristics	sniff test (ดมกลิ่น)
4	pH (ค่าความเป็นกรด-เบส)	5.5-6.5	pH Meter

ตารางที่ 4.19 ส่วนผสมของผลิตภัณฑ์เซรัม สูตร B

ที่	รหัส	รายการ (INCI name)	ปริมาณ (% w/w)
A1	R032/1	1,3-butylene glycol	12.000
A2	R118/6	refined glycerin	2.000
A3	R025/5	propylene glycol	10.000
A4	R088/2	satiaxane VPC 930	0.150
A5	R175/2	sodium hyaluronate	0.100
A6	R034	aristoflex AVC	0.100
B7	R001	di water	68.400
B8	R002	EDTA 2 Na	0.200
B9	R003/3	niacinamide USP PC (B3)	4.000
B10	R011	alpha-arbutin	0.500
B11	R186	SPEC-white VCE	0.100
B12	R195/2	aloe vera extract	0.500
B13		lychee's seed extract	
B14	R074/1	fish collagen tri-peptide granule	0.100
B15	R331	golden ginseng	0.500
B16	R157	moistsheild HA	0.500
C17	R016/2	phenoxyethanol	0.600
C18	R031/3	eumulgin CO 40 (PEG-40)	0.150
C19	F001	love (delpy love 1259304)	0.050
B20	F111	sweetie picnic 590923191	0.050
C20	R031/1	galmol CCT (MCT oil)	0.010
รวม			100.00

ขั้นตอนการผลิตเซรั่ม สูตร B

1. เติมสารลำดับที่ A1- A6 ใน part A ลงในถังผสมหลัก กวนให้กระจายตัวเข้ากันที่ละตัว
2. ค่อย ๆ เติมน้ำลงใน part B ลงในถังผสม กวนให้ขึ้นเป็นเนื้อเซรั่มใส ทำการปั่นหรือ homogenizer ให้ไม่มีเม็ดขาว หลังจากนั้นเติมสารลำดับที่เหลือตามลำดับ ปั่นหรือกวนให้ละลายเข้ากันเป็นเนื้อเซรั่มใส
3. เติมสารลำดับที่ C18 – C20 ใน part C ตามลำดับลงในถังผสมรอง กวนให้ละลายเข้ากันที่ละตัว แล้วค่อย ๆ เติมน้ำลงในถังผสมหลักขณะปั่นกวนที่ความเร็วรอบเท่าเดิมเนื้อ bulk จะมีลักษณะเป็นเซรั่มใส มีฟองเล็กน้อย

ตารางที่ 4.20 การทดสอบสมบัติกายภาพของเซรั่ม สูตร B

ที่	หัวข้อการทดสอบ	ข้อกำหนดผลิตภัณฑ์	วิธีการตรวจสอบ
1	appearance (ลักษณะทางกายภาพ)	เนื้อเซรั่มนม	visual (ดูด้วยตา)
2	color (สี)	ไม่มีสี	visual (ดูด้วยตา)
3	odor (กลิ่น)	characteristics	sniff test (ดมกลิ่น)
4	pH (ค่าความเป็นกรด-เบส)	5.5-6.5	pH Meter

ลักษณะกายภาพของเซรั่ม แสดงดังภาพที่ 4.7



(ก)

(ข)

ภาพที่ 4.7 ลักษณะกายภาพของเซรั่ม (ก) สูตร A และ (ข) สูตร B

ตัวอย่างรายงานวิจัยการเตรียมเซรั่มในรูปแบบอิมัลชันน้ำมันในน้ำ (oil in water; o/w) ของเซรั่มบำรุงผิวหน้าที่มีวิตามินอีเป็นส่วนประกอบหลัก โดยมุ่งเน้นผลิตภัณฑ์ในการดูแลสุขภาพผิว เซรั่มใช้ส่วนผสมสำคัญ ได้แก่ เจลวุ้นหางจระเข้ น้ำมันมะกอก วิตามินอี กลีเซอริน น้ำมันมะพร้าว และ Tween 20 (Chishti et al., 2025) โดยขั้นตอนการเตรียมเซรั่มอิมัลชัน o/w สรุปได้ดังนี้

- 1) การเตรียมเฟสน้ำมัน ส่วนผสมที่เป็นน้ำมันและสารที่ละลายในน้ำมัน ประกอบด้วย น้ำมันมะกอก วิตามินอี Tween 20 และน้ำมันมะพร้าว ทำการผสมเป็นเวลา 10 นาทีเพื่อให้ได้สารละลายที่เป็นเนื้อเดียวกัน ใส่ลงในบีกเกอร์และละลายที่อุณหภูมิ 70°C

2) การเตรียมเฟสน้ำ โดยการผสมเจลาวันทางจระเข้ กลีเซอริน และน้ำกลั่นในปริมาณเล็กน้อยให้เข้ากันอย่างสม่ำเสมอ

3) การเตรียมอิมัลชัน ทำการเตรียมอิมัลชันโดยการเติมเฟสน้ำมันลงในเฟสของเหลวที่ละลายโดยใช้เครื่องโฮโมจีไนเซอร์ที่ความเร็ว 2,500 rpm เพื่อให้ได้อิมัลชันแบบน้ำมันในน้ำ

4) ขั้นตอนพื้นฐานในการเตรียมน้ำตบ (essence water)

การพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์น้ำตบจากสารสกัดเมล็ดลิ้นจี่ เป็นการดำเนินงานร่วมกับบริษัทเอ็ม ไอ เอ็ม คอสเมติก แมนูแฟคเจอร์ จำกัด ในด้านการเตรียมวัตถุดิบ การคิดค้นสูตร และการทดสอบความคงทนของผลิตภัณฑ์ ตลอดจนการทดสอบจากอาสาสมัคร

การพัฒนาสูตรเครื่องสำอางประเภทน้ำตบ ได้ออกแบบสูตรเป็น 2 สูตร (สูตร A และ สูตร B) ที่มีการใช้วัตถุดิบบางส่วนที่แตกต่างกัน โดยมีอัตราส่วนผสมดังตารางที่ 4.21 และ 4.23 โดยการออกแบบสูตร และการผลิตผลิตภัณฑ์ต้นแบบน้ำตบสำหรับการทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยบริษัท เอ็ม ไอ เอ็ม คอสเมติก แมนูแฟคเจอร์ จำกัด ภายใต้มาตรฐาน GMP Asean Cosmetic, ISO9001:2015, ISO14001:2015

ตารางที่ 4.21 ส่วนผสมของผลิตภัณฑ์น้ำตบ (สูตร A)

ที่	รายการ (INCI name)	ปริมาณ (% w/w)
1	Aqua	up to 100 %
2	EDTA 2 Na	0.2%
3	Witch Hazel	2.0-5.0%
4	Lactobacillus Ferment	2.0-5.0%
5	Niacinamide (B3)	0.5-1.0%
6	Centella Asiatica Leaf Extract	0.5-1.0%
7	Sodium Hyaluronate (Low MW)	0.1%
8	Phenoxyethanol	0.6%
9	Lychee's seed extract	0.05%
รวม		100

ขั้นตอนการผลิตผลิตภัณฑ์น้ำตบ

1. เติมน้ำลำดับที่ 1 ลงในถังหลัก เปิดใบปั่นกวนที่ความเร็วรอบ 1,500 - 2,000 rpm/min
2. เติมสารลำดับที่ 2 ลงในถังหลัก ปั่นกวนให้ละลาย ประมาณ 1-2 นาที
3. เติมสารลำดับที่ 3-6 ตามลำดับ ลงในถังหลัก ปั่นกวนให้ละลายเข้ากัน ประมาณ 2-3 นาที
4. ค่อย ๆ โปรมสารลำดับที่ 7 ลงในถังหลัก ปั่นกวนให้ละลายเข้ากัน ประมาณ 2-3 นาที
5. เติมสารลำดับที่ 8-9 ตามลำดับ ลงในถังหลัก ปั่นกวนให้เข้ากัน ประมาณ 1-2 นาที

ตารางที่ 4.22 การทดสอบสมบัติกายภาพของน้ำตบ สูตร A

ที่	หัวข้อการทดสอบ	ข้อกำหนดผลิตภัณฑ์	วิธีการตรวจสอบ
1	appearance (ลักษณะทางกายภาพ)	เนื้อเซรั่มนม	visual (ดูด้วยตา)
2	color (สี)	ไม่มีสี	visual (ดูด้วยตา)
3	odor (กลิ่น)	characteristics	sniff test (ดมกลิ่น)
4	pH (ค่าความเป็นกรด-เบส)	5.5-6.5	pH Meter

ตารางที่ 4.23 ส่วนผสมของผลิตภัณฑ์น้ำตบ (สูตร B)

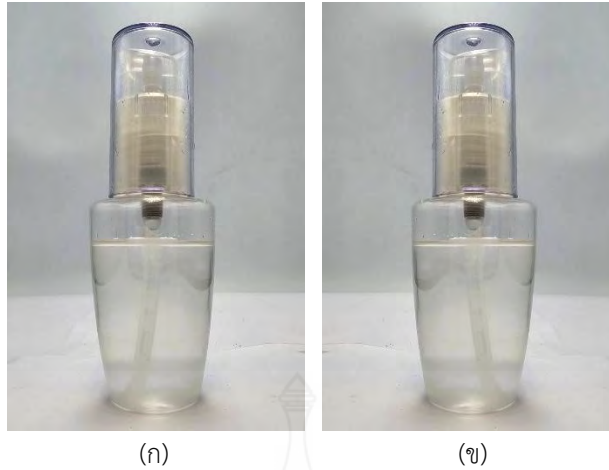
ที่	รายการ (INCI name)	ปริมาณ (% w/w)
1	aqua	up to 100 %
2	EDTA 2 Na	0.2%
3	witch hazel	2.0-5.0%
4	lactobacillus ferment	2.0-5.0%
5	niacinamide (B3)	0.5-1.0%
6	centella asiatica leaf extract	0.5-1.0%
7	sodium hyaluronate (low MW)	0.1%
8	phenoxyethanol	0.6%
9	xanthan gum	0.1%
10	ethanol	5-10%
11	lychee's seed extract	0.05-0.1%
รวม		100

ขั้นตอนการผลิตผลิตภัณฑ์น้ำตบ

1. เติมน้ำลำดับที่ 1 ลงในถังหลัก เปิดใบปั่นจนที่ความเร็วรอบ 1,500 - 2,000 rpm/min
2. เติมน้ำลำดับที่ 2 ลงในถังหลัก ปั่นจนให้ละลาย ประมาณ 1-2 นาที
3. เติมน้ำลำดับที่ 3-6 ตามลำดับ ลงในถังหลัก ปั่นจนให้ละลายเข้ากัน ประมาณ 2-3 นาที
4. ค่อย ๆ เติมน้ำลำดับที่ 7 ลงในถังหลัก ปั่นจนให้ละลายเข้ากัน ประมาณ 2-3 นาที
5. เติมน้ำลำดับที่ 8-11 ตามลำดับ ลงในถังหลัก ปั่นจนให้เข้ากัน ประมาณ 1-2 นาที

ตารางที่ 4.24 การทดสอบสมบัติกายภาพของน้ำตบ สูตร B

ที่	หัวข้อการทดสอบ	ข้อกำหนดผลิตภัณฑ์	วิธีการตรวจสอบ
1	appearance (ลักษณะทางกายภาพ)	เนื้อเซรั่มนม	visual (ดูด้วยตา)
2	color (สี)	ไม่มีสี	visual (ดูด้วยตา)
3	odor (กลิ่น)	characteristics	sniff test (ดมกลิ่น)
4	pH (ค่าความเป็นกรด-เบส)	5.5-6.5	pH Meter



ภาพที่ 4.8 ลักษณะกายภาพของน้ำตบ (ก) สูตร A และ (ข) สูตร B

5) การทดสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์

- การตรวจสอบค่า pH ต้องเหมาะสมกับผิว
- การทดสอบความคงตัว (stability test) ที่อุณหภูมิ 4°C, 25°C, และ 40°C เป็นเวลา 4-8 สัปดาห์
- การทดสอบทางประสาทสัมผัส ให้กลุ่มอาสาสมัครทดลองเพื่อประเมินเนื้อสัมผัสและความรู้สึกหลังใช้

4.13 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

ผลการทดสอบการยอมรับคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์เซรั่มและน้ำตบโดยใช้เกณฑ์การประเมินการยอมรับ ด้านสี กลิ่น ลักษณะเนื้อสัมผัส การซึมผ่านผิวหนัง การแพร่กระจายบนผิวหนัง ความหนืด ความเหนอะหนะ ความชุ่มชื้น และความชอบโดยรวม แบบวิธี 7-point hedonic scale (1 = ไม่ชอบมาก 2 = ไม่ชอบปานกลาง 3 = ไม่ชอบเล็กน้อย 4 = เฉย ๆ 5 = ชอบเล็กน้อย 6 = ชอบปานกลาง และ 7 = ชอบมาก (Lim, 2011) การประเมิน JAR ใช้มาตรฐานประเมินที่คะแนน 3.0 แทนความพอดีที่สุด (just about right) คะแนนต่ำกว่า 3.0 หมายถึงคุณลักษณะนั้นมีน้อยเกินไป (too little) และคะแนนสูงกว่า 3.0 หมายถึงมีมากเกินไป (too much) การวิเคราะห์จึงมุ่งเน้นการหาค่าเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกับ 3.0 มากที่สุด พร้อมทั้งพิจารณาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเพื่อวัดความสม่ำเสมอของความคิดเห็น วิเคราะห์ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) แสดงในตารางที่ 4.25 และ 4.26

ตารางที่ 4.25 ค่าเฉลี่ยความชอบของผู้ประเมินผลิตภัณฑ์เซรัมและน้ำตบ (n=35)

คุณลักษณะ	ผลิตภัณฑ์เซรัม		ผลิตภัณฑ์น้ำตบ	
	เซรัม A	เซรัม B	น้ำตบ A	น้ำตบ B
สี	5.353±1.23	5.176±1.00	5.529±1.13	5.618±1.07
กลิ่น	5.324±1.04	5.382±1.07	5.559±0.96	5.735±0.96
ลักษณะเนื้อสัมผัส	5.059±0.78	5.912±0.90	5.412±1.05	5.265±0.93
การซึมผ่านผิวหนัง	5.265±0.45	5.471±0.79	5.588±0.78	5.824±0.87
การแพร่กระจายบนผิวหนัง	5.471±1.05	5.647±0.77	5.765±1.10	5.853±1.08
ความหนืด	5.235±0.99	5.735±1.02	5.088±0.71	5.676±1.07
ความเหนอะหนะ	5.853±0.82	5.735±0.75	5.706±0.84	6.088±0.83
ความชุ่มชื้น	5.824±0.94	5.971±0.97	6.176±0.97	6.000±0.92
ความชอบโดยรวม	5.853±0.89	5.941±0.85	6.265±0.86	6.353±0.69

ตารางที่ 4.26 ค่าเฉลี่ยความพอใจของผลิตภัณฑ์เซรัมและน้ำตบ (n=35)

คุณลักษณะ	ผลิตภัณฑ์เซรัม		ผลิตภัณฑ์น้ำตบ	
	เซรัม A	เซรัม B	น้ำตบ A	น้ำตบ B
สี	2.970±0.39	3.059±0.49	2.818±0.39	2.970±0.30
กลิ่น	2.706±0.46	2.824±0.52	2.735±0.45	2.647±0.49
ลักษณะเนื้อสัมผัส	2.676±0.47	2.912±0.62	2.706±0.46	2.559±0.50
การซึมผ่านผิวหนัง	2.382±0.49	2.441±0.50	2.324±0.47	2.412±0.50
การแพร่กระจายบนผิวหนัง	3.206±0.54	3.324±0.47	3.206±0.41	3.147±0.56
ความหนืด	2.941±0.34	3.265±0.51	2.971±0.17	3.000±0.25
ความเหนอะหนะ	2.941±0.34	3.147±0.56	2.853±0.36	2.912±0.38
ความชุ่มชื้น	2.676±0.47	2.794±0.41	2.647±0.49	2.765±0.43

จากประเด็นคำถามความพึงพอใจและระดับความพอใจของผลิตภัณฑ์เซรัมและน้ำตบ จากข้อมูลผู้ประเมินจำนวน 35 คน ตามหลักการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติและประยุกต์ใช้ในบริบทของการประเมินผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง สรุปได้ดังนี้

การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น ค่าเฉลี่ยแสดงระดับการยอมรับในแต่ละคุณลักษณะแบบ Likert Scale 7 ระดับ ยิ่งค่าเฉลี่ยสูง แสดงว่าผู้ทดสอบมีความชอบหรือความพอดีมากขึ้น ส่วนค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานบ่งชี้ความแปรปรวนของความคิดเห็น ยิ่งต่ำแสดงว่าความคิดเห็นสอดคล้องกันมาก

สรุปความชอบโดยรวม น้ำตบ B ได้รับความชอบสูงที่สุด (6.353 ± 0.69) รองลงมาคือ น้ำตบ A (6.265) เซรัม B (5.941) และ เซรัม A (5.853) น้ำตบทั้งสองสูตรได้รับความชอบสูงกว่าเซรัมทั้งสองสูตรอย่างชัดเจน ความแปรปรวน (SD) ของน้ำตบ B ต่ำที่สุด (0.69)

วิเคราะห์รายคุณลักษณะด้านกลิ่น น้ำตบ B ได้คะแนนสูงสุด (5.735) รองลงมาคือ น้ำตบ A (5.559) เซรัม A และ B มีคะแนนใกล้เคียงกัน (~ 5.3) แสดงว่ากลิ่นของน้ำตบ B ได้รับความนิยมนมากที่สุด

ลักษณะเนื้อสัมผัส พบว่า เซรัม B โดเด่นมาก (5.912) เทียบกับ เซรัม A (5.059) น้ำตบ A (5.412) > น้ำตบ B (5.265) บ่งชี้ว่า เนื้อสัมผัสของเซรัม B เป็นที่ชื่นชอบมากที่สุดในกลุ่มเซรัม

การชิมผ่านผิวหน้ พบว่า น้ำตบ B (5.824) > น้ำตบ A (5.588) เซรัม B (5.471) > เซรัม A (5.265) ทุกผลิตภัณฑ์มีค่าเฉลี่ยเกิน 5 ผู้บริโภคทราบว่าชิมผ่านผิวได้ดี น้ำตบ B ได้รับคะแนนสูงสุด แสดงว่า ชิมเร็วและไม่ทิ้งคราบ

การแพร่กระจายบนผิวหน้ พบว่า น้ำตบ B (5.853) > น้ำตบ A (5.765) เซรัม B (5.647) > เซรัม A (5.471) แสดงว่าผลิตภัณฑ์ทั้งหมดกระจายง่าย แต่น้ำตบ B ทำได้ดีที่สุด

ความหนืด พบว่า น้ำตบ B (5.676) > น้ำตบ A (5.088) เซรัม B (5.735) > เซรัม A (5.235) ผู้บริโภคชอบความหนืดในระดับปานกลางถึงสูง แต่ไม่เหนียวเกินไป

ความเหนอะหนะ พบว่า น้ำตบ B ได้คะแนนสูงสุด (6.088) รู้สึกว่า "ไม่เหนอะหนะ" เซรัม A (5.853) > เซรัม B (5.735) เซรัม B อาจรู้สึกเหนอะหนะกว่าเล็กน้อย น้ำตบทั้งสองสูตรได้รับความพึงพอใจสูงในด้านนี้

ความชุ่มชื้น พบว่า น้ำตบ B (6.176) > น้ำตบ A (6.176) $\approx$ เซรัม B (5.971)

การประเมินความพอดี พิจารณาค่าคะแนน JAR คือ คะแนน 3.0 = ความพอดีที่สุด (just about right) คะแนน < 3.0 = น้อยเกินไป (too little) และ คะแนน > 3.0 = มากเกินไป (too much)

จากผลการเปรียบเทียบระหว่างผลิตภัณฑ์ผลิตภัณฑ์เซรัม พบว่า เซรัม A มีค่าเฉลี่ยส่วนใหญ่ต่ำกว่า 3.0 (2.382-2.970) ยกเว้นการแพร่กระจาย (3.206) เซรัม B มีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงหรือสูงกว่า 3.0 มากกว่า (2.441-3.324) ผลิตภัณฑ์น้ำตบพบว่า น้ำตบ A มีค่าเฉลี่ยส่วนใหญ่ต่ำกว่า 3.0 (2.324-3.206) น้ำตบ B มีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าและใกล้เคียง 3.0 (2.412-3.147)

คุณลักษณะที่โดดเด่น ที่ได้คะแนนใกล้เคียงความพอดี (2.9-3.1) คือ เซรัม A (2.970) เซรัม B (3.059) น้ำตบ B (2.970) ความหนืด เซรัม A (2.941) น้ำตบ A (2.971) น้ำตบ B (3.000)

ส่วนคุณลักษณะที่ต้องปรับปรุง (คะแนนต่ำ) การชิมผ่านผิวหน้ ทุกสูตรได้คะแนนต่ำสุด (2.324-2.441) ความชุ่มชื้น ส่วนใหญ่ต่ำกว่า 3.0

การวิเคราะห์ผลการประเมินความพอดี พบว่า เซรัม A แสดงผลการประเมินที่ค่อนข้างต่ำกว่าความพอดีในหลายคุณลักษณะ โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 2.382 - 2.970 ยกเว้นการแพร่กระจายบนผิวหน้ ที่ได้คะแนน 3.206 ซึ่งสูงกว่าความพอดี คุณลักษณะที่ได้คะแนนต่ำสุดคือการชิมผ่านผิวหน้ (2.382 $\pm$ 0.49) แสดงว่าผู้ทดลองใช้รู้สึกเซรัม A ชิมผ่านผิวหน้ได้ช้าเกินไป

เซรัม B แสดงผลการประเมินที่ดีกว่า โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 2.441 - 3.324 ซึ่งใกล้เคียงหรือสูงกว่าความพอดีในหลายคุณลักษณะ โดยเฉพาะความหนืด (3.265 $\pm$ 0.51) และการแพร่กระจายบนผิวหน้ (3.324 $\pm$ 0.47) ที่ได้คะแนนสูงกว่าความพอดี อย่างไรก็ตาม การชิมผ่านผิวหน้ยังคงเป็นจุดที่ต้องปรับปรุง (2.441 $\pm$ 0.50)

ผลิตภัณฑ์น้ำตบ A มีผลการประเมินโดยรวมที่ต่ำกว่าความพอดี โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 2.324 - 3.206 คุณลักษณะที่ได้คะแนนต่ำสุดคือการชิมผ่านผิวหน้ (2.324 $\pm$ 0.47) ซึ่งเป็นปัญหาเดียวกันกับผลิตภัณฑ์เซรัม ส่วนคุณลักษณะที่ได้คะแนนสูงสุดคือการแพร่กระจายบนผิวหน้ (3.206 $\pm$ 0.41) ส่วนน้ำตบ B แสดงผลการประเมินที่สมดุกว่า โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 2.412-3.147 ความหนืดได้คะแนนพอดี (3.000 $\pm$ 0.25) ซึ่งเป็นคุณลักษณะเดียวที่ได้คะแนนตรงกับเกณฑ์ความพอดีที่สุด นอกจากนี้ น้ำตบ B มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ต่ำในหลายคุณลักษณะ แสดงถึงความสอดคล้องของความคิดเห็นของผู้ทดลองใช้

บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปและอภิปรายผล

การสกัดใช้ตัวทำละลายเอทานอลด้วยวิธีการแช่หมัก และการสกัดด้วยเอทานอลร่วมกับเทคนิคคลื่นอัลตราโซนิก สารสกัดถูกกรองและนำไปประเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่องระเหยแบบสุญญากาศ จากนั้นประเมินลักษณะกายภาพและค่านวนหาร้อยละของสารสกัด สารสกัดจากส่วนต่าง ๆ ของเมล็ดลิ้นจี่พันธุ์ค่อมมีลักษณะกายภาพที่คล้ายคลึงกัน คือ มีเนื้อสัมผัสเหนียว แต่มีความแตกต่างด้านสีคือ สารสกัดจากเปลือกเมล็ดมี สีน้ำตาลเข้ม จากเนื้อเมล็ดมีสีน้ำตาลอ่อน และทั้งเมล็ดมีสีน้ำตาลเข้ม ค่าร้อยละของสารสกัดพบว่า เนื้อเมล็ดให้ผลผลิตสูงที่สุดในทั้งสองวิธี โดยการแช่หมักให้ %yield เท่ากับ 13.50 ส่วนการสกัดด้วยคลื่นอัลตราโซนิกให้ 13.02 แสดงว่าเนื้อเมล็ดมีสารที่ละลายในเอทานอลได้มากที่สุดตามด้วยเมล็ดทั้งเมล็ดที่ให้ %yield เท่ากับ 13.10 (แช่หมัก) และ 13.26 (อัลตราโซนิก) ซึ่งสูงกว่าการแช่หมักเล็กน้อย บ่งชี้ว่าวิธีอัลตราโซนิกช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการสกัดในส่วนนี้ได้ดีกว่า

การศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดเมล็ดลิ้นจี่พันธุ์ค่อมในเอทานอลด้วยวิธี DPPH และ ABTS โดยแบ่งการศึกษาสารสกัดออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนของเปลือกเมล็ด ส่วนของเนื้อเมล็ด และส่วนของทั้งเมล็ด สารสกัดเมล็ดลิ้นจี่พันธุ์ค่อมมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH โดยมีค่า IC_{50} อยู่ในช่วง 200.4-224.4 mg/mL เนื้อเมล็ดแสดงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด ($IC_{50} = 200.4 \pm 4.15$ mg/mL) รองลงมาคือเปลือกเมล็ด ($IC_{50} = 212.2 \pm 6.41$ mg/mL) และทั้งเมล็ด ($IC_{50} = 224.4 \pm 2.23$ mg/mL) ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของสารสกัด โดยที่ความเข้มข้น 1,000 mg/mL สามารถยับยั้งอนุมูลอิสระได้ $94.88 \pm 0.76\%$ ส่วนการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS สารสกัดเมล็ดลิ้นจี่พันธุ์ค่อมมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS โดยมีค่า IC_{50} อยู่ในช่วง 88.63-92.77 mg/mL เนื้อเมล็ดแสดงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด ($IC_{50} = 88.63 \pm 1.24$ mg/mL) รองลงมาคือทั้งเมล็ด ($IC_{50} = 92.34 \pm 1.93$ mg/mL) และเปลือกเมล็ด ($IC_{50} = 92.77 \pm 1.33$ mg/mL) ที่ความเข้มข้น 1,000 mg/mL สามารถยับยั้งอนุมูลอิสระได้สูงถึง $97.97 \pm 0.56\%$ จากผลการทดลองพบว่าการทดสอบด้วยวิธี ABTS แสดงค่า IC_{50} ที่ต่ำกว่าวิธี DPPH อย่างมีนัยสำคัญ (88.63-92.77 mg/mL เทียบกับ 200.4 - 224.4 mg/mL) ซึ่งบ่งชี้ว่าวิธี ABTS มีความไวในการตรวจวัดฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากกว่าวิธี DPPH ประมาณ 2-2.5 เท่า ความแตกต่างนี้เกิดจากกลไกการทำปฏิกิริยาที่แตกต่างกันระหว่างสองวิธี โดยวิธี ABTS สามารถตรวจวัดสารต้านอนุมูลอิสระที่ละลายในน้ำและไขมันได้ในขณะที่วิธี DPPH จำกัต้องอยู่เฉพาะสารที่ละลายในไขมันเท่านั้น

ผลการทดสอบแสดงว่าสารสกัดเมล็ดลิ้นจี่พันธุ์ค่อมมีฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสในระดับต่ำมาก ซึ่งไม่เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์ที่ต้องการควบคุมการเกิดเม็ดสีเมลานิน อย่างไรก็ตาม การศึกษาเพิ่มเติมด้วยวิธีการสกัดหรือการแยกสารประกอบบริสุทธิ์อาจให้ผลลัพธ์ที่แตกต่างกัน สารสกัดทั้งเมล็ดแสดงฤทธิ์ต้านการอักเสบที่น่าสนใจ โดยมีค่า $IC_{50} = 81.55$ mg/mL ซึ่งอยู่ในระดับปานกลาง ความสำคัญของผลการทดลองนี้คือการยืนยันความปลอดภัยของสารสกัด เนื่องจากไม่มีความเป็นพิษต่อเซลล์ในความเข้มข้นที่ทดสอบ นอกจากนี้ การที่เนื้อเมล็ดและเปลือกเมล็ดไม่แสดงฤทธิ์ต้านการอักเสบบ่งชี้ว่าสารประกอบที่มีฤทธิ์ดังกล่าวอาจกระจายอยู่ทั่วทั้งเมล็ดหรือเกิดจากการทำงานร่วมกันของสารประกอบจากทั้งสองส่วน

การทดสอบความเป็นพิษของตัวอย่างทดสอบ คือสารสกัดเมล็ดลิ้นจี่ในเอทานอลต่อเซลล์ผิวหนังมนุษย์ชนิดเคราสโนโซต์ ระดับความเข้มข้นตั้งแต่ร้อยละ 0.70 ถึง 12.5 ทดสอบนาน 24 ชั่วโมง ไม่ก่อให้เกิดความเป็นพิษ และตรวจไม่พบการเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยาของเซลล์ แต่ที่ระดับความเข้มข้นที่ร้อยละ 25 และ 50 เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะสัณฐานวิทยาของเซลล์ที่ระดับ 2 และ 3 มีความเป็นพิษปานกลางและมีความเป็นพิษสูงตามลำดับ และที่ความเข้มข้นสูงสุดร้อยละ 100 เกิดการเปลี่ยนแปลงสัณฐานวิทยาของเซลล์ในระดับ 4 ซึ่งจัดว่าเป็นพิษรุนแรง และมีอัตราการรอดชีวิตของเซลล์ต่ำกว่าร้อยละ 50 (IC_{50}) และค่าความเข้มข้นของตัวอย่างทดสอบที่ก่อให้เกิดการตายของเซลล์ร้อยละ 50 เท่ากับร้อยละ 39.12 ผลการวิเคราะห์ปริมาณและอัตราการยับยั้งการหลั่งเอนไซม์ TNF-alpha พบว่าตัวอย่างทดสอบที่ความเข้มข้นร้อยละ 6.25 มีปริมาณเอนไซม์ TNF-alpha เท่ากับ 160.21 pg/mL โดยมีอัตราการยับยั้งการหลั่งเอนไซม์ TNF-alpha สูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 46.63

การทดสอบฤทธิ์ต้านจุลชีพแสดงให้เห็นถึงศักยภาพที่โดดเด่นของสารสกัดเมล็ดลิ้นจี่ โดยเฉพาะการยับยั้ง *P. acnes* ซึ่งเป็นแบคทีเรียสาเหตุหลักของการเกิดสิวอักเสบ การที่หึงเมล็ดแสดงฤทธิ์ยับยั้ง *P. acnes* สูงถึง 18.7 mm และ *C. albicans* ถึง 16.7 mm บ่งชี้ว่ามีศักยภาพสูงในการนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์รักษาและป้องกันสิว รวมถึงการควบคุมเชื้อราบนผิวหนัง การแสดงฤทธิ์ต้าน *S. aureus* และ *S. epidermidis* ในระดับปานกลางยังเสริมศักยภาพในการใช้เป็นสารต้านจุลชีพทั่วไปสำหรับผิวหนัง ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับฤทธิ์ต้านการอักเสบ แสดงให้เห็นถึงกลไกการทำงานแบบบูรณาการในการดูแลปัญหาผิวหนัง ฤทธิ์ต้านจุลชีพที่โดดเด่นต่อ *P. acnes* และ *C. albicans* ร่วมกับฤทธิ์ต้านการอักเสบ ทำให้สารสกัดเมล็ดลิ้นจี่พันธุ์คอมมีศักยภาพสูงในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ดูแลผิวหนัง โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์รักษาสิวและปัญหาผิวหนังอักเสบ

การวิเคราะห์สารสำคัญในสารสกัดเมล็ดลิ้นจี่โดยใช้ตัวทำละลายเอทานอลเป็นตัวสกัดด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟี-แมสสเปกโตรเมตรี (GC-MS) เพื่อแยกและระบุองค์ประกอบทางเคมีของสารออกฤทธิ์ที่สามารถระเหยได้ที่อยู่ในตัวอย่าง ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ได้รับการตีความโดยการเปรียบเทียบกับสเปกตรัมมวล ที่ได้กับฐานข้อมูลมาตรฐาน (NIST) เพื่อระบุชนิดของสารอย่างแม่นยำ จากผลการวิเคราะห์พบสารประกอบสำคัญที่มีพื้นที่ใต้พีค (peak area) เกิน 3% ซึ่งถือว่ามีปริมาณค่อนข้างสูงและมีนัยสำคัญทางเคมี ได้แก่ 9,11-octadecadienoic acid, 8-hydroxy-, methyl ester เป็นอนุพันธ์ของกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีโครงสร้างพิเศษ อาจมีบทบาททางชีวภาพ เช่น คุณสมบัติต้านการอักเสบหรือต้านอนุมูลอิสระ glycerin (glycerol) เป็นสารโพลีแอลกอฮอล์ที่พบทั่วไปในระบบชีวภาพ มีคุณสมบัติในการกักเก็บความชุ่มชื้น และอาจทำหน้าที่เป็นตัวทำละลายหรือสารตั้งต้นในการสังเคราะห์สารชีวโมเลกุล hexadecanoic acid, ethyl ester (ethyl palmitate) เป็นอนุพันธ์ของกรดปาล์มิติก ซึ่งอาจมีฤทธิ์ต้านจุลชีพและใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง hexadecanoic acid เป็นกรดไขมันอิ่มตัวที่พบมากในธรรมชาติ มีบทบาทในการสร้างเยื่อหุ้มเซลล์ และอาจมีส่วนเกี่ยวข้องกับกระบวนการเมตาบอลิซึม oleic acid เป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (monounsaturated fatty acid) ที่มีคุณสมบัติช่วยลดการอักเสบ ปรับสมดุลผิว และเป็นส่วนประกอบสำคัญของน้ำมันธรรมชาติหลายชนิด ethyl oleate เป็นอนุพันธ์ของกรดโอเลอิก เป็นเอสเทอร์ที่มีศักยภาพในการใช้เป็นสารนำส่งยา (drug carrier) หรือมีฤทธิ์ต้านการอักเสบ 18-nonadecenoic acid เป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวสายยาว อาจมีบทบาทในการปรับสมดุลของเซลล์ ethyl 9-hexadecenoate เป็นเอสเทอร์ของกรดไขมันสายกลางที่ไม่อิ่มตัว อาจมีฤทธิ์ทางชีวภาพ เช่น ต้านเชื้อจุลินทรีย์ Ethyl (9Z,12Z)-9,12-octadecadienoate (ethyl linoleate) เป็นอนุพันธ์ของกรดลิโนเลอิก (linoleic acid) ซึ่งเป็นกรดไขมันโอเมก้า-6 ที่จำเป็น มีบทบาทสำคัญในการดูแลสุขภาพผิว

และช่วยลดการสูญเสียจากผิวหนัง สารประกอบที่ระบุได้เหล่านี้ส่วนใหญ่เป็นกรดไขมันและอนุพันธ์ของกรดไขมัน ซึ่งมีศักยภาพในการออกฤทธิ์ทางชีวภาพหลายด้าน เช่น ด้านการอักเสบ ด้านอนุมูลอิสระ ปรับสมดุลผิว และช่วยเสริมสร้างเกราะป้องกันผิว ผลการวิเคราะห์นี้สนับสนุนศักยภาพของสารสกัดเมล็ดลิ้นจี่ในการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง ผลิตภัณฑ์ดูแลผิว หรือผลิตภัณฑ์สุขภาพที่ต้องการคุณสมบัติทางชีวภาพจากธรรมชาติ

ประเมินการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์เซรัมและน้ำตบ โดยเปรียบเทียบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของเซรัม 2 สูตร (เซรัม A และ B) และน้ำตบ 2 สูตร (น้ำตบ A และ B) การประเมินดำเนินการกับผู้ประเมิน 35 คน โดยใช้ 7-point hedonic scale ประเมินคุณลักษณะ 9 ด้าน ได้แก่ สี กลิ่น ลักษณะเนื้อสัมผัส การซึมผ่านผิวหนัง การแพร่กระจายบนผิวหนัง ความหนืด ความเหนอะหนะ ความชุ่มชื้น และความชอบโดยรวม ข้อมูลถูกวิเคราะห์ด้วยเทคนิค analysis of variance ผลการศึกษาพบว่าผลิตภัณฑ์น้ำตบมีค่าเฉลี่ยการยอมรับสูงกว่าผลิตภัณฑ์เซรัมในทุกคุณลักษณะ โดยน้ำตบ B ได้รับการยอมรับสูงสุดในความชอบโดยรวม (6.353 ± 0.69) ขณะที่เซรัม A ได้รับการยอมรับต่ำสุด (5.853 ± 0.89) คุณลักษณะที่ได้รับการยอมรับสูงสุดคือความชุ่มชื้นและความเหนอะหนะ ส่วนลักษณะเนื้อสัมผัสของเซรัม A เป็นจุดที่ต้องปรับปรุง ผลการศึกษานี้สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาและปรับปรุงผลิตภัณฑ์เพื่อเพิ่มการยอมรับของผู้บริโภค

5.2 ข้อเสนอแนะ

สารสกัดเมล็ดลิ้นจี่พันธุ์คอมพิวเตอร์จะมีฤทธิ์ด้านอนุมูลอิสระที่ไม่สูงเมื่อเปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน และมีฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสต่ำ แต่การแสดงฤทธิ์ด้านการอักเสบของทั้งเมล็ดและความปลอดภัยต่อเซลล์ทำให้ยังคงมีศักยภาพในการใช้เป็นวัตถุดิบธรรมชาติสำหรับผลิตภัณฑ์เสริมอาหารหรือเครื่องสำอางที่เน้นการต้านการอักเสบ นอกจากนี้ การใช้ประโยชน์จากเศษเหลือทิ้งจากการแปรรูปลิ้นจี่ยังเป็นแนวทางที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลผลิตทางการเกษตร ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในอนาคต

1. การพัฒนาวิธีการสกัด ควรศึกษาวิธีการสกัดที่หลากหลาย เช่น การสกัดด้วยไมโครเวฟ การสกัดด้วยความดันสูง หรือการใช้ตัวทำละลายที่แตกต่างกัน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัดสารด้านอนุมูลอิสระ
2. การระบุและแยกสารประกอบ ควรดำเนินการวิเคราะห์ทางเคมีเพื่อระบุและแยกสารประกอบที่มีฤทธิ์ด้านอนุมูลอิสระ
3. การทดสอบทางชีววิทยา ขยายการศึกษาไปสู่การทดสอบในระบบเซลล์และสัตว์ทดลอง เพื่อประเมินประสิทธิภาพและความปลอดภัยในการใช้งานจริง
4. การศึกษาเปรียบเทียบพันธุ์ ควรศึกษาเปรียบเทียบฤทธิ์ด้านอนุมูลอิสระของลิ้นจี่พันธุ์ต่าง ๆ เพื่อคัดเลือกพันธุ์ที่มีประสิทธิภาพสูงสุด
5. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ ควรศึกษาการนำสารสกัดไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ และทดสอบเสถียรภาพของสารออกฤทธิ์ในผลิตภัณฑ์ เช่น อุตสาหกรรมอาหาร สารสกัดเมล็ดลิ้นจี่อาจใช้เป็นสารกันเสียธรรมชาติในผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูป อุตสาหกรรมเครื่องสำอาง สามารถพัฒนาเป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์บำรุงผิวที่มุ่งเน้นการต้านการเสื่อมสภาพของเซลล์ พัฒนาเป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์ดูแลผิวหน้า โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์รักษาผิวและต้านการอักเสบ รวมถึงผลิตภัณฑ์ด้านจุลชีพสำหรับผิวหนัง

และผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร อาจพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เสริมอาหารสำหรับกลุ่มผู้บริโภคที่ต้องการสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติ

6. ปรับปรุงสูตรผลิตภัณฑ์จากข้อเสนอแนะของผู้ทดสอบ โดยพิจารณาถึงองค์ประกอบอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น ข้อกำหนดทางกฎหมาย แนวโน้มการตลาด ชนิดวัตถุดิบ ราคาต่อหน่วย เป็นต้น



บรรณานุกรม

- กรมทรัพย์สินทางปัญญา. (2555). การขึ้นทะเบียนสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ ลิ้นจี่คอมพิวเตอร์สงคราม.
<https://www.ipthailand.go.th/images/3534/2563/GI/20200602/43.55100043.pdf>
- ยุพารัตน์ โพธิ์เศษ และคมศักดิ์ พินธะ. (2021). สภาวะการสกัดที่เหมาะสมและการทำแห้งสารสกัดเมล็ด
ลิ้นจี่. *Naresuan Phayao Journal*. 14(2), 105-115.
- วรารณา มากกำไร และปาริชาติ พจนศิลป์. (2566). การสกัดสารสำคัญจากเปลือกและเมล็ดลิ้นจี่ด้วย
ไมโครเวฟครวเรือนและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ. *แก่นเกษตร*, 51(3), 400-405.
- ศิริทิพย์ พรหมเสนา, ฉัตรลดา หงษ์วิสัย, ชนาวิทย์ ปาหา, วสุพล คมกล้า, ธนฤต งามแสง, ขวัญชัย
ศรีทาร์ตัน และจรินยา ขุนทะวาด. (2022). *Koch Cha Sarn Journal of Science*, 44(1), 43-
50. <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/kochasarn/article/view/256536>
- Altundag, H., & Tuzen, M. (2011). Comparison of dry, wet and microwave digestion
methods for the multi element determination in some dried fruit samples by ICP-
OES. *Food and Chemical Toxicology*, 49(11), 2800-2807.
<https://doi.org/10.1016/j.fct.2011.07.064>
- Arjunan, K. P., Sharma, V. K., & Ptasinska, S. (2015). Effects of atmospheric pressure
plasmas on isolated and cellular DNA-a review. *International Journal of Molecular
Sciences*, 16(2), 2971-3016. <https://doi.org/10.3390/ijms16022971>
- Balouiri, M., Sadiki, M., & Ibnsouda, 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>
- Bangar, S. P., Kumar, M., Whiteside, W. S., Tomar, M., & Kennedy, J. F. (2021). Litchi (*Litchi
chinensis*) seed starch: Structure, properties, and applications - A review.
Carbohydrate Polymer Technologies and Applications, 2, 100080.
<https://doi.org/10.1016/j.carpta.2021.100080>
- Barnham, K. J., Masters, C. L., & Bush, A. I. (2004). Neurodegenerative diseases and
oxidative stress. *Nature Reviews Drug Discovery*, 3(3), 205-214.
<https://doi.org/10.1038/nrd1330>
- Benzie, I. F. F., & Strain, J. J. (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a
measure of “antioxidant power”: The FRAP assay. *Analytical Biochemistry*, 239(1),
70-76. <https://doi.org/10.1006/abio.1996.0292>
- Bissett, D. L., Oblong, J. E., & Berge, C. A. (2005). Niacinamide: A B vitamin that improves
aging facial skin appearance. *Dermatologic Surgery*, 31(7 Pt 2), 860-865; discussion
865. <https://doi.org/10.1111/j.1524-4725.2005.31732>
- Castillo-Olvera, G., Sandoval-Cortes, J., Ascacio-Valdes, J. A., Wong-Paz, J. E., Álvarez-Pérez,
O. B., FloresLópez, M. L., & Aguilar, C. N. (2025, 2025/01/05). Litchi chinensis:
nutritional, functional, and nutraceutical properties. *Food Production, Processing
and Nutrition*, 7(1), 3. <https://doi.org/10.1186/s43014-024-00275-z>

- Chen, X., Zhou, M., Wang, Y., Zhang, J., & Tian, W. (2023). A rapid and green method for the simultaneous extraction and determination of copper, arsenic and lead in edible oil. *Food Chemistry Advances*, 3, 100495.
<https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100495>
- Chishti, N. A. H., Shaikh, Z. Z., Dnyaneshwar, N. P., & Gajanan, S. A. (2025). Formulation development and evaluation of anti-aging vitamin E face serum. *International Journal of Pharmaceutical Research and Applications*, 10(1), 787-795.
<https://doi.org/10.35629/4494-1001787795>
- Choi, S. A., Lee, J. E., Kyung, M. J., Youn, J. H., Oh, J. B., & Whang, W. K. (2017). Anti-diabetic functional food with wasted litchi seed and standard of quality control. *Applied Biological Chemistry*, 60(2), 197-204. <https://doi.org/10.1007/s13765-017-0269-9>
- Christodoulou, M. C., Orellana Palacios, J. C., Hesami, G., Jafarzadeh, S., Lorenzo, J. M., Domínguez, R., Moreno, A., & Hadidi, M. (2022). Spectrophotometric methods for measurement of antioxidant activity in food and pharmaceuticals. *Antioxidants (Basel)*, 11(11). <https://doi.org/10.3390/antiox11112213>
- Chukwuma, C. I., Izu, G. O., Chukwuma, M. S., Samson, M. S., Makhafola, T. J., & Erukainure, O. L. (2021). A review on the medicinal potential, toxicology, and phytochemistry of litchi fruit peel and seed. *Journal of Food Biochemistry*, 45(12), e13997.
<https://doi.org/10.1111/jfbc.13997>
- Dafale, N. A., Semwal, U. P., Rajput, R. K., & Singh, G. N. (2016, Aug). Selection of appropriate analytical tools to determine the potency and bioactivity of antibiotics and antibiotic resistance. *J Pharm Anal*, 6(4), 207-213.
<https://doi.org/10.1016/j.jpha.2016.05.006>
- Daorueang, D. (2019). Phenolic content and antioxidant activity of lychee seed extract. *Naresaun Phayao Journal*, 12(2), 25-27.
- Dong, X., Huang, Y., Wang, Y., & He, X. (2019). Anti-inflammatory and antioxidant jasmonates and flavonoids from lychee seeds. *Journal of Functional Foods*, 54, 74-80. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2018.12.040>
- Elin Novia, S., Berna, E., & Rani, S. (2018). Phytochemical screening, total flavonoid and total phenolic content and antioxidant activity of different parts of *Caesalpinia bonduc* (L.) Roxb. *Pharmacognosy Journal*, 10(1), 123-127.
<https://doi.org/10.5530/pj.2018.1.22>
- Emanuele, S., Lauricella, M., Calvaruso, G., D'Anneo, A., & Giuliano, M. (2017). *Litchi chinensis* as a functional food and a source of antitumor compounds: an overview and a description of biochemical pathways. *Nutrients*, 9(9), 992.
<https://doi.org/10.3390/nu9090992>

- García-Villegas, A., Rojas-García, A., Villegas-Aguilar, M. d. C., Fernández-Moreno, P., Fernández-Ochoa, Á., Cádiz-Gurrea, M. d. L., Arráez-Román, D., & Segura-Carretero, A. (2022). Cosmeceutical potential of major tropical and subtropical fruit by-products for a sustainable revalorization. *Antioxidants*, 11(2), 203. <https://doi.org/10.3390/antiox11020203>
- Hagiwara, K., Okura, M., Sumikawa, Y., Hida, T., Kuno, A., Horio, Y., & Yamashita, T. (2016, Oct). Biochemical effects of the flavanol-rich lychee fruit extract on the melanin biosynthesis and reactive oxygen species. *J Dermatol*, 43(10), 1174-1183. <https://doi.org/10.1111/1346-8138.13326>
- Halliwell, B. (1999). Antioxidant defence mechanisms: from the beginning to the end (of the beginning). *Free Radical Research*, 31(4), 261-272. <https://doi.org/10.1080/10715769900300841>
- Hossain, T. J. (2024). Methods for screening and evaluation of antimicrobial activity: A review of protocols, advantages, and limitations. *European Journal of Microbiology and Immunology*, 14(2), 97-115. <https://doi.org/10.1556/1886.2024.00035>
- Huang, G., Wang, Z., Wu, G., Zhang, R., Dong, L., Huang, F., Zhang, M., & Su, D. (2021). Lychee (*Litchi chinensis* Sonn.) pulp phenolics activate the short-chain fatty acid-free fatty acid receptor anti-inflammatory pathway by regulating microbiota and mitigate intestinal barrier damage in dextran sulfate sodium-induced colitis in mice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 69(11), 3326-3339. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.0c07407>
- Janiga-MacNelly, A., McGraw, M., Fernandez-Luna, M. T., & Lavado, R. (2025). Assessment of the toxic effects of parabens, commonly used preservatives in cosmetics, and their halogenated by-products on human skin and endothelial cells. *NAM Journal*, 1, 100011. <https://doi.org/10.1016/j.namjnl.2025.100011>
- Kanlayavattanukul, M., Ospondpant, D., Ruktanonchai, U., & Lourith, N. (2012). Biological activity assessment and phenolic compounds characterization from the fruit pericarp of *Litchi chinensis* for cosmetic applications. *Pharmaceutical Biology*, 50(11), 1384-1390. <https://doi.org/10.3109/13880209.2012.675342>
- Khan, N., Ahmed, S., Sheraz, M. A., Anwar, Z., & Ahmad, I. (2023). Chapter Six - Pharmaceutical based cosmetic serums. In A. A. Al-Majed (Ed.), *Profiles of Drug Substances, Excipients and Related Methodology* (Vol. 48, pp. 167-210). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/bs.podrm.2022.11.006>
- Kilari, E. K., & Putta, S. (2016). Biological and phytopharmacological descriptions of litchi chinensis. *Pharmacognosy Reviews*, 10(19), 60-65. <https://doi.org/10.4103/0973-7847.176548>

- Koul, B., & Singh, J. (2017). Lychee Biology and Biotechnology. In M. Kumar, V. Kumar, R. Prasad, & A. Varma (Eds.), *The Lychee Biotechnology* (pp. 137-192). Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-10-3644-6_5
- Li, B., Hayes, J. E., & Ziegler, G. R. (2014). Just-About-Right and ideal scaling provide similar insights into the influence of sensory attributes on liking. *Food Quality and Preference*, 37, 71-78. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2014.04.019>
- Li, H., Horke, S., & Förstermann, U. (2013). Oxidative stress in vascular disease and its pharmacological prevention. *Trends in Pharmacological Sciences*, 34(6), 313-319. <https://doi.org/10.1016/j.tips.2013.03.007>
- Lim, J. (2011). Hedonic scaling: A review of methods and theory. *Food Quality and Preference*, 22, 733-747. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2011.05.008>
- Lin, C. C., Chung, Y. C., & Hsu, C. P. (2013). Anti-cancer potential of litchi seed extract. *World Journal of Experimental Medicine*, 3(4), 56-61. <https://doi.org/10.5493/wjem.v3.i4.56>
- Lourith, N., & Kanlayavattanakul, M. (2020). Formulation and clinical evaluation of the standardized *Litchi chinensis* extract for skin hyperpigmentation and aging treatments. *Annales Pharmaceutiques Francaises*, 78(2), 142-149. <https://doi.org/10.1016/j.pharma.2020.01.004>
- Mangle, A. P., Bakal, R. L., Jumde, K. S., Hatwar, P. R., & Kalamb, V. S. (2024). The role of serums in addressing skin concerns: Exploring efficacy, safety and trends in beauty and skincare. *GSC Biological and Pharmaceutical Sciences*, 29(2), 66-76. <https://doi.org/10.30574/gscbps.2024.29.2.0400>
- Masamoto, Y., Ando, H., Murata, Y., Shimoishi, Y., Tada, M., & Takahata, K. (2003). Mushroom tyrosinase inhibitory activity of esculetin isolated from seeds of *Euphorbia lathyris* L. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 67(3), 631-634. <https://doi.org/10.1271/bbb.67.631>
- Matwiejczuk, N., Galicka, A., & Brzóska, M. M. (2020). Review of the safety of application of cosmetic products containing parabens. *Journal of Applied Toxicology*, 40(1), 176-210. <https://doi.org/10.1002/jat.3917>
- Maya, I., Sriwidodo, S., Mita, S. R., Kusumawulan, C. K., Putriana, N. A., Amalia, E., Aulia, R. N., Sofyan, H. N., Dzulfannazhir, F., & Nugraha, M. H. (2024). Formulation and evaluation of facial serum containing sachai oil (*Plukenetia volubilis* L.) from Indonesia as an anti-aging: Stability, in vitro, and skin irritation assessments. *Cosmetics*, 11(6), 226. <https://doi.org/10.3390/cosmetics11060226>
- Moreno Luzia, D. M., & Jorge, N. (2011). Evaluating of the activity antioxidant and fatty acids profile of lychee seeds (*Litchi chinensis* Sonn.). *Nutrition & Food Science*, 41(4), 261-267. <https://doi.org/10.1108/00346651111151393>

- Mosmann, T. (1983, Dec 16). Rapid colorimetric assay for cellular growth and survival: application to proliferation and cytotoxicity assays. *Journal of Immunological Methods*, 65(1-2), 55-63. [https://doi.org/10.1016/0022-1759\(83\)90303-4](https://doi.org/10.1016/0022-1759(83)90303-4)
- Munteanu, I. G., & Apetrei, C. (2021). Analytical methods used in determining antioxidant activity: A review. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(7). <https://doi.org/10.3390/ijms22073380>
- Nabilah, T. U., & Mentari, I. A. (2023). Formulation and physical stability test of essence sheet mask preparation from Kokang leaf extract (*Lapisanthes amoena*) *Jurnal Mandala Pharmacon Indonesia*, 9(1), 80-86. <https://doi.org/10.35311/jmpi.v9i1.302>
- Okonogi, S., Duangrat, C., Anuchpreeda, S., Tachakittirungrod, S., & Chowwanapoonpohn, S. (2007). Comparison of antioxidant capacities and cytotoxicities of certain fruit peels. *Food Chemistry*, 103(3), 839-846. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.09.034>
- Paliga, M., Novello, Z., Dallago, R. M., Scapinello, J., Magro, J. D., Di Luccio, M., Tres, M. V., & Oliveira, J. V. (2017, Mar). Extraction, chemical characterization and antioxidant activity of *Litchi chinensis* Sonn. and *Avena sativa* L. seeds extracts obtained from pressurized n-butane. *J Food Sci Technol*, 54(3), 846-851. <https://doi.org/10.1007/s13197-016-2485-4>
- Papakonstantinou, E., Roth, M., & Karakiulakis, G. (2012). Hyaluronic acid: A key molecule in skin aging. *Dermatoendocrinol*, 4(3), 253-258. <https://doi.org/10.4161/derm.21923>
- Pham-Huy, L. A., He, H., & Pham-Huy, C. (2008, Jun). Free radicals, antioxidants in disease and health. *International Journal of Biomedical Science*, 4(2), 89-96.
- Phaniendra, A., Jestadi, D. B., & Periyasamy, L. (2015). Free radicals: properties, sources, targets, and their implication in various diseases. *Indian Journal of Clinical Biochemistry*, 30(1), 11-26. <https://doi.org/10.1007/s12291-014-0446-0>
- Pisoschi, A. M., & Negulescu, G. P. (2012). Methods for total antioxidant activity determination: A review. *Biochemistry & Analytical Biochemistry*, 01, 1-10.
- Pisoschi, A. M., & Pop, A. (2015). The role of antioxidants in the chemistry of oxidative stress: A review. *European Journal of Medicinal Chemistry*, 97, 55-74. <https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2015.04.040>
- Poprac, P., Jomova, K., Simunkova, M., Kollar, V., Rhodes, C. J., & Valko, M. (2017). Targeting free radicals in oxidative stress-related human diseases. *Trends in Pharmacological Sciences*, 38(7), 592-607. <https://doi.org/10.1016/j.tips.2017.04.005>
- Potisate, Y., & Pintha, K. (2021). Optimum extraction condition and dehydration of lychee seeds extracts. *Naresuan Phayao Journal*, 14(2), 105-115.

- Preeti, Narwal, S., & Agarwal, G. (2024). *Cosmetic Science for Eighth Semester Bachelor in Pharmacy*. CBS Publishers.
- Punia, S., & Kumar, M. (2021). Litchi (*Litchi chinensis*) seed: Nutritional profile, bioactivities, and its industrial applications. *Trends in Food Science and Technology*, 108, 58-70. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.12.005>
- Qi, S., Huang, H., Huang, J., Wang, Q., & Wei, Q. (2015). Lychee (*Litchi chinensis* Sonn.) seed water extract as potential antioxidant and anti-obese natural additive in meat products. *Food Control*, 50, 195-201. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.08.047>
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., & Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*, 26(9), 1231-1237. [https://doi.org/10.1016/S0891-5849\(98\)00315-3](https://doi.org/10.1016/S0891-5849(98)00315-3)
- Rosales, M. P., Jiménez, R. E., Ramos, M. O. A., Hernández, B. M. T., García, O. F., Salgado, C. M. P., & López, C. M. S. (2019). Phenolic compounds in the pulp, pericarp and seed of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) in different stages of maturation. *Nutrition and Food Science International Journal*, 8, 555736. <https://doi.org/10.19080/NFSIJ.2019.08.555736>
- Rusu, M. E., Fizeşan, I., Vlase, L., & Popa, D. S. (2022). Antioxidants in age-related diseases and anti-aging strategies. *Antioxidants (Basel)*, 11(10). <https://doi.org/10.3390/antiox11101868>
- Sai-Ut, S., Kingwascharapong, P., Mazumder, M. A., & Rawdkuen, S. (2023). Optimization of Ethanolic Extraction of Phenolic Antioxidants from Lychee and Longan Seeds Using Response Surface Methodology. *Foods*, 12(15).
- Saisavoey, T., Sangtanoo, P., Reamtong, O., & Karnchanatat, A. (2018). Anti-inflammatory effects of lychee (*Litchi chinensis* Sonn.) seed peptide hydrolysate on RAW 264.7 macrophage cells. *Food Biotechnology*, 32(2), 79-94. <https://doi.org/10.1080/08905436.2018.1443821>
- Saive, M., Genva, M., Istasse, T., Frederich, M., Maes, C., & Fauconnier, M. L. (2020). Identification of a proanthocyanidin from *Litchi Chinensis* Sonn. root with anti-tyrosinase and antioxidant activity. *Biomolecules*, 10(9), 1347.
- Sangeetha, G., & Vidhya, R. (2016). In vitro anti-inflammatory activity of different parts of *Pedaliu murex* (L.). *International Journal of Herbal Medicine*, 4, 31-36.
- Sathya, R., Valan Arasu, M., Ilavenil, S., Rejiniemon, T. S., & Vijayaraghavan, P. (2023). Cosmeceutical potentials of litchi fruit and its by-products for a sustainable revalorization. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 50, 102683. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2023.102683>

- Sharma, S., Ahmad, U., Akhtar, J., Islam, A., Muazzam Khan, M., & Rizvi, N. (2023). The Art and Science of Cosmetics: Understanding the Ingredients. In U. Ahmad & J. Akhtar (Eds.), *Cosmetic Products and Industry - New Advances and Applications* (pp. 1-23). IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.112925>
- Sharmin, S., Muzahid, A. A., Islam, M. M., Yeasmin, M. S., Dey, A. K., Uddin, M. J., Rana, G. M. M., Barmon, J., Alam, S., Bhuiyan, M. N. H., & Ahmed, N. U. (2025). Preliminary investigation of GC-MS profiling and antibacterial activities of different solvent extracts from *Litchi chinensis* Sonn. seed. *Scientifica (Cairo)*, 2025, 7644558. <https://doi.org/10.1155/sci5/7644558>
- Shukla, R. K., Painuly, D., Porval, A., & Shukla, A. (2014). Proximate analysis, nutritional value, phytochemical evaluation, and biological activity of *Litchi chinensis* Sonn. leaves. *Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants*, 20(2), 196-208. <https://doi.org/10.1080/10496475.2013.848830>
- Singh, J. P., Singh, S. K., Chandel, R., & Mishra, B. (2013). Evaluation of antimicrobial and antioxidant property of lychee's seed for therapeutic purpose. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*, 14, 72-76.
- Suvarnakuta, P., Chaweerungrat, C., & Devahastin, S. (2011). Effects of drying methods on assay and antioxidant activity of xanthones in mangosteen rind. *Food Chemistry*, 125(1), 240-247. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.09.015>
- Tang, Y., Xiong, R., Wu, A. G., Yu, C. L., Zhao, Y., Qiu, W. Q., Wang, X. L., Teng, J. F., Liu, J., Chen, H. X., Wu, J. M., & Qin, D. L. (2018). Polyphenols derived from lychee seed suppress A β (1-42)-induced neuroinflammation. *International Journal of Molecular Sciences*, 19(7), 2109. <https://www.mdpi.com/1422-0067/19/7/2109>
- Tang, Y., Yu, C., Wu, J., Chen, H., Zeng, Y., Wang, X., Yang, L., Mei, Q., Cao, S., & Qin, D. (2018). Lychee seed extract protects against neuronal injury and improves cognitive function in rats with type II diabetes mellitus with cognitive impairment. *International Journal of Molecular Medicine*, 41(1), 251-263. <https://doi.org/10.3892/ijmm.2017.3245>
- Thiesen, L. C., Baccarin, T., Fischer-Muller, A. F., Meyre-Silva, C., Couto, A. G., Bresolin, T. M., & Santin, J. R. (2017). Photochemoprotective effects against UVA and UVB irradiation and photosafety assessment of *Litchi chinensis* leaves extract. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 167, 200-207. <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2016.12.033>
- Wang, L., Lou, G., Ma, Z., & Liu, X. (2011, 2011/06/01/). Chemical constituents with antioxidant activities from litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) seeds. *Food Chemistry*, 126(3), 1081-1087. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.11.133>

- Wathita Phachonpai, C. T., Prathakphong Riyamongkol, Dej Mann, Teera Chanmanee, Watcharaporn Predapirom Jeefoo. (2025). *Role of lychee seed extract in alleviation of ethanol-induced oxidative brain damage and memory deficit via its antioxidant and acetylcholinesterase inhibitory activities in rats* (V.15), Issue 8. https://japsonline.com/bib_files/abstract.php?article_id=japs4573
- Wiriya Alongkorn, W., & Rasananda, S. (2010). Thai tropical lychees - identification of cultivars by morphological method. *Acta Horticulturae*, 863, 407-412. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2010.863.55>
- Wu, H., Li, X., & Qiu, L. (2004). Studies on superoxide scavenging capability on Lychee and longan fruit pulp by its polysaccharides. *Food Science and Technology*, 25(5), 166-169.
- Yan, X., Tsuji, G., Hashimoto-Hachiya, A., & Furue, M. (2022). Galactomyces ferment filtrate potentiates an anti-inflammaging system in keratinocytes. *Journal of Clinical Medicine*, 11(21), 6338. <https://doi.org/10.3390/jcm11216338>
- Yan, Y., Fu, H., Tang, Y., Huang, T., Zou, X., Su, N., Wang, D., Wang, C., & Li, M. (2024). Evaluation of cosmetic efficacy of lychee seed fermentation liquid. *Bioresources and Bioprocessing*, 11(1), 104. <https://doi.org/10.1186/s40643-024-00818-9>
- Zamani Taghizadeh Rabe, S., Ghazanfari, T., Siadat, Z., Rastin, M., Zamani Taghizadeh Rabe, S., & Mahmoudi, M. (2015). Anti-inflammatory effect of garlic 14-kDa protein on LPS-stimulated-J774A.1 macrophages. *Immunopharmacology and Immunotoxicology*, 37(2), 158-164. <https://doi.org/10.3109/08923973.2015.1005229>
- Zhang, Y., Jin, D., An, X., Duan, L., Duan, Y., & Lian, F. (2021). Lychee seed as a potential hypoglycemic agent, and exploration of its underlying mechanisms [Review]. *Frontiers in Pharmacology*, 12. <https://doi.org/10.3389/fphar.2021.737803>
- Zhu, X. R., Wang, H., Sun, J., Yang, B., Duan, X. W., & Jiang, Y. M. (2019). Pericarp and seed of litchi and longan fruits: Constituent, extraction, bioactive activity, and potential utilization. *Journal of Zhejiang University-SCIENCE B*, 20(6), 503-512. <https://doi.org/10.1631/jzus.B1900161>

ไม่มีเนื้อหาจากต้นฉบับ



ประวัติย่อผู้วิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรวิทย์ จันทร์สุวรรณ

การศึกษา

- วทด.เคมี (เคมีวิเคราะห์) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2555
- วทม.เคมี (เคมีวิเคราะห์) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2547
- วทบ.เคมี (เกียรตินิยม อันดับ 2) สถาบันราชภัฏกาญจนบุรี, 2543

ประสบการณ์ทำงาน

- อาจารย์ประจำ สังกัดสาขาวิชาเทคโนโลยีสุขภาพ เครื่องสำอางและการชะลอวัย
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ผลงานเผยแพร่

- Sripakdee, T., Sricharoen, P., Nateewattana, J. Chansuvarn, W., Amnuaywattanakul, T., Othata, P., Chanthai, S., & Limchoowong, N. (2025). Enhancing ultrasound-assisted extraction for evaluating antioxidant activity and total phenolic contents in Thai Hom Mali rice: A K-means clustering approach. *Food Measure*. (Article in Press).
- Musik, P., Limchoowong, N., Sricharoen, P., Nateewattana, J., Amnuaywattanakul, T., Chansuvarn, W., & Wanthong, U. (2025). Topographic and flow direction model: A case study of Khuan Kreng peat swamp forest, Southern Thailand. *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, 15(2), 1978-1989.
- Triteeyaprasert, K., Chansuvarn, W., Praphairaksit, N., & Imyim, A. (2025). Speciation analysis of inorganic arsenic in water samples using thiol-ligand and cotton fibres followed by ICP-OES determination. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 105(2), 261-275.
- Meechai, T. Harnroongroj, T., Sukosit, P., Yatsomboon, A., Sasing, N., Nateewattana, J., Panich, S., Amnuaywattanakul, T., Chansuvarn, W., & Sricharoen, P. (2024). Water quality assessment of Khlong Thawi Watthana, Thailand: Physical, chemical and microbiological analysis. *Journal of Southwest Jiaotong University*, 59(2), 69-78.
- Chansuvarn, W., & Panich, S. (2024). Nutritional and sensory properties of plant-based milk produced from Sacha inchi seeds (*Plukenetia volubilis* L.). *Food Science and Applied Biotechnology*, 7(1), 14-23.
- Chansuvarn, W., Tuntulani, T., & Imyim, A. (2015). Colorimetric detection of mercury (II) based on gold nanoparticles, fluorescent gold nanoclusters and other gold-based nanomaterials. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 65, 83-96.

- Chansuvarn, W., & Jainae, K. (2015). Adsorption of Pb(II) from aqueous solution onto manganese oxide-modified laterite soil. *Proceedings 2015 International Conference on Science and Technology, TICST 2015*, 198-205.
- Chansuvarn, W., Panich, S., & Imyim, A. (2013). Simple spectrophotometric method for determination of melamine in liquid milks based on green Mannich reaction. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 113, 154-158.
- Chansuvarn, W., & Imyim, A. (2012). Visual and colorimetric detection of mercury (II) ion using gold nanoparticles stabilized with a dithia-diaza ligand. *Microchimica Acta*, 176, 56-67.
- Chansuvarn, W., & Jainae, K. (2018). Adsorption of cadmium (II) ion from an aqueous solution onto a raw material of bamboo powder and its surface modification. *Applied Mechanics and Materials*, 879, 131-136.
- Chansuvarn, W. (2019). Determination of total arsenic using microwave digestion technique-graphite furnace atomic absorption spectrophotometry. *Applied Mechanics and Materials*, 891, 154-160.
- Chansuvarn, W. (2020). Determination of residual heavy metals in an incinerator bottom ash from a municipal solid waste power plant. *Applied Mechanics and Materials*, 901, 65-71.
- วรวิทย์ จันท์สุวรรณ. (2014). การออกแบบเซนเซอร์ทางเคมีสำหรับตรวจวัดไอออนปรอทด้วยตาเปล่า, *วารสารวิทยาศาสตร์ มช.* 42(4), 748-760.