



การพัฒนาผลิตภัณฑ์บำรุงผิวรอบดวงตาที่มีส่วนผสมของบาคูชิโอล
DEVELOPMENT OF EYE CARE PRODUCT CONTAINING BAKUCHIOL

ธัญวรรณ เฟื่องอัน

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง

สำนักวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง
มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

2564

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

การพัฒนาผลิตภัณฑ์บำรุงผิวรอบดวงตาที่มีส่วนผสมของบาคูชิล
DEVELOPMENT OF EYE CARE PRODUCT CONTAINING BAKUCHIOL

ธัญวรรณ เฟื่องอัน

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง

สำนักวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง
มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

2564

©ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

การพัฒนาผลิตภัณฑ์บำรุงผิวรอบดวงตาที่มีส่วนผสมของบาคูชิโอล
DEVELOPMENT OF EYE CARE PRODUCT CONTAINING BAKUCHIOL

ฉัณววรรณ เฟื่องอัน

การค้นคว้าอิสระนี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง
2564

คณะกรรมการสอบการค้นคว้าอิสระ



ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.มยุรี กัลยาวัฒนกุล)



อาจารย์ที่ปรึกษา

(ดร.นภัตสร ดิษฐาวุฒิกุล)



กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชตศักดิ์ ใจแข็ง)

©ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

กิตติกรรมประกาศ

การค้นคว้าอิสระนี้ได้ประสบความสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี โดยได้รับคำแนะนำและการชี้แนะ ได้รับคำปรึกษา และตรวจทานแก้ไขจาก ดร.นภัตสร ดิษฐาวุฒิกุล ทางผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ เป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ หลักสูตรวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง สำนักวิชา วิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง ที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ทางด้าน วิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง รวมถึงการนำไปประยุกต์ใช้ในงานด้านเครื่องสำอางที่เกี่ยวข้อง ตลอดจน เจ้าหน้าที่สำนักวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง ที่ช่วยประสานงานและให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดี และขอขอบคุณอาสาสมัครที่เสียสละเวลาให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถาม

ขอกราบขอบพระคุณบริษัท ดีเคเอสเอช เพอร์ฟอร์แมนซ์ แมททีเรียลส์ (ประเทศไทย) ที่ให้การสนับสนุนวัสดุดิบและสารเคมีสำหรับทำงานวิจัย ตลอดจนอำนวยความสะดวกด้านเครื่องมือและ เครื่องใช้ในการทดลอง

กราบขอบคุณกำลังใจที่ยิ่งใหญ่ ที่ส่งเสริมและสนับสนุน รวมถึงการช่วยเหลือด้านต่างๆ จาก ครอบครัวของผู้เขียน และจากเพื่อนทุก ๆ ท่าน รวมถึงเพื่อนร่วมงาน ที่ผลักดันให้ผู้เขียนสามารถทำ วิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

สุดท้ายนี้ทางผู้เขียนหวังเป็นอย่างยิ่งว่าผลการศึกษาวิจัยโดยอิสระนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่ สนใจ และหากมีข้อผิดพลาดประการใดทางผู้เขียนขอน้อมรับและขออภัยไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ธัญวรรณ เพ็งอ้น

ชื่อเรื่องการค้นคว้าอิสระ	การพัฒนาผลิตภัณฑ์บำรุงผิวรอบดวงตาที่มีส่วนผสมของบาคูซิออล
ชื่อผู้เขียน	ธัญวรรณ เฟื่องอัน
หลักสูตร	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตรเครื่องสำอาง)
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.นภัตสร ดิษฐาวุฒิกุล

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันผู้บริโภคให้ความนิยมผลิตภัณฑ์เสริมความงามที่มีส่วนผสมของสารจากธรรมชาติมากขึ้น เนื่องจากมีความเชื่อว่าสารจากธรรมชาติมีความปลอดภัยและทำให้เกิดการระคายเคืองน้อยกว่าสารสังเคราะห์ บาคูซิออลเป็นสารจากธรรมชาติที่มีการรายงานว่ามียฤทธิ์ใกล้เคียงกับเรตินอลในด้านการชะลอวัย กระตุ้นการทำงานของคอลลาเจน ลดริ้วรอย เพิ่มความยืดหยุ่นของผิว โดยไม่ก่อให้เกิดภาวะไวต่อแสงเหมือนเรตินอล การศึกษาครั้งนี้จึงพัฒนาผลิตภัณฑ์บำรุงผิวรอบดวงตาที่มีส่วนผสมของบาคูซิออลเพื่อนำไปใช้ลดริ้วรอยรอบดวงตาโดยไม่ก่อให้เกิดการระคายเคือง และสามารถใช้ได้ในเวลากลางวันโดยไม่เกิดภาวะไวต่อแสง โดยการตั้งตำรับ ทดสอบความคงตัวทางกายภาพและทางเคมีของผลิตภัณฑ์บำรุงผิวรอบดวงตาที่มีส่วนผสมของบาคูซิออล และประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ ผลการทดสอบความคงตัวของตำรับพื้นและตำรับที่มีส่วนผสมของบาคูซิออล ร้อยละ 0.5 พบว่าทั้งสองตำรับมีเนื้อเนียนเหมือนเดิม ไม่พบการแยกชั้น กลิ่นคงเดิม ความหนืดและความเป็นกรด-ด่างลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) จากการทดลองหาค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดของบาคูซิออลโดยใช้ความยาวคลื่น 200 ถึง 700 นาโนเมตร พบว่ามีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดอยู่ที่ 263 นาโนเมตร เมื่อนำไปทดสอบความคงตัวทางเคมีของบาคูซิออลในตำรับ พบว่าความเข้มข้นของบาคูซิออลลดลงจาก 2.99 ± 0.07 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร เป็น 2.27 ± 0.12 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร หรือความเข้มข้นบาคูซิออลลดลงร้อยละ 24.13 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ดังนั้นเพื่อความคงตัวของตำรับ อาจเพิ่มสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น บีเอชที หรือวิตามินอีในสูตร และเลือกใช้บรรจุภัณฑ์ที่มีความทึบแสง และศึกษาการใช้สารเพิ่มความหนืดประเภทอื่นเข้ามาเสริมเพื่อช่วยเพิ่มความคงตัวของตำรับ ผลการประเมินความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์จากอาสาสมัครจำนวน 20 คน โดยประเมินความพึงพอใจที่มีต่อการใช้ผลิตภัณฑ์ พบว่าอาสาสมัครมี

ความพึงพอใจมากที่สุดในด้านเนื้อ สี ความเกลี้ยงง่าย ความรู้สึกล้างการใช่ ความชุ่มชื้นของผิว ความไม่ก่อให้เกิดการระคายเคือง และความพึงพอใจโดยรวมของผลิตภัณฑ์ มีเพียงด้านกลิ่นของ ตำรับที่อาสาสมัครมีความพึงพอใจมาก

คำสำคัญ: การพัฒนาตำรับ, บาคูซึอออล, ลตริ้วรอย, ภาวะไวต่อแสง



Independent Study Title	Development of Eye Care Product Containing Bakuchiol
Author	Thanyawan Pengoan
Degree	Master of Science (Cosmetic Science)
Advisor	Naphatsorn Ditthawutthikul, Ph. D.

ABSTRACT

Nowadays, consumers increasingly interest in skincare and cosmetics which are contained of natural ingredients because they believed that natural ingredients are safer and less irritate than synthetic chemicals. As Bakuchiol, it is a natural extract that has been reported similar anti-aging effects to retinol by stimulating collagen production, reducing wrinkles, and increasing skin elasticity, but it doesn't have photosensitive effects like retinol. This study aims to develop an eye care product containing Bakuchiol for reducing wrinkles without irritation that can be used during the day without photosensitive effect by developing, testing the physical and chemical stability formulation, and assessing consumer satisfaction with the products. The base formulation and the formulation containing 0.5% Bakuchiol both passed the stability test showed that they had same smooth texture and did not have any stratification, the odor was unchanged, and the viscosity and pH were both significantly decreased. The wavelength scan from 200 to 700 nanometers revealed that Bakuchiol absorbs UV with the maximum lambda, 263 nanometers. From chemical stability testing of Bakuchiol in base formulation showed that the Bakuchiol concentration significantly reduced by 24.13% from 2.990.07 micrograms per milliliter to 2.270.12 micrograms per milliliter. Therefore, to improve the stability of the formulation, it should add more antioxidants such as BHT or vitamin E to the

formula, use opaque packaging, and study other types of thickeners to enhance the stability of the formula. As a result of the product which evaluated satisfaction from 20 volunteers by trying product, a satisfaction assessment questionnaire showed that volunteers felt very good in term of texture, color, Slippery, feeling, moisturizing, non-irritation and overall of product, except for the smell that the volunteers felt good.

Keywords: Product Development, Bakuchiol, Anti-aging, Photosensitivity



สารบัญ

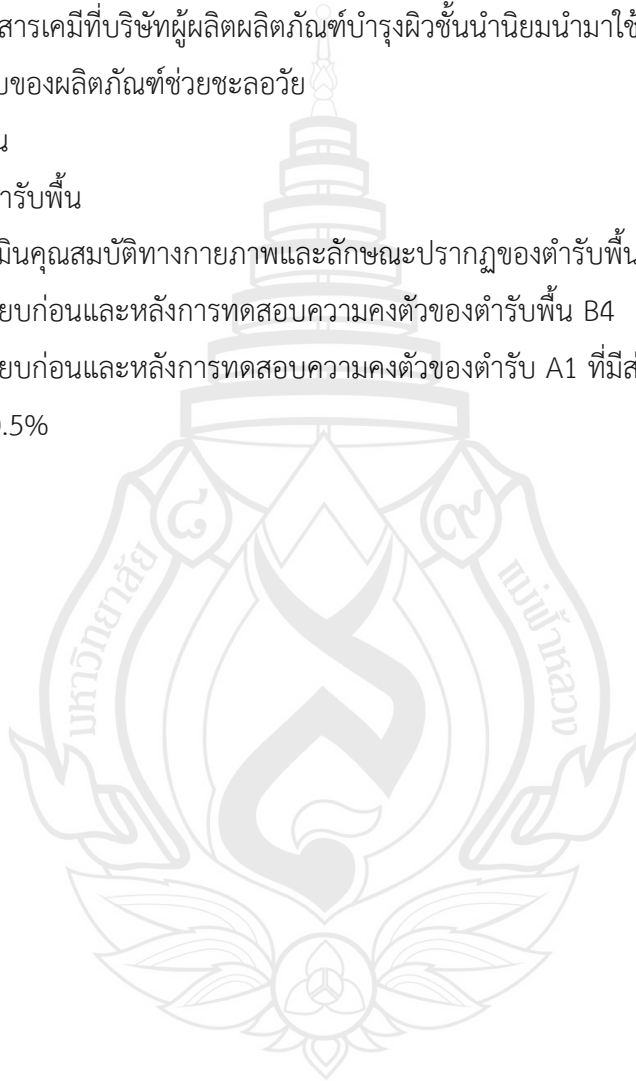
	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	(3)
บทคัดย่อภาษาไทย	(4)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	(6)
สารบัญตาราง	(10)
สารบัญภาพ	(11)
บทที่	
1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
1.3 ขอบเขตของการศึกษา	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 โครงสร้างของผิวหนัง	3
2.2 ปัจจัย กลไกการเกิด และวิธีการรักษาฝีรอย	5
2.3 วิธีการลดฝีรอย	8
2.4 บาคูซิออล	9
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	10
3 ระเบียบวิธีวิจัย	13
3.1 สารเคมีและวัตถุดิบ	13
3.2 อุปกรณ์	14
3.3 เครื่องมือ	14
3.4 วิธีดำเนินการวิจัย	15

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่	
4 ผลการทดลองและอภิปรายผลการทดลอง	20
4.1 ลักษณะบาคูซิออล	20
4.2 ผลการพัฒนาผลิตภัณฑ์บำรุงผิวรอบดวงตาที่มีส่วนผสมของบาคูซิออล	20
4.3 ผลการประเมินคุณสมบัติทางกายภาพและลักษณะปรากฏของตำรับพื้น	22
4.4 ผลการประเมินความคงตัวของตำรับพื้น	22
4.5 ผลการทดลองปรับบาคูซิออลที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ในตำรับพื้น และประเมินคุณสมบัติทางกายภาพและลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์	23
4.6 ผลการประเมินความคงตัวทางด้านเคมีของผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมของบาคูซิออล	26
4.7 ผลการประเมินความพึงพอใจจากอาสาสมัคร	28
5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ	29
5.1 สรุปผลการศึกษา	29
5.2 ข้อเสนอแนะ	30
รายการอ้างอิง	31
ภาคผนวก	35
ภาคผนวก ก แบบประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภคในการใช้ผลิตภัณฑ์บำรุงผิวรอบดวงตาที่มีส่วนผสมของบาคูซิออลเปรียบเทียบกับตำรับพื้น	36
ภาคผนวก ข รายละเอียดของบาคูซิออลจากบริษัท ดีเคเอสเอช เพอร์ฟอร์แมนซ์ แมททีเรียลส์ (ประเทศไทย)	37
ภาคผนวก ค แผนภาพการทำกรทดลอง	38
ประวัติผู้เขียน	43

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
2.1 ตัวอย่างของสารเคมีที่บริษัทผู้ผลิตผลิตภัณฑ์บำรุงผิวชั้นน่านิยมนำมาใช้เป็นส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ช่วยชะลอวัย	9
3.1 สูตรตำรับพื้น	15
4.1 พัฒนาสูตรตำรับพื้น	21
4.2 ผลการประเมินคุณสมบัติทางกายภาพและลักษณะปรากฏของตำรับพื้น B4	22
4.3 ผลเปรียบเทียบก่อนและหลังการทดสอบความคงตัวของตำรับพื้น B4	23
4.4 ผลเปรียบเทียบก่อนและหลังการทดสอบความคงตัวของตำรับ A1 ที่มีส่วนผสมของ บาคูซิออล 0.5%	25



สารบัญญภาพ

ภาพ	หน้า
2.1 โครงสร้างของผิวหนัง	3
2.2 Extracellular matrix ที่พบในชั้นหนังแท้	4
2.3 กลไกการเกิดอนุมูลอิสระของออกซิเจน (ROS) ที่ทำให้เกิดริ้วรอย	7
2.4 โครงสร้างทางเคมีของเรตินอล (A) และบาคูซิออล (B)	10
4.1 ลักษณะทางกายภาพของบาคูซิออล	20
4.2 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงช่วง 200 ถึง 700 นาโนเมตร ของสารบาคูซิออล	26
4.3 กราฟมาตรฐานค่าการดูดกลืนแสงของบาคูซิออลที่ความเข้มข้นต่าง ๆ	27
4.4 กราฟเปรียบเทียบความเข้มข้นของบาคูซิออลในตำรับก่อนและหลังทดสอบความคงตัวด้วยวิธี heating cooling cycle ที่ค่าความชื้น 95 (*p < 0.05)	27
4.5 กราฟเปรียบเทียบความพึงพอใจของผู้บริโภคในการใช้ผลิตภัณฑ์บำรุงผิวรอบดวงตาที่มีส่วนผสมของบาคูซิออลในด้านต่าง ๆ	28

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ในปัจจุบันผู้บริโภคให้ความนิยมผลิตภัณฑ์เสริมความงามที่มีส่วนผสมของสารจากธรรมชาติมากขึ้น เนื่องจากมีความเชื่อว่าสารจากธรรมชาติมีความปลอดภัยและทำให้เกิดการระคายเคืองน้อยกว่าสารสังเคราะห์

เรตินอลหรือวิตามินเอเป็นสารที่รู้จักกันอย่างแพร่หลาย มีฤทธิ์ชะลอวัย ช่วยลดริ้วรอยได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่อย่างไรก็ตาม การใช้เรตินอลนั้นยังมีผลข้างเคียงตามมา เช่น การระคายเคืองผิวแห้ง ผิวแดง ผิวลอก และยังไวต่อแสง (photosensitive) ทำให้ผิวเกิดภาวะผิวไวต่อแสง เช่น ไหม้แดด ปวดแสบ ปวดร้อนได้ง่ายขึ้น ด้วยผลข้างเคียงเหล่านี้ทำให้ในปัจจุบันมีข้อกำหนดการใช้สารกลุ่มเรตินอลในเครื่องสำอางว่าไม่สามารถใช้ในบริเวณเยื่อหุ้มตาได้ (Han et al., 2003)

บาคูซิวอล เป็นสารกลุ่มเมโรเทอร์พีนฟีนอล (meroterpene phenol) ที่ได้จากเมล็ดโกฐนชิณี (*Psoralea corylifolia*) ซึ่งเป็นพืชที่ใช้ในการแพทย์แผนจีนและอายุรเวท บาคูซิวอลมีฤทธิ์ทางชีวภาพที่หลากหลาย เช่น ฤทธิ์ต้านการอักเสบ ฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และฤทธิ์ชะลอวัย เป็นต้น และยังมีรายงานว่าบาคูซิวอลมีฤทธิ์ใกล้เคียงกับเรตินอลในด้านการชะลอวัย กระตุ้นการทำงานของคอลลาเจน ลดริ้วรอย เพิ่มความยืดหยุ่นของผิว โดยไม่ก่อให้เกิดภาวะไวต่อแสงเหมือนเรตินอล (Chaudhuri & Bojanowski, 2014)

ด้วยเหตุผลที่กล่าวมา การศึกษาครั้งนี้จึงพัฒนาผลิตภัณฑ์บำรุงผิวรอบดวงตาที่มีส่วนผสมของบาคูซิวอล โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อนำไปใช้ลดริ้วรอยรอบดวงตาโดยไม่ก่อให้เกิดการระคายเคือง และสามารถใช้ได้ในเวลากลางวันโดยไม่เกิดภาวะไวต่อแสง

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

- 1.2.1 เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์บำรุงผิวรอบดวงตาที่มีส่วนผสมของบาคูชืออล
- 1.2.2 เพื่อทดสอบความคงตัวของผลิตภัณฑ์บำรุงผิวรอบดวงตาที่มีส่วนผสมของบาคูชืออล
- 1.2.3 เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภคในผลิตภัณฑ์บำรุงผิวรอบดวงตาที่มีส่วนผสมของบาคูชืออล

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

- 1.3.1 เตรียมตำรับผลิตภัณฑ์บำรุงผิวรอบดวงตาที่มีส่วนผสมของบาคูชืออล
- 1.3.2 ทดสอบความคงตัวของผลิตภัณฑ์บำรุงผิวรอบดวงตาที่มีส่วนผสมของบาคูชืออล
- 1.3.3 ประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภค

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

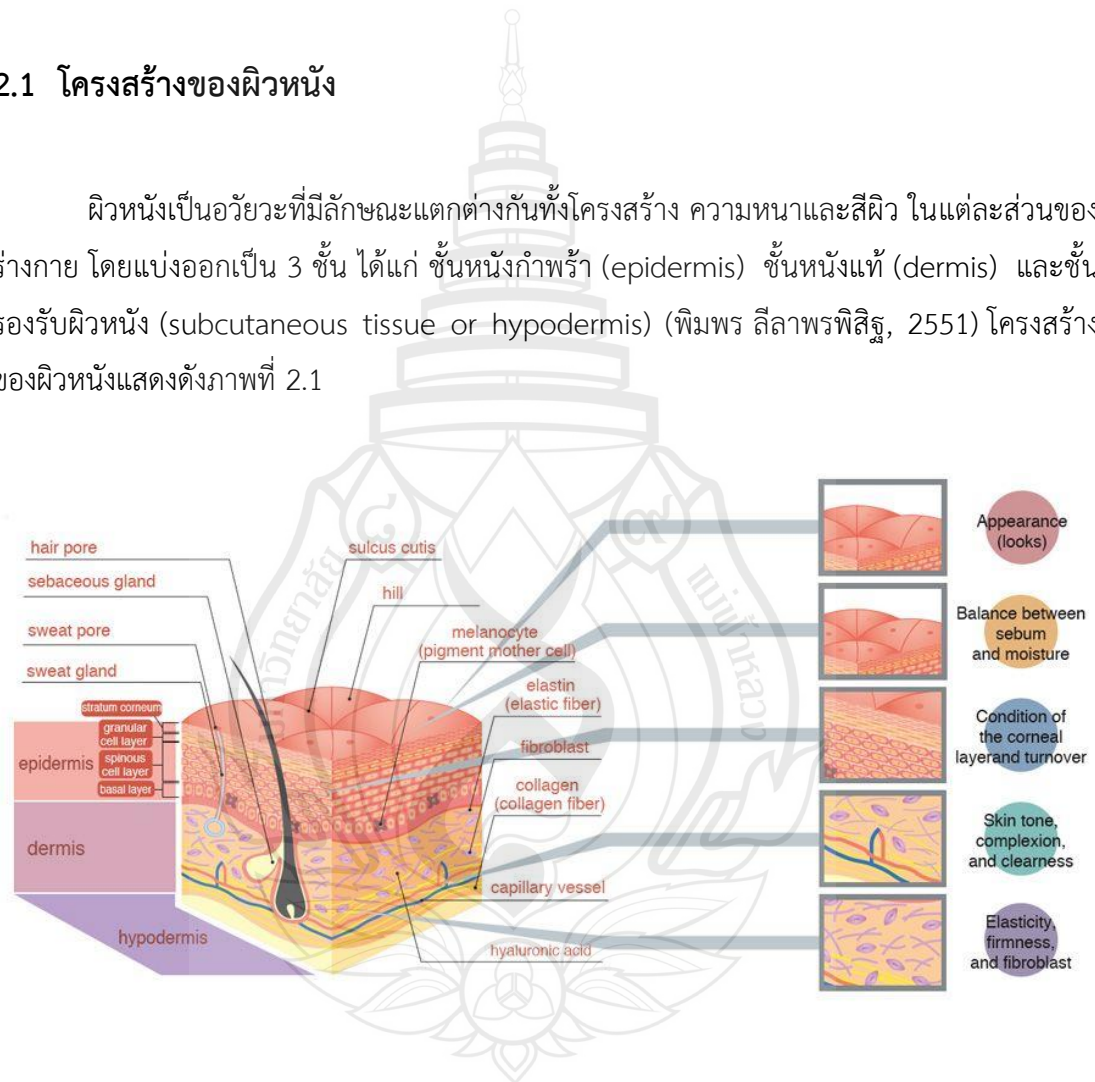
- 1.4.1 ได้ผลิตภัณฑ์บำรุงผิวรอบดวงตาที่มีส่วนผสมของบาคูชืออลที่มีลักษณะทางกายภาพที่ดี มีความคงตัวดี และเป็นที่พึงพอใจของผู้บริโภค
- 1.4.2 ลดการนำเข้าผลิตภัณฑ์บำรุงผิวรอบดวงตาที่มีส่วนผสมของบาคูชืออลที่มีราคาแพง
- 1.4.3 ทดแทนการใช้เรตินอลด้วยบาคูชืออลในตำรับบำรุงผิวรอบดวงตา ที่ให้ประสิทธิภาพเหมือนกันแต่มีความยืดหยุ่นในการใช้มากกว่า

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 โครงสร้างของผิวหนัง

ผิวหนังเป็นอวัยวะที่มีลักษณะแตกต่างกันทั้งโครงสร้าง ความหนาและสีผิว ในแต่ละส่วนของร่างกาย โดยแบ่งออกเป็น 3 ชั้น ได้แก่ ชั้นหนังกำพร้า (epidermis) ชั้นหนังแท้ (dermis) และชั้นรองรับผิวหนัง (subcutaneous tissue or hypodermis) (พิมพร ลีลาพรพิสิฐ, 2551) โครงสร้างของผิวหนังแสดงดังภาพที่ 2.1



ที่มา โครงสร้างของผิวหนัง (ม.ป.ป.)

ภาพที่ 2.1 โครงสร้างของผิวหนัง

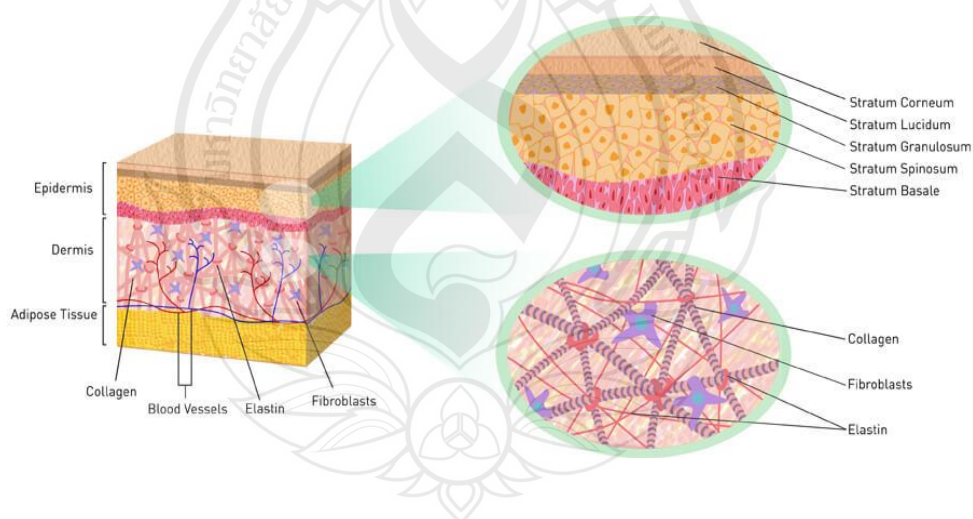
2.1.1 ชั้นหนังกำพร้า (Epidermis)

ชั้นหนังกำพร้า (epidermis) คือผิวหนังชั้นนอกสุด ไม่มีเส้นเลือดมาเลี้ยง ประกอบด้วยเซลล์เนื้อเยื่อผิวหนังเรียงตัวต่อกันเป็นชั้น ๆ ทำหน้าที่ปกป้องร่างกายจากสภาพแวดล้อมภายนอกและท่อหุ้มของหลอดเลือดต่าง ๆ ไม่ให้ไหลซึมเข้าและออกจากร่างกาย

2.1.2 หนังแท้ (Dermis)

ชั้นหนังแท้เป็นชั้นผิวหนังที่อยู่ใต้หนังกำพร้า ประกอบด้วยกลุ่มเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (connective tissue) กระจายตัวเป็นร่างแหเรียกว่า Fibroblasts ทำหน้าที่สร้าง extracellular matrix ซึ่งประกอบไปด้วยคอลลาเจน (collagens) เส้นใยอีลาสติน (elastic fiber) และไกลโคสะมิโนไกลแคน (glycosaminoglycan; GAG) หรือมิวโคโพลีแซ็กคาไรด์ (mucopolysaccharide)

โดยคอลลาเจนที่พบในชั้นหนังแท้ คือ คอลลาเจนชนิดที่ 1 และ 3 มีความแข็งแรงและรับน้ำหนักได้ดีแต่จะมีคุณสมบัติในการยืดได้น้อย ส่วนเส้นใยอีลาสตินมีคุณสมบัติในการยืดและหดได้มาก ช่วยให้เนื้อเยื่อมีความยืดหยุ่น และไกลโคสะมิโนไกลแคนมีความสามารถในการดูดความชื้นสูง ทำให้ผิวหนังชั้นหนังแท้มีความชุ่มชื้น เพราะมีสาร hyaluronic acid และ chondroitin sulphate glycosaminoglycan เป็นส่วนประกอบ ดังภาพที่ 2.2



ที่มา AquaLuna ATX, LLC. (n.d.)

ภาพที่ 2.2 Extracellular matrix ที่พบในชั้นหนังแท้

ในชั้นหนังแท้ประกอบด้วยเส้นเลือด เส้นประสาท และรยางค์ของผิวหนัง (skin appendages) ได้แก่ หน่วยของเส้นขน (pilosebaceous unit) ซึ่งประกอบด้วยเส้นขน (hair

follicle) ต่อมไขมัน (sebaceous gland) ต่อมเหงื่อชนิด apocrine (apocrine sweat gland) กล้ามเนื้อเรียบ (arrector pili muscle) และต่อมเหงื่อชนิด eccrine (eccrine sweat gland) ซึ่งมีหน้าที่ในการผลิตเหงื่อและเล็บ

2.1.3 ชั้นใต้หนังแท้ (hypodermis)

ชั้นใต้หนังแท้มีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ เซลล์ไขมัน adipocytes อยู่กันเป็นก้อน (fat lobule) และกั้นด้วยผนังเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (fat septum) ซึ่งมีคอลลาเจน หลอดเลือด หลอดน้ำเหลืองและระบบประสาทเป็นส่วนประกอบ (สิริพรรณ สังข์มาล, 2560) ความหนาของผิวหนังชั้นนี้แตกต่างกันในแต่ละบริเวณของร่างกาย หน้าที่สำคัญของผิวหนังชั้นนี้คือป้องกันแรงกระแทกและเป็นแหล่งสะสมของพลังงานจากไขมัน

2.2 ปัจจัย กลไกการเกิด และวิธีการรักษาริ้วรอย

สาเหตุและปัจจัยที่ทำให้เกิดริ้วรอย

ปัจจัยที่ทำให้เกิดริ้วรอยของผิวหนังแบ่งได้เป็น 2 ปัจจัย คือ ปัจจัยภายนอกและปัจจัยภายใน ทำให้เนื้อเยื่อในชั้นหนังแท้ (dermis) และหนังกำพร้า (epidermis) เสื่อมสภาพและชั้นหนังแท้บางลง มีการผลิตคอลลาเจน (collagen) อีลาสติน (elastin) และไกลโคสะมิโนไกลแคน (glycoaminoglycan) ลดลง รวมถึงมีการทำงานของเซลล์เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (fibroblast) ลดลง

1. ปัจจัยภายใน (Intrinsic Skin Aging)

ปัจจัยภายใน เช่น อายุ พันธุกรรม ฮอโมน มีผลทำให้ชั้นหนังกำพร้าและชั้นหนังแท้ เสื่อมสภาพ เซลล์ผิวหนังมีการสร้างลดลง เอนไซม์ที่ทำหน้าที่ย่อยสลายคอลลาเจน (collagenase) มีปริมาณเพิ่มขึ้น นอกจากนี้จำนวนเซลล์ fibroblasts ในชั้นหนังแท้มีจำนวนลดลงทำให้ความสามารถในการสังเคราะห์แมทริกซ์ที่อยู่นอกเซลล์ลดลงเช่นกัน ส่งผลทำให้ปริมาณคอลลาเจน อีลาสติน ไกลโคสะมิโนไกลแคน และความยืดหยุ่นของชั้นหนังแท้ลดลง ริ้วรอยที่เกิดขึ้นจากปัจจัยภายในจะมีลักษณะเป็นร่องไม่ลึกและค่อนข้างเรียบเนียน โดยมีสาเหตุดังนี้

1) กระบวนการเสื่อมของเซลล์ (cellular senescence)

ในสภาวะปกติเซลล์ fibroblasts ของผิวหนังปกติจะมีเอนไซม์ที่ทำหน้าที่ย่อยแมทริกซ์ที่อยู่นอกเซลล์ (matrix metalloproteinases, MMPs) คือ เอนไซม์ที่ทำหน้าที่ย่อยคอลลาเจน (collagenase หรือ metalloproteinase-1, MMP-1) และ stromelysin (metalloproteinase-3, MMP-3) ในปริมาณที่ต่ำ และจะพบปริมาณของ tissue inhibitor of metalloproteinases (TIMPs) ได้แก่ TIMP-1 และ TIMP-3 ค่อนข้างสูง ซึ่ง TIMPs มีหน้าที่ยับยั้งเอนไซม์ MMPs เมื่อเกิดกระบวนการ

แก่ชราของเซลล์จะทำให้ปริมาณ MMPs สูงขึ้นและมี TIMPs ต่ำลง ส่งผลทำให้การสังเคราะห์คอลลาเจนลดลง เกิดการฝ่อของผิวหนังชั้นหนังแท้ (dermal atrophy) ทำให้โครงสร้างของผิวหนังเกิดการเปลี่ยนแปลงเกิดเป็นริ้วรอย และเมื่ออายุมากขึ้นยีนอีลาสติน (elastin gene) จะมีการแสดงออกลดลงทำให้อีลาสตินในชั้นผิวมีปริมาณลดลง ผิวหนังจึงความยืดหยุ่นน้อยลง

2) ภาวะเครียดที่เกิดจากออกซิเดชัน (oxidative stress)

อนุมูลอิสระ (free radical) ที่เกิดจากความเครียด มีผลทำให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดอนุมูลอิสระของออกซิเจน (reactive Oxygen Species, ROS) โดย ROS ที่เกิดขึ้นจะไปกระตุ้น growth factor cytokine receptors บนผิวเซลล์ fibroblasts ให้ส่งสัญญาณไปยัง protein kinase และกระตุ้นการสร้าง activating protein-1 (AP-1) ในนิวเคลียส เมื่อระดับ AP-1 เพิ่มขึ้นจะทำให้ปริมาณของเอนไซม์ MMPs เพิ่มขึ้น เกิดการทำลายเมทริกซ์ที่อยู่นอกเซลล์ส่งผลให้เกิดริ้วรอยและความแก่ของผิวหนัง นอกจากนี้อนุมูลอิสระยังทำให้เกิด DNA damage ซึ่งนำไปสู่การเกิดการหยุดวงจรชีวิตของเซลล์และการตายของเซลล์ (cell cycle arrest and apoptosis) การลดลงของเอนไซม์ที่ช่วยต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน (antioxidant enzymes) เช่น เอนไซม์ super oxide dismutase (SOD), catalase, glutathione peroxidase และ glutathione reductase ทำให้เกิดริ้วรอยและความแก่ของผิวหนัง

3) การลดลงของฮอร์โมนเอสโตรเจน

ฮอร์โมนเอสโตรเจนถูกสร้างมาจาก follicles ของรังไข่และรก ทำให้เกิดการแสดงออกลักษณะเพศหญิง มีส่วนช่วยป้องกันการเกิดริ้วรอยโดยการเพิ่มความชุ่มชื้น (skin hydration) และเพิ่มปริมาณคอลลาเจน type I procollagen mRNA และ type I procollagen protein เพิ่มการสร้างโปรตีนและ mRNA ของ transforming growth factor beta (TGF- β) ทำให้ fibroblasts และเมทริกซ์ที่อยู่นอกเซลล์มีปริมาณเพิ่มขึ้น เมื่อเอสโตรเจนลดลงจึงทำให้เกิดความแก่ของผิวหนัง

4) การเกิด Advanced glycation end-products (AGEs)

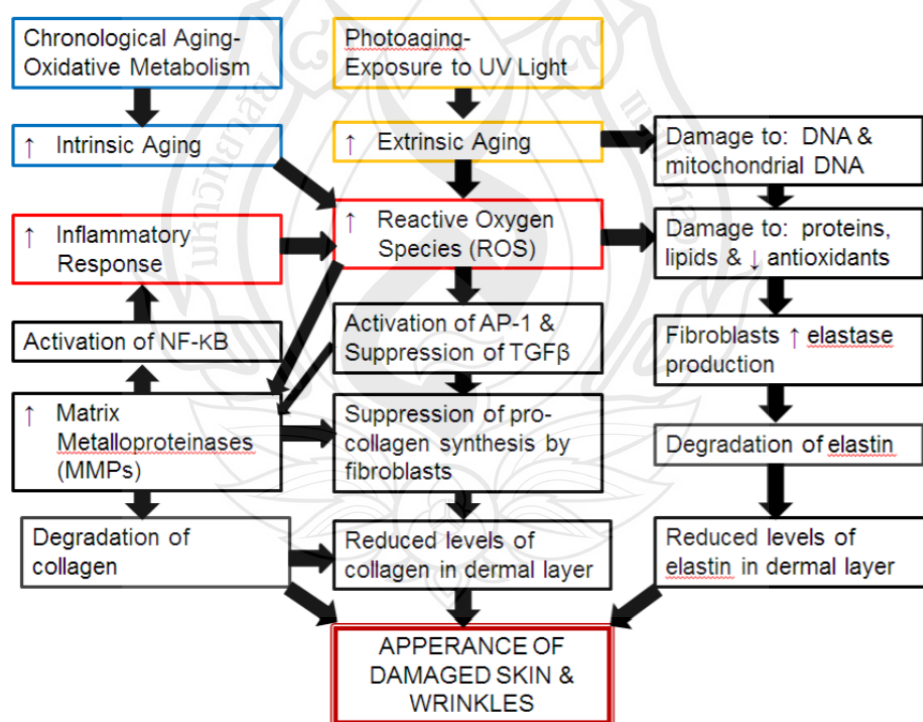
AGEs เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างน้ำตาลกลูโคสในรูปรีดิวซ์ (reducing glucose) กับโปรตีน ไขมัน หรือกรดนิวคลีอิก ทำให้เกิดเป็นการประกอบเชิงซ้อนที่ทำให้สารชีวโมเลกุล เช่น คอลลาเจนในชั้นหนังแท้เสียสภาพไป ทำให้เกิดริ้วรอย มักเกิดขึ้นกับผู้ป่วยที่มีภาวะน้ำตาลในเลือดสูง (hyperglycemia) ผู้ป่วยโรคเบาหวานและผู้ที่ชอบทานอาหารหวานจึงมีโอกาสเกิดความแก่ของผิวหนังได้ง่ายกว่าคนทั่วไป

2. ปัจจัยภายนอก (Extrinsic Skin Aging)

ปัจจัยภายนอก เช่น การสูบบุหรี่ การดื่มสุรา มลพิษจากสิ่งแวดล้อม และรังสีอัลตราไวโอเล็ต (UV) จากแสงแดด เป็นต้น ริ้วรอยที่เกิดจากปัจจัยภายนอกใช้เวลาเกิดสั้น มีลักษณะ

ริ้วรอยชัดเจนและเป็นร่องลึก การเกิดความแก่ของผิวหนังที่เกิดจากปัจจัยภายนอกส่วนใหญ่เกิดจากการสัมผัสรังสีอัลตราไวโอเล็ตในแสงแดด หรือเรียกว่า photoaging มีลักษณะปรากฏให้เห็นเด่นชัดคือ ผิวขาดความยืดหยุ่น ผิวหยาบแห้ง การเกิดสร้างเม็ดสีที่ผิดปกติ เกิดร่องลึกหรือริ้วรอย ชั้นหนังกำพร้าหนาขึ้น (hyperplasia) และเกิดการเปลี่ยนแปลงของแมทริกซ์ที่อยู่นอกเซลล์ในชั้นหนังแท้ ได้แก่ คอลลาเจน เส้นใยอิลาสติน และไกลโคสะมิโนไกลแคน มีปริมาณลดลงเป็นอย่างมาก

อนุมูลอิสระ (free radical) เป็นตัวการสำคัญที่ทำให้ผิวหนังเสื่อมสภาพ ร่างกายของเราพบกับสารอนุมูลอิสระผ่านระบบการหายใจหรือจากสิ่งแวดล้อมภายนอก ได้แก่ รังสี UV สารนิโคตินจากการสูบบุหรี่ รวมถึงมลภาวะต่าง ๆ จากสิ่งแวดล้อม เป็นต้น สารอนุมูลอิสระกระตุ้นให้เกิดเอนไซม์ MMPs มากขึ้น นอกจากนี้ยังเป็นตัวเร่งให้เซลล์ทำงานผิดปกติผ่านปฏิกิริยาการเกิดอนุมูลอิสระของออกซิเจน (Reactive Oxygen Species, ROS) ปฏิกิริยานี้เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องแบบลูกโซ่ส่งผลให้เซลล์ผิวหนังทำหน้าที่ผิดปกติ ร่างกายจึงสูญเสียความสามารถในการซ่อมแซมเซลล์ผิวหนังด้วยตนเอง นอกจากนี้ยังทำให้เม็ดสีผิวทำงานผิดปกติและเกิดรอยเหี่ยวย่นตามมา ดังแสดงในภาพที่ 2.3



ที่มา Lephart (2016)

ภาพที่ 2.3 กลไกการเกิดอนุมูลอิสระของออกซิเจน (ROS) ที่ทำให้เกิดริ้วรอย

2.3 วิธีการลดริ้วรอย

ในปัจจุบันมีวิธีการลดริ้วรอยหลายได้วิธี ได้แก่ การใช้ผลิตภัณฑ์ที่มีสารลดเลือนริ้วรอย เช่น วิตามินเอและอนุพันธ์วิตามินเอ กรดผลไม้ (alpha hydroxy acids, AHA) สารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidants) การผลัดเซลล์ผิวด้วยสารเคมี (Chemical peeling) การฉีดโบทูลินัมท็อกซิน (Botulinum toxin) การฉีดสารเติมเต็ม (Filler) การใช้แสงเลเซอร์ (Laser) และการกรอผิวด้วยผลึกอลูมิเนียมออกไซด์ (Microdermabrasion) (Rabe et al., 2006) โดยแต่ละวิธีจะให้ประสิทธิภาพการลดเลือนริ้วรอยที่แตกต่างกัน

2.3.1 สารที่เป็นส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ชะลอวัย (Cosmetics Treatment for Anti-aging)

การใช้สารเคมีที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันและลดริ้วรอย เป็นวิธีหนึ่งในการชะลอวัยให้กับผิวหนังแบ่งได้เป็นหลายกลุ่มตามกลไกในการออกฤทธิ์ ได้แก่

1. กลุ่มสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant agents) ช่วยปกป้องผิวจากการถูกทำร้ายด้วยสารอนุมูลอิสระ อันเป็นตัวการสำคัญที่เร่งให้ผิวหนังเสื่อมสภาพก่อนวัยอันควร สารกลุ่มนี้จะเปลี่ยนโมเลกุลที่อยู่ในรูปของอนุมูลอิสระให้กลับมีเสถียรภาพดั้งเดิม
2. กลุ่มเปปไทด์ (peptides) เป็นสารประกอบของกรดอะมิโน ทำหน้าที่เป็นสารสื่อประสาท (neurotransmitter) เปปไทด์บางชนิดเลียนแบบลำดับกรดอะมิโนของโปรตีนคอลลาเจน ซึ่งมีคุณสมบัติกระตุ้นให้ผิวหนังเกิดการสร้างคอลลาเจนและอีลาสตินขึ้นมาใหม่
3. กลุ่มสารผลัดเซลล์ผิวหนัง (skin exfoliation) ช่วยลดความหมองคล้ำของสีผิวและทำให้สีผิวสม่ำเสมอมากขึ้น และยังช่วยลดริ้วรอยขนาดเล็กให้มีร่องลึกตื้นขึ้น แต่การใช้สารกลุ่มนี้อาจทำให้เกิดผลข้างเคียง คือ การระคายเคืองและภาวะไวต่อแสงแดด
4. กลุ่มสารที่ช่วยยับยั้งการเกิดกระบวนการไกลเคชัน (glycation inhibitors) เป็นสารที่ทำหน้าที่ช่วยลดการเชื่อมขวางของโมเลกุลน้ำตาลและโปรตีนในร่างกาย
5. กลุ่มสารเพิ่มความชุ่มชื้น (moisturizers) ทำหน้าที่กักเก็บและเพิ่มความชุ่มชื้นให้กับผิวหนัง และทำให้ผิวอ่อนนุ่ม เช่น วิตามินบี 3 (Niacinamide) วิตามินอี โปโตรลาทัม เป็นต้น (เต็มสิริหวังทวีทรัพย์, 2559)

ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างของสารเคมีที่บริษัทผู้ผลิตผลิตภัณฑ์บำรุงผิวชั้นนำนิยมนำมาใช้เป็น ส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ช่วยชะลอวัย

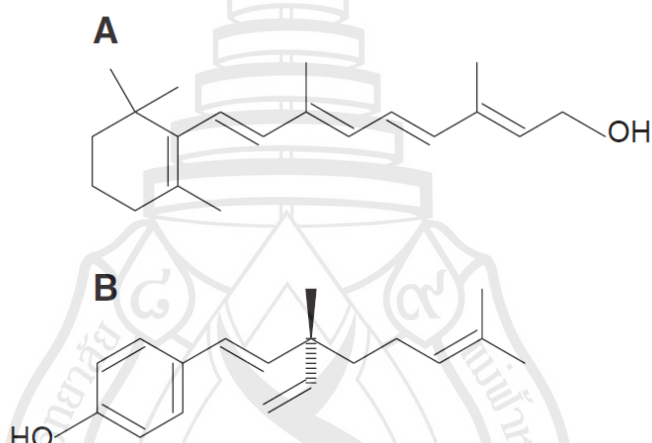
ส่วนประกอบ/ คุณสมบัติ	ต้านการเกิดอนุมูลอิสระ	ช่วยลดการเกิดเอนไซม์	กระตุ้นการสังเคราะห์คอลลาเจน	ช่วยผลัดเซลล์ผิวใหม่	ยับยั้งกระบวนการไกลเคชัน	ช่วยเพิ่มความชุ่มชื้น
Retinol (Vitamin A)	•	•	•			
Niacinamide (Vitamin B3)	•					•
L-ascorbic acid (Vitamin C)	•		•			
Alpha-tocopherol (Vitamin E)	•					•
Ubiquinone (coenzyme Q10)	•					
Alpha-lipoic acid (ALA)	•		•	•		
Alpha-hydroxyl acids (ahas)				•		
Pentapeptides			•			
Bioflavonoids (polyphenols)	•	•				
Petrolatum						•
Liposome						•
Dipeptide carnosine (amino guandine)					•	

ที่มา เต็มสิริ หวังทวีทรัพย์ (2559)

2.4 บาคูซิออล

บาคูซิออล (4-[(1E,3S)-3-ethenyl-3,7-dimethylocta-1,6-dienyl]phenol) คือสาร พฤษเคมีในกลุ่ม monoterpenephenol ส่วนหนึ่งของกลุ่ม terpenoids เป็นสารจากธรรมชาติที่มีฤทธิ์ชีวภาพและการออกฤทธิ์ผ่านกลไกที่หลากหลาย ถูกค้นพบครั้งแรกในปีคริสต์ศักราช 1973 โดย

Mehta et al. (1973) บาคูซิออลพบมากในเมล็ดของโกฐนชิณี (*Psoralea corylifolia*) (*Psoralea corylifolia*) ซึ่งเป็นพืชในตำรับแพทย์แผนจีนและอินเดีย บาคูซิออลมีฤทธิ์ชีวภาพที่หลากหลายเช่น ฤทธิ์ต้านการอักเสบ (Backhouse et al, 2001) ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (Shoji et al, 2015) ฤทธิ์ลดสีว (Polakova et al, 2015) และฤทธิ์ชะลอวัย โดยโครงสร้างของบาคูซิออลแตกต่างจากเรตินอลแต่ออกฤทธิ์ที่เซลล์เป้าหมาย (target cell) ผ่านกลไกเดียวกัน (functional analog) ในการกระตุ้นการแสดงออกของยีนที่เกี่ยวข้องกับการซ่อมแซมและการฟื้นฟูผิวจากการเสื่อมสภาพและถูกทำลาย รวมถึงกระตุ้นการสังเคราะห์คอลลาเจนและเอนไซม์สังเคราะห์เมทริกซ์ภายนอกเซลล์ (extracellular matrix synthesis enzymes) (Chaudhuri and Bojanowski, 2014) สูตรโครงสร้างของบาคูซิออลและเรตินอล แสดงดังภาพที่ 2.4



ที่มา Chaudhuri and Bojanowski (2014)

ภาพที่ 2.4 โครงสร้างทางเคมีของเรตินอล (A) และบาคูซิออล (B)

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Goldberg et al. (2019) ได้มีการศึกษาประสิทธิภาพและความปลอดภัยของเซรั่มบำรุงผิวดอนกลางคืนที่มีส่วนผสมของบาคูซิออล ทำการทดสอบในอาสาสมัครอายุ 18 ถึง 55 ปี ประเมินการลดลงของริ้วรอย ความกระชับ และรอยแดง โดยการให้คะแนนจากแพทย์ผิวหนังหลังจากใช้ผลิตภัณฑ์เป็นเวลา 4 และ 12 สัปดาห์ วัดความชุ่มชื้นหลังใช้ผลิตภัณฑ์ และบันทึกผลข้างเคียงอื่น ๆ จากการใช้ผลิตภัณฑ์ เช่น อาการแดง บวม ความแห้งกร้าน หรือความหยาบของผิว ทำการประเมิน

ริ้วรอยตีนกา (wrinkle) โดยเครื่อง Dermatop (Eotech SA, Marcoussis, France) ทำงานโดยการฉายแสงไปที่ผิวหนังและแปลงเป็นภาพ และคำนวณความลึกของริ้วรอย โดย พารามิเตอร์ที่ใช้ ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (R_z) และ ค่าการลดริ้วรอยสูงสุด (R_f) การลดลงของพารามิเตอร์เหล่านี้บ่งบอกถึงความลึกของริ้วรอยที่ลดลงหรือริ้วรอยตื้นขึ้น ประเมินความกระชับของผิวด้วยเครื่อง Dynaskin (Eotech SA, Marcoussis, France) โดยทำให้ผิวเสียรูปด้วยการเป่าลมออก เซ็นเซอร์สามมิติ (3D sensor) ของเครื่องจะบันทึกลักษณะผิวก่อน หลัง และขณะเป่าลม จากนั้นคำนวณความแตกต่างโดยซอฟต์แวร์ วัดปริมาตร (mm^3) พื้นผิว (mm^2) และความลึกสูงสุด (mm) การเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์เหล่านี้บ่งบอกถึงความกระชับและความยืดหยุ่นของผิวหนัง และวัดความชุ่มชื้นของผิวด้วยเครื่อง Corneometer CM825 และ Cutometer dual MPA 580 (Courage & Khazaka Electronic GmbH, Cologne, Germany) และใช้เครื่อง Tewameter® TM 300 (Courage + Khazaka Electronic) วัดค่าการสูญเสียน้ำทางผิวหนัง (TEWL) และแสดงผลในหน่วย g/h/m^2 วัดผลหลังใช้ผลิตภัณฑ์เป็นเวลา 0 นาที 30 นาที 4 ชั่วโมง 8 ชั่วโมง และ 12 ชั่วโมง ผลการศึกษาพบว่า ค่าเฉลี่ยริ้วรอยลดลง 11% และความกระชับของผิวเพิ่มขึ้น 8% รอยแดงลดลง 70% และสภาพผิวโดยรวมดีขึ้น ค่าความชุ่มชื้นของผิวเพิ่มขึ้นหลังจากทาผลิตภัณฑ์ 30 นาที ถึง 12 ชั่วโมง โดยค่า TEWL ลดลงหลังจาก 4 และ 6 ชั่วโมง และอาสาสมัครที่ใช้มีความพึงพอใจในผลิตภัณฑ์

Dhaliwal et al. (2018) ได้มีการศึกษาในอาสาสมัครด้วยวิธี randomized, double-blind เปรียบเทียบกันระหว่างอาสาสมัครกลุ่มที่ใช้ผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมของ 0.5% บาคูซิออลและกลุ่มที่ใช้ผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสม 0.5% เรตินอล ทำการทดสอบโดยให้อาสาสมัครแต่ละกลุ่มทาผลิตภัณฑ์บริเวณผิวหนังและลำคอวันละสองครั้ง เป็นเวลา 12 สัปดาห์ วิเคราะห์ผลโดยใช้การถ่ายภาพในสัปดาห์ที่ 0, 4, 8, และ 12 สอบถามผลข้างเคียงจากอาสาสมัคร และประเมินระดับสีผิวและรอยแดงโดยแพทย์ผิวหนัง ผลการศึกษารายงานว่าทั้งบาคูซิออลและเรตินอลสามารถลดริ้วรอยได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยให้ผลลัพธ์ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ผลการศึกษาความสม่ำเสมอของสีผิว คือ 59% ของกลุ่มผู้ใช้บาคูซิออล และ 44% ของผู้ใช้เรตินอล มีสีผิวสม่ำเสมอขึ้นหลังจากใช้ผลิตภัณฑ์ 12 สัปดาห์ และผลข้างเคียงจากการใช้ผลิตภัณฑ์พบว่า ในสัปดาห์ที่ 4 ผู้ใช้ 0.5% บาคูซิออลมีรอยแดงเกิดขึ้น แต่เมื่อเปรียบเทียบผลสัปดาห์ที่ 8 และ 12 พบว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ในขณะที่ผู้ใช้ 0.5% เรตินอลพบอาการข้างเคียง ได้แก่ อาการคันและผิวไหม้แดด

Chaudhuri and Bojanowski (2014) ได้มีการศึกษาความเกี่ยวข้องระหว่างเรตินอลและบาคูซิออล โดยทำเปรียบเทียบการแสดงออกระดับยีนและโปรตีนที่เกี่ยวข้องกับคอลลาเจน ชนิดที่ 1, 3 และ 4 Aqaporin-3 โดยเทคนิค ELISA และ histochemistry ในเซลล์ fibroblasts ผลการศึกษพบว่าแม้บาคูซิออลจะมีโครงสร้างทางเคมีแตกต่างจากเรตินอล แต่มีการออกฤทธิ์ในระดับยีนเหมือนกับเรตินอล (functional analogue) ส่วนผลการทดสอบการออกฤทธิ์ที่คล้ายเรตินอล

(retinol-like functionality) พบว่ามีการเพิ่มของคอลลาเจนชนิดที่ 1 และ 4 ในการศึกษา DNA microarray และยังกระตุ้นคอลลาเจนชนิดที่ 3 ในเซลล์เพาเลียง fibroblast นอกจากนี้ยังมีการทดสอบในผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมของบาคูซิออล และทดสอบทางคลินิก (clinical test) โดยให้อาสาสมัครทำรับที่ใบหน้าวันละสองครั้งเป็นเวลา 12 สัปดาห์ พบว่าริ้วรอยเหี่ยวย่นดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ สีผิวสม่ำเสมอ มีความยืดหยุ่นและความกระชับมากขึ้น



บทที่ 3

ระเบียบวิธีวิจัย

3.1 สารเคมีและวัตถุดิบ

- 3.1.1 Deionization water
- 3.1.2 Disodium EDTA
- 3.1.3 Allatoin
- 3.1.4 Ammonium Polyacryloyldimethyl Taurate (WeylcareATBS™, WeylChem, Germany)
- 3.1.5 Steareth-100/PEG-136/HDI Copolymer (Rheoluxe 811™, Elementis, USA)
- 3.1.6 Sodium Hyaluronate
- 3.1.7 Glyceryl glucoside (Glycoin™)
- 3.1.8 Bakuchiol (Sytenol A™, Sytheon, USA)
- 3.1.9 *Chondrus crispus* and *Gigartina stellata* extract (Sealift™, Odycea, France)
- 3.1.10 Caprylic/Capric triglycerides and 4-Hexylresorcinol and Ethyl linoleate (Asyntra SL™, Sytheon, USA)
- 3.1.11 Isosorbide dicaprylate (HydraSynol DOL™, Sytheon, USA)
- 3.1.12 PEG-40 Hydrogenated Castor oil and Trideceth-9 and Polysorbate 20 (Specifeel SolPlus™, Roelmi HPC SR, Italy)
- 3.1.13 Fragrance
- 3.1.14 Sodium benzoate, potassium sorbate and water (Euxyl K712™, Schülke & Mayr, Germany)

3.2 อุปกรณ์

- 3.2.1 กระจกบอทดวง (cylinder)
- 3.2.2 ปีกเกอร์ (beaker)
- 3.2.3 หลอดหยด (dropper)
- 3.2.4 จุกยาง (pipette bulb)
- 3.2.5 ช้อนตักสาร (spatula)
- 3.2.6 แท่งแก้วคนสาร (stirring rod)
- 3.2.7 ขาตั้ง (stand)

3.3 เครื่องมือ

- 3.3.1 เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง (analytical balance)
- 3.3.2 อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (water bath)
- 3.3.3 เครื่องกวนสาร (overhead Stirrer)
- 3.3.4 เครื่องวัดค่าความเป็นกรดด่าง (pH meter)
- 3.3.5 ตู้อบลมร้อน (hot air oven)
- 3.3.6 เครื่องหมุนเหวี่ยง (centrifuge)
- 3.3.7 ตู้เย็น (refrigerator)
- 3.3.8 เครื่องวัดสี (chroma meter)
- 3.3.9 เครื่องวัดความหนืด (viscometer)

3.4 วิธีดำเนินการวิจัย

3.4.1 ค้นคว้าข้อมูลและศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.4.2 ตั้งตำรับพื้นโดยเตรียมส่วนผสมตามตารางที่ 3.1 โดยทำตามขั้นตอนดังนี้

3.4.2.1 ชั่งส่วนผสม Part A รวมกัน และอุ่นให้ร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส คนผสมจนส่วนผสมละลายเข้ากันดี

3.4.2.2 ลดอุณหภูมิลง โปรย Part B ลง ใน Part A คนอย่างต่อเนื่องจนได้เจลใสเป็นเนื้อเดียวกัน

3.4.2.3 ผสม Part C เข้าด้วยกัน แล้วเติมลงใน Part AB

ตารางที่ 3.1 สูตรตำรับพื้น

Ingredients	Amount (%w/w)	Function
DI water	q.s. to 100	
Disodium EDTA	0.1	Chelating agent
Sodium hyaluronate	1.0	Moisturizer
Ammonium polyacryloyldimethyl taurate	0.8	Thickener
Steareth-100/PEG-136/HDI Copolymer	1.2	Thickener
Caprylic/Capric triglycerides and	1.0	Moisturizer
4-Hexylresorcinol and Ethyl linoleate		Brightening
Glyceryl glucoside	2.0	Moisturizer
Isosorbide dicaprylate	2.0	Moisturizer
<i>Chondrus crispus</i> and <i>Gigartina stellata</i> extract	1.0	Seaweed Extracts
PEG-40 Hydrogenated castor oil and trideceth-9 and polysorbate 20	0.5	Solubilizer
Sodium benzoate, potassium sorbate and water	1.0	Preservative

หมายเหตุ มีการปรับสูตรเพื่อให้ได้ตำรับที่ดีที่สุด

3.4.3 ประเมินคุณสมบัติทางกายภาพและลักษณะปรากฏของตำรับพื้น

นำตำรับที่ได้มาประเมินคุณสมบัติทางกายภาพ ดังนี้

3.4.3.1 ประเมินสีด้วยเครื่อง Chroma Meter รุ่น CR-300 (ยี่ห้อ Minolta, ประเทศญี่ปุ่น) ใช้พารามิเตอร์ L^* , a^* และ b^*

โดย L^* มีค่าใกล้ 100 แสดงว่าวัตถุมีสีขาว และเมื่อมีค่าใกล้ 0 แสดงว่าวัตถุมีสีดำ

a^* ค่าที่เป็นบวกแสดงว่าวัตถุมีสีแดงและค่าที่เป็นลบแสดงว่าวัตถุมีสีเขียว

b^* ค่าที่เป็นบวกแสดงว่าวัตถุมีสีเหลืองและค่าที่เป็นลบแสดงว่าวัตถุมีสีน้ำเงิน

คำนวณค่าความแตกต่างของสีโดยรวมระหว่างก่อนและหลังทดสอบความคงตัว (total color difference, ΔE^*) ซึ่งวัดจากสเกลตั้งแต่ 0 ถึง 100 โดยที่ 0 คือความแตกต่างของสีที่น้อยและ 100 หมายถึงมีความแตกต่างของสีมาก (Schuessler, 2020)

$$\text{เมื่อ } \Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$$

โดย ΔE^* น้อยกว่าหรือเท่ากับ 1 คือ ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า

ΔE^* อยู่ระหว่าง 1-2 คือ สีแตกต่างกันจากการสังเกตอย่างใกล้ชิด

ΔE^* อยู่ระหว่าง 2-10 สีแตกต่างกันโดยมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า

ΔE^* อยู่ระหว่าง 11-49 สีมีความคล้ายคลึงกันมากกว่าสีตรงข้าม

$\Delta E^* = 100$ คือ สีตรงข้ามกัน

3.4.3.2 ประเมินความหนืดด้วยเครื่อง Viscometer ที่อุณหภูมิห้อง บันทึกขนาดหัวเข็ม % torque เวลา และความเร็รรอบ (rpm) ที่ใช้ในการทดลอง

3.4.3.3 ประเมินความเป็นกรด-ด่าง ด้วยเครื่อง pH meter

3.4.3.4 ประเมินลักษณะปรากฏ กลิ่น และเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์โดยผู้วิจัย

3.4.4 ประเมินความคงตัวของตำรับพื้น

3.4.4.1 ประเมินความคงตัวของผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีปั่นเหวี่ยง

ประเมินความคงตัวของผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีปั่นเหวี่ยงตามวิธีการของ ตามวิธีของ มอก.152-2539 โดยปั่นเหวี่ยงโดยใช้เครื่องหมุนเหวี่ยง (Centrifuge) ด้วยความเร็ว 6,000 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 20 นาที

3.4.4.2 ประเมินความคงตัวของผลิตภัณฑ์ด้วยวิธี heating cooling cycle

ประเมินความคงตัวของผลิตภัณฑ์ด้วยวิธี heating cooling cycle (พิมพ์ร ลีลาพรพิสิฐ, 2551) โดยใส่ในภาชนะที่ปิดสนิท และเก็บในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำมาอบที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นับเป็น 1 รอบ ทำการทดสอบติดต่อกันทั้งสิ้น 7 รอบ ใช้เวลาในการทดสอบ 14 วัน เมื่อครบแล้วนำผลิตภัณฑ์มาประเมินความ

ลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ สี ความหนืด ความเป็นกรด-ด่าง กลิ่น และลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ ตามวิธีการข้อ 6.4.3

3.4.5. นำตำรับที่ดีที่สุดมาใส่บาคูชิบอล ที่ความเข้มข้นต่างๆ ได้แก่ 0.5% 0.75% และ 1% โดยอ้างอิงจาก Technical data sheet ของผู้ผลิตที่แนะนำให้ใช้ความเข้มข้น 0.5% ถึง 1% จากนั้นประเมินลักษณะทางกายภาพตามข้อ 6.4.3 และประเมินความคงตัวตามข้อ 6.4.4

3.4.6 การประเมินความคงตัวทางด้านเคมีของผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมของบาคูชิบอล

3.4.6.1 การหาค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดของบาคูชิบอล

เตรียมตัวอย่างโดยใช้ความเข้มข้นสารบาคูชิบอล 0.1 กรัมในเอทานอล 1 มิลลิลิตร และเจือจาง 40 เท่า ทำการหาค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดของบาคูชิบอลด้วยเครื่อง UV-Vis spectrophotometer แบบสแกนที่ช่วงความยาวคลื่น 200 ถึง 700 นาโนเมตร

3.4.6.2 การสร้างกราฟมาตรฐานของบาคูชิบอลที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

เตรียมบาคูชิบอลที่ความเข้มข้นต่าง ๆ และนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง โดยใช้ค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดของบาคูชิบอลที่ได้ในข้อ (1) เพื่อสร้างกราฟมาตรฐานความเข้มข้นของบาคูชิบอลที่ความเข้มข้นต่างๆ แล้วนำสมการเส้นตรงที่ได้จากกราฟมาตรฐานไปเปรียบเทียบค่าดูดกลืนแสงของสารตัวอย่างก่อนและหลังการทดสอบความคงตัวของตำรับที่มีส่วนผสมของบาคูชิบอลด้วยวิธี heating cooling cycle หลังจากครบ 14 วัน และคำนวณกลับเป็นค่าความเข้มข้นของบาคูชิบอลก่อนและหลังการทดสอบความคงตัว

3.4.6.3 การหาความเข้มข้นของบาคูชิบอลก่อนและหลังการทดสอบความคงตัวด้วยวิธี heating cooling cycle

เตรียมตัวอย่างโดยแบ่งตำรับที่มีส่วนผสมของบาคูชิบอล 1 กรัม ละลายในเอทานอลความเข้มข้น 99.9% 9 กรัม นำตัวอย่างที่ได้ไปเขย่าโดยใช้เครื่อง Voltex mixer และปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยง (Centrifuge) ด้วยความเร็ว 6,000 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 15 นาที นำส่วนใสที่ได้ไปเจือจาง 100 เท่า และวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV-Vis spectrophotometer โดยใช้เอทานอลความเข้มข้น 99.9% เป็นตัวควบคุม นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ไปคำนวณเปรียบเทียบความเข้มข้นของบาคูชิบอลก่อนและหลังการทดสอบความคงตัวจากสมการเส้นตรงที่ได้จากกราฟมาตรฐานความเข้มข้นของบาคูชิบอลที่ความเข้มข้นต่างๆ

3.4.7 ทดสอบความพึงพอใจของผู้ใช้ผลิตภัณฑ์

3.4.7.1 คัดเลือกอาสาสมัคร จำนวน 20 คน โดยเป็นเพศหญิง 10 คน และเพศชาย 10 คน ที่มีอายุระหว่าง 30-45 ปี

3.4.7.2 ประเมินความพึงพอใจ โดยให้อาสาสมัครทาผลิตภัณฑ์ที่แจกให้บริเวณ ท้องแขน ปริมาณครึ่งข้อนิ้วมือ (Finger tip unit, FTU) จำนวน 1 ครั้ง และตอบแบบสอบถาม คำถามในแบบสอบถามเป็นแบ่งเป็น 2 ตอน ดังนี้

1. ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม
2. ประเมินความพึงพอใจของอาสาสมัครหลังใช้ผลิตภัณฑ์จากนั้นรวบรวมคะแนน จากอาสาสมัครทั้งหมด นำมาหาค่าเฉลี่ยของคุณสมบัติแต่ละด้าน ได้แก่ เนื้อผลิตภัณฑ์ การเกี่ย ความชุ่มชื้นของผิว ความรู้สึกหลังการใช้ ความสบายผิวไม่รู้สึกร้อนผ่าว แสบตาหรือระคายเคือง และ ความพึงพอใจโดยรวมของผลิตภัณฑ์ จากนั้นนำไปแปลผลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา คือ การหาค่าทาง สถิติพื้นฐาน

3.4.8 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ (SPSS program for MS windows, release 19, SPSS (Thailand) Co.,Ltd., Bangkok, Thailand) ในการวิเคราะห์ข้อมูล สถิติที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ ข้อมูล ได้แก่ สถิติเชิงพรรณนา คือ การหาค่าทางสถิติพื้นฐาน

1. การใช้สถิติประเมินความคงตัวแบบแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution) Paired Sample T-test เปรียบเทียบตำรับพื้นและตำรับที่มีส่วนผสมของบาคูซิออล โดยวัดค่า 3 ครั้ง หาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ค่า $p \geq 0.05$ ยอมรับ H_0 คือ ค่าเฉลี่ยความคงตัวของตำรับพื้นและตำรับที่มีส่วนผสมของบาคูซิออลไม่แตกต่างกันทางสถิติ และค่า $p < 0.05$ ยอมรับ H_1 คือ ค่าเฉลี่ยความคงตัวของตำรับพื้นและตำรับที่มีส่วนผสมของบาคูซิออลแตกต่างกันทางสถิติ) และรายงานผลรูปแบบค่าเฉลี่ย \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความพึงพอใจในอาสาสมัคร หลังใช้ผลิตภัณฑ์ตำรับ โดยมีหลักเกณฑ์ดังต่อไปนี้ (ปรารภณา เกตุบุตร, 2556)

คะแนน	ความพึงพอใจ
1	พึงพอใจน้อยที่สุด
2	พึงพอใจน้อย
3	พึงพอใจปานกลาง
4	พึงพอใจมาก
5	พึงพอใจมากที่สุด

$$\begin{aligned}
 \text{กำหนดช่วงระดับ} &= (\text{คะแนนสูงสุด}-\text{คะแนนต่ำสุด}) / \text{จำนวนชั้นที่แบ่ง} \\
 &= (5-1) / 5 \\
 &= 0.8
 \end{aligned}$$

ดังนั้น สามารถกำหนดเกณฑ์การพิจารณา ดังนี้

คะแนน	ความพึงพอใจ
1.00 – 1.80	หมายถึง อาสาสมัครมีความพึงพอใจน้อยที่สุด
1.81 – 2.60	หมายถึง อาสาสมัครมีความพึงพอใจน้อย
2.61 – 3.40	หมายถึง อาสาสมัครมีความพึงพอใจปานกลาง หรือรู้สึกเฉย ๆ
3.41 - 4.20	หมายถึง อาสาสมัครมีความพึงพอใจมากหรือรู้สึกชอบมาก
4.21 – 5.00	หมายถึง อาสาสมัครมีความพึงพอใจมากที่สุด หรือรู้สึกชอบมากที่สุด



บทที่ 4

ผลการทดลองและอภิปรายผลการทดลอง

4.1 ลักษณะบาคูช็อค

บาคูช็อคมีลักษณะเป็นของเหลวใส สีเหลืองอมน้ำตาล ดังแสดงในภาพที่ 4.1 มีกลิ่นมีกลิ่นของน้ำมันเล็กน้อย ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5.5 มีความหนืดเล็กน้อย เมื่อสัมผัสบนผิวมีความเหนียวเหนอะหนะและทิ้งความมันไว้บนผิว



ภาพที่ 4.1 ลักษณะทางกายภาพของบาคูช็อค

4.2 ผลการพัฒนาผลิตภัณฑ์บำรุงผิวรอบดวงตาที่มีส่วนผสมของบาคูช็อค

เริ่มต้นทดลองทำตำรับพื้นฐาน ดังตารางที่ 4.1 ได้ผลการทดลองดังนี้ สูตร B1 เนื้อผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความหนืดน้อย เมื่อทาลงบนผิว มีความเหนอะหนะและทิ้งความเป็นฟิล์มไว้บนผิว เมื่อเวลาผ่านไป ฤแล้วเป็นขุย ดังนั้นในสูตร B2 จึงมีการเพิ่มอัตราส่วนของสารทำความข้นหนืด Ammonium polyacryloyldimethyl taurate เป็น 1.2% เพื่อทำให้สูตรมีความหนืดมากขึ้น ลดและเปลี่ยนชนิดของ Hyaluronate จาก Sodium Hyaluronate ขนาด 0.75 ถึง 1.5 MDa เป็น Hydrolyzed Sodium hyaluronate (Oligo Sodium hyaluronate) ซึ่งมีขนาดโมเลกุลเล็กลง เพื่อให้ละลายในสูตรง่ายและซึมลงผิวง่ายขึ้น เนื้อผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีและความหนืดอยู่ในระดับที่ผู้วิจัยพึงพอใจ แต่เมื่อตั้งตำรับทิ้งไว้ เกิดริ้วในเนื้อผลิตภัณฑ์ แสดงถึงความไม่คงตัวของตำรับ จึงมีการศึกษาคุณสมบัติของสารทำความข้น

หนืดเพิ่มเติมและพบว่าสารทำความข้นหนืด Ammonium polyacryloyldimethyl taurate ที่ผู้วิจัยเลือกใช้ ไม่สามารถทนต่อ 4-Hexylresorcinol ได้ ดังนั้น ในสูตร B3 ผู้วิจัยจึงทำการเพิ่มสารทำความข้นหนืดมาอีก 1 ชนิด คือ Steareth-100/PEG-136/HDI Copolymer เพื่อช่วยให้ตำรับมีความคงตัวมากขึ้น ผลการทดลองที่ได้ตำรับมีความคงตัว ไม่เกิดริ้วในเนื้อผลิตภัณฑ์เมื่อตั้งทิ้งไว้ และเมื่อปั่นเหวี่ยงก็ไม่พบการแยกชั้นของตำรับ แต่ลักษณะเนื้อผลิตภัณฑ์ของตำรับพื้นที่ได้มีความยืดหยุ่นสูงมากเกินไปจากคุณสมบัติของสาร Steareth-100/PEG-136/HDI Copolymer ผู้วิจัยจึงทำการปรับอัตราส่วนของสารทำความข้นหนืดอีกครั้งในสูตร B4 เนื้อผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความหนืดปานกลาง ยืดหยุ่นเล็กน้อย สีขาวค่อนข้างทึบแสง เมื่อตั้งทิ้งไว้ไม่เกิดริ้ว และเมื่อปั่นเหวี่ยงก็ไม่พบการแยกชั้น

ตารางที่ 4.1 พัฒนาสูตรตำรับพื้น

Ingredients	Amount (%w/w)			
	B1	B2	B3	B4
DI water	q.s. to 100	q.s. to 100	q.s. to 100	q.s. to 100
Disodium EDTA	0.1	0.1	0.1	0.1
Allantoin	0.5	-	-	-
Sodium hyaluronate	3.0	1.0	1.0	1.0
Ammonium polyacryloyldimethyl taurate	0.8	1.2	1.0	0.8
Steareth-100/PEG-136/HDI Copolymer	-	-	1.4	1.2
Caprylic/Capric triglycerides and 4-Hexylresorcinol and Ethyl linoleate	1.0	1.0	1.0	1.0
Glyceryl glucoside	2.0	2.0	2.0	2.0
Isosorbide dicaprylate	2.0	2.0	2.0	2.0
<i>Chondrus crispus</i> and <i>Gigartina stellata</i> extract	3.0	1.0	1.0	1.0
PEG-40 Hydrogenated castor oil and trideceth-9 and polysorbate 20	0.5	0.5	0.5	0.5
Sodium benzoate, potassium sorbate and water	1.0	1.0	1.0	1.0

4.3 ผลการประเมินคุณสมบัติทางกายภาพและลักษณะปรากฏของตำรับพื้น

จากผลการทดลองก่อนหน้า ผู้วิจัยได้เลือกตำรับ B4 มาตรวจสอบคุณสมบัติของตำรับพื้นพื้นฐาน ได้แก่ สี ความหนืด ความเป็นกรด-ด่าง ลักษณะปรากฏ กลิ่น และเนื้อสัมผัส ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการประเมินคุณสมบัติทางกายภาพและลักษณะปรากฏของตำรับพื้น B4

ผลการทดลอง				
ลักษณะทางกายภาพ	สี	กลิ่น	pH	ความหนืด
เป็นเจลครีม เนื้อเนียน	ขาวขุ่น	มีกลิ่นของ	5.49	21,400
ความข้นปานกลาง ไม่เกิดการแยกชั้น		น้ำมันเล็กน้อย		

หมายเหตุ ความหนืดมีหน่วยเป็น cP, เซ็มวัตต์เบอร์ 5 torque = 88% ความเร็วรอบ 12 rpm
ณ อุณหภูมิห้อง

4.4 ผลการประเมินความคงตัวของตำรับพื้น

4.4.1 ประเมินความคงตัวของตำรับพื้นด้วยวิธีปั่นเหวี่ยง

ปั่นเหวี่ยงโดยใช้เครื่องมือปั่นเหวี่ยง (Centrifuge) ด้วยความเร็ว 6,000 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 20 นาที ไม่พบการแยกชั้นของตำรับพื้น

4.4.2 ประเมินความคงตัวของตำรับพื้นด้วยวิธี Heating Cooling Cycle

ประเมินความคงตัวของตำรับพื้น B4 ด้วยวิธี heating cooling cycle (พิมพ์ร ลีลาพรพิสิฐ, 2551) โดยใส่ในภาชนะที่ปิดสนิท และเก็บในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำมาอบที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นับเป็น 1 รอบ ทำการทดสอบติดต่อกันทั้งสิ้น 7 รอบ ใช้เวลาในการทดสอบ 14 วัน เมื่อครบแล้วนำผลิตภัณฑ์มาประเมินความลักษณะทางกายภาพ พบว่า ตำรับพื้นมีเนื้อเนียนคงเดิม ไม่พบการแยกชั้น กลิ่นไม่เปลี่ยนแปลง ความหนืดและค่าความกรดต่างลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) สีของตำรับพื้นมีความเหลืองขึ้นโดยค่า L^* a^* และ b^* เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ค่าความแตกต่างของสีก่อนและหลังทดสอบความคงตัว (ΔE^*_{ab}) เท่ากับ 7.65 ± 0.06 กล่าวคือ สีของตำรับพื้นก่อนและหลังทดสอบ

ความคงตัวมีความแตกต่างกันจากการมองด้วยตาเปล่า แสดงผลเปรียบเทียบก่อนและหลังการทดสอบความคงตัวของตำรับพื้น ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลเปรียบเทียบก่อนและหลังการทดสอบความคงตัวของตำรับพื้น B4

รายการ	ผลการทดสอบ		วิธีการทดสอบ
	ก่อน	หลัง	
ลักษณะทางกายภาพ	เป็นเจลครีม เนื้อเนียน	เป็นเจลครีม เนื้อเนียน	Visual test
สี	ไม่เกิดการแยกชั้น	ไม่เกิดการแยกชั้น	
	L* = 64.09±0.07	L* = 70.10±0.13	Colorimeter
	a* = 0.40±0.01	a* = 0.95±0.01	
	b* = 2.18±0.01	b* = 6.88±0.01	
	ΔE* = 7.65±0.06		
กลิ่น	กลิ่นเฉพาะตัว	กลิ่นเฉพาะตัว	Sniff test
	มีกลิ่นของน้ำมันเล็กน้อย	มีกลิ่นของน้ำมันเล็กน้อย	
pH	5.49±0.01	5.30±0.00	pH meter
ความหนืด	21,400±4.51	21,255±11.72	Viscometer

หมายเหตุ ความหนืดมีหน่วยเป็น cP, เซ็มวัตเตอร์ 5 torque = 88%ความเร็วรอบ 12 rpm
ณ อุณหภูมิห้อง

4.5 ผลการทดลองปรับค่าซีเอสของบาคูซีเอสที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ ในตำรับพื้น และประเมินคุณสมบัติทางกายภาพและลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์

ข้อมูลจากผู้ผลิตความเข้มข้นของบาคูซีเอสที่มีประสิทธิภาพลดเลื้อนรีวรอย คือ 0.5% ถึง 1.0% ดังนั้น ผู้วิจัยจึงทำการทดลองปรับความเข้มข้นบาคูซีเอสที่ 0.5% 0.75% และ 1% ในตำรับ A1 A2 และ A3 ตามลำดับ จากการสังเกตด้วยตาเปล่าพบว่าที่ ในตำรับ A2 และ A3 เนื้อผลิตภัณฑ์มีความเหลืองอมน้ำตาลขึ้นอย่างชัดเจนเนื่องจากสีของบาคูซีเอส แต่ในตำรับ A1 ที่มีบาคูซีเอส 0.5% สีของเนื้อผลิตภัณฑ์ยังเป็นสีขาวเนียน เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ในท้องตลาด Heritage the concentrate 25.8 ที่มีส่วนผสมของบาคูซีเอสความเข้มข้น 1% เนื้อผลิตภัณฑ์มีสีเหลืองอย่างชัดเจนเช่นกัน และในงานวิจัยของ Dhaliwal และคณะ (2018) ได้มีการทดสอบประสิทธิภาพในเรื่อง

ครีมที่มีส่วนผสมของบาคูซิออลที่ 0.5% สำหรับทาทั่วหน้า ส่วนในงานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์บำรุงรอบดวงตาซึ่งเป็นบริเวณที่มีความบอบบางมากกว่า ผู้วิจัยจึงทำการเลือกตำรับ A1 ซึ่งเป็นตำรับที่มีบาคูซิออลที่ความเข้มข้น 0.5% ซึ่งเป็นตำรับที่ดีที่สุดไปประเมินคุณสมบัติทางกายภาพและลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ต่อไป

4.5.1 ประเมินความคงตัวของผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีปั่นเหวี่ยง

ปั่นเหวี่ยงโดยใช้เครื่องหมุนเหวี่ยง (Centrifuge) ด้วยความเร็ว 6,000 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 20 นาที ไม่พบการแยกชั้นของผลิตภัณฑ์

4.5.2. ประเมินความคงตัวของผลิตภัณฑ์ด้วยวิธี Heating Cooling Cycle

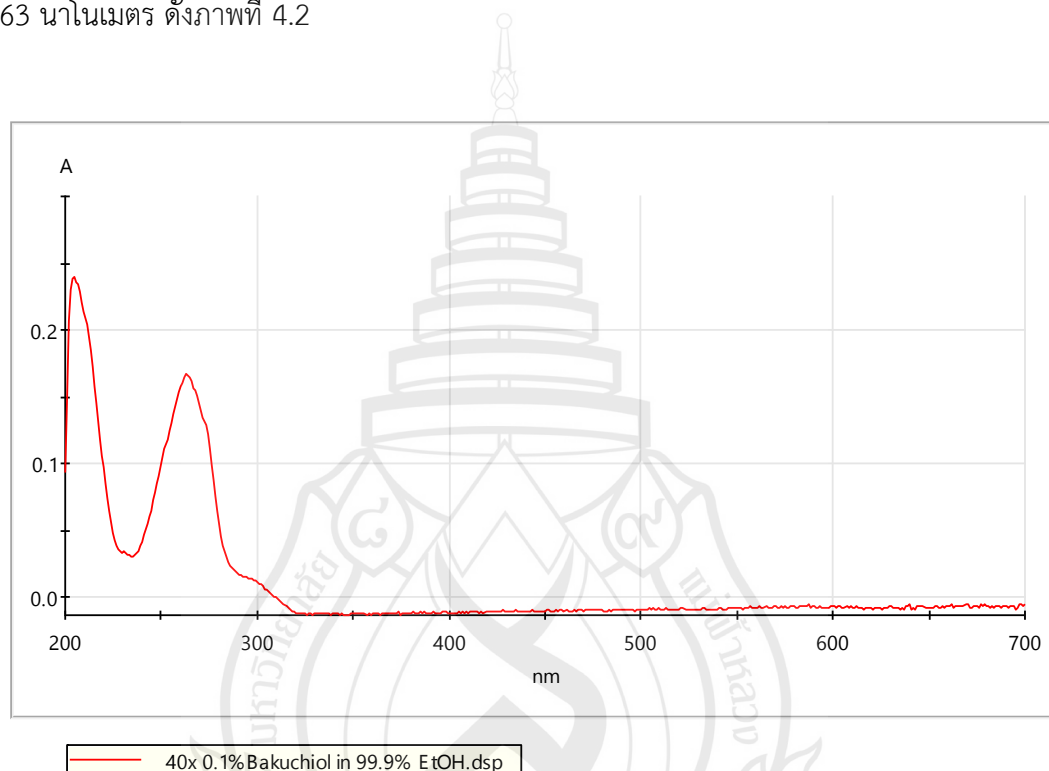
ประเมินความคงตัวของผลิตภัณฑ์ด้วยวิธี heating cooling cycle (พิมพ์ร ลีลาพรพิสิฐ, 2551) โดยใส่ในภาชนะที่ปิดสนิท และเก็บในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำมาอบที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นับเป็น 1 รอบ ทำการทดสอบติดต่อกันทั้งสิ้น 7 รอบ ใช้เวลาในการทดสอบ 14 วัน เมื่อครบแล้วนำผลิตภัณฑ์มาประเมินความลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ สี ความหนืด ความเป็นกรด-ด่าง ลักษณะปรากฏ กลิ่น และเนื้อสัมผัส พบว่า ตำรับ A1 มีเนื้อคงเดิม ไม่พบการแยกชั้น กลิ่นไม่เปลี่ยนแปลง ความหนืดและค่าความกรดต่างลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) สีของตำรับพื้นมีความเหลืองขึ้นเล็กน้อย โดยค่า L^* a^* และ b^* เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ค่าความแตกต่างของสีก่อนและหลังทดสอบความคงตัว (ΔE^*_{ab}) เท่ากับ 4.03 ± 0.01 กล่าวคือ สีของตำรับ A1 ก่อนและหลังทดสอบความคงตัวมีความแตกต่างต่างกันจากการมองด้วยตาเปล่า แสดงผลเปรียบเทียบก่อนและหลังการทดสอบความคงตัวของตำรับพื้น ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลเปรียบเทียบก่อนและหลังการทดสอบความคงตัวของตำรับ A1 ที่มีส่วนผสมของ
 บาคูซีออล 0.5%

รายการ	ผลการทดสอบ		วิธีการทดสอบ
	ก่อน	หลัง	
ลักษณะทางกายภาพ	เป็นเจลครีม เนื้อเนียน ไม่เกิดการแยกชั้น	เป็นเจลครีม เนื้อเนียน ไม่เกิดการแยกชั้น	Visual test
สี	L* = 67.08±0.08 a* = 0.51±0.01 b* = 3.27±0.01 ΔE* = 4.03±0.01	L* = 68.06±0.07 a* = 0.97±0.02 b* = 7.15±0.05	Colorimeter
กลิ่น	กลิ่นเฉพาะตัว มีกลิ่นของน้ำมันเล็กน้อย	กลิ่นเฉพาะตัว มีกลิ่นของน้ำมันเล็กน้อย	Sniff test
pH	5.50±0.00	5.35±0.00	pH meter
ความหนืด	21,350±4.16	21,200±11.14	Viscometer
หมายเหตุ	ความหนืดมีหน่วยเป็น cP, เซ็มวัตต์เบอร์ 5 torque = 92% ความเร็วรอบ 12 rpm ณ อุณหภูมิห้อง		

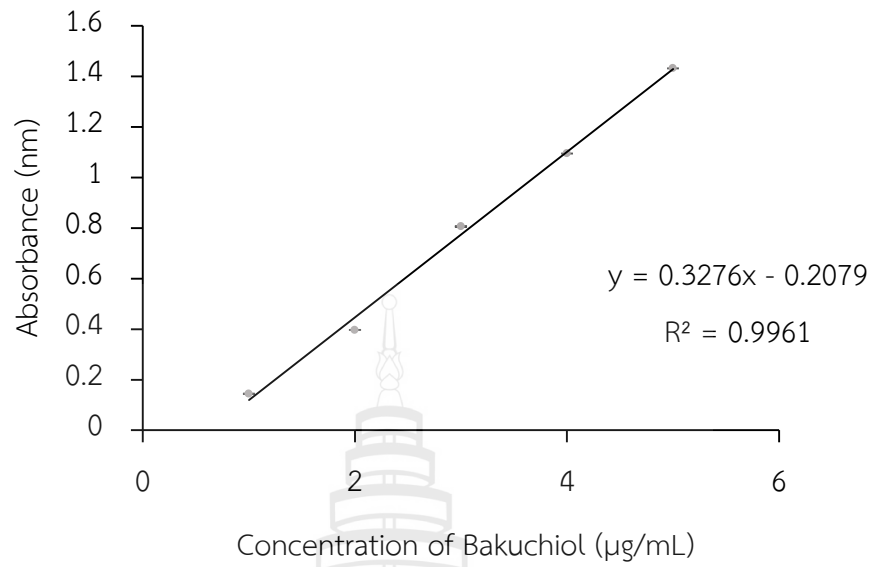
4.6 ผลการประเมินความคงตัวทางด้านเคมีของผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมของบาคูชิโอล

จากการทดลองวัดค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดของบาคูชิโอลด้วยเครื่อง UV-Vis spectrophotometer ที่ช่วงความยาวคลื่น 200 ถึง 700 นาโนเมตร โดยมีค่าความเข้มข้นของสารบาคูชิโอล 0.1 กรัมในเอทานอล 1 มิลลิลิตร และเจือจาง 40 เท่า พบว่ามีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดที่ 263 นาโนเมตร ดังภาพที่ 4.2

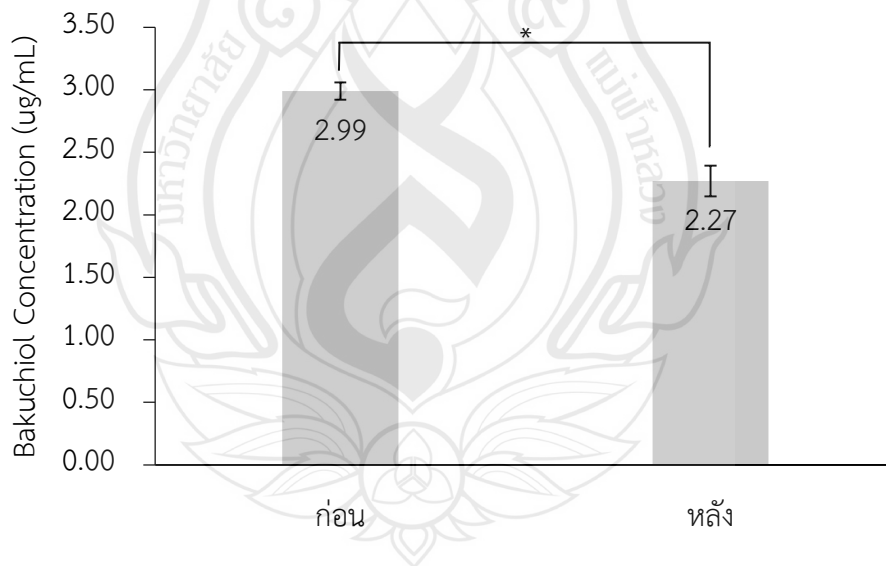


ภาพที่ 4.2 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงช่วง 200 ถึง 700 นาโนเมตร ของสารบาคูชิโอล

จากการศึกษาหาปริมาณของบาคูชิโอลในผลิตภัณฑ์โดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐาน ความเข้มข้นของบาคูชิโอลที่ความเข้มข้นต่าง ๆ (ภาพที่ 4.3) กับค่าดูดกลืนแสงของสารที่ 263 นาโนเมตร ตามสมการ $y = 0.3276x - 0.2079$ ผลการทดลองเปรียบเทียบก่อนและหลังการทดสอบความคงตัวของตำรับที่มีส่วนผสมของบาคูชิโอลด้วยวิธี heating cooling cycle หลังจากครบ 14 วัน พบว่าปริมาณของบาคูชิโอลในตำรับลดลงจาก 2.99 ± 0.07 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ($\mu\text{g/mL}$) เป็น 2.27 ± 0.12 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ($\mu\text{g/mL}$) เป็น คิดเป็นร้อยละ 24.13 หรือลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แสดงผลดังภาพที่ 4.4



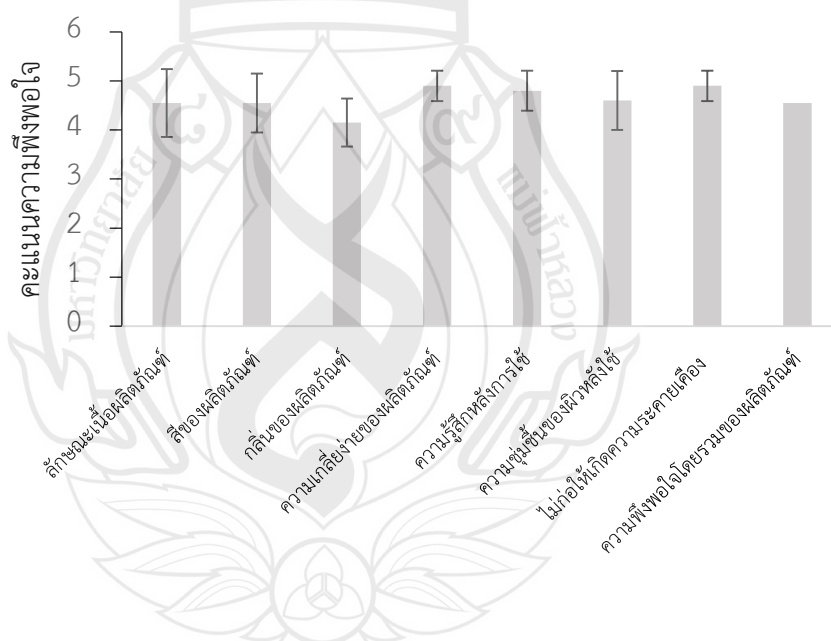
ภาพที่ 4.3 กราฟมาตรฐานค่าการดูดกลืนแสงของของบาคูชิโอลที่ความเข้มข้นต่าง ๆ



ภาพที่ 4.4 กราฟเปรียบเทียบความเข้มข้นของบาคูชิโอลในตำรับก่อนและหลังทดสอบความคงตัวด้วยวิธี heating cooling cycle ที่ค่าความเชื่อมั่น 95 (*p < 0.05)

4.7 ผลการประเมินความพึงพอใจจากอาสาสมัคร

นำตำรับที่มีส่วนผสมของบาคูชืออลมาประเมินความพึงพอใจ โดยใช้แบบสอบถามความพึงพอใจในด้านต่าง ๆ ได้แก่ ลักษณะเนื้อผลิตภัณฑ์ สีของผลิตภัณฑ์ กลิ่นของผลิตภัณฑ์ ความเกลี้ยง่ายของผลิตภัณฑ์ ความรู้สึกหลังการใช้ เช่น ความสบายผิว ไม่แห้งหรือเหนอะหนะจนเกินไป ความชุ่มชื้นของผิวหลังใช้ ไม่รู้สึกกร่อนผิว แสบตา หรือระคายเคือง และความพึงพอใจโดยรวมของผลิตภัณฑ์ ในอาสาสมัครจำนวน 20 คน โดยแบ่งเป็น เพศชาย 10 คน และเพศหญิง 10 คน โดยมีการปรับกลิ่นของตำรับด้วยน้ำหอม ผลการประเมินความพึงพอใจของอาสาสมัครจากแบบสอบถาม แสดงในภาพที่ 4.5 ซึ่งจากภาพพบว่า อาสาสมัครมีความพึงพอใจมากที่สุดในด้านเนื้อ สี ความเกลี้ยง่าย ความรู้สึกหลังการใช้ ความชุ่มชื้นของผิว ความไม่ก่อให้เกิดการระคายเคือง และความพึงพอใจโดยรวมของผลิตภัณฑ์ มีเพียงด้านกลิ่นของตำรับที่อาสาสมัครมีความพึงพอใจมาก โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.15 ± 0.49



ภาพที่ 4.5 กราฟเปรียบเทียบความพึงพอใจของผู้บริโภคในการใช้ผลิตภัณฑ์บำรุงผิวรอบดวงตาที่มีส่วนผสมของบาคูชืออลในด้านต่าง ๆ

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

จากผลการทดลอง ค้นคว้า รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการพัฒนาตัวรับ ทดสอบความคงตัวของทางกายภาพและทางเคมีของตัวรับผลิตภัณฑ์บำรุงผิวรอบดวงตาที่มีส่วนผสมของบาคูซิออล สรุปผลได้ดังนี้

ความคงตัวของตัวรับพื้นและตัวรับที่มีส่วนผสมของบาคูซิออลที่ผ่านการทดสอบด้วยวิธี heating cooling cycle โดยใส่ในภาชนะที่ปิดสนิท และเก็บในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำมาอบที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นับเป็น 1 รอบ ทำการทดสอบติดต่อกันทั้งสิ้น 7 รอบ ใช้เวลาในการทดสอบ 14 วัน พบว่า ตัวรับพื้นและตัวรับที่มีส่วนผสมของบาคูซิออลมีเนื้อเนียนเหมือนเดิม ไม่พบการแยกชั้น มีกลิ่นเหมือนเดิม ความหนืดและความเป็นกรด-ด่างลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) อาจเกิดจากอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปทำให้สารพอลิเมอร์ของสารก่อเจลที่ใช้ในตัวรับเสื่อมสภาพลง

จากการทดลองหาค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดของบาคูซิออลโดยใช้ เครื่อง UV-Vis spectrophotometer สแกนที่ความยาวคลื่น 200 ถึง 700 นาโนเมตร พบว่า มีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดอยู่ที่ 263 นาโนเมตร

ความคงตัวของเคมีของบาคูซิออลในตัวรับเมื่อผ่านการทดสอบความคงตัว ด้วยวิธี heating cooling cycle และนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV-Vis spectrophotometer โดยใช้เอทานอลความเข้มข้น 99.9% เป็นตัวควบคุม เปรียบเทียบก่อนและหลังทดสอบความคงตัวของตัวรับ นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้เทียบกับกราฟมาตรฐานระหว่างค่าการดูดกลืนแสงและบาคูซิออลที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ผลการคำนวณเปรียบเทียบความเข้มข้นของบาคูซิออลในตัวรับก่อนและหลังการทดสอบความคงตัวจากสมการเส้นตรงที่ได้จากกราฟมาตรฐานบาคูซิออลที่ความเข้มข้นต่าง ๆ พบว่าความเข้มข้นของบาคูซิออลลดลงเมื่อผ่านการทดสอบความคงตัว จาก 2.99 ± 0.07 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ($\mu\text{g/mL}$) เป็น 2.27 ± 0.12 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ($\mu\text{g/mL}$) หรือความเข้มข้นบาคูซิออลลดลง 24.13% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ดังนั้นเพื่อความคงตัวของตัวรับ อาจเพิ่มสาร

ต้านอนุมูลอิสระ เช่น บีเอชที (Butylated hydroxytoluene, BHT) หรือวิตามินอีในสูตร และเลือกใช้บรรจุภัณฑ์ที่มีความทึบแสง

ผลการประเมินความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์จากอาสาสมัครเพศชายและหญิงอายุระหว่าง 26 ถึง 50 ปี จำนวน 20 คน แบ่งเป็นเพศชาย 10 คน และเพศหญิง 10 คน โดยประเมินความพึงพอใจที่มีต่อการใช้ผลิตภัณฑ์ อาสาสมัครมีความพึงพอใจมากที่สุดในด้านเนื้อ สี ความเกลี้ยงง่าย ความรู้สึกหลังการใช้ ความชุ่มชื้นของผิว ความไม่ก่อให้เกิดการระคายเคือง และความพึงพอใจโดยรวมของผลิตภัณฑ์ มีเพียงด้านกลิ่นของตำรับที่อาสาสมัครมีความพึงพอใจมาก โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.15 ± 0.49

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ในการพัฒนาตำรับครั้งต่อไป อาจเปลี่ยนชนิดของสารกันเสียในผลิตภัณฑ์ เนื่องจากสารกันเสียที่เลือกใช้นำตำรับนี้มีกลิ่นที่ส่งผลต่อผลิตภัณฑ์

5.2.2 เพื่อความน่าเชื่อถือและแม่นยำในการแปลผล ควรมีการทดสอบในอาสาสมัครเพื่อประเมินประสิทธิภาพก่อนและหลังการทดลองใช้ผลิตภัณฑ์ เช่น การวิเคราะห์ความชุ่มชื้น การวิเคราะห์ปริมาณริ้วรอยของผิว และความเรียบเนียนของผิว เป็นต้น

5.2.3 เพื่อความคงตัวของบาคูซิออลและสารอื่น ๆ ในตำรับ อาจเพิ่มสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น บีเอชที (Butylated hydroxytoluene, BHT) หรือวิตามินอีในสูตร และเลือกใช้บรรจุภัณฑ์ที่มีความทึบแสง



รายการอ้างอิง

รายการอ้างอิง

- โครงสร้างของผิวหนัง. (ม.ป.ป.). <https://knoji.com/article/structure-and-function-of-the-skin/>
- เต็มสิริ หวังทวีทรัพย์. (2559). ความจริงของผลิตภัณฑ์ช่วยผิวชะลอวัยคุณผู้หญิงควรรู้. ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ
- ปรารณา เกตุบุตร. (2556). การลดอาการปวดกล้ามเนื้อเรื้อรังด้วยการนวดราชสำนักร่วมกับการใช้น้ำมันนวดผสมขิง (รายงานการศึกษาอิสระวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง.
- พิมพร ลีลาพรพิสิฐ. (2551). เครื่องสำอางสำหรับผิวหนัง. โอเดียน สโตร์.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2539). มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเครื่องสำอาง. มอก. 152-2539
- สิริพรรณ สังข์มาลา. (2560). *Introduction to dermatology*. https://meded.psu.ac.th/binlaApp/class05/388_573/intro_to_dematology
- AquaLuna ATX, LLC. (n.d.). *Extracellular matrix*. <https://aqualunaatx.com/fibroblast-skin-tightening/>
- Backhouse, C. N., Delporte, C. L., Negrete, R. E., Erazo, S., Zuñiga, A., Pinto, A., . . . Cassels, B. K. (2001). Active constituents isolated from *Psoralea glandulosa* L. with antiinflammatory and antipyretic activities. *Journal of Ethnopharmacology*, 78(1), 27–31. [https://doi.org/10.1016/s0378-8741\(01\)00309-9](https://doi.org/10.1016/s0378-8741(01)00309-9)

- Chaudhuri, R. K., & Bojanowski, K. (2014). Bakuchiol: a retinol-like functional compound revealed by gene expression profiling and clinically proven to have anti-aging effects. *International Journal of Cosmetic Science*, *36*, 221-230.
- Dhaliwal, S., Rybak, I., Ellis, S., Notay, M., Trivedi, M., Burney, W., . . . Sivamani, R. K. (2018). Prospective, randomized, double-blind assessment of topical bakuchiol and retinol for facial photoaging. *British Journal of Dermatology*, *180*(2), 289-296. <https://doi.org/10.1111/bjd.16918>
- Goldberg, D. J., Robinson, D. M., & Granger, C. (2019). Clinical evidence of the efficacy and safety of a new 3-in-1 anti-aging topical night serum-in-oil containing melatonin, bakuchiol, and ascorbyltetraisoalmitate: 103 females treated from 28 to 84 days. *Journal of Cosmetic Dermatology*, *18*(3), 806–814.
- Han, H. S., Kwon, Y. J., Park, M. S., Park, S. H., Cho, S. M. K., Rho, Y. S., . . . Um, S. J. (2003). Efficacy validation of synthesized retinol derivatives In vitro: stability, toxicity, and activity. *Bioorganic & Medicinal Chemistry*, *11*(17), 3839–3845.
- Lephart, E. D. (2016). Skin aging and oxidative stress: Equol's anti-aging effects via biochemical and molecular mechanisms. *Ageing Research Reviews*, *31*, 36–54.
- Mehta, G., Nayak, U. R., & Dev, S. (1973). Meroterpenoids-I. *Psoralea corylifolia* Linn. Bakuchiol, a novel monoterpene phenol. *Tetrahedron*, *29*(8), 1119–1125.
- Poláková, K., Fauger, A., Sayag, M., & Jourdan, E. (2015). A dermocosmetic containing bakuchiol, *Ginkgo biloba* extract and mannitol improves the efficacy of adapalene in patients with acne vulgaris: result from a controlled randomized trial. *Cosmetic and Investigational Dermatology*, *8*, 187-191.

Rabe, J. H., Mamelak, A. J., McElgunn, P. J., Morison, W. L., & Sauder, D. M. (2006).

Photoaging mechanisms and repair. *Journal of the American Academy of Dermatology*, 55, 1-19.

Schuessler, Z. (2020). *Delta E 101*. <http://zschuessler.github.io/DeltaE/learn/#toc-delta-e-101>

Shoji, M., Arakaki, Y., Esumi, T., Kohnomi, S., Yamamoto, C., Suzuki, Y., . . . Kuzuhara, T.

(2015). Bakuchiol Is a Phenolic Isoprenoid with Novel Enantiomer-selective Anti-influenza A Virus Activity Involving Nrf2 Activation. *Journal of Biological Chemistry*, 290(46), 28001–28017.





ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

แบบประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภคในการใช้ผลิตภัณฑ์บำรุงผิวรอบ
ดวงตาที่มีส่วนผสมของบาคูซ็อลเปรียบเทียบกับตำรับพื้น

ส่วนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐาน

เพศ ชาย หญิง
อายุ 26-30 31-35 36-40 41-45 46-50

ส่วนที่ 2 ความพึงพอใจในผลิตภัณฑ์

คำชี้แจง : โปรดทำเครื่องหมาย / ลงในตารางให้ตรงกับความเห็นของท่านมากที่สุด

(5=ดีมากที่สุด, 4=ดีมาก/ดี, 3=ปานกลาง/เฉยๆ, 2=น้อย/พอใช้, 1=น้อยที่สุด/ต้องปรับปรุง)

ความพึงพอใจในผลิตภัณฑ์ A	5	4	3	2	1
ลักษณะเนื้อผลิตภัณฑ์					
สีของผลิตภัณฑ์					
กลิ่นของผลิตภัณฑ์					
ความเกลี้ยงง่ายของผลิตภัณฑ์					
ความรู้สึกหลังการใช้ เช่น ความสบายผิว ไม่แห้งหรือเหนอะหนะจนเกินไป					
ความชุ่มชื้นของผิวหลังใช้					
ไม่รู้สึกร้อนผ่าว แสบตา หรือระคายเคือง					
ความพึงพอใจโดยรวมของผลิตภัณฑ์					
ความพึงพอใจในผลิตภัณฑ์ B	5	4	3	2	1
ลักษณะเนื้อผลิตภัณฑ์					
สีของผลิตภัณฑ์					
กลิ่นของผลิตภัณฑ์					
ความเกลี้ยงง่ายของผลิตภัณฑ์					
ความรู้สึกหลังการใช้ เช่น ความสบายผิว ไม่แห้งหรือเหนอะหนะจนเกินไป					
ความชุ่มชื้นของผิวหลังใช้					
ไม่รู้สึกร้อนผ่าว แสบตา หรือระคายเคือง					
ความพึงพอใจโดยรวมของผลิตภัณฑ์					

ภาคผนวก ข

รายละเอียดของบัญชีออกจาบริษัท ดีเคเอสเอช เพอร์ฟอร์แมนซ์
แมททีเรียลส์ (ประเทศไทย)

Technical Data Sheet

Sytenol® A Cosmetic Ingredient

Product Code:	BK 1002
Product Description	
Trade name:	Sytenol® A
Chemical name:	Phenol, 4-[(1E, 3S)-3-ethenyl-3, 7-dimethyl-1, 6-octadienyl]
INCI Name	Bakuchiol
Appearance:	Yellow to yellowish brown viscous liquid
CAS #:	10309-37-2
EC #:	685-515-9
Harmonized Tariff No:	2907.11.0000
Analytical Profile	Specifications
Purity by HPLC (% area)	98% min
Identity by HPLC	To match with standard
Psoralene & Isopsoralene	100 ppm max
Refractive index	1.55±0.02
Moisture content	≤ 1%
Sulfated ash	≤ 0.5%
Residual Solvents	
Methanol	100 ppm max
Ethyl Acetate	100 ppm max
Hexanes	100 ppm max
Heavy Metals	
Lead (Pb)	< 1 ppm
Arsenic (As)	< 1 ppm
Mercury (Hg)	< 1 ppm
Microbial Profile	
Total aerobic plate count	≤ 100 CFU/g
Yeast and mold count	≤ 10 CFU/g
Escherichia coli	Absent in 1 g
Salmonella	Absent in 10 g
Storage:	Store in original, sealed container at +10 to +30 °C; Avoid prolong exposure to light and heat
Stability:	Min. 2 years
Standard Packaging:	1Kg
Date:	2/2019

This document is generated electronically and is valid without a signature

ภาคผนวก ค

แผนภาพการทำการทดลอง

การทดลองที่ 1 การตั้งตำรับพื้น

เตรียมส่วนผสมดังตาราง จำนวน 300 กรัม

ซึ่งส่วนผสม Part A รวมกัน และอุ่นให้ร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

คนผสมจนส่วนผสมละลายเข้ากันดี



ลดอุณหภูมิลง โปรย Part B ลง ใน Part A คนอย่างต่อเนื่องจนได้เจลใสเป็นเนื้อเดียวกัน

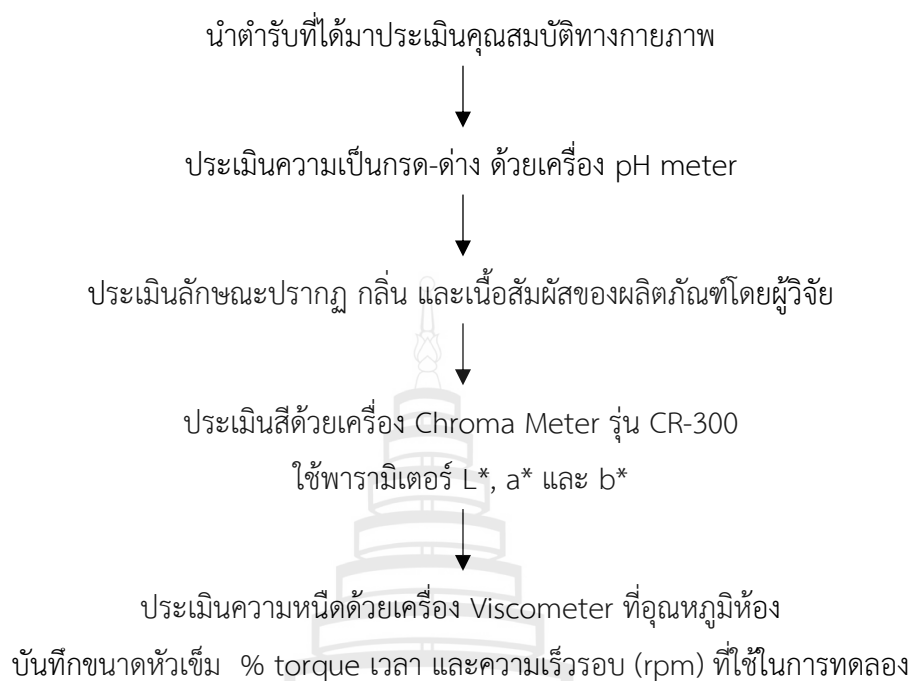


ผสม Part C เข้าด้วยกัน แล้วเติมลงใน Part AB

Phase	Ingredients	%
A	DI water	Q.S. to 100
	Disodium EDTA	0.1
	Allantoin	0.5
	Sodium hyaluronate	3.0
B	Ammonium polyacryloyldimethyl taurate	0.8
C	Caprylic/Capric triglycerides and 4-Hexylresorcinol and Ethyl linoleate	1.0
	Glyceryl glucoside	2.0
	Isosorbide dicaprylate	2.0
	<i>Chondrus crispus</i> and <i>Gigartina stellata</i> extract	3.0
	PEG-40 Hydrogenated castor oil and trideceth-9 and polysorbate 20	0.5
D	Fragrance	0.1
E	Sodium benzoate, potassium sorbate and water	1.0
F	Color CI 42090 and CI 14270 1.0% solution	0.04

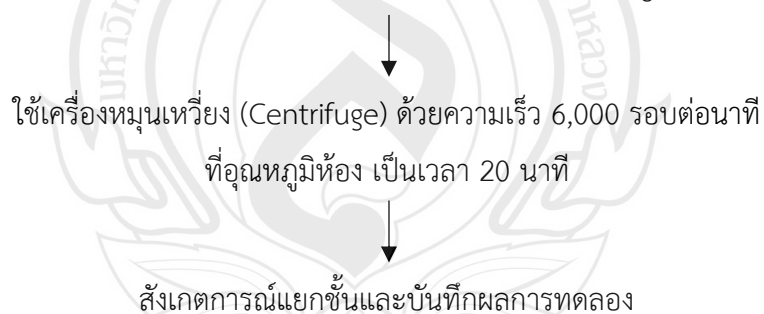
*หมายเหตุ: มีการปรับสูตรเพื่อให้ได้ตำรับที่ดีที่สุด

การทดลองที่ 2 ประเมินคุณสมบัติทางกายภาพและลักษณะปรากฏของตำรับพื้น



การทดลองที่ 3 ประเมินความคงตัวของตำรับพื้นด้วยวิธีปั่นเหวี่ยง

แบ่งตัวอย่างจำนวน 20 กรัม ใส่ในหลอดปั่นเหวี่ยงตกตะกอน (Centrifuge tube) ขนาด 50 กรัม



การทดลองที่ 4 ประเมินความคงตัวของตำรับพื้นด้วยวิธี heating cooling cycle

แบ่งตัวอย่างจำนวน 30 กรัม ใส่ในภาชนะที่ปิดสนิท



เก็บในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง



นำมาอบที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง



ทำการทดสอบติดต่อกันทั้งสิ้น 7 รอบ

ใช้เวลาในการทดสอบ 14 วัน



นำผลิตภัณฑ์มาประเมินความลักษณะทางกายภาพ

ได้แก่ สี ความหนืด ความเป็นกรด-ด่าง กลิ่น และลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ ตามการทดลองที่ 2

การทดลองที่ 5 ทดลองใส่บาคูซิออลที่ความเข้มข้นต่างๆ ในตำรับพื้น

แบ่งตำรับพื้นบีกเกอร์ละ 50 กรัม แล้วใส่บาคูซิออลที่ความเข้มข้นต่างๆ



Control



+ 0.5% บาคูซิออล



+ 0.75% บาคูซิออล



+ 1% บาคูซิออล



ประเมินความคงตัวของตำรับพื้นด้วยวิธีปั่นเหวี่ยง ตามการทดลองที่ 3

สังเกตการณ์แยกชั้นและบันทึกผลการทดลอง



ประเมินความคงตัวของตำรับพื้นด้วยวิธี heating cooling cycle ตามการทดลองที่ 4



ประเมินลักษณะทางกายภาพ

สี ความหนืด ความเป็นกรด-ด่าง กลิ่น และลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ ตามการทดลองที่ 2

การทดลองที่ 6 การหาสเปกตรัมและ λ_{\max} ของสารบาคูซีออล ด้วย UV-Vis absorption spectroscopy

เตรียมสารบาคูซีออลในตัวทำละลายเอทานอล ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ (w/w) ปริมาณ 20 กรัม
(บาคูซีออล 0.2 กรัม เติมน้ำ 19.8 กรัม)

เตรียมสารในคิวเวตเพื่อวิเคราะห์โดยใช้เครื่อง UV-Vis absorption spectroscopy



คิวเวต 1 blank



คิวเวต 2 สารบาคูซีออล

1% บาคูซีออลในตัวทำละลายเอทานอล

ตั้งค่าความยาวคลื่น (λ) ที่ 200-700 นาโนเมตร

ใส่ คิวเวต 1 ที่เป็น blank ลงในเครื่อง

ตั้งค่าเป็น 0 Absorbance หรือ 100% Transmittance

ใส่คิวเวต 2 ที่เป็น 1% บาคูซีออลในตัวทำละลายเอทานอลลงในเครื่อง

อ่านค่าการดูดกลืนแสง จดบันทึกค่า λ_{\max} และกราฟที่ได้

ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

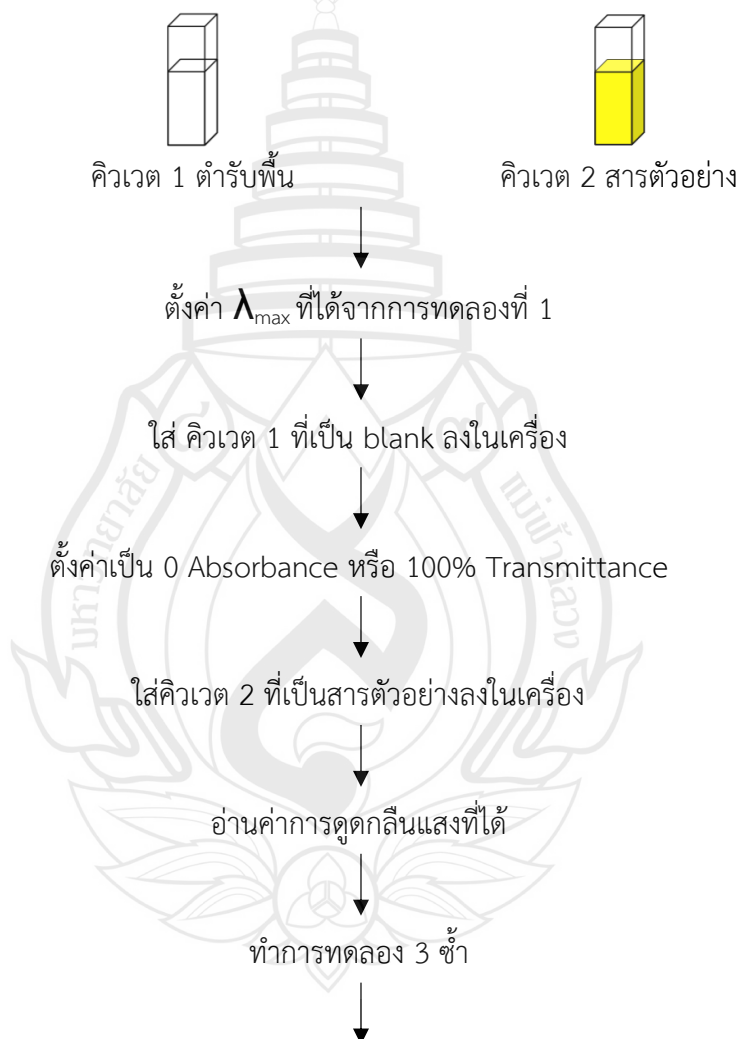
การทดลองที่ 7 การหาปริมาณสารบาคูซีออลในสารตัวอย่าง (ผลิตภัณฑ์บำรุงผิวรอบดวงตาที่มีส่วนผสมของบาคูซีออล) ด้วยการหาค่า Extinction coefficient

เจือจางสารตัวอย่างและตำรับพื้น 5 เท่า ให้มีปริมาตร 20 กรัม

(ซึ่งผลิตภัณฑ์บำรุงผิวรอบดวงตาที่มีส่วนผสมของบาคูซีออลบาคูซีออล 4 กรัม เต็มเอทานอล 16 กรัม)

กรองให้เหลือแต่สารละลายใส

เตรียมสารในคิวเวตเพื่อวิเคราะห์โดยใช้เครื่อง UV-Vis absorption spectroscopy



คำนวณหาความเข้มข้นของสารตัวอย่าง จากค่า Extinction coefficient