



รายงานการวิจัย

เรื่อง

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ครีมชะลอวัย (ครีมลดเลือนริ้วรอย) ที่มีส่วนผสมของสาร
สกัดจากข้าว กข.43

Development of anti-aging cream (anti-wrinkle cream) product
containing extract from RD 43 rice

ผศ.ขวัญจิต อิศระสุข

ผศ.ดร.อรพิน โกมุติบาล

ผศ.อมรรัตน์ สีสูกอง

ผศ.ดร.ปิยนุช พรหมภมร

นางสาวจิตรวดี ตั้งหิรัญรัตน์

นางสาวกัลยาภรณ์ จันตรี

และคณะ

มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

2566

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสวนดุสิต



รายงานการวิจัย

เรื่อง

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ครีมชะลอวัย (ครีมลดเลือนริ้วรอย) ที่มีส่วนผสมของสารสกัด
จากข้าว กข.43

Development of anti-aging cream (anti-wrinkle cream) product
containing extract from RD 43 rice

ผศ.ขวัญจิต อิศระสุข

(คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสุวนดุสิต)

ผศ.ดร.อรพิน โกมิตบาล

(คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสุวนดุสิต)

ผศ.อมรรัตน์ สีสุทอง

(คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสุวนดุสิต)

ผศ.ดร.ปิยนุช พรหมภมร

(คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสุวนดุสิต)

นางสาวจิตรวดี ตั้งหิรัญรัตน์

(คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสุวนดุสิต)

นางสาวกัลยาภรณ์ จันตรี

(คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี)

และคณะ

มหาวิทยาลัยสุวนดุสิต

2566

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสุวนดุสิต

(งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม
(ววน.) และมหาวิทยาลัยสุวนดุสิต ปีงบประมาณ 2565)

หัวข้อวิจัย	การพัฒนาผลิตภัณฑ์ครีมชะลอวัย (ครีมลดเลือนริ้วรอย) ที่มีส่วนผสมของสารสกัดจากข้าวทข.43
ผู้ดำเนินการวิจัย	ผศ.ขวัญจิต อิศระสุข ผศ.ดร.อรพิน โกมุติบาล ผศ.อมรรัตน์ สีสุทอง ผศ.ดร.ปิยนุช พรหมภมร นางสาวจิตรวดี ตั้งหิรัญรัตน์ นางสาวกัลยาภรณ์ จันตรี พ.อ.ผศ.นพ.ศราวุธ จินดารัตน์ และ ผศ.ดร.สุชาดา โทผล
หน่วยงาน	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต
ปี พ.ศ.	2565

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ฤทธิ์ด้านการอักเสบ ประสิทธิภาพการป้องกันแสงแดด ความเป็นพิษต่อเซลล์ผิวหนังมนุษย์ไฟโบร بلاสติกของสารสกัดจากข้าวทข.43 และฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์คอลลาจิเนสเพื่อใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางชะลอวัย สกัดผงข้าวทข.43 และข้าวกล้อง ทข.43 ที่แห้งแล้วด้วยตัวทำละลายเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 95, 70, 50, 30 และ 0 (น้ำปราศจากอ็อกซิเจนร้อยละ 100) ด้วยวิธีการหมัก ผลการวิเคราะห์หาปริมาณสารฟีนอลิกรวม ฟลาโวนอยด์รวม และสารแกมมาออริซานอลพบว่า สารสกัดข้าวกล้อง ทข.43 มีปริมาณสารต้านออกซิเดชันโดยรวมสูงกว่าสารสกัดข้าวทข.43 การทดสอบความเป็นพิษของสารสกัดต่อเซลล์ผิวหนังมนุษย์ไฟโบร بلاสติก พบว่า สารสกัดข้าวทข.43 และข้าวกล้อง ทข.43 ที่ความเข้มข้น 5-100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ไม่มีความเป็นพิษต่อเซลล์ ทดสอบฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของสารสกัดด้วยวิธี DPPH, FRAP, HRSA และ SRSA assays พบว่า สารสกัดข้าวกล้อง ทข.43 มีประสิทธิภาพการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH และค่า FRAP สูงกว่าสารสกัดข้าวทข.43 ส่วนการยับยั้งอนุมูลอิสระ Hydroxyl และ Superoxide พบว่า สารสกัดข้าวทข.43 มีประสิทธิภาพดีกว่าสารสกัดข้าวกล้อง ทข.43 การวัดค่าประสิทธิภาพในการป้องกันแสงแดดของสารสกัด พบว่า สารสกัดข้าวกล้อง ทข.43 ที่สกัดด้วยน้ำปราศจากอ็อกซิเจนมีค่าประสิทธิภาพในการป้องกันแสงแดดสูงกว่าสารสกัดส่วนอื่น การทดสอบฤทธิ์ด้านการอักเสบของสารสกัดในหลอดทดลอง พบว่า สารสกัดข้าวกล้องที่สกัดด้วยเอทานอลร้อยละ 95 และสารสกัดข้าวทข.43 ที่สกัดด้วยน้ำปราศจากอ็อกซิเจนมีฤทธิ์ด้านการอักเสบโดยสามารถยับยั้งการสลายตัวของอัลบูมินได้ และสารสกัดข้าวกล้อง ทข.43 ที่สกัดด้วยเอทานอลร้อยละ 30 มีค่าความเข้มข้นที่สามารถยับยั้งเอนไซม์คอลลาจิเนสได้ร้อยละ 50 (IC₅₀) เท่ากับ 130.93±13.99 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตั้งตำรับครีมและเซรั่มที่มีส่วนผสมของสารสกัดข้าวกล้อง ทข.43 (ความเข้มข้นร้อยละ 0.27 โดยน้ำหนัก) พบว่า ตำรับที่เตรียมได้เป็นเนื้อเดียวกัน ไม่แยกชั้น มีสีเหลืองอ่อน และไม่พบการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ต้องห้ามทางเครื่องสำอาง ตำรับครีมมีค่าความหนืดและค่าความเป็นกรดต่างเท่ากับ 5330.00±562.30 เซนติพอยส์ และ 6.77±0.34 ตามลำดับ ส่วนตำรับเซรั่มมีค่าความหนืดและค่าความเป็นกรดต่างเท่ากับ 403.10±7.20 เซนติพอยส์ และ 6.73±0.05 ตามลำดับ ตำรับครีมและตำรับเซรั่มที่มีส่วนผสมของสารสกัดข้าว ทข.43 มีความคงตัวดีทางเคมีกายภาพภายใต้สภาวะอุณหภูมิห้องและสภาวะเร่ง จากผล

การศึกษาทั้งหมดแสดงให้เห็นว่า สารสกัดจากข้าวกล้อง กข 43 มีฤทธิ์ทางชีวภาพโดยรวมดีกว่าสารสกัดข้าวขาว กข.43 จึงเหมาะกับการนำไปใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางชะลอวัยได้

คำสำคัญ สารสกัดข้าว กข.43 ฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน ผลิตภัณฑ์ครีมและเซรั่ม

Research Title	Development of anti-aging cream (anti-wrinkle cream) product containing extract from RD 43 rice
Researcher	Khawunjit Itsarasook, Orapin Komutiban, Amornrat Srisukong, Piyanuch Prompamorn, Jittarawadee Tanghiranrat, Kanlayaporn Chantree, Sarawut Jindarat and Suchada Thophon
Organization	Faculty of Science and Technology, Suan Dusit Rajabhat University
Year	2022

This research aims to investigate the antioxidant, anti-inflammatory activities, sun protection factor, cytotoxicity to human dermal fibroblast and anti-collagenase of RD 43 rice extracts for application in antiaging product. Extracts of dried powder of RD 43 rice both white rice and brown rice were produced by a maceration technique using five different concentrations of ethanol: 95%v/v, 70%v/v, 50 %v/v, 30%v/v, and 0%v/v (100%v/v of DI water). The obtained results of the total contents of phenolics, flavonoids and gamma-oryzanol showed that the extracts from brown rice had higher contents of antioxidants than white rice extracts. The anti-oxidation activities of extracts were tested by DPPH, FRAP, HRSA and SRSA assays. Results found that the RD 43 brown rice extracts exhibited the DPPH radical inhibitory and FRAP value higher than RD 43 white rice extracts. For HRSA and SRSA assays resulting, the extracts from RD 43 white rice could inhibit hydroxyl and superoxide radicals more than RD 43 brown rice extracts. The investigation of sun protection factor of the extracts showed that the aqueous extract of RD 43 brown rice had a higher SPF value than others extract. Obtained result of in vitro anti-inflammatory activity of the extracts found that the 95% ethanolic extract of RD 43 brown rice and aqueous extract of RD 43 white rice showed inhibition of albumin denaturation. Anti-collagenase of the 30% ethanolic extract of RD 43 brown rice had the IC_{50} value of 130.93 ± 13.99 mg/mL. Both prepared cream and serum containing extract from RD 43 brown rice extracted (0.27 %w/w) showed a homogeneously formula with no separation and light-yellow color and no microbial contamination. The viscosity and pH value of cream formula were 5330.00 ± 562.30 cP and 6.77 ± 0.34 , respectively. The viscosity and pH value of serum formula were 403.10 ± 7.20 cP and 6.73 ± 0.05 , respectively. The sum of the findings indicated that

the RD 43 brown rice extracts had a potential of biological activities higher than the extracts from RD 43 white rice and it can be used as an active ingredient in antiaging product.

Keywords RD 43 rice extracts, Antioxidant activities, Cream and serum products

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม (กสว.) ประเภท Fundamental Fund ประจำปีงบประมาณ 2565 ที่ให้การสนับสนุนเงินทุนในการดำเนินโครงการวิจัยเรื่อง “การพัฒนาผลิตภัณฑ์ครีมชะลอวัย (ครีมลดเลือนริ้วรอย) ที่มีส่วนผสมของสารสกัดจากข้าวภ.43”

ขอขอบคุณ นางสาวปัญจาวิทย์ บัวมีกลิ่น และนางสาวชลธิชา คล่องแคล่ว นักศึกษาวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ผู้มีส่วนร่วมทำให้โครงการนี้สำเร็จไปด้วยดี

ขอขอบคุณ ห้องปฏิบัติการเคมี หลักสูตรเทคโนโลยีเคมี และห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง หลักสูตรวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต สำหรับความอนุเคราะห์ให้ใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์ในการทำวิจัย

คณะผู้วิจัย

2566

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญ	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
ขอบเขตการวิจัย	3
สมมติฐานการวิจัย	4
คำจำกัดความที่ใช้ในงานวิจัย	4
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
ปฏิกิริยาออกซิเดชันและอนุมูลอิสระ	6
การแก่ของผิว	8
ข้าวท.43 (RD 43 rice)	15
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	17
กรอบแนวคิดในการวิจัย	19
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	20
ประชากรและการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง	20
เครื่องมือในการวิจัยและการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ	20
การเก็บรวบรวมข้อมูล	23
การวิเคราะห์ข้อมูล	30

บทที่ 4 ผลการวิจัย	31
การวิเคราะห์ปริมาณคุณค่าทางโภชนาของข้าวท.43	31
การสกัดข้าวท.43	33
การวิเคราะห์หาปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในสารสกัดข้าวท.43	35
การทดสอบความเป็นพิษ (Cytotoxicity test) ของสารสกัดข้าวท.43	36
การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ	40
การทดสอบหาประสิทธิภาพในการป้องกันแสงแดด	41
การทดสอบฤทธิ์ต้านการอักเสบ	42
การทดสอบการยับยั้งเอนไซม์คอลลาจีเนส (Collagenase)	43
ผลิตภัณฑ์ครีมและเซรั่มที่มีส่วนผสมของสารสกัดข้าวท.43	44
การตรวจสอบการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์	45
การประเมินความคงตัวของผลิตภัณฑ์ครีมและเซรั่ม	45
 บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	48
สรุปและอภิปรายผลการวิจัย	48
ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้	52
ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป	52
 บรรณานุกรม	53
บรรณานุกรมภาษาไทย	53
บรรณานุกรมภาษาต่างประเทศ	53
 ภาคผนวก	58
ภาคผนวก ก การวิเคราะห์หาปริมาณสารฟีนอลิกรวม ฟลาโวนอยด์รวม และแกมมาออร์ซานอลในสารสกัดข้าวท.43	60
ภาคผนวก ข การทดสอบความเป็นพิษของสารสกัดข้าวท.43 ต่อเซลล์ผิวหนังมนุษย์ไฟโบรบลาสต์ด้วยวิธี MTT assay	66
ภาคผนวก ค การทดสอบฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน (Antioxidation activities)	71

	หน้า
ภาคผนวก ง การทดสอบหาประสิทธิภาพในการป้องกันแสงแดด	83
ภาคผนวก จ การตั้งตำรับผลิตภัณฑ์ครีมและเซรั่มที่มีส่วนผสมของ สารสกัดข้าวกล.43 และการประเมินลักษณะทางเคมีกายภาพ และจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง	85
ภาคผนวก ฉ การประเมินความคงตัวของตำรับผลิตภัณฑ์ครีมและเซรั่ม ที่มีส่วนผสมของสารสกัดข้าวกล.43	94
ภาคผนวก ช ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติ	101
ประวัติผู้วิจัย	105

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
3.1	ค่า EE และ I ที่ความยาวคลื่นตั้งแต่ 290-320 nm	26
3.2	สูตรตำรับเซรัม	28
3.3	สูตรตำรับครีม	29
4.1	ปริมาณคุณค่าทางโภชนาการและวิธีทดสอบอ้างอิง	32
4.2	ลักษณะทางกายภาพภายนอกและร้อยละของสารสกัดหยาบ (%Yield)	34
4.3	ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในสารสกัดข้าวข.43	36
4.4	ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากข้าวขาวและข้าวกล้อง กข.43	41
4.5	ค่าประสิทธิภาพในการป้องกันแสงแดดของสารสกัดข้าวขาวและข้าวกล้อง กข.43	42
4.6	ฤทธิ์ต้านการอักเสบของสารสกัดข้าวขาวและข้าวกล้อง กข.43	43
4.7	ผลการทดสอบความคงตัวทางกายภาพและเคมีกายภาพของตำรับเซรัม	46
4.8	ผลการทดสอบความคงตัวทางกายภาพและเคมีกายภาพของตำรับครีม	47
ก-1	ค่าการดูดกลืนแสงของสารมาตรฐานกรดแกลลิกที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร	61
ก-2	ปริมาณสารฟีนอลิกรวมในสารสกัดจากข้าวขาวและข้าวกล้อง กข.43	62
ก-3	ค่าการดูดกลืนแสงของสารมาตรฐานเคอซีทินที่ความยาวคลื่น 415 นาโนเมตร	62
ก-4	ปริมาณสารฟลาโวนอยด์รวมในสารสกัดจากข้าวขาวและข้าวกล้อง กข.43	63
ก-5	ค่าการดูดกลืนแสงของสารมาตรฐานแกมมาออริซานอลที่ความยาวคลื่น 315 นาโนเมตร	67
ก-6	ปริมาณสารแกมมาออริซานอลในสารสกัดจากข้าวขาวและข้าวกล้อง กข.43	65
ข-1	ผลการทดสอบความเป็นพิษของสารสกัดข้าวกล้อง กข.43 ต่อเซลล์มนุษย์ไฟโบรบลาสต์	67
ข-2	ผลการทดสอบความเป็นพิษของสารสกัดข้าวขาว กข.43 ต่อเซลล์มนุษย์ไฟโบรบลาสต์	69
ค-1	ร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH ของสารสกัดข้าวขาว กข.43	72
ค-2	ร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH ของสารสกัดข้าวกล้อง กข.43	75
ค-3	ค่าการดูดกลืนแสงของสารมาตรฐานโทรลอค (Trolox) ที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร	78

ตารางที่	หน้า
ค-4	ความสามารถการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดข้าวขาวและข้าวกล้อง กข.43 ด้วยวิธี FRAP assay 79
ค-5	ค่าการดูดกลืนแสงของสารมาตรฐาน Trolox (Trolox) ที่ความยาวคลื่น 532 นาโนเมตร 80
ค-6	ความสามารถการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดข้าวขาวและข้าวกล้อง กข.43 ด้วยวิธี HRSA assay 81
ค-7	ค่าการดูดกลืนแสงของสารมาตรฐาน Trolox (Trolox) ที่ความยาวคลื่น 560 นาโนเมตร 81
ค-8	ความสามารถการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดข้าวขาวและข้าวกล้อง กข.43 ด้วยวิธี SRSA assay 82
ง-1	ค่าประสิทธิภาพในการป้องกันแสงแดดของสารสกัดข้าวขาวและข้าวกล้อง กข.43 84
จ-1	ปริมาณและหน้าที่องค์ประกอบของตำรับเซรัมเบส 86
จ-2	ปริมาณและหน้าที่องค์ประกอบของตำรับเซรัมที่มีส่วนผสมของสารสกัดข้าว กข.43 87
จ-3	ปริมาณและหน้าที่องค์ประกอบของตำรับครีมเบส 88
จ-4	ปริมาณและหน้าที่องค์ประกอบของตำรับครีมที่มีส่วนผสมของสารสกัดข้าว กข.43 89
จ-5	การประเมินลักษณะภายนอก การแยกชั้น สี กลิ่น และค่าความหนืดของ ตำรับเซรัมเบสและตำรับเซรัมที่มีส่วนผสมของสารสกัดข้าว กข.43 91
จ-6	การประเมินค่าความเป็นกรดต่าง และค่าสี $L^*a^*b^*$ ของตำรับเซรัมเบสและ ตำรับเซรัมที่มีส่วนผสมของสารสกัดข้าว กข.43 91
จ-7	การประเมินลักษณะภายนอก การแยกชั้น สี กลิ่น และค่าความหนืดของตำรับ ครีมเบสและตำรับครีมที่มีส่วนผสมของสารสกัดข้าว กข.43 92
จ-8	การประเมินค่าความเป็นกรดต่าง และค่าสี $L^*a^*b^*$ ของตำรับครีมเบสและ ตำรับครีมที่มีส่วนผสมของสารสกัดข้าว กข.43 92
ฉ-1	การประเมินความคงตัวทางกายภาพของตำรับเซรัมเบสและตำรับเซรัมที่มีส่วนผสม ของสารสกัดข้าว กข.43 95
ฉ-2	การประเมินความคงตัวค่าความหนืดของตำรับเซรัมเบสและตำรับเซรัมที่มีส่วนผสม ของสารสกัดข้าว กข.43 95

ตารางที่		หน้า
ฉ-3	การประเมินความคงตัวค่าความเป็นกรดต่างของตำรับเซรั่มเบสและตำรับเซรั่มที่มีส่วนผสมของสารสกัดข้าวกล.43	96
ฉ-4	การประเมินความคงตัวค่าสีของตำรับเซรั่มเบสและตำรับเซรั่มที่มีส่วนผสมของสารสกัดข้าวกล.43	97
ฉ-5	การประเมินความคงตัวทางกายภาพของตำรับครีมเบสและตำรับครีมที่มีส่วนผสมของสารสกัดข้าวกล.43	98
ฉ-6	การประเมินความคงตัวค่าความหนืดของตำรับครีมเบสและตำรับครีมที่มีส่วนผสมของสารสกัดข้าวกล.43	99
ฉ-7	การประเมินความคงตัวค่าความเป็นกรดต่างของตำรับครีมเบสและตำรับครีมที่มีส่วนผสมของสารสกัดข้าวกล.43	99
ฉ-8	การประเมินความคงตัวค่าสีของตำรับครีมเบสและตำรับครีมที่มีส่วนผสมของสารสกัดข้าวกล.43	100
ช-1	การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติOne-way analysis of variance (ANOVA) ของปริมาณสารแกมมาออริซานอล สารฟีนอลิกรวม และสารฟลาโวนอยด์รวมของสารสกัดข้าวขาวและข้าวกล้อง กข.43	102
ช-2	การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติ One-way analysis of variance (ANOVA) ของผลการทดสอบความเป็นพิษ (Cytotoxicity test) ของสารสกัดข้าวกล้อง กข.43	102
ช-3	การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติ One-way analysis of variance (ANOVA) ของผลการทดสอบความเป็นพิษ (Cytotoxicity test) ของสารสกัดข้าวขาว กข.43	103
ช-4	การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติ One-way analysis of variance (ANOVA) ของผลการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดข้าวขาวและข้าวกล้อง กข.43	103
ช-5	การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติOne-way analysis of variance (ANOVA) ของผลการทดสอบประสิทธิภาพในการป้องกันแสงแดดของสารสกัดข้าวขาวและข้าวกล้อง กข.43	104

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 เปรียบเทียบรื้อรอยที่เกิดขึ้นบนใบหน้าจากปัจจัยภายใน (ซ้าย) และปัจจัยภายนอก (ขวา)	8
2.2 ผลของสารแอตวานซีไกลเคชั่นเอนโพรติกต่อการเกิดรื้อรอยของผิวหนัง	11
2.3 ลักษณะของข้าวภข.43	16
4.1 ลักษณะทางกายภาพของ (ก) ข้าวขาว ภข.43 และ(ข) ข้าวกล้อง ภข.43 ที่ผ่านการบดละเอียดแล้ว	31
4.2 ร้อยละการมีชีวิตรอดของเซลล์ผิวหนังไฟโบรบลาสต์หลังการบ่มด้วยสารสกัดข้าวขาว ภข.43 ที่ความเข้มข้น 5-250 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร	38
4.3 ร้อยละการมีชีวิตรอดของเซลล์ผิวหนังไฟโบรบลาสต์หลังการบ่มด้วยสารสกัดข้าวกล้อง ภข.43 ที่ความเข้มข้น 5-250 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร	39
4.4 ลักษณะภายนอกของตำรับเซรัมเบสและตำรับเซรัมที่มีสารสกัดข้าวกล้อง ภข.43	44
4.5 ลักษณะภายนอกของตำรับครีมเบสและตำรับครีมที่มีสารสกัดข้าวกล้อง ภข.43	45
ก-1 กราฟมาตรฐานของกรดแกลลิก	61
ก-2 กราฟมาตรฐานของเคอซีทิน	63
ก-3 กราฟมาตรฐานของแกมมาออริซานอล	64
ค-1 กราฟมาตรฐานของโทรลอคด้วยวิธี FRAP assay	78
ค-2 กราฟมาตรฐานของโทรลอคด้วยวิธี HRSA assay	80
ค-3 กราฟมาตรฐานของโทรลอคด้วยวิธี SRSA assay	82
จ-1 ผลการทดสอบการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ของตำรับเซรัมที่มีส่วนผสมของสารสกัดข้าวภข.43 ด้วยวิธี Total aerobic plate count	93
จ-2 ผลการทดสอบการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ของตำรับครีมที่มีส่วนผสมของสารสกัดข้าวภข.43 ด้วยวิธี Total aerobic plate count	93

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญ

ผิวหนังที่เกิดความชราหรือการแก่มีสาเหตุหลัก ๆ ได้แก่ ผลของกาลเวลาที่ผ่านไป (ปัจจัยภายใน) และผลของการสัมผัสกับสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ เช่น แสงแดด เป็นต้น (ปัจจัยภายนอก) โดยส่วนใหญ่แล้วการแก่ของผิวหนังมักมีสาเหตุร่วมกันของจากปัจจัยภายในและปัจจัยภายนอก ซึ่งปัจจัยภายในเป็นผลจากการเสื่อมสภาพของส่วนประกอบต่าง ๆ ในผิวหนังชั้นหนังแท้ (Dermis) และชั้นหนังกำพร้า (Epidermis) (ไม่รวมชั้นสตราตัมคอร์เนียม) ส่งผลให้ผิวหนังชั้นหนังแท้บางลงและส่วนประกอบต่าง ๆ ในชั้นหนังแท้ เช่น คอลลาเจน อิลาสติน และไกลโคสะมิโนไกลแคนลดลงเช่นเดียวกัน มีผลให้ผิวหนังมีความยืดหยุ่นลดลง ส่วนความชราของผิวที่เกิดขึ้นจากผลของปัจจัยภายนอก ซึ่งมักเกิดจากการสัมผัสกับแสงแดดเป็นส่วนใหญ่ เรียกว่า ความชราหรือความแก่ของผิวจากแสงแดด (Photoaging) ซึ่งลักษณะของผิวที่เกิดความแก่ดังกล่าวจะปรากฏให้เห็นเด่นชัด ได้แก่ ผิวแห้ง หยิบกร้าน การสร้างเม็ดสีผิดปกติ ขาดความยืดหยุ่น ผิวชั้นหนังกำพร้าเลือนหยาบขึ้น และส่วนประกอบของผิวในชั้นหนังแท้ลดลง เช่น การเปลี่ยนแปลงของคอลลาเจน อิลาสติน และไกลโคสะมิโนไกลแคน เป็นต้น

ปัจจุบันมีการประยุกต์ใช้สารจากธรรมชาติ เพื่อแก้ปัญหาหรือป้องกันสาเหตุของการเกิดความชราหรือความแก่ของผิว เช่น ป้องกันการเกิดอนุมูลอิสระจากผลของรังสีอัลตราไวโอเล็ต (UV-induced ROS) ป้องกันการอักเสบจากผลของรังสีอัลตราไวโอเล็ต (UV-induced inflammation) ป้องกันรังสีอัลตราไวโอเล็ต โดยการทาผลิตภัณฑ์ป้องกันแสงแดด (Sunscreen products) เนื่องจากการสัมผัสกับแสงแดดเป็นระยะเวลานาน ๆ ก็เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดความชราหรือการแก่ของผิวหนังได้ ซึ่งมีรายงานวิจัย พบว่า สารฟลาโวนอยด์ (Flavonoids) และฟีนอลิก (Phenolic acid) มีประสิทธิภาพการออกฤทธิ์ยับยั้งอนุมูลอิสระและยับยั้งฤทธิ์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการชะลอความชราหรือการแก่ของผิวได้ เช่น กรดคลอโรเจนิค (Chlorogenic acid) ที่พบในสารสกัดดอกิลิธีสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์คอลลาจีเนส (Collagenase) และอีลาสเทส (Elastase) ได้ (Szewczyk et al., 2020) และสารเคอควิทิน (Quercetin) และรูทีน (Rutin) ที่พบในสารสกัดหน่อไม้ฝรั่งสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่ย่อยสลายคอลลาเจน-1 (MMP-1) เอนไซม์อีลาสเทส (Elastase) และเอนไซม์ไฮยาลูโรนิเดส (Hyaluronidase) ได้ (Sriyab et al., 2021) เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีรายงาน พบว่า การนำสารจากธรรมชาติมาใช้พัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ทั้งอาหารและเครื่องสำอาง ยังมีความปลอดภัยมากกว่าการใช้สารสังเคราะห์ ด้วยเหตุนี้ คณะผู้วิจัยจึงให้ความสำคัญในการนำพืชสมุนไพรไทย หรือพืชท้องถิ่นของไทย หรือพืชเศรษฐกิจไทยมาวิจัยและพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อการชะลอความชราหรือการแก่ของผิวหนัง อีกทั้งยังเป็นการลดการนำเข้าสารออกฤทธิ์จากต่างประเทศอีกด้วย

อุตสาหกรรมเครื่องสำอางไทยในปัจจุบันมีการผลิตและพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมของสารสกัดจากสมุนไพรหรือสารจากธรรมชาติเพิ่มมากขึ้น และมีการศึกษาวิจัยฤทธิ์ของสารสกัดในเชิงลึกให้มีศักยภาพเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งฤทธิ์ที่เกี่ยวข้องกับการชะลอความชราหรือการแก่ของผิว (Anti-aging) เช่น ผลของสารสกัดต่อการฟื้นฟูผิวหนังชั้นหนังแท้ ผลของสารสกัดต่อการสร้างคอลลาเจนและการยับยั้งการทำลายคอลลาเจน เป็นต้น ส่วนในเรื่องการผลิต ประเทศไทยมีศักยภาพสูงอยู่แล้ว โดยปกติในระดับของอาเซียน ไทยจัดอยู่ในอันดับ 1 ของอาเซียน และอยู่ในอันดับที่ 3 รองจากเกาหลีและญี่ปุ่น ในระดับเอเชีย กล่าวคือ การใช้สารสกัดกับการผลิตเครื่องสำอางจึงถือว่ามีความคุ้มค่าดี เพราะประเทศไทยมีสมุนไพรหลากหลายชนิดและมีสารสกัดจากสมุนไพรอีกหลายตัวที่ยังไม่ได้ทำการศึกษาในเชิงเครื่องสำอาง

คณะผู้วิจัยจึงมุ่งเน้นในการวิจัยและพัฒนานวัตกรรมจาก “ข้าวไทย” ซึ่งเป็นพืชเกษตรกรรมที่สำคัญของไทย อีกทั้งภาครัฐได้มีการวางยุทธศาสตร์ข้าวไทยไว้อย่างต่อเนื่อง เพื่อเป็นการเสริมสร้างและสนับสนุนความเข้มแข็งให้กับผลิตภัณฑ์จากข้าวและเกษตรกรไทย และยังส่งเสริมให้เป็นผู้ผลิตและส่งออกข้าวหอมมะลิที่มีศักยภาพและเป็นที่ยอมรับของตลาดโลก ปัญหาหนึ่งที่อาจพบเจอในอนาคตได้แก่ การแข่งขันของอุตสาหกรรมข้าว โดยเฉพาะในกลุ่มอาเซียนที่มีแนวโน้มจะทวีความรุนแรงเพิ่มมากยิ่งขึ้น เนื่องจากต้นทุนการผลิตข้าวของไทยมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในอนาคต ดังนั้น การผลักดันนวัตกรรมด้วยเทคโนโลยี ผ่านการวิจัยทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จากนั้นจึงนำมาผลักดันและพัฒนาต่อยอดออกมาเป็นผลิตภัณฑ์ซึ่งก่อให้เกิดนวัตกรรม โดยตลาดจะยอมรับนวัตกรรมที่พัฒนาขึ้น นั่นคือนวัตกรรมจะเข้ามาช่วยปรับกระบวนการและแนวคิดเพื่อนำมาปฏิบัติให้ได้ผลิตภัณฑ์จากข้าวไทยใหม่ ๆ เพื่อสร้างศักยภาพให้ข้าวไทยมีความเข้มแข็ง และแข่งขันได้ในตลาดโลก ข้าว กข.43 เป็นข้าวที่มีแหล่งเพาะปลูกส่วนใหญ่ในพื้นที่จังหวัดสุพรรณบุรีและชัยนาท มีอายุการเก็บเกี่ยวสั้น เพียง 95 วันก็สามารถเก็บเกี่ยวได้ จากผลการวิเคราะห์การตรวจสอบค่าดัชนีน้ำตาล พบว่า ข้าว กข.43 มีค่าดัชนีน้ำตาลต่ำกว่าข้าวพันธุ์พิษณุโลก 80 และ กข.15 นอกจากนี้การศึกษาวิจัยของกองวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว ร่วมกับคณะแพทยศาสตร์ โรงพยาบาลรามาธิบดี มหาวิทยาลัยมหิดล ได้ศึกษาและใช้ประโยชน์จากพันธุ์ข้าวในเชิงสุขภาพ โดยคัดเลือกข้าวเจ้าที่ปลูกในประเทศไทยมากกว่า 100 พันธุ์ พบว่า ข้าวพันธุ์ กข.43 ให้ปริมาณน้ำตาลกลูโคสต่ำกว่าข้าวอมิโลสต่ำชนิดอื่น ๆ สารต้านอนุมูลอิสระในข้าวที่ไม่มีสี (Non-pigmented rice) พบสารกลุ่มกรดฟีนอลิก (Phenolics acids) ได้แก่ กรดแกลลิก (Gallic acid) กรดเฟอร์ูลิก (Ferulic acid) กรดซินาปิก (Sinapic acid) กรดพาราคูมาริก (p-Coumaric acid) กรดวานิลลิก (Vanillic acid) และกรดซินนามิก (Cinnamic acid) เป็นต้น สารฟลาโวนอยด์ (Flavonoids) เป็นกลุ่มฟลาโวน (Flavones) ได้แก่ ลิวเทโอลิน (Luteolin) และอะพิจินิน (Apigenin) เป็นต้น สารโพรแอนโทไซยานิดิน (Proanthocyanidins) ได้แก่ แคทีชิน (Catechin) และอีพิกแคทีชิน (Epicatechin) สารวิตามินอี (Vitamin E) และแกมมาออริซานอล (γ -oryzanol) (Goufo & Trindade, 2014) โดยมีรายงานว่า สารดังกล่าวมีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาค่อนข้างกว้าง เช่น ต้านอนุมูลอิสระ ต้านการอักเสบ ลดไขมันในเลือด ลดความดันโลหิตสูง ต้านโรคชรา (Anti-glycation) ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส และ

แอลฟาไกลูโคไซด์ได้ จากข้อมูลข้างต้นคณะผู้วิจัยจึงสนใจการนำข้าว กข.43 มาวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์เป็นผลิตภัณฑ์ชะลอวัย เพื่อให้มีความเฉพาะกลุ่มมากขึ้น (Niche Market)

นั่นคือ การวิจัยครั้งนี้คณะผู้วิจัยได้นำข้าว กข.43 จากเกษตรกรในจังหวัดสุพรรณบุรี มาผ่านกระบวนการสกัดสารออกฤทธิ์กลุ่มฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ และแกมมาออริซานอล สกัดโดยไม่ใช้ความร้อน และใช้ตัวทำละลายที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม จากนั้นนำสารสกัดที่ได้มาศึกษาความปลอดภัยต่อเซลล์ผิวหนังไฟโบรบลาสต์ ศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ด้านการอักเสบ และการยับยั้งเอนไซม์คอลลาจิเนส นอกจากนี้ยังได้ศึกษาประสิทธิภาพในการป้องกันแสงแดดของสารสกัด ซึ่งแสงแดดเป็นปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดความแก่ของผิวได้ สุดท้ายมีการพัฒนานวัตกรรมผลิตภัณฑ์เชิงพาณิชย์เป็นเครื่องสำอางลดเลือนริ้วรอยจากสารสกัดข้าว กข.43 ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ครีม และเซรั่ม มีการศึกษาประสิทธิภาพทั้งทางเคมี กายภาพ และจุลชีววิทยา และศึกษาความคงตัวของผลิตภัณฑ์ จากกระบวนการแนวคิดทั้งหมดจะเห็นได้ว่า เป็นกระบวนการแนวคิดใหม่ในการนำสารสกัดจากข้าว กข.43 มาใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางลดเลือนริ้วรอย

คณะผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า ผลจากการศึกษาวิจัยครั้งนี้จะช่วยเพิ่มคุณภาพชีวิตของเกษตรกรไทยในการเพิ่มมูลค่าของผลผลิต นำไปต่อยอดเชิงพาณิชย์และเสริมสร้างความมั่นคงยั่งยืนทางเศรษฐกิจของประเทศจากการวิจัยและนวัตกรรม

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ (ฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ และแกมมาออริซานอล) ในสารสกัดข้าว กข.43
2. เพื่อทดสอบฤทธิ์ยับยั้งอนุมูลอิสระ เอนไซม์คอลลาจิเนส และด้านการอักเสบของสารสกัดข้าว กข.43
3. เพื่อทดสอบความเป็นพิษต่อเซลล์ผิวหนังของสารสกัดข้าว กข.43
4. เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางชะลอวัยจากสารสกัดข้าว กข.43

ขอบเขตการวิจัย

1. สกัดข้าวกล้องและข้าวขาว กข.43 จากจังหวัดสุพรรณบุรีด้วยวิธีการหมัก (Maceration) ด้วยตัวทำละลายเอทานอลต่อน้ำที่ความเข้มข้น 95, 70, 50, 30 และ 0% v/v (100% น้ำปราศจากอ็อกซิเจน)
2. วิเคราะห์หาปริมาณสารฟีนอลิกรวมในสารสกัด ด้วยวิธี Folin-Ciocalteu assay ปริมาณฟลาโวนอยด์รวมของสารสกัด ด้วยวิธี Aluminium chloride method และปริมาณสารแกมมาออริซานอลในสารสกัดข้าว กข.43 ด้วยเทคนิค UV-Visible spectrophotometry

3. ทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดข้าวข.43 ด้วยวิธี DPPH assay, FRAP assay, HRSA assay และ SRSA assay

4. ทดสอบความเป็นพิษของสารสกัดข้าวข.43 ต่อเซลล์ผิวหนังมนุษย์ไฟโบรบลาสต์ด้วยวิธี MTT assay

5. ทดสอบฤทธิ์ของสารสกัดต่อการยับยั้งเอนไซม์คอลลาจีเนส (Collagenase) ระดับหลอดทดลอง

6. ทดสอบฤทธิ์ด้านการอักเสบของสารสกัด ด้วยวิธี Protein denaturation assay

7. ตั้งตำรับครีมและเซรั่มชะลอวัยที่มีส่วนผสมของสารสกัดข้าวข.43 และประเมินลักษณะทางเคมีกายภาพของผลิตภัณฑ์ที่เตรียมได้

8. ประเมินความคงตัวของผลิตภัณฑ์ภายใต้สภาวะอุณหภูมิห้อง อุณหภูมิร้อน (45 องศาเซลเซียส) อุณหภูมิเย็น (4 องศาเซลเซียส) เป็นระยะเวลา 30 วัน และสภาวะอุณหภูมิร้อน (45 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง) สลับเย็น (4 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง) จำนวน 7 รอบ

สมมติฐานการวิจัย

ข้าวข.43 เป็นข้าวที่มีแหล่งเพาะปลูกเป็นส่วนใหญ่ในจังหวัดสุพรรณบุรี และถือได้ว่าเป็นพืชเศรษฐกิจของจังหวัดสุพรรณบุรีและประเทศไทย การศึกษาวิจัยและพัฒนานวัตกรรมจากข้าวข.43 โดยนำข้าวขาวและข้าวกล้อง ข.43 ผ่านกระบวนการการสกัดที่ไม่ใช้ความร้อน ด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ที่ปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม มีฤทธิ์ทางชีวภาพ และความปลอดภัยที่สามารถนำไปประยุกต์พัฒนาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางชะลอวัย เพื่อต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์ในเชิงพาณิชย์ได้

คำจำกัดความที่ใช้ในงานวิจัย

ความชราหรือแก่ของผิว (Skin aging) เป็นกระบวนการที่เป็นผลมาจากปัจจัยในหรือภายนอก ส่งผลให้ผิวหนังเกิดความเปลี่ยนแปลงไป เกิดเป็นริ้วรอยเล็กๆ (Fine wrinkles) หรือริ้วรอยร่องลึก (Deep wrinkles) ผิวหนังหย่อนยาน และหย่อนคล้อยได้ โดยกลไกการเกิดริ้วรอยต่าง ๆ ของผิวหนังนั้น อาจเกิดจากการสัมผัสกับแสงอัลตราไวโอเล็ต (Ultra violet) และสารเคมีตัวรับบางชนิด เช่น Epidermal growth factor receptor, Interleukin-1 receptor และ Tumor necrosis factor receptor ซึ่งกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ที่ย่อยสลายคอลลาเจน (Matrix metalloproteinase, MMPs) ทำให้เกิดริ้วรอยได้

ข้าว ข.43 เกิดจากการผสมข้ามพันธุ์ลูกผสมเดี่ยวระหว่างพันธุ์ข้าวเจ้าหอมสุพรรณบุรี (พันธุ์แม่) กับพันธุ์สุพรรณบุรี 1 (พันธุ์พ่อ) แหล่งปลูกส่วนใหญ่อยู่ที่จังหวัดชัยนาทและสุพรรณบุรี ข้าว ข.43 มีคุณสมบัติพิเศษคือ มีค่าดัชนีน้ำตาลต่ำกว่าข้าวพันธุ์อื่น ๆ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ผลงานตีพิมพ์เพื่อเพิ่มฐานข้อมูลความรู้ด้านการวิจัยและนวัตกรรมของประเทศ
2. ได้อนุสิทธิบัตรพร้อมใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์สินค้าชนิดใหม่ ๆ
3. ได้ผลิตภัณฑ์ใหม่ครีมและเซรั่มชะลอวัย (ลดเลือนริ้วรอย) ที่มีส่วนผสมของสารสกัดจากข้าว กข.43
4. ได้พัฒนานักศึกษาให้มีความรู้ความเข้าใจในกระบวนการวิจัย ทักษะเฉพาะทาง และสร้างองค์ความรู้ใหม่ด้านวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง

บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎี เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปฏิกิริยาออกซิเดชันและอนุมูลอิสระ

การเกิดอนุมูลอิสระ (Free radicals) เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของโมเลกุลหรืออะตอมที่มีการสูญเสียอิเล็กตรอนจากวงโคจรให้กับโมเลกุลที่มีอนุมูลอิสระในวงโคจรรีเอคทีฟนอกสุด ทำให้โมเลกุลหรืออะตอมเหล่านั้นเกิดความไม่เสถียร ซึ่งอนุมูลอิสระนี้มีความไวในการเข้าทำปฏิกิริยากับสารอื่นสูงมาก เกิดเป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ได้ โดยปฏิกิริยาดังกล่าวเกิดขึ้นเมื่อ อนุมูลอิสระที่ไม่เสถียรจะไปแย่งจับอิเล็กตรอนจากโมเลกุลที่อยู่ข้างเคียง จนกลายเป็นอนุมูลอิสระชนิดใหม่ทำปฏิกิริยากับโมเลกุลอื่นอย่างต่อเนื่อง สารอนุมูลอิสระแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่มีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ (Reactive oxygen species, ROS) ยกตัวอย่างเช่น Oxygen radicals ($O_2^{\cdot-}$), Superoxide radicals ($O_2^{\cdot-}$), Hydroxy radicals (OH^{\cdot}) เป็นต้น ส่วนกลุ่มที่มีไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบ (Reactive nitrogen species, RNS) เกิดในสภาวะขาดออกซิเจน เช่น Nitric oxide radicals (NO^{\cdot}) เป็นต้น ซึ่งอนุมูลอิสระแต่ละกลุ่มมีลักษณะเฉพาะที่ต่างกัน

ในสภาพปกติของร่างกายมนุษย์มีการสร้างอนุมูลอิสระจากกระบวนการเมแทบอลิซึมของเซลล์ (Cellular metabolism) ยกตัวอย่างเช่น กระบวนการฟาโกไซโทซิส (Phagocytosis) การหายใจในไมโทคอนเดรีย (Mitochondrial respiration) กระบวนการทำลายสารพิษ (Xenobiotic detoxification) และกระบวนการถ่ายทอดอิเล็กตรอน (Electron transport chain) ซึ่งอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นจากกระบวนการดังกล่าว ได้แก่ Superoxide radicals ($O_2^{\cdot-}$), Hydroxy radicals (OH^{\cdot}) และ Peroxyl radical (RO_2^{\cdot}) โดยอนุมูลอิสระเหล่านี้ในร่างกายมีการควบคุมปริมาณอนุมูลอิสระให้อยู่ในสภาวะสมดุล เรียกว่า ระบบการต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant system) หากระบบนี้เกิดความผิดปกติหรือได้รับอนุมูลอิสระในปริมาณสูงเกินไป จนร่างกายไม่สามารถต้านได้ จะส่งผลทำให้เกิดสภาวะเครียดออกซิเดชัน (Oxidative stress) ทำให้เกิดการทำลายชีวโมเลกุลต่าง ๆ เช่น โปรตีน ไขมัน เป็นต้น เกิดการทำลายไมโทคอนเดรีย และทำให้เกิดความเสียหายต่อโครงสร้างร่างกาย จนเกิดเป็นโรคเรื้อรัง เช่น โรคเบาหวาน เป็นต้น (เดช ดอกพวง & วรเชษฐ์ ขอบใจ, 2556) โดยโรคเบาหวานเกิดจากระดับน้ำตาลในเลือดสูงเรื้อรังจนทำให้เกิดการกระตุ้นเอนไซม์ NADH reductase ส่งผลให้เกิดการสร้างอนุมูลอิสระในกลุ่ม ROS ได้แก่ Superoxide radicals ($O_2^{\cdot-}$) และ Hydrogen peroxide (H_2O_2) เพิ่มขึ้น ส่งผลให้เกิดความไม่เสถียร และเกิดปฏิกิริยากับโมเลกุลอื่นได้อย่างต่อเนื่อง จนเกิดภาวะเครียดออกซิเดชันส่งผลให้มีการเพิ่มจำนวนกรดไขมันอิสระ ระดับโฮโมซิสเตอีนในเลือดสูง และเกิดภาวะดื้อต่ออินซูลินทำให้ผู้เป็นเบาหวานที่มีระดับน้ำตาล ในเลือดสูงเป็นระยะเวลานาน มีความเสี่ยงสูงต่อการเกิดโรคแทรกซ้อนจากเบาหวาน และเสียชีวิตในที่สุด (Msolly, Miled, & Kassab, 2013)

สารต้านออกซิเดชัน (Antioxidants) เป็นสารที่มีหน้าที่ป้องกันหรือยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของ สารอนุมูลอิสระ (Free radicals) (Kumar, 2014) ช่วยป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน โดยสารต้าน ออกซิเดชันเป็นตัวให้อิเล็กตรอนแก่อนุมูลอิสระ เมื่ออนุมูลอิสระได้รับอิเล็กตรอนแล้วก็จะหยุดการเกิดปฏิกิริยา และความเสถียรของโมเลกุล นอกจากนี้สารต้านอนุมูลอิสระยังสามารถจับกับโลหะที่ส่งเสริมให้เกิดปฏิกิริยา ออกซิเดชัน และลดการก่อตัวของอนุมูลอิสระชนิด Singlet oxygen ซึ่งเป็นออกซิเจนที่อยู่ในรูปพร้อมที่จะ เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันอีกด้วย (อนงนาฏ ไพนพงศ์, 2560) ประเภทของสารต้านอนุมูลอิสระ แบ่งออกเป็น 5 กลุ่ม ได้แก่

1. Primary antioxidant เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่หยุดปฏิกิริยาลูกโซ่ของอนุมูลอิสระ (Free radical chain reaction) โดยการให้อิเล็กตรอนแก่อนุมูลอิสระ สารในกลุ่มนี้ส่วนใหญ่เป็นสารประกอบฟีนอลิก

2. Oxygen scavenger เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ทำปฏิกิริยากับโมเลกุลออกซิเจน เป็นการกำจัด ออกซิเจนในระบบปิดได้ สารในกลุ่มนี้ได้แก่ Ascorbic acid และ Sodium erythorbate เป็นต้น

3. Secondary antioxidant เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ทำหน้าที่สลายโมเลกุลของอนุมูลอิสระที่เกิดจาก การออกซิเดชันของไขมัน (Lipid hydroperoxide) ให้เป็นสารที่มีความเสถียรขึ้น สารในกลุ่มนี้ได้แก่ Dilauryl thiopropionate และ Thiopropionic acid

4. Enzymic antioxidant เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ทำหน้าที่กำจัดหรือยับยั้งออกซิเจนหรืออนุพันธ์ของ ออกซิเจน โดยเฉพาะสารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ สารต้านอนุมูลอิสระในกลุ่มนี้ได้แก่ เอนไซม์ต่าง ๆ ซึ่งในร่างกาย ของคนเรามีเอนไซม์บางชนิดเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น เอนไซม์ซูเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเทส (Superoxide dismutase, SOD) สามารถจับอนุมูลซูเปอร์ออกไซด์แอนไอออนได้ โดยเปลี่ยนเป็นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ นอกจากนี้ยังมีเอนไซม์กลูตาไทโอนเปอร์ออกซิเดส (Glutathione peroxidase, GPx) ที่ทำงานร่วมกับ ธาตุซีลีเนียมและกลูตาไทโอน (GSH) โดยเร่งปฏิกิริยารีดักชันของสารประกอบไฮโดรเปอร์ออกไซด์ ได้แก่ ลิพิด เปอร์ออกไซด์ (ROOH) ได้ผลิตภัณฑ์เป็นน้ำและกลูตาไทโอนไดซัลไฟด์ (GSSG) อีกทั้งยังสามารถสลายไฮโดรเจน เปอร์ออกไซด์ไม่ให้เกิดปฏิกิริยาเฟรอนต์ โดยปฏิกิริยาเฟรอนต์ ซึ่งเป็นปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วของ สารประกอบอินทรีย์ในสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) กับไอออนเฟอร์ริกก่อให้เกิด Hydroxyl radical ซึ่งเป็นอนุมูลอิสระ

5. Chelating agent หรือ Sequestrant เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ทำหน้าที่ดักจับกับโลหะประจุบวก เช่น เหล็กและทองแดง ซึ่งประจุบวกเหล่านี้ ทำหน้าที่ส่งเสริมและเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน เมื่อประจุบวก จับกับอนุมูลอิสระจะกลายเป็นเป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่เสถียร สารต้านอนุมูลอิสระในกลุ่มนี้ได้แก่ Citric acid, Amino acid และ Ethylenediaminetetra-acetic acid (EDTA)

การแก่ของผิว

ความชราหรือการแก่ของผิวและริ้วรอยที่หย่อนคล้อยที่เกิดขึ้นเป็นสิ่งที่ทุกคนไม่ปรารถนา ประสิทธิภาพของร่างกายและเซลล์ต่าง ๆ ของผิวหนัง รวมทั้งต่อมไขมัน ต่อมเหงื่อ ทำงานได้น้อยลง กระบวนการขับน้ำมันหรือเหงื่อออกมาน้อย ส่งผลให้ผิวแห้งและขาดความชุ่มชื้นได้ นอกจากนี้การลดลงของปริมาณองค์ประกอบต่าง ๆ ในเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (Connective tissue) เส้นใยคอลลาเจน (Collagen fibre) อีลาสติน (Elastin) และกรดไฮยาลูโรนิก (Hyaluronic acid) ซึ่งอยู่ที่ผิวหนังชั้นหนังแท้ (Dermis) ส่งผลให้ความหย่อนคล้อยของผิวเพิ่มขึ้น ความชุ่มชื้นผิวต่ำลงจากปัจจัยต่าง ๆ ส่งผลให้ผิวเกิดริ้วรอย ผิวบางลง และแห้งกร้านได้ ซึ่งสิ่งที่ปรากฏเหล่านี้เป็นลักษณะที่บ่งชี้ถึงความชราหรือการแก่ของผิว

ความชราหรือการแก่ของผิว (Skin aging) เป็นกระบวนการที่เป็นผลมาจากปัจจัยในหรือภายนอก ทำให้ผิวหนังเปลี่ยนแปลงไปเกิดริ้วรอยแบบละเอียด (Fine wrinkle) หรือแบบร่องลึก (Deep wrinkles) ผิวหนังหย่อนยานและหย่อนคล้อยได้ โดยกลไกการเกิดริ้วรอยต่าง ๆ ของผิวหนังนั้น อาจเกิดจากการสัมผัสกับแสงอัลตราไวโอเล็ต (Ultra violet) และสารเคมีตัวรับบางชนิด เช่น Epidermal growth factor receptor, Interleukin-1 receptor และ Tumor necrosis factor receptor ซึ่งกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ที่ย่อยสลายคอลลาเจน (Matrix metalloproteinase, MMPs) ทำให้เกิดริ้วรอยได้ (Zhang & Duan, 2018)

การเกิดความชราหรือการแก่ของผิว เกิดจากสาเหตุหลัก ๆ ได้แก่ ปัจจัยภายในร่างกาย (Intrinsic aging) อันเนื่องมาจากกาลเวลาที่ผ่านไป และปัจจัยภายนอก (Extrinsic aging) เกิดจากการสัมผัสแสงอัลตราไวโอเล็ต (UV) เป็นระยะเวลานาน ๆ เป็นต้น โดยปัจจัยดังกล่าวส่งผลให้ผิวเกิดริ้วรอยต่าง ๆ และความหย่อนคล้อยได้



ภาพที่ 2.1 เปรียบเทียบริ้วรอยที่เกิดขึ้นบนใบหน้าจากปัจจัยภายใน (ซ้าย) และปัจจัยภายนอก (ขวา)

ที่มา: เต็มสิริ หวังทวีทรัพย์ (2559)

1. ความแก่ของผิวจากปัจจัยภายใน (Intrinsic aging) เป็นปัจจัยที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติบนผิวหนังมนุษย์ เป็นความเสื่อมของร่างกายตามกาลเวลาที่ผ่านไป ลักษณะของผิวที่เกิดการแก่จากปัจจัยภายใน ได้แก่ ริ้วรอยแบบ ละเอียด ริ้วรอยร่องลึก ผิวหยาบคายคล้อยขาดความยืดหยุ่น เป็นต้น โดยผิวที่มีลักษณะการแก่จากปัจจัยภายใน จะมีความสัมพันธ์กับพันธุกรรม ความเครียด ฮอรโมน เป็นต้น ลักษณะของผิวที่ปรากฏ ได้แก่ ชั้นหนังกำพรั (ไม่รวมผิวหนังชั้นสตราตัมคอร์เนียม เนื่องจากผิวส่วนนี้ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง) ผิวชั้นหนังแท้บางลง มีการเสื่อมสภาพและบริเวณชั้นสตราตัมบาเซล ซึ่งเป็นรอยต่อระหว่างผิวหนังชั้นหนังแท้ กับชั้นหนังกำพรั มีความแพบ มากขึ้น (Zhang & Duan, 2018) ความชราหรือการแก่ของผิวหนังที่เกิดจากปัจจัยภายในซึ่งมีสาเหตุดังนี้

1.1 กระบวนการเสื่อมของเซลล์ (Cellular senescence)

ในสภาวะปกติของเซลล์ผิวหนังไฟโบรบลาสต์ (Dermal fibroblasts) มีเอนไซม์ที่ทำหน้าที่ย่อยสลายโปรตีน (Matrix metalloproteinases, MMPs) ที่อยู่นอกเซลล์ ได้แก่ กลุ่มเอนไซม์คอลลาจิเนส (Collagenase) ทำหน้าที่ย่อยสลายเส้นใยคอลลาเจนชนิดที่ 1 (Metalloproteinase-1, MMP-1) เป็นต้น และกลุ่มเอนไซม์ Stromelysin ประกอบด้วยเอนไซม์ Metalloproteinase-3 (MMP-3) ในสภาวะสมดุลของร่างกาย จะปริมาณของเอนไซม์ที่ทำหน้าที่ย่อยสลายคอลลาเจนดังกล่าวพบปริมาณที่ต่ำ ซึ่งจะถูควบคุมด้วยสารยับยั้งเอนไซม์ที่ทำหน้าที่ย่อยแมทริกซ์ที่อยู่นอกเซลล์ (Tissue inhibitor of metalloproteinases, TIMPs) ได้แก่ TIMP-1 และTIMP-3 หากปริมาณของเอนไซม์และสารยับยั้งอยู่ในสภาวะไม่สมดุล กล่าวคือ ปริมาณเอนไซม์ค่อนข้างสูงและมีสารยับยั้งค่อนข้างต่ำ จะทำให้เกิดความชราหรือการแก่ของผิวได้ โดยเซลล์ผิวหนังไฟโบรบลาสต์ จะเข้าสู่กระบวนการเสื่อมของเซลล์ (Senescent dermal fibroblasts) ส่งผลต่อการสังเคราะห์เส้นใยคอลลาเจน มีปริมาณลดลง ทำให้โครงสร้างของผิวหนังเกิดการเปลี่ยนแปลง จึงเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้ผิวหนังชั้นหนังแท้เกิดการฝ่อ (Dermal atrophy) ได้ ส่วนการลดลงของเส้นใยอีลาสติน อันเนื่องมาจากยีนอีลาสติน (Elastin gene) มีการแสดงออกลดลงเมื่ออายุ 40-50 ปีเป็นต้นไป ส่งผลให้ผิวหนังมีความยืดหยุ่นน้อยลงและความหยาบคายสูงขึ้น

1.2 สภาวะเครียดที่เกิดจากการสะสมของออกซิเจนจากการออกซิเดชัน (Oxidative stress)

สภาวะเครียดที่เกิดจากการสะสมของออกซิเจนจากการออกซิเดชัน ส่งผลต่อกระบวนการเสื่อมของเซลล์ และความชราหรือการแก่ของผิวหนังได้ โดยสภาวะดังกล่าวมีการสร้างสารอนุมูลอิสระ (Free radical) กลุ่มที่มีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ (Reactive oxygen species, ROS) อนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นมาจากการสันดาปพลังงานในร่างกาย การได้รับหรือสัมผัสกับสารเคมีที่เป็นพิษบางอย่าง หรือการสัมผัสกับแสงอัลตราไวโอเล็ตเป็นระยะนาน ๆ เป็นต้น การเกิดริ้วรอยและความแก่จากอนุมูลอิสระประเภทนี้ มีกลไกการเกิด ได้แก่

1.2.1 กระตุ้นตัวรับสารสื่ออักเสบ (Growth factor cytokine receptors) บนผิวของเซลล์ไฟโบรบลาสต์ส่งผลทำให้เกิดการส่งสัญญาณไปยังโปรตีนไคเนส (Protein kinase) แล้วกระตุ้นโปรตีนชนิดที่ 1 (Activating protein-1, AP-1) ในนิวเคลียส

1.2.2 ปริมาณของโปรตีน AP-1 ที่เพิ่มขึ้น มีผลทำให้ปริมาณของเอนไซม์ที่ทำหน้าที่ย่อยสลายเส้นใยคอลลาเจนสูงขึ้น และเกิดการทำลายเส้นใยคอลลาเจนหรือสารอื่น ๆ ที่อยู่นอกเซลล์ได้

ความเสียหายอื่น ๆ ที่เกิดจากอนุมูลอิสระกลุ่มนี้ ได้แก่ ดีเอ็นเอ (DNA damage) เกิดความเสียหาย ซึ่งมีส่วนทำให้เกิดการหยุดวงจรชีวิตของเซลล์และการตายของเซลล์ (Cell cycle arrest and apoptosis) ได้

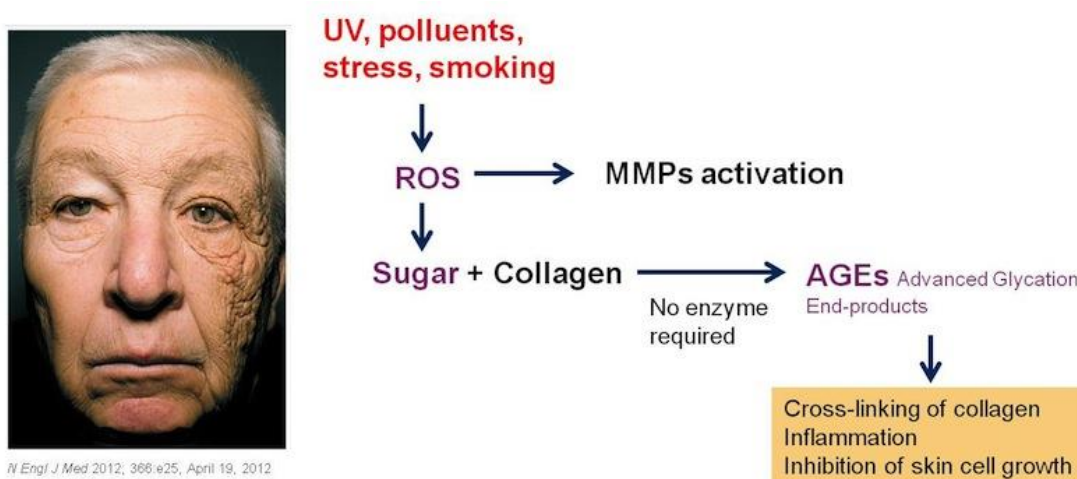
การใช้สารต้านออกซิเดชันอาจจะช่วยในการต่อต้านหรือชะลอการเกิดความแก่ของผิวหนังได้ มีรายงานมากมายที่อธิบายเกี่ยวกับการลดลงของเอนไซม์ที่ช่วยต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Antioxidant enzymes) ซึ่งประกอบไปด้วยเอนไซม์คอปเปอร์ (Cu) ซิงค์ซูเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเทส (Zn-superoxide dismutase, SOD) คะทาเลส (Catalase) กลูตาไทโอนเปอร์ออกไซด์ (Glutathione peroxidase) และกลูตาไทโอนรีดักเทส (Glutathione reductase) ซึ่งการลดลงของเอนไซม์เหล่านี้ส่งผลทำให้เกิดความแก่ของผิวหนังได้ง่ายขึ้น การสะสมอนุมูลอิสระเป็นเวลานานจะส่งผลทำให้เกิดความแก่ระดับเซลล์ (Cellular aging) นอกจากนี้ มีรายงานพบว่า การสะสมของโปรตีนที่ถูกออกซิไดซ์ (Oxidized proteins) ในเซลล์ไฟโบรบลาสต์ของผู้สูงอายุ มีปริมาณสูงและไม่สามารถขจัดโปรตีนออกไปได้

1.3 ฮอร์โมนเอสโตรเจนลดลง

เอสโตรเจนเป็นฮอร์โมนที่สำคัญมากที่ทำให้เกิดการแสดงออกลักษณะเพศหญิง เอสโตรเจนมีส่วนช่วยเพิ่มความชุ่มชื้นผิว (Skin hydration) และเพิ่มปริมาณเส้นใยคอลลาเจน จึงสามารถป้องกันการเกิดริ้วรอยได้นั้นคือ การใช้เอสโตรเจนทาลงบนผิวหนัง (Skin application) ทำให้การสร้างคอลลาเจนในชั้นหนังแท้เพิ่มขึ้น โดยมีผลต่อการเพิ่มปริมาณโปรตีนโปรคอลลาเจนชนิดที่ 1 (Type I procollagen protein) และกระตุ้นการสร้าง Transforming growth factor beta (TGF- β) ทั้งโปรตีนและเอ็มอาร์เอ็นเอ (mRNA) ซึ่งเป็นที่ทราบกันดีแล้วว่า TGF- β สามารถกระตุ้นการทำงานของเซลล์ไฟโบรบลาสต์และแมทริกซ์ที่อยู่นอกเซลล์ได้ ดังนั้น ฮอร์โมนเอสโตรเจนลดลงจึงเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดความชราหรือการแก่ของผิวหนังได้

1.4 การเกิดแอดวานซ์ไกลเคชันเอนโดโปรดักต์ (Advanced glycation end-products, AGEs)

การเกิดแอดวานซ์ไกลเคชันเอนโดโปรดักต์ นั้นเกิดจากปฏิกิริยาระหว่างน้ำตาลกลูโคสในรูปปรีดิวิซ์ (Reducing glucose) กับโปรตีน ไขมัน หรือกรดนิวคลีอิก ทำให้เกิดเป็นการประกอบเชิงซ้อน ส่งผลให้เส้นใยคอลลาเจนและอีลาสตินในชั้นหนังแท้เสียสภาพ จึงทำให้เกิดริ้วรอยตามมา เนื่องจากโปรตีนทั้ง 2 ชนิดดังกล่าวเป็นโปรตีนไฟเบอร์ที่มีผลต่อการกระชับและความยืดหยุ่นของผิว หากเกิดความเสียหายหรือเสียสภาพ จะเป็นผลให้ผิวสูญเสียสภาพความยืดหยุ่นและกลายเป็นคอลลาเจนและอีลาสตินที่แห้ง แข็ง ทำให้ผิวเหี่ยวเฉา หย่อนคล้อย และเกิดริ้วรอยได้ สภาวะดังกล่าวจะแสดงออกชัดเจนเมื่ออายุ 35 ปีขึ้นไป ในกรณีที่สภาวะนี้เกิดในผู้ป่วยโรคเบาหวาน ซึ่งมีน้ำตาลในเลือดสูง (Hyperglycemia) นั่นคือ ผู้ป่วยโรคเบาหวานมีโอกาสเกิดความชราหรือการแก่ของผิวหนังได้ง่ายกว่าคนปกติ



ภาพที่ 2.2 ผลของสารแอตวานซีไกลเคชันเอนโพรติกต่อการเกิดริ้วรอยของผิวหนัง
ที่มา: Cosmetic business (2013)

2. ความแก่ของผิวจากปัจจัยภายนอก (Extrinsic aging) เป็นการเกิดริ้วรอย ซึ่งพบบริเวณใบหน้ามากกว่า 80% สาเหตุเกิดจากการสัมผัสแสงแดด (Ultraviolet, UV) เป็นระยะเวลานาน ๆ หรือเรียกว่า Photo-aging ลักษณะของผิวที่เกิดจากสาเหตุดังกล่าวที่เห็นเด่นชัด ได้แก่ ผิวแห้ง กร้าน หยาบ หย่อนคล้อย มีจุดเม็ดสีเกิดขึ้น ซึ่งเกิดสร้างเม็ดสีที่ผิดปกติ เกิดริ้วรอยร่องลึก และผิวหนังชั้นหนังแท้ (Epidermis) มีการเปลี่ยนแปลง คือ ผิวหนังชั้นหนังแท้จะหนาขึ้น (Hyperplasia) ส่วนองค์ประกอบต่าง ๆ ของของแมทริกซ์ที่อยู่นอกเซลล์ในผิวหนังชั้นหนังแท้ (Dermis) ได้แก่ เส้นใยคอลลาเจน อีลาสติน และไกลโคสะมิโนไกลแคน มีการเปลี่ยนแปลงไป (Zhang & Duan, 2018)

2.1 แมทริกซ์ที่อยู่นอกเซลล์ (Extracellular matrix changes) เกิดการเปลี่ยนแปลงของแมทริกซ์ที่อยู่นอกเซลล์ในชั้นหนังแท้มีส่วนประกอบหลัก ได้แก่ เส้นใยคอลลาเจนและอีลาสติน และยังมีส่วนประกอบที่ช่วยดูดซับโมเลกุลของน้ำ ได้แก่ ไกลโคสะมิโนไกลแคน ซึ่งมีส่วนสำคัญทำให้ผิวมีความชุ่มชื้น ปริมาณที่ลดลงของเส้นใยคอลลาเจน อีลาสติน และไกลโคสะมิโนไกลแคนมีสาเหตุหลักมาจากการเพิ่มขึ้นจากการทำงานของเอนไซม์ในชั้นหนังแท้ (Dermal proteinase activity) ได้แก่ เอนไซม์ Metalloproteinase โดยเฉพาะ MMP-9 ซึ่งเอนไซม์ดังกล่าวจะถูกกระตุ้นโดยสารสื่ออักเสบที่หลั่งออกมาเมื่อผิวมีการสัมผัสกับแสงแดด ได้แก่ สาร Neutrophils, IL-1 α , IL-6, และ TNF α นั่นคือ ปริมาณของเส้นใยคอลลาเจนและอีลาสตินที่ลดลง จึงเป็นสาเหตุที่สำคัญที่ทำให้เกิด Photo-aging skin และการเพิ่มขึ้นของเอนไซม์ MMP-9 ก็เป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้เกิด Skin photo-aging

2.2 การทำงานของเอนไซม์ที่ย่อยสลายแมทริกซ์ที่อยู่นอกเซลล์ (Matrix metalloproteinases, MMPs) เพิ่มสูงขึ้น และการส่งทอดสัญญาณเข้าสู่เซลล์ (Cellular signal transduction)

เอนไซม์ที่ย่อยสลายแมทริกซ์ที่อยู่นอกเซลล์ หรือ MMPs เป็นเอนไซม์ที่มีแร่ธาตุแคลเซียม (Calcium) และซิงค์ (Zinc) เป็น Co-factor ช่วยเร่งการทำงานของเอนไซม์นี้ ทำให้เกิดการเสื่อมสลายของคอลลาเจน อิลาสติน และไกลโคสะมิโนไกลแคน ชนิดของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเสื่อมสลายแมทริกซ์ที่อยู่นอกเซลล์ ได้แก่

- Collagenase หรือ MMP-1 เป็นเอนไซม์ที่ทำหน้าที่ย่อยเส้นใยสลายคอลลาเจนชนิดที่ 1 (Type I) และคอลลาเจนชนิดที่ 3 (Type III)

- Gelatinase-A หรือ MMP-2 เป็นเอนไซม์ที่ทำหน้าที่ย่อยเส้นใยคอลลาเจนที่อยู่ชั้นผิวหนังสตาร์ตัมบาเซล (Stratum basale) ซึ่งอยู่ในบริเวณรอยต่อผิวหนังชั้นหนังแท้กับชั้นหนังกำพร้า (Dermal-epidermal junction)

- Stromelysin-1 หรือ MMP-3 เป็นเอนไซม์ที่ย่อยสลายเส้นใยคอลลาเจนต่อจากเอนไซม์ Collagenase

- Gelatinase-B หรือ MMP-9 เป็นเอนไซม์ที่ย่อยสลายเส้นใยคอลลาเจนต่อจากเอนไซม์ Collagenase

ในสภาวะปกติของผิวหนังปริมาณของเอนไซม์ที่ย่อยสลายแมทริกซ์ที่อยู่นอกเซลล์จะค่อนข้างต่ำ หากมีการสัมผัสกับรังสีอัลตราไวโอเล็ตในแสงแดด เอนไซม์ดังกล่าวจะถูกกระตุ้นให้มีการสร้างในปริมาณที่สูงขึ้น โดยพบว่า การเพิ่มขึ้นของเอนไซม์ที่ย่อยสลายแมทริกซ์ที่อยู่นอกเซลล์ ยกตัวอย่างเช่น เอนไซม์ Collagenase เมื่อสัมผัสกับรังสีอัลตราไวโอเล็ตในแสงแดด รังสีรังสีอัลตราไวโอเล็ตจะกระตุ้น Growth factor cytokine receptors บนผิวของเซลล์ไฟโบรบลาสต์ (Fibroblasts) แล้วส่งสัญญาณไปยังเอนไซม์ Protein kinase แล้วกระตุ้นการสร้างโปรตีน Activating protein-1 (AP-1) ในนิวเคลียส นั่นคือ การเพิ่มขึ้นของโปรตีน AP-1 จะทำให้ปริมาณของเอนไซม์ย่อยสลายแมทริกซ์ที่อยู่นอกเซลล์เพิ่มสูงขึ้น ส่งผลทำให้เกิดการทำลายสารต่าง ๆ ในแมทริกซ์ที่อยู่นอกเซลล์ และมีผลทำให้เกิดความชราหรือการแก่ของผิวจากแสงแดด (Skin photo-aging) โดยรังสีอัลตราไวโอเล็ตในแสงแดดยังกระตุ้นการทำงานของ Mitogen-activated protein (MAP) kinase ทำให้เกิดการสร้างเอนไซม์ที่ย่อยสลายแมทริกซ์ที่อยู่นอกเซลล์เพิ่มมากขึ้น

จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้น สามารถประยุกต์การใช้สารจากธรรมชาติหรือสารสกัดพืชสมุนไพรเพื่อหาวิธีการป้องกัน หรือรักษา เพื่อชะลอความชราหรือการแก่ของผิวหนังก่อนวัย โดยมีวิธีการแตกต่างกันออกไป (Gkogkolou & Böhm, 2012) ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- 1) การป้องกันรังสีรังสีอัลตราไวโอเล็ต (UV) ด้วยการทาผลิตภัณฑ์ป้องกันแสงแดด (Sunscreen products) เนื่องจากผิวหนังที่มีการสัมผัสกับแสงแดดเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดความชราหรือการแก่ของผิวหนัง

ดังนั้น การป้องกันแสงแดด (Photo protection) จึงเป็นอีกวิธีหนึ่งที่จะช่วยชะลอการเกิดความชราหรือการแก่ของผิวหนังก่อนวัยได้ สำหรับผลิตภัณฑ์ป้องกันแสงแดดจะมีส่วนผสมของสารป้องกันแสงแดด แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ สารป้องกันแสงแดดแบบกายภาพหรือฟิสิกส์ (Physical sunscreen) และสารป้องกันแสงแดดแบบเคมี (Chemical sunscreen) โดยที่สารป้องกันแสงแดดแบบกายภาพหรือฟิสิกส์มีความสามารถในการสะท้อนรังสีอัลตราไวโอเล็ต ทำให้สามารถป้องกันรังสีอัลตราไวโอเล็ตได้ ส่วนสารป้องกันแสงแดดแบบเคมีจะมีความสามารถในการดูดกลืนรังสีอัลตราไวโอเล็ต แล้วคายรังสีออกมาที่มีพลังงานต่ำกว่า (หรือความยาวคลื่นสูงกว่า เช่น รังสีอินฟราเรด เป็นต้น) ปัจจุบันผลิตภัณฑ์ป้องกันแสงแดดส่วนใหญ่มักประกอบไปด้วยสารป้องกันแสงแดดกายภาพและเคมีผสมกัน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการปกป้องผิวจากรังสีอัลตราไวโอเล็ต UVB ได้ หรือเรียกว่า ค่าประสิทธิภาพการป้องกันรังสี UVB (Sun protection factor, SPF) และเพิ่มประสิทธิภาพการป้องกันรังสีอัลตราไวโอเล็ต UVA หรือเรียกว่า Protection grade of UVA (PA) นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ป้องกันแสงแดดต้องมีประสิทธิภาพในการป้องกันแสงแดดตลอดอายุการใช้งาน

2) การป้องกันการเกิดอนุมูลอิสระชนิดที่มีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ หรือ ROS จากการเหนี่ยวนำด้วยรังสีอัลตราไวโอเล็ต (UV-induced ROS) ความชราหรือการแก่ของผิวหนังที่เกิดจากสภาวะเครียดที่เกิดจากออกซิเดชัน โดยอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นที่เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดสภาวะดังกล่าว มีรายงานวิจัย พบว่ามีสารต้านออกซิเดชันหลายชนิดที่นำมาใช้ในการป้องกันหรือยับยั้งการเกิดอนุมูลอิสระที่เกิดจากการสัมผัสแสงแดด ยกตัวอย่างเช่น วิตามินอี (Tocopherol) วิตามินซี (L-ascorbic acid) โคเอนไซม์ Q10 (Coenzyme Q10) พอลิฟีนอล (Polyphenols) และคาโรทีนอยด์ (Carotenoids) โดยมีการศึกษาในหลอดเซลล์ไฟโบรบลาสต์เพาะเลี้ยงที่ถูกเหนี่ยวนำด้วยรังสีอัลตราไวโอเล็ต พบว่า โคเอนไซม์ Q10 สามารถยับยั้งการผลิตเอนไซม์ที่ย่อยสลายแมทริกซ์ที่อยู่นอกเซลล์ชนิด MMP-1 ได้ด้วยการยับยั้งการสร้างสารอักเสบไซโตไคน์ (Cytokines) ซึ่งถูกสร้างมาจากเซลล์คีราทีโนไซต์ (Keratinocytes) เป็นต้น

3) การป้องกันการอักเสบจากการเหนี่ยวนำด้วยรังสีอัลตราไวโอเล็ต (UV-induced inflammation) วิธีนี้เป็นหนึ่งวิธีที่ช่วยป้องกันหรือชะลอการเกิดความชราหรือการแก่ของผิวหนังได้ ยกตัวอย่างเช่น สารโคเอนไซม์ Q10 มีประสิทธิภาพลดการอักเสบได้ โดยสามารถการยับยั้งการสร้างสารอักเสบไซโตไคน์ (Cytokines) ที่ถูกสร้างมาจากเซลล์คีราทีโนไซต์ (Keratinocytes) เป็นต้น

4) การจำกัดการบริโภคพลังงาน (Caloric restriction) จากอาหาร มีการศึกษาในหนูทดลองพบว่า เส้นใยคอลลาเจนของหนูทดลองที่มีการจำกัดพลังงานจะมีการสะสมของสารแอดวานซ์ไกลเคชันเอมโปรติก (AGEs) ลดลง ดังนั้น การรับประทานอาหารให้น้อยลง อาจจะช่วยป้องกันการสะสมของสารดังกล่าวได้ ซึ่งสามารถช่วยชะลอการเกิดความชราหรือการแก่ของผิวหนังได้

5) การทาผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมของฮอร์โมนเอสโตรเจนลงบนผิวหนัง มีการศึกษาพบว่า การทาผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมของฮอร์โมนเอสโตรเจนลงบนผิวหนัง ช่วยเพิ่มการสร้างเส้นใยคอลลาเจนในผิวหนัง ชั้นหนังแท้ได้ แต่อาจมีผลข้างเคียงตามมาได้ เช่น ทำให้เกิดผื่น (Skin rash)

6) การใช้ผลิตภัณฑ์เสริมอาหารที่สามารถป้องกันการเกิดแอดวานซ์ไกลเคชันเอนโพรดัก (AGEs) โดยการเกิดแอดวานซ์ไกลเคชันเอนโพรดักมีความสัมพันธ์กับปฏิกิริยาออกซิเดชัน ดังนั้น สารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันจึงมีส่วนช่วยป้องกันเกิด AGEs และช่วยชะลอการเกิดความชราหรือการแก่ของผิวหนังได้ ตัวอย่างสารต้านออกซิเดชันที่มีในส่วนผสมของผลิตภัณฑ์เสริมอาหารที่ถูกระบุดังกล่าว เช่น วิตามินซี (Ascorbic acid) วิตามินอี (α-Tocopherol) วิตามินบี 3 (Niacinamide) ไพริดอกซอล (Pyridoxal) โซเดียมซีลีไนท์ (Sodium selenite) ซีลีเนียมยีสต์ (Selenium yeast) โทรลอค (Trolox) ไรโบฟลาวิน (Riboflavin) แร่ธาตุซิงค์ (Zinc) และแมงกานีส (Manganese) ซึ่งสารเหล่านี้สามารถยับยั้งกระบวนการเกิดไกลเคชัน (Glycation) กับโปรตีน อัลบูมินในหลอดเลือดได้ เป็นต้น

ดังนั้น ผลิตภัณฑ์ชะลอความแก่หรือชะลอวัยจึงมีบทบาทอย่างมากในปัจจุบัน มีการศึกษาค้นคว้าวิจัยมากมายเพื่อหาสาร หรือวิธีการที่จะทำให้ชะลอความแก่ได้นานที่สุด มีการศึกษาวิจัยทั้งจากสารสังเคราะห์ทางเคมี และสารจากธรรมชาติ ได้แก่ สารที่มีคุณสมบัติให้ความชุ่มชื้นผิว สารอาหารหรือวิตามินทดแทนสิ่งที่ขาดไป หรือลดน้อยตามธรรมชาติในผิวหนัง สารฟื้นฟู และปรับสภาพผิวให้เต่งตึงเรียบเนียน สารต้านอนุมูลอิสระ เป็นต้น มีการนำสารจากธรรมชาติหรือสารสกัดพืชสมุนไพรหลายชนิดมาใช้เพื่อชะลอการเกิดความชราหรือการแก่ของผิวหนัง ยกตัวอย่างเช่น

1) สารกลุ่มคาโรทีนอยด์ (Carotenoids) สารกลุ่มนี้เป็นสารให้สี (Pigments) จากธรรมชาติที่ละลายได้ดีในไขมัน พบมากได้ในพืช ผลไม้ และดอกไม้หลาย ๆ ชนิด สารกลุ่มนี้มีประสิทธิภาพในการต้านออกซิเดชัน สามารถยับยั้งอนุมูลอิสระได้ดี จึงนิยมนำมาใช้เป็นสารใช้ในการชะลอความชราหรือการแก่ของผิวหนัง เช่น เบตาแคโรทีน (β-Carotene) และไลโคปีน (Lycopene) เป็นต้น

2) สารกลุ่มฟลาโวนอยด์ (Flavonoids) สารกลุ่มนี้เป็นสารกลุ่มกรดฟีนอลิก (Phenolic acids) พบได้ในพืชสมุนไพร ผลไม้ ผัก และเมล็ดธัญพืชต่าง ๆ แบ่งออกเป็น 7 กลุ่มย่อย ได้แก่ ฟลาโวน (Flavones) ฟลาวานอน (Flavanones) ฟลาโวนอล (Flavonols) ฟลาวานอล (Flavanols) ฟลาวานอนอล (Flavanonols) ไอโซฟลาโวน (Isoflavones) และแอนโทไซยานิดิน (Anthocyanidins)

3) สารกลุ่มฟีนอลิก (Phenolic) อื่น ๆ สารกลุ่มนี้มีรายงานพบว่า มีฤทธิ์ในการชะลอความชราหรือการแก่ของผิวหนังได้ เช่น สารเคอคูมิน (Curcumin) เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ พบมากในขมิ้นชัน สามารถยับยั้งการผลิตเอนไซม์ที่ย่อยสลายแมทริกซ์ที่อยู่นอกเซลล์ ชนิด MMP-2 ได้

ข้าวข.43 (RD 43 rice)

ข้าว (*Oryza sativa* L.) เป็นธัญญาหารหลักของชาวโลก จัดเป็นพืชสายพันธุ์เดียวกับหญ้า ซึ่งนับได้ว่าเป็นหญ้าที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในโลก และมีความหลากหลายทางชีวภาพสามารถปลูกขึ้นได้ง่ายมีความทนทานต่อทุกสภาพภูมิอากาศ ข้าวที่มีการซื้อขายมากที่สุดในตลาดโลกแบ่งเป็น 2 กลุ่มหลัก คือ กลุ่มข้าวบาสมати (Basmati rice) และกลุ่มข้าวหอมมะลิ (Jasmine rice) โดยประเทศไทยเป็นผู้ผลิตและส่งออกข้าวหอมมะลิที่มีศักยภาพและเป็นที่ยอมรับของตลาดโลก ดังนั้น หากมีการสร้างนวัตกรรมข้าวไทย จะเป็นปัจจัยหนึ่งที่จะช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับข้าวไทยได้ นอกจากจะช่วยลดการนำเข้าผลิตภัณฑ์จากต่างประเทศแล้ว ยังทำให้ไทยเป็นผู้ส่งออกผลิตภัณฑ์จากข้าวได้ในอนาคตได้อีกด้วย

ประวัติความเป็นมา

ข้าวข.43 เป็นข้าวที่ถูกผสมระหว่างพันธุ์ข้าวเจ้าหอมสุพรรณบุรี (พันธุ์แม่) กับพันธุ์สุพรรณบุรี 1 (พันธุ์พ่อ) ที่ศูนย์วิจัยข้าวสุพรรณบุรี ในฤดูนาปรัง พ.ศ. 2542 คัดเลือกได้สายพันธุ์ SPR99007-22-1-2-2-1 ปลูกทดสอบผลผลิตในศูนย์วิจัยข้าวและในนาเกษตรกรตั้งแต่ปี 2546 จนถึงปี 2551 มีการรับรองสายพันธุ์โดยคณะกรรมการพิจารณาพันธุ์ กรมการข้าว พิจารณารับรองสายพันธุ์เมื่อวันที่ 17 กันยายน 2552 ใช้ชื่อว่า ข้าวเจ้าข.43 (กรมการข้าว, 2563)

ในปัจจุบันพบแหล่งเพาะปลูกข้าวข.43 ส่วนใหญ่อยู่ที่จังหวัดสุพรรณบุรีและชัยนาท เนื่องจากข้าวข.43 ควรปลูกในพื้นที่นาชลประทาน พื้นที่ที่มีน้ำท่วมขังเป็นเวลานาน หรือพื้นที่ที่เกษตรกรมีเวลาทำนายน้อยกว่าพื้นที่ปลูกข้าวอื่น ๆ รวมไปถึงในพื้นที่ที่มีปัญหาวัชพืชระบาดในนาข้าวก็เหมาะจะปลูกข้าวข.43 ด้วยเช่นกัน เนื่องจากข้าวข.43 เป็นพันธุ์ข้าวที่มีลักษณะเด่นอยู่ที่อายุการเก็บเกี่ยวสั้นเพียง 95 วันก็สามารถเก็บเกี่ยวได้อีกทั้ง ข้าวข.43 ยังเป็นพันธุ์ข้าวที่มีความต้านทานต่อโรคใบไหม้และปัญหาเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในระดับปานกลาง นั่นคือ ในพื้นที่ที่มีปัญหาเพลี้ยกระโดดจึงสามารถปลูกข้าวข.43 ได้ (กรมการข้าว, 2563)

ลักษณะทั่วไป

เป็นข้าวเจ้าไม่ไวต่อช่วงแสง อายุเก็บเกี่ยวสั้น ประมาณ 95 วัน ปลูกโดยวิธีหว่านน้ำตาม ความสูงประมาณ 103 เซนติเมตร ทรงกอตั้ง ต้นค่อนข้างแข็ง ใบสีเขียวจาง ใบธงตั้งปานกลาง ข้าวเปลือกสีฟาง น้ำหนักข้าวเปลือก 1,000 เมล็ด 30.35 กรัม ข้าวกล้องสีขาว ยาว 7.59 มิลลิเมตร รูปร่างเมล็ดยาวเรียว มีปริมาณแอมิโลสต่ำ (18.82%) คุณภาพของเมล็ดทางการหุงต้มรับประทานดี ข้าวสุก นุ่ม เหนียว มีกลิ่นหอมอ่อน ๆ (ใกล้เคียงข้าวหอมดอกมะลิ 105) มีระยะพักตัว 5 สัปดาห์ ผลผลิต ประมาณ 561 กิโลกรัมต่อไร่ คุณภาพของเมล็ดทางการหุงต้มรับประทาน ดี ข้าวสุกนุ่ม เหนียว มีกลิ่นหอมอ่อน ๆ (ใกล้เคียงข้าวหอมดอกมะลิ 105) (กรมการข้าว, 2563)



ภาพที่ 2.3 ลักษณะของข้าวข.43

ที่มา: กรมการข้าว (2566)

การตรวจวิเคราะห์ค่าดัชนีน้ำตาล พบว่า ข้าวข.43 มีค่าดัชนีน้ำตาลต่ำกว่าข้าวพิษณุโลก 80 และ กข 15 นอกจากนี้ จากการศึกษาวิจัยของกองวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว ร่วมกับคณะแพทยศาสตร์ โรงพยาบาลรามาธิบดี มหาวิทยาลัยมหิดล ได้ศึกษาและใช้ประโยชน์จากพันธุ์ข้าวในเชิงสุขภาพ โดยคัดเลือกพันธุ์ข้าวที่ปลูกในประเทศไทยมากกว่า 100 พันธุ์ พบว่า ข้าวเจ้าพันธุ์ข.43 ให้ปริมาณน้ำตาลกลูโคสต่ำกว่าข้าวอมิโลสต่ำชนิดอื่น ๆ ซึ่งสอดคล้องกับการวิเคราะห์ในมนุษย์จากคณะแพทยศาสตร์ โรงพยาบาลรามาธิบดีที่พบว่า ข้าวพันธุ์ข.43 มีค่าดัชนีน้ำตาลในข้าวขาวน้อยกว่าข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และมีค่าใกล้เคียงกับข้าวพันธุ์หอมกระดังงา ซึ่งเป็นข้าวอมิโลสสูงและร่วนแข็ง

ในเมล็ดข้าวยังพบสารพฤกษเคมีอีกหลายกลุ่มเป็นองค์ประกอบ เช่น สารประกอบกลุ่มฟีนอลิก (Phenolic compounds) กรดเฟอร์ูลิก (Ferulic acid) แอนโทไซยานิน (Anthocyanins) แกมมาออริซานอล (Oryzanol) กรดไฟติก (Phytic acid) และแอลฟาโทโคเฟอรอล (Tocopherol) (Gong et al., 2017)

มีรายงานว่าสารสำคัญดังกล่าว มีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาค่อนข้างกว้าง เช่น มีฤทธิ์ทางชีวภาพในการต้านอนุมูลอิสระ (Maisuthisakul & Changchub, 2014) ต้านการอักเสบ (Kitisin, Saewan & Luplertlop, 2015) ต้านมะเร็ง (Har & Keong, 2005) โรคเบาหวาน (Terashima et al., 2017) ลดไขมันในเลือด (Shen et al., 2016) ลดความดันโลหิตสูง (Ebizuka, Ihara & Arita, 2009) โรคหัวใจ (Kazemzadeh et al., 2014) มีฤทธิ์ต้านโรคชรา (Anti-glycation) (Premakumara et al., 2013) รวมถึงมีฤทธิ์ยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส และเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดสได้ (Premakumara et al., 2013; Uraipong & Zhao, 2016; Hemalath et al., 2016; พิมพ์ สุวรรณวงศ์ และวัชร วรรณรียกุล, 2563) อีกทั้งยังมีรายงานวิจัย พบว่า สารสกัดจากข้าวมีฤทธิ์ยับยั้ง

การสร้างเม็ดสีเมลานิน (Melanin) ในผิวหนัง (Lee et al., 2014), ยับยั้งการสลายตัวของเส้นใยคอลลาเจนและอีลาสติน (Manosroi et al., 2012)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กัญจน์รัตน์ สุขรัตน์ และคณะ (2563) ศึกษาการนำสารสกัดจากข้าวกล้องอินทรีย์มาประยุกต์ใช้เป็นส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ครีมบำรุงผิว โดยสกัดข้าวกล้องอินทรีย์และข้าวกล้องอินทรีย์สกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอลที่ความเข้มข้น 50%, 70% และ 95% v/v และน้ำ การวิเคราะห์หาปริมาณสารฟีนอลิกรวมและปริมาณฟลาโวนอยด์รวม และวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดด้วยวิธี DPPH, ABTS และ FRAP ผลการทดลองพบว่า สารสกัดข้าวกล้องทั้ง 2 ชนิดที่สกัดด้วยตัวทำละลาย 70% เอทานอลมีปริมาณร้อยละผลผลิตที่ได้จากการสกัด (%yield) สูงกว่าสารสกัดอื่น ๆ สารสกัดข้าวกล้องอินทรีย์สกัดมีปริมาณสารฟีนอลิกรวมและปริมาณฟลาโวนอยด์รวม และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าสารสกัดข้าวอินทรีย์ จึงเลือกสารสกัดข้าวกล้องอินทรีย์สกัดมาประยุกต์ใช้ในเวชสำอางความเข้มข้น 0.5 %w/w และผลการตั้งตำรับพบว่า ครีมที่ได้มีสีขาวเนื้อครีมมีความสม่ำเสมอ กระจายตัวได้ดีมีความชุ่มชื้นสามารถซึมผ่านผิวหนังได้มีความเป็นกรด-ด่าง ประมาณ 5.52 และ 5.65 และตำรับที่เตรียมได้มีความคงตัวดี

Choi และคณะ (2016) ศึกษาฤทธิ์ลดชะลอวัยของสาร Rutin ในหลอดทดลอง (In vitro) และในคลินิกหรืออาสาสมัคร (In vivo) พบว่า สาร Rutin ไม่มีความเป็นพิษต่อเซลล์ไฟโบรบลาสต์ และสามารถยับยั้งอนุมูลอิสระ ROS, Hydrogen peroxide และ MMP-1 ที่ส่งผลให้เกิดความแก่จากภายในได้ เมื่อทดสอบฤทธิ์ชะลอวัยของตำรับครีมที่มีส่วนผสมของสาร Rutin (1%) ในอาสาสมัครเพศหญิงอายุ 30-50 ปี จำนวน 40 คน โดยให้อาสาสมัครทาครีมที่มีสาร Rutin เป็นระยะเวลา 2 และ 4 สัปดาห์ (Experimental group) เปรียบเทียบกับกลุ่มที่ทาครีมที่ไม่มีส่วนผสมของสาร Rutin (Control group) พบว่า ผิวหนังชั้นหนังแท้ (Dermis) มีความหนาแน่นขึ้น 10.73% และ 40.50% ตามลำดับ ริ้วรอยบริเวณหางตาลดลง 13.45% และ 23.90% ตามลำดับ และริ้วรอยรอบดวงตาลดลง 31.96% และ 49.48%

Manosroi และคณะ(2020) ศึกษาฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน และยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสของสารสกัดข้าวเหนียวสีม่วง จากนั้นประเมินฤทธิ์ชะลอวัยของตำรับครีมที่มีส่วนผสมของสารสกัดข้าวเหนียวสีม่วงที่ถูกกักเก็บในนีโอโซมในคลินิก หรืออาสาสมัคร (In vivo) โดยให้อาสาสมัครผู้หญิงจำนวน 20 คน ทาครีมที่ทดสอบเป็นระยะเวลา 28 วัน พบว่า สารสกัดข้าวเหนียวสีม่วงมีฤทธิ์ยับยั้งอนุมูลอิสระและเอนไซม์ไทโรซิเนสได้ การประเมินในอาสาสมัครหลังจากทาครีมที่มีส่วนผสมของสารสกัดข้าวเหนียวสีม่วงที่ถูกกักเก็บในนีโอโซม พบว่า ค่า Melanin index และความหยาบของผิว (Skin roughness) ลดลงจากเริ่มต้น -14.05 และ -9.95% ตามลำดับ และ

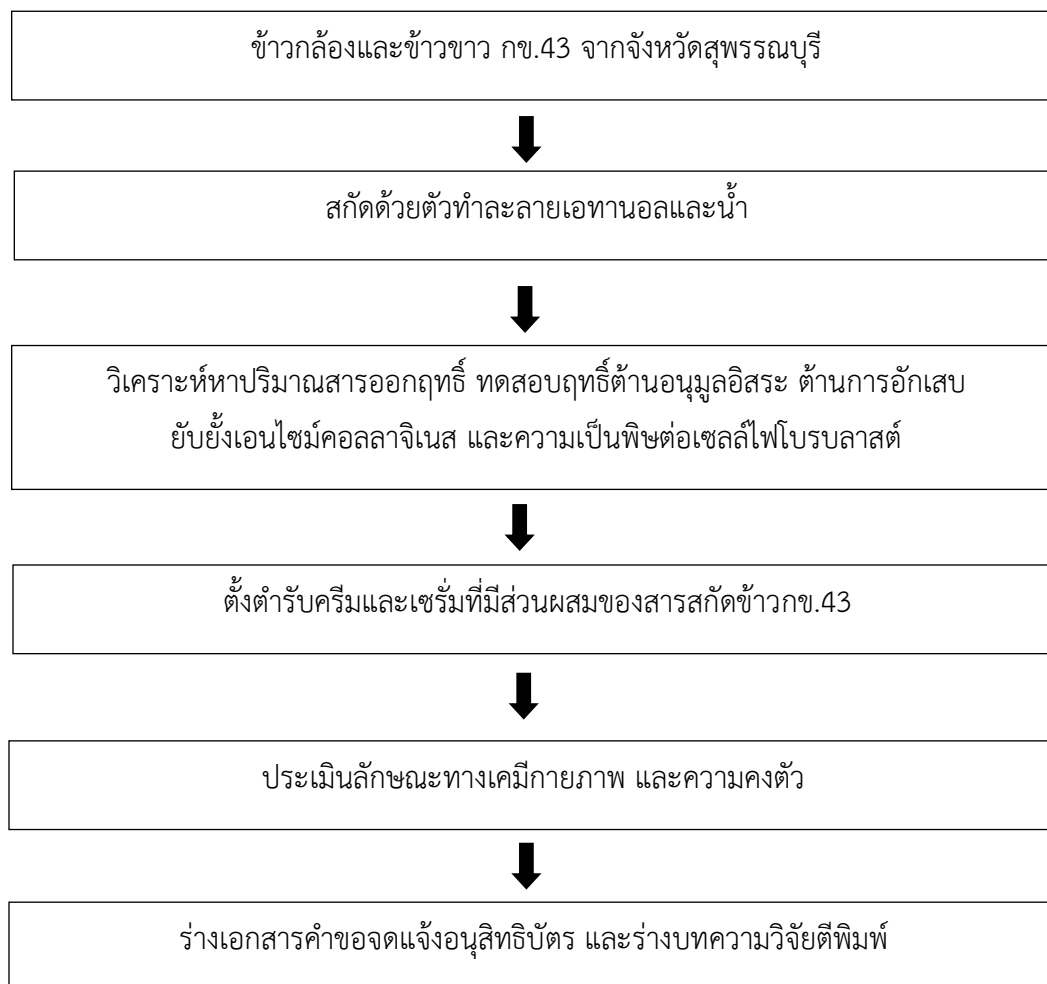
ค่า Skin hydration เพิ่มขึ้น 48.73% ค่า Skin elastic extension ลดลง 24.51% และ ค่า Skin elastic recovery เพิ่มขึ้น 35.98%

Okonogi และคณะ (2018) ศึกษาฤทธิ์ต้านออกซิเดชันและฤทธิ์ด้านการอักเสบของสารสกัดจากข้าวไทย; ข้าวหอมมะลิ ข้าวเสาไห้ ข้าวเหนียวดำพันธุ์ดอยสะเก็ด และข้าวหอมนิล โดยสกัดด้วยตัวทำละลาย Absolute เอทานอล และ 50%เอทานอล ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นทดสอบฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของสารสกัดข้าวไทยด้วยวิธี DPPH, ABTS และ FRAP assays พบว่า สารสกัดข้าวที่สกัดด้วย 50%เอทานอล มีประสิทธิภาพการต้านออกซิเดชัน และยับยั้งการหลั่งของสาร Cytokines IL-6 และ TNF- α ดีกว่าสารสกัดที่สกัดด้วยเอทานอล Absolute

Park และคณะ (2018) ศึกษาฤทธิ์ Whitening และลดริ้วรอย (Anti-wrinkle) ของสาร Ferulic acid ที่แยกได้จาก *Tetragonia tetragonoides* พบว่า สาร Ferulic acid ที่แยกได้จาก *T. tetragonoides* สามารถลดการสร้างเม็ดสีเมลานินจากเซลล์ B16F10 melanoma ได้ และเมื่อทดสอบฤทธิ์ยับยั้งริ้วรอยในเซลล์ CCD-986sk fibroblast cells พบว่า สารดังกล่าวสามารถกระตุ้นการสังเคราะห์ Pro-collagen type I, Hyaluronic acid และสาร TIMP ซึ่งเป็นสารที่มีประสิทธิภาพยับยั้งเอนไซม์คอลลาจีเนส นอกจากนี้ยังพบว่า สารดังกล่าวสามารถยับยั้งการแสดงออกของเอนไซม์ MMP-1 และ MMP-9 หลังจากได้รับรังสี UVB

Peanparkdee, Patrawart และ Iwamoto (2019) ศึกษาการสกัดสารฟีนอลิก สารฟลาโวนอยด์ และทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากข้าวหอมมะลิ 105 ข้าวเขี้ยววู ข้าวหอมนิล และข้าวลิ้มพัว โดยสกัดด้วยวิธี Ultrasonic-assisted และเปรียบเทียบตัวทำละลาย 3 ชนิด ได้แก่ 65%เอทานอล ไอโซโพรพานอล และ ไอโซโพรพานอล/เฮกเซน ผลการทดสอบพบว่า สารสกัดที่สกัดด้วยตัวทำละลาย 65%เอทานอล มีปริมาณสารฟีนอลิก (Protocatechuic acid, Vanillic acid, p-Coumaric acid, Ferulic acid และ Sinapic acid) ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ (Rutin, Myricetin และ Quercetin-3-glucoside) แอนโทไซยานิน (Cyanidin 3-glucoside และ Peonidin 3-glucoside) และมีประสิทธิภาพต้านอนุมูลอิสระ DPPH สูงกว่าสารสกัดที่สกัดด้วย ไอโซโพรพานอล และไอโซโพรพานอล/เฮกเซน

กรอบแนวคิดในการวิจัย



บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรและการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง

วัตถุดิบที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ข้าวกล้อง และข้าวขาว กข.43 โดยทำการจัดซื้อจากรั้วทรัพย์อรุณ อำเภอสามชูก จังหวัดสุพรรณบุรี ในเดือนพฤศจิกายน 2564

เครื่องมือในการวิจัยและการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องระเหยสุญญากาศแบบหมุน (Rotary Vacuum Evaporator) รุ่น N-N series ยี่ห้อ Eyela ประเทศสหรัฐอเมริกา
2. เครื่องชั่งไฟฟ้า 2 ตำแหน่ง รุ่น BL-3200H ยี่ห้อ Shimadzu ประเทศญี่ปุ่น
3. เครื่องชั่งไฟฟ้า 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Mettler Toledo ประเทศเยอรมนี
3. เครื่องอ่านปฏิกิริยาบนไมโครเพลท (Microplate reader) รุ่น EZ Read 2000 ยี่ห้อ Biochrom ประเทศอังกฤษ
4. เครื่องยววิจิเบิลสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (UV-Visible spectrophotometer) รุ่น UV-1700 ยี่ห้อ Shimadzu ประเทศญี่ปุ่น
5. ตู้ควบคุมอุณหภูมิ (Humidity Chamber) รุ่น HPP 750 ยี่ห้อ Memmert ประเทศเยอรมนี
6. เครื่องวัดค่าความเป็นกรดด่าง (pH meter) รุ่น EZ-9901 ยี่ห้อ Mrwptools ประเทศไทย
7. เครื่องวัดความหนืด (Viscometer) ยี่ห้อ Brookfield รุ่น DV-I Prime ประเทศสหรัฐอเมริกา
8. เครื่องวัดสี (Chroma Meter) รุ่น CR-400 ยี่ห้อ Centasia บริษัท Konica Minolta ประเทศไทย
9. ไมโครปิเปตต์ (Micropipette) ขนาด 20-200 μL ยี่ห้อ Extra Gene รุ่น TIP-210-Y ประเทศไต้หวัน
10. ไมโครปิเปตต์ (Micropipette) ขนาด 100-1000 μL ยี่ห้อ Extra Gene รุ่น TIP-210-Y ประเทศไต้หวัน
11. เครื่องปั่นเหวี่ยงแบบตั้งโต๊ะ รุ่น Rotofix 32A ยี่ห้อ Hrrlich ประเทศเยอรมนี
12. เครื่องปั่นผสม (Homogenizer) รุ่น L5M ยี่ห้อ Silverson ประเทศสหรัฐอเมริกา
13. เครื่องปั่นผสม (Homogenizer) รุ่น T18 Digital Ultra-Turrax® ยี่ห้อ IKA ประเทศเยอรมนี

14. ชุดตรวจเชื้อจุลินทรีย์ (Microbiology Cult-Dip combi®) (Cas no. 100778) บริษัท Merck จำกัด
ประเทศเยอรมนี

15. เตาให้ความร้อน (Hotplate stirrer) รุ่น LMS-1003 ยี่ห้อ LabTech ประเทศไทย

สารเคมีที่ใช้ในการวิจัย

1. Aluminum chloride (AR grade) (Lot no. F2A261) บริษัท Chemicals จำกัด ประเทศ
ออสเตรเลีย

2. L-Ascorbic acid (AR Grade) (Lot no.1007089) บริษัท Carlo Erba จำกัด ประเทศอิตาลี

3. 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) (AR Grade) (Lot no. P12G046) บริษัท Alfa จำกัด
ประเทศสหรัฐอเมริกา

4. Ethanol 99.9% (AR Grade) บริษัท RCL LabScan จำกัด ประเทศไทย

5. Ethanol (Commercial grade) บริษัท เอสเอ็นพีเอนเนอรัล เทคดิง จำกัด ประเทศไทย

6. Folin-Ciocalteu reagent (Lot no. BCBV3191) บริษัท Sigma-Aldrich จำกัด ประเทศ
สหรัฐอเมริกา

7. Gallic acid (HPLC grade, Lot no. 01131KH) บริษัท Sigma-Aldrich จำกัด ประเทศสหรัฐอเมริกา

8. Sodium carbonate (AR grade) (Lot no. 1705243255) บริษัท Ajax Finechem จำกัด ประเทศ
ออสเตรเลีย

9. Trolox (AR grade) (Lot no. BCBW5446) บริษัท Sigma-Aldrich จำกัด ประเทศสหรัฐอเมริกา

10. Quercetin (AR grade) (Lot no. SLBM 7336V) บริษัท Sigma-Aldrich จำกัด ประเทศ
สหรัฐอเมริกา

11. Ferric chloride hexahydrate (AR grade) (Cas no. 10025-77-1) บริษัท Qrec จำกัด ประเทศ
นิวซีแลนด์

12. Hydrochloric acid (HCl) (Lot no.H8040-1-2501) บริษัท RCL Labscan จำกัด ประเทศไทย

13. 2-Deoxy-D-ribose (AR grade) (Lot no. BHL2H-CH) บริษัท Tokyo chemical industry จำกัด
ประเทศญี่ปุ่น

14. Hydrogen peroxide 30% (AR grade) (Cas no.7722-84-1) บริษัท Qrec จำกัด ประเทศ
นิวซีแลนด์

15. Thobarbituric acid (TBA) (AR grade) (Cas no.504-17-6) บริษัท Tokyo chemical industry
จำกัด ประเทศญี่ปุ่น

16. Sodium Hydroxide (AR grade) (Lot no.AF502384) บริษัท Chemicals จำกัด ประเทศ
ออสเตรเลีย

17. Xanthine (AR grade) (Lot no. WXBD5973V) บริษัท Sigma-Aldrich จำกัด ประเทศสหรัฐอเมริกา
18. Xanthine oxidase (AR grade) (Lot no. SLCG2160) บริษัท Sigma-Aldrich จำกัด ประเทศสหรัฐอเมริกา
19. 2,4,6-tri (Z2-pyridyl)-s-triazine (TPTZ) (Lot no. BCBS3837V) บริษัท Sigma-Aldrich จำกัด ประเทศสหรัฐอเมริกา
20. Sodium Polyacrylate (Cosmetic grade) บริษัท จันทร์เจ้า ลองวิตี้ จำกัด ประเทศไทย
21. Propylene glycol (Cosmetic grade) บริษัท กรุงเทพเคมี จำกัด ประเทศไทย
22. Deionized Water (DI-Water) (Cosmetic grade) บริษัท กรุงเทพเคมี จำกัด ประเทศไทย
23. Triethanolamine (Cosmetic grade) บริษัท กรุงเทพเคมี จำกัด ประเทศไทย
24. Hydroxyethyl cellulose (Cosmetic grade) บริษัท กรุงเทพเคมี จำกัด ประเทศไทย
25. PEG-40 Hydrogenated castor oil (Cosmetic grade) บริษัท กรุงเทพเคมี จำกัด ประเทศไทย
26. Disodium EDTA (Cosmetic grade) บริษัท กรุงเทพเคมี จำกัด ประเทศไทย
27. Disodium EDTA (AR grade) (Cas no.60-00-4) บริษัท Kemaus จำกัด ประเทศออสเตรเลีย
28. Phenoxyethanol (Cosmetic grade) บริษัท กรุงเทพเคมี จำกัด ประเทศไทย
29. Glycerin (Cosmetic grade) บริษัท กรุงเทพเคมี จำกัด ประเทศไทย
30. Cyclomethicone (Cosmetic grade) บริษัท จันทร์เจ้า ลองวิตี้ จำกัด ประเทศไทย
31. Sterile water บริษัท ซิลลิค ฟาร์มา จำกัด ประเทศไทย
32. Ethylhexylglycerin (and) Propanediol (Cosmetic grade) บริษัท จันทร์เจ้า ลองวิตี้ จำกัด ประเทศไทย
33. Dimethicone (and) Dimethicone/Vinyl Dimethicone Crosspolymer (Cosmetic grade) บริษัท จันทร์เจ้า ลองวิตี้ จำกัด ประเทศไทย
34. Glyceryl Stearate (and) PEG-100 Stearate (Cosmetic grade) บริษัท จันทร์เจ้า ลองวิตี้ จำกัด ประเทศไทย
35. Polyacrylamide and C13-14 Isoparaffin and Laureth-7 (Cosmetic grade) บริษัท จันทร์เจ้า ลองวิตี้ จำกัด ประเทศไทย
36. Polyethylene Glycol 400 (Cosmetic grade) บริษัท จันทร์เจ้า ลองวิตี้ จำกัด ประเทศไทย
37. Butylene glycol (Cosmetic grade) บริษัท กรุงเทพเคมี จำกัด ประเทศไทย
38. Glycerin (Cosmetic grade) บริษัท กรุงเทพเคมี จำกัด ประเทศไทย

39. di-Sodium hydrogen phosphate-7-hydrate (AR grade) (Lot no.0001732898)
บริษัท Applichem GmbH) จำกัด ประเทศเยอรมนี
40. Sodium dihydrogen phosphate (AR grade) (Cas no. 1342-35-0) บริษัท Kemaus จำกัด
ประเทศออสเตรเลีย
41. Nitro Blue Tetrazolium (NBT) (AR grade, Lot no. UPZKN) บริษัท Tokyo chemical
industry จำกัด ประเทศญี่ปุ่น
42. Potassium Acetate (AR Grade) (Lot no.1704001506) บริษัท Kemaus จำกัด ประเทศ
ออสเตรเลีย
43. Trichloroacetic acid (TCA) (AR grade, Lot no. 411525) บริษัท Carlo Erba reagent จำกัด
ประเทศฝรั่งเศส

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. การเตรียมตัวอย่าง

นำข้าวขาว กข.43 และข้าวกล้อง กข.43 อบให้แห้งที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง จากนั้นนำมาบดให้เป็นผงละเอียดด้วยเครื่องบดสมุนไพร แล้วนำไปวิเคราะห์หาปริมาณความชื้นและคุณค่าทางโภชนาการ

2. สกัดข้าว กข.43

สกัดข้าวขาวและข้าวกล้อง กข.43 ด้วยตัวทำละลายเอทานอลที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ได้แก่ 95% เอทานอล 70% เอทานอล 50% เอทานอล 30% เอทานอล และ 0 % เอทานอล (น้ำปราศจากไอออน) ในอัตราส่วนผงข้าว ต่อตัวทำละลายเท่ากับ 1:10 w/v แล้วหมักที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง (Okonogi et al., 2018) กรองสารละลายด้วยกระดาษกรอง และนำสารละลายที่สกัดได้ ไประเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ (Rotary evaporator) คำนวณหาร้อยละของสารสกัดที่ได้ต่อน้ำหนักพืชแห้ง (%Yield) และเก็บสารสกัดใส่ขวดสีชาที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส เพื่อวิเคราะห์ขั้นตอนต่อไป

3. การวิเคราะห์หาปริมาณฟีนอลิกรวม (Total phenolic content)

วิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมในสารสกัดข้าว กข 43 ด้วยวิธี Folin–Ciocalteu assay (Maizura et al., 2011) โดยปิเปตต์สารละลายของสารสกัดมา 25 μL แล้วเติมสารละลาย 10% Folin–Ciocalteu reagent ปริมาตร 125 μL บ่มทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 4 นาที จากนั้น เติมสารละลาย 5% Na_2CO_3 ปริมาตร 100 μL ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที และนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 nm ด้วยเครื่อง Microplate reader ทำการทดลอง 3 ครั้ง นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้

คำนวณหาปริมาณสารฟีนอลิกรวม โดยเทียบกับกราฟมาตรฐานของ Gallic acid ในรูปแบบมิลลิกรัมสมมูลของ Gallic acid ต่อสารสกัด 1 กรัม (mgGAE/ g extract)

4. การวิเคราะห์หาปริมาณฟลาโวนอยด์รวม (Total flavonoid content)

วิเคราะห์หาปริมาณสารฟลาโวนอยด์รวมในสารสกัดข้าว กข 43 ด้วยวิธี Aluminium chloride assay (Sulaiman et al., 2011) โดยปิเปตต์สารละลายของสารสกัดมา 25 μ L ผสมกับเอทานอลปริมาตร 75 μ L สารละลาย 10% Aluminium chloride ($AlCl_3$) ปริมาตร 10 μ L สารละลาย 1.0 M Potassium acetate ปริมาตร 10 μ L และน้ำกลั่นปริมาตร 140 μ L ตามลำดับ ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 40 นาที จึงนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Microplate Reader ที่ความยาวคลื่น 415 nm ทำการทดลองทั้งหมด 3 ครั้ง นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ไปคำนวณหาสารฟลาโวนอยด์รวม โดยเทียบจากกราฟมาตรฐานของ Quercetin ในรูปแบบมิลลิกรัมสมมูลของ Quercetin ต่อสารสกัด 1 กรัม (mgQE/g extract)

5. การวิเคราะห์หาปริมาณแกมมาออริซานอล (Gamma-oryzanol)

เตรียมสารสกัดให้มีความเข้มข้น 1 mg/mL จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนที่ความยาวคลื่น 315 nm ด้วยเครื่อง UV-Vis spectrophotometer ทำการทดสอบ 3 ครั้ง นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ไปคำนวณหาปริมาณแกมมาออริซานอลในสารสกัดเทียบจากกราฟมาตรฐานของแกมมาออริซานอลในรูปแบบมิลลิกรัมของแกมมาออริซานอลต่อสารสกัด 1 กรัม (mgGamma-oryzanol/g extract) (ดัดแปลงจากวิธีของ Bucci et al., 2003)

6. การทดสอบความเป็นพิษของสารสกัด (Cytotoxicity test)

ทดสอบความเป็นพิษของสารสกัดข้าว กข.43 ต่อเซลล์มนุษย์ไฟโบรบลาสต์ (Normal human dermal fibroblast, NHDF, ATCC#PCS-201-010, passage 5) ด้วยวิธี MTT assay (ดัดแปลงจากวิธีของ Ala, Olotu, & Ohia, 2018) โดยนำเซลล์ผิวหนัง NHDF ลงใน 96 well plate จำนวน 8×10^3 cells/well เพาะเลี้ยงเซลล์ด้วยอาหารเลี้ยงเซลล์ DMEM ที่มี 10% Fetal bovine serum (FBS) และ 1% v/v Penicillin/Streptomycin ทำการบ่มเซลล์ NHDF ที่สภาวะ 37°C ปริมาณ 5%CO₂ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นดูดอาหารเลี้ยงเซลล์ออกและล้างด้วย Sterile phosphate buffer saline (PBS) บ่มสารสกัดความเข้มข้นต่าง ๆ (5, 10, 25, 50, 100 และ 250 μ g/mL) ด้วยเซลล์ไฟโบรบลาสต์ที่สภาวะ 37°C ที่มีปริมาณ 5%CO₂ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นวัดปริมาณเซลล์ด้วยการทดสอบ MTT นำไปหาค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 570 nm แล้วคำนวณร้อยละการมีชีวิตของเซลล์ (% of cell viability) เทียบกับกลุ่มควบคุม จากสมการ

$$\text{Cell viability (\%)} = (A_{\text{sample}}/A_{\text{control}}) \times 100$$

7. การทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant activities)

1) วิธี DPPH radical scavenging activity

ทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดด้วยวิธี DPPH assay (Itsarasook et al., 2014) โดยเตรียมสารสกัดให้มีความเข้มข้นต่าง ๆ จากนั้นผสมสารละลายสารสกัดที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ ปริมาตร 75 μ L

กับสารละลาย 0.2 mM DPPH ปริมาตร 150 μ L เขย่าให้เข้ากัน และตั้งทิ้งไว้ในที่มืด 30 นาทีที่อุณหภูมิห้อง นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ 515 nm ด้วยเครื่อง Microplate reader ทำการทดลอง 3 ครั้ง (Triplicate) จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณหาค่า DPPH radical inhibition (%)

$$\text{DPPH radical inhibition (\%)} = [(A_{\text{control}} - A_{\text{sample}}) / A_{\text{control}}] \times 100$$

เมื่อ A_{sample} คือค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ของสารผสมระหว่างสารละลาย DPPH กับสารตัวอย่าง และ A_{control} คือค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ของสารละลาย DPPH

จากนั้นคำนวณหาค่าการยับยั้งอนุมูลอิสระได้ 50% (Half maximal inhibition concentration, IC_{50}) เทียบกับสารมาตรฐาน Trolox (Trolox)

2) Ferric Reducing Antioxidant Potential (FRAP) assay

การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดข้าว ด้วยวิธี Ferric reducing antioxidant power (FRAP) ดัดแปลงจากวิธีของ Sulaiman et al., 2011 โดยเตรียมสารละลาย FRAP reagent จากผสมสารละลาย Acetate buffer ความเข้มข้น 300 mM ปริมาตร 10 mL (pH 3.6) สารละลาย Ferric chloride hexahydrate ความเข้มข้น 20 mM ปริมาตร 1.0 mL สารละลาย TPTZ ความเข้มข้น 10 mM (ใน 40 mM HCl) ผสมในอัตราส่วน 10:1:1 จากนั้นปิเปตต์สารละลาย FRAP ปริมาตร 190 μ L ผสมเข้ากับสารละลายของสารสกัดหรือสารมาตรฐานปริมาตร 10 μ L ลงใน 96 well plate บ่มที่อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 30 นาที นำสารละลายผสมที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 593 nm ด้วยเครื่อง Microplate reader ทำการทดลอง 3 ครั้ง (Triplicate) การทดสอบใช้ Trolox เป็นสารมาตรฐาน คำนวณหาประสิทธิภาพการยับยั้งอนุมูลอิสระของสารสกัด โดยเทียบจากกราฟมาตรฐานของ Trolox ในรูปแบบ mgTE/g extract

3) Hydroxyl radical scavenging activity (HRSA) assay

ทดสอบความสามารถของสารสกัดต่อการยับยั้งอนุมูลอิสระ Hydroxyl ดัดแปลงจากวิธีของ Suantawee et al. (2015) โดยสร้างสารอนุมูลอิสระ Hydroxyl จากการเตรียมส่วนผสมประกอบด้วย 0.3 mM $FeCl_3$, 0.6 mM Ascorbic acid, 1.2 mM EDTA, 34 mM H_2O_2 และ 17 mM Deoxyribose อัตราส่วนผสมเท่ากับ 2:2:1:1:1 จากนั้นปิเปตต์สารละลายดังกล่าวมา 210 μ L ผสมกับสารสกัดปริมาตร 30 μ L บ่มที่อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำส่วนผสมมาเติมสารละลาย 2.8% TCA ปริมาตร 300 μ L และ 1% TBA (in 0.05 M NaOH) ปริมาตร 150 μ L แล้วบ่มที่ 100°C เป็นเวลา 5 นาที ตั้งทิ้งให้เย็น แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 532 nm ทำการทดลอง 3 ครั้ง (Triplicate) การทดสอบใช้ Trolox เป็นสารมาตรฐาน คำนวณหา HRSA โดยเทียบจากกราฟมาตรฐานของ Trolox ในรูปแบบ mgTE/g extract

4) Superoxide radical scavenging activity (SRSA) assay

อาศัยหลักการทำงานของเอนไซม์ Xanthine oxidase ในการทำให้ Hypoxanthine เป็น Xanthine และมีการปล่อยอนุมูลอิสระชนิด Superoxide ออกมา ซึ่งจะสามารถไปทำปฏิกิริยากับสาร NBT

ได้น้ำเงิน สามารถวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ช่วงความยาวคลื่นแสงที่ 560 nm การทดลองดัดแปลงจากวิธีของ Suantawee et al. (2015) โดยทำการสร้างอนุมูลอิสระ Superoxide จากการเตรียมส่วนผสมประกอบด้วย 75 μ L ของ 0.3 mM xanthine, 50 μ L ของ 0.15 mM NBT, 50 μ L ของ 0.6 mM EDTA และ 1% ของ 5 unit/ml Xanthine oxidase แล้วผสมกับสารละลายของสารสกัด (0.10 mg/ml) 7.5 μ L บ่มที่อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 40 นาที แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 560 nm ทำการทดลอง 3 ครั้ง (Triplicate) การทดสอบใช้ Trolox (Trolox) เป็นสารมาตรฐาน คำนวณหา SRSA โดยเทียบจากกราฟมาตรฐานของ Trolox ในรูปแบบ mgTE/g extract

8. การทดสอบหาประสิทธิภาพในการป้องกันแสงแดด

วัดค่าประสิทธิภาพในการป้องกันแสงแดด (Sun protection factor, SPF) ของสารสกัดข้าวข.43 ด้วยเครื่อง UV-Vis spectrophotometry (Mansur et al. 1986) โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น ระหว่าง 290-320 nm ทุก ๆ 5 nm ทำการวัดทั้งหมด 3 ซ้ำ นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาคำนวณหา ค่าประสิทธิภาพในการป้องกันแสงแดด โดยใช้สมการของ Mansur

$$SPF(spectrometry) = CF \times \sum_{290}^{320} EE(\lambda) \times I(\lambda) \times abs(\lambda)$$

เมื่อ EE คือ Erythral effect spectrum, I คือ Solar intensity spectrum, Abs คือ Absorbance of sunscreen product และ CF คือ correction factor (=10) โดยค่า EE และ I ที่ความยาวคลื่นตั้งแต่ 290-320 nm แสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ค่า EE และ I ที่ความยาวคลื่นตั้งแต่ 290-320 nm

ความยาวคลื่น (λ , nm)	EE x I
290	0.0150
295	0.0817
300	0.2874
305	0.3278
310	0.1864
315	0.0839
320	0.0180
Total	1

9. ทดสอบฤทธิ์ด้านการอักเสบ

ทดสอบฤทธิ์ด้านการอักเสบโดยการวัดความสามารถในการยับยั้ง Protein denaturation ดัดแปลงจากจากวิธีของ (Chandra et al. (2012)) โดยละลายสารสกัดข้าวข.43 ด้วย 20% Tween 20 จากนั้นนำไป Sonicated ด้วยเครื่องอัลตราโซนิก จนตัวอย่างสารสกัดละลายหมด แล้วนำมาเจือจางด้วย 20% Tween 20 ให้มีความเข้มข้นเท่ากับ 0.625, 1.25, 2.5, 5 และ 10 mg/mL นำสารละลายตัวอย่างที่เตรียมได้บ่มกับสารละลายอัลบูมินให้มีความเข้มข้นสุดท้ายของตัวอย่างสารละลายเท่ากับ 0.25, 0.5, 1.0, 2.0 และ 4.0 mg/mL ที่อุณหภูมิ $70 \pm 2^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นนำสารละลายวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 660 nm ด้วยเครื่อง UV-Vis spectrophotometer เพื่อคำนวณร้อยละการยับยั้งการสลายตัวของอัลบูมิน นำข้อมูลที่ได้ไปสร้างกราฟระหว่างร้อยละการยับยั้งการสลายตัวของอัลบูมินและความเข้มข้นของสารตัวอย่าง จากนั้นหาค่าความเข้มข้นที่สามารถยับยั้งการสลายตัวของอัลบูมินได้ 50% (IC_{50}) เปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน Diclofenac diethylammonium

10. การทดสอบการยับยั้งเอนไซม์ Collagenase

ละลายสารสกัดข้าวกล้อง ข.43 ด้วยตัวทำละลาย 10% Dimethyl sulfoxide (DMSO) ให้มีความเข้มข้น 0.001, 0.01, 0.1, 1.0 และ 10 mg/mL ส่วนวิตามินซีละลายในน้ำกลั่นให้มีความเข้มข้น 0.0001, 0.001, 0.01, 0.1 และ 1.0 mg/mL จากนั้นนำไปทดสอบฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ Collagenase โดยใช้ P-z-peptide เป็นสารตั้งต้น นำสารละลายไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 320 nm ทำการทดสอบ 3 ซ้ำ และคำนวณหาความเข้มข้นที่สามารถยับยั้งเอนไซม์ Collagenase ได้ 50% (IC_{50}) (ดัดแปลงมาจากวิธีของ (Park, Sin, & Kim, 2005))

11. ผลิตภัณฑ์ครีมและเซรั่มที่มีส่วนผสมของสารสกัดข้าวข.43

1) การเตรียมตำรับเซรั่ม

เตรียมตำรับเซรั่ม มีลักษณะเป็นเจลใส มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) อยู่ในช่วง 5.5–7.0 ส่วนประกอบและหน้าที่ของสารในตำรับเซรั่มเบส ดังแสดงในตารางที่ 3.2 จากนั้นตรวจสอบลักษณะทางเคมีกายภาพของตำรับเซรั่มเบส และตำรับเซรั่มที่มีส่วนผสมของสารสกัดข้าวข.43 โดยปริมาณของสารสกัดอ้างอิงจากประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระ

ตารางที่ 3.2 สูตรตำรับเซรัม

ส่วนประกอบ (Ingredients)	ปริมาณที่ใช้ (%w/w)		หน้าที่ในตำรับ
	F1	F2	
Deionize water	Qs to 100	Qs to 100	Diluent
Disodium EDTA	0.1	0.1	Chelating agent
Propylene glycol	2.0	2.0	Humectant
Glycerin	3.0	3.0	Humectant
Hydroxyethyl Cellulose (HEC)	0.6	0.6	Thickener
Ethylhexylglycerin (and) Propanediol	2.0	2.0	Preservative booster
Phenoxyethanol	0.5	0.5	Preservative
PEG-40 Hydrogenated castor oil	1.0	1.0	Solubilizer
Rice RD 43 extract	-	qs	Active ingredient

หมายเหตุ: สูตร F1 คือตำรับเซรัมเบส และ F2 คือตำรับเซรัมที่มีส่วนผสมของสารสกัดข้าวข.43

2) การเตรียมตำรับครีม

เตรียมตำรับครีมเบส มีลักษณะเป็นครีมเนื้อเดียวกัน มีความมันวาว มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) อยู่ในช่วง 5.5-7.0 ส่วนประกอบและหน้าที่ของสารในตำรับครีมเบส ดังแสดงในตารางที่ 3.3 จากนั้นตรวจสอบลักษณะทางเคมีกายภาพของตำรับครีมเบส และตำรับครีมที่มีส่วนผสมของสารสกัดข้าวข.43 โดยปริมาณของสารสกัดอ้างอิงจากประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระ

ตารางที่ 3.3 สูตรตำรับครีม

ส่วนประกอบ (Ingredients)	ปริมาณที่ใช้ (%w/w)		หน้าที่ในตำรับ
	F3	F4	
Deionize water	Qs to 100	Qs to 100	Diluent
Disodium EDTA	0.1	0.1	Chelating agent
Propylene glycol	1.0	1.0	Humectant
Glycerin	2.0	2.0	Humectant
Butylene glycol	1.0	1.0	Humectant
Sodium Polyacrylate	0.1	0.1	Thickener
Dimethicone (and) Dimethicone/Vinyl Dimethicone Crosspolymer	0.5	0.5	Emollient
Glyceryl Stearate (and) PEG-100 Stearate	1.0	1.0	Emulsifier
Cyclomethicone	1.0	1.0	Emollient
Polyacrylamide and C13-14 Isoparaffin and Laureth-7	1.5	1.5	Thickener
Ethylhexylglycerin (and) Propanediol	2.0	2.0	Preservative booster
Phenoxyethanol	0.5	0.5	Preservative
Polyethylene Glycol 400	1.0	1.0	Solubilizer
Rice RD 43 extract	-	qs	Active ingredient

หมายเหตุ: สูตร F3 คือตำรับครีมเบส และ F4 คือตำรับครีมที่มีส่วนผสมของสารสกัดข้าวข.43

12. การประเมินลักษณะทางเคมีกายภาพ และจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง

1) ความหนืด (Viscosity)

ตรวจสอบความหนืดของผลิตภัณฑ์ ด้วยเครื่องวัดความหนืด (Viscometer) โดยใช้เข็มวัด (Spindle) เบอร์ 63 ความเร็วรอบ 20 รอบต่อนาที (rpm) ที่สภาวะอุณหภูมิห้อง

2) ค่าสี $L^* a^* b^*$

ตรวจสอบค่าสี $L^* a^* b^*$ ด้วยเครื่อง Colorimeter

3) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)

ตรวจสอบค่าความเป็นกรด-ด่าง ด้วยเครื่อง pH meter โดยชั่งตัวอย่างครีมหรือเซรั่ม ปริมาณ 1 กรัม กระจายในน้ำกลั่นปริมาตร 50 มิลลิลิตร แล้วจุ่มโพรบวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง

4) การปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์

ตรวจสอบการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ด้วยวิธี Total plate count

5) การแยกชั้น และลักษณะภายนอก ประเมินด้วยสายตา

13. การทดสอบความคงตัวและความคงสภาพของผลิตภัณฑ์

ทดสอบความคงตัวของผลิตภัณฑ์ที่เตรียมได้ ที่สภาวะดังต่อไปนี้

- อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 30 วัน

- อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 30 วัน

- อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 30 วัน

- สภาวะร้อนสลับเย็น (Heating cooling cycle) อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เวลา 24 ชั่วโมง

และอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เวลา 24 ชั่วโมง นับเป็น 1 รอบ ศึกษาทั้งหมด 7 รอบ

บันทึกผลการทดลองเป็นการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของตำรับ ได้แก่ ลักษณะภายนอก การแยกชั้น ความหนืด สี และค่าความเป็นกรด-ด่าง

การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลเชิงปริมาณแสดงเป็นค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation (SD)) โดยทำการทดสอบตัวอย่างละ 3 ซ้ำ วิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติ One-way analysis of variance (ANOVA) โดยใช้ Duncan multiple comparison tests ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ ค่า $p < 0.05$ แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

บทที่ 4

ผลการวิจัย

การวิเคราะห์ปริมาณคุณค่าทางโภชนาการของข้าวภ.43

เมื่อนำข้าวขาว ภ.43 และข้าวกล้อง ภ.43 ที่ผ่านการอบให้แห้ง แล้วบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบดสมุนไพรจะได้ผงที่ละเอียดของข้าว ดังภาพที่ 4.1



ก

ข

ภาพที่ 4.1 ลักษณะทางกายภาพของ (ก) ข้าวขาว ภ.43 และ(ข) ข้าวกล้อง ภ.43 ที่ผ่านการบดละเอียดแล้ว

ปริมาณคุณค่าทางโภชนาการหรือปริมาณขององค์ประกอบต่าง ๆ เช่น โปรตีน แป้ง และใยอาหารที่มีอยู่ในข้าวแต่ละพันธุ์ จะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับปัจจัยทางพันธุกรรม อิทธิพลของสิ่งแวดล้อม การให้ปุ๋ย รวมทั้งสภาวะการเก็บรักษา องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญของข้าว ได้แก่ ปริมาณเถ้า (Ash) คาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate) ไขมัน (Fat) โปรตีน (Protein) และความชื้น (Moisture) ซึ่งล้วนมีผลต่อคุณภาพของข้าวทั้งในลักษณะข้าวเปลือก ข้าวสาร และข้าวกล้อง

การวิเคราะห์หาปริมาณคุณค่าทางโภชนาการของข้าวขาว ภ.43 และข้าวกล้อง ภ.43 ด้วยวิธีการวิเคราะห์ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ (Proximate analysis) เพื่อหาองค์ประกอบทางเคมีหรือสารอาหารหลักที่มีในข้าว ได้แก่ ปริมาณเถ้า (Ash) คาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate) ไขมัน (Fat) โปรตีน (Protein) และความชื้น (Moisture) ผลการวิเคราะห์และวิธีทดสอบอ้างอิง แสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ปริมาณคุณค่าทางโภชนาการและวิธีทดสอบอ้างอิง

ชนิดของ คุณค่าทางโภชนาการ	ปริมาณ (g/100 g)		วิธีทดสอบอ้างอิง
	ข้าวขาว กข.43	ข้าวกล้อง กข.43	
เถ้า	0.36	1.29	AOAC (2019) 920.153.
คาร์โบไฮเดรต	79.36	75.94	In-house method TE-CH-169 based on Method of Analysis for Nutrition Labeling (1993) P.106.
ไขมัน	0.73	2.71	AOAC (2019) 922.06.
โปรตีน	12.16	11.99	AOAC (2019) 950.46 (B).
ความชื้น	7.39	8.07	In-house method TE-CH-042 based on AOAC (2019) 981.10.

ปริมาณเถ้าของข้าวสามารถใช้เป็นเครื่องชี้คุณภาพของข้าวได้ เนื่องจากปริมาณเถ้า คือ สารประกอบอินทรีย์ที่เหลืออยู่หลังจากที่เผาให้สารประกอบอินทรีย์สลายไปหมดแล้ว ปริมาณเถ้าเป็นตัวบ่งชี้ปริมาณเกลือแร่ในข้าว ซึ่งพบมากในเยื่อหุ้มเมล็ด จากการวิเคราะห์ พบว่า ข้าวกล้อง กข.43 มีปริมาณเถ้าสูงกว่าข้าวขาว กข.43 เนื่องจากข้าวกล้องไม่ผ่านการขัดเอาเยื่อหุ้มออก และสอดคล้องกับรายงานวิจัย Juliano (1993) พบว่าปริมาณเถ้าของข้าวกล้องโดยทั่วไปจะอยู่ในช่วงร้อยละ 1.0-1.5

ปริมาณคาร์โบไฮเดรตในข้าว พบว่า มีอยู่ในช่วงร้อยละ 70-80 ซึ่งเป็นแป้งเกือบทั้งหมด และมีน้ำตาลซูโครส (Sucrose) และน้ำตาลเดกซ์ทริน (Dextrin) ปริมาณเล็กน้อย จากการวิเคราะห์ในตารางที่ 4.1 พบว่าปริมาณคาร์โบไฮเดรตในข้าวขาว กข.43 มีปริมาณสูงกว่าข้าวกล้อง กข.43 เนื่องจากข้าวขาวได้มีการขัดสีเอาเยื่อหุ้มเมล็ดออกไปทำให้มีสัดส่วนของคาร์โบไฮเดรตที่ได้จากการคำนวณสูงขึ้น

ปริมาณไขมันที่อยู่ในข้าวส่วนใหญ่คือ กลุ่มของไตรกลีเซอไรด์ฟอสโฟลิพิด โกลโคลิพิดและเทอร์พีนอยด์จัดเป็นไขมันที่มีคุณภาพดี เนื่องจากมีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง (Linoleic acid และ Oleic acid) และมีสารแกมมาออริซานอล (Gamma Oryzanol) จากการวิเคราะห์ พบว่า ปริมาณไขมันในข้าวกล้องมีปริมาณไขมันสูงกว่าข้าวขาว เพราะข้าวกล้องยังมีส่วนของรำข้าวอยู่

โปรตีนเป็นองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญในข้าว รองลงมาจากคาร์โบไฮเดรต ปริมาณโปรตีนในข้าวแต่ละสายพันธุ์จะแตกต่างกันไปตามสภาพแวดล้อมในการเพาะปลูก โปรตีนจะมีพบในชั้นเปลือกหุ้มเมล็ดและเนื้อเมล็ดด้านนอก และพบมากในเอนโดสเปิร์มชั้นใน โดยในข้าวจะมีปริมาณโปรตีนเป็นองค์ประกอบร้อยละ

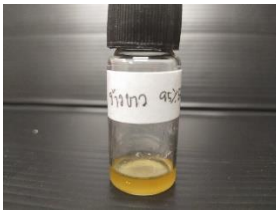



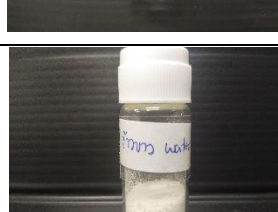


7.1-8.3 จากผลการวิเคราะห์ พบว่า ข้าวขาว กข.43 มีปริมาณโปรตีนสูงกว่าข้าวกล้อง กข.43 อย่างไม่มีนัยสำคัญ ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าข้าว กข.43 เป็นสายพันธุ์ที่พบปริมาณโปรตีนอยู่ในเอนโดสเปิร์มชั้นในมากกว่าเปลือกหุ้มเมล็ด ด้านนอก

ความชื้นถือเป็นองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญเกี่ยวกับคุณภาพของเมล็ดข้าวทั้งในข้าวเปลือกและข้าวสาร โดยจะใช้เป็นเกณฑ์มาตรฐานสำคัญในการซื้อขายข้าว ความชื้นสามารถบ่งชี้ถึงอายุการเก็บรักษาข้าว ข้าวที่มีความชื้นสูงจะเสื่อมคุณภาพได้เร็วขึ้นและทำให้ปริมาณสารอาหารเกิดการเปลี่ยนแปลง แต่ถ้าหากข้าวที่เก็บเกี่ยวมีความชื้นน้อยจะมีผลให้การเก็บรักษาข้าวมีระยะเวลาเพิ่มขึ้นและลดการเสื่อมคุณภาพได้ จากผลการวิเคราะห์ พบว่า ปริมาณความชื้นของข้าวขาว กข.43 และข้าวกล้อง กข.43 อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานสินค้าข้าวที่กำหนดให้มีความชื้นไม่เกินร้อยละ 14

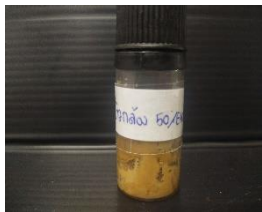
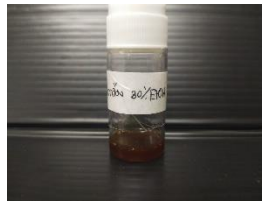

การสกัดข้าว กข.43

นำผงข้าวขาว กข.43 และข้าวกล้อง กข.43 มาสกัดสารออกฤทธิ์ด้วยวิธีการหมัก (Maceration) ในตัวทำละลายเอทานอลต่อน้ำปราศจากอ็อกซิเจนอัตราส่วน; 95:5, 70:30, 50:50, 30:70 และ 0:100 และนำไประเหยแห้ง จะได้น้ำหนักของสารสกัดและร้อยละของสารสกัดหยาบ (%Yield) ดังแสดงในตารางที่ 4.2 โดยสารสกัดข้าวกล้องที่สกัดด้วยน้ำปราศจากอ็อกซิเจนมีปริมาณร้อยละของสารสกัดหยาบ (%Yield) สูงกว่าสารสกัดส่วนอื่น โดยมีร้อยละของสารสกัดหยาบเท่ากับ 9.38 และมีลักษณะภายนอกเป็นผงหยาบสีเหลือง

ตารางที่ 4.2 ลักษณะทางกายภาพภายนอกและร้อยละของสารสกัดหยาบ (%Yield)

ข้าวข.43	สารสกัดหยาบ	%Yield	ลักษณะทางกายภาพ	
ข้าวขาว	95% เอทานอล	1.04	ของเหลว สีเหลืองอ่อน	
	70% เอทานอล	1.28	สีเหลืองอมน้ำตาล มี ความหนืดปานกลาง	
	50% เอทานอล	1.17	สีเหลืองอมน้ำตาล มีความหนืดปานกลาง	
	30% เอทานอล	1.24	สีน้ำตาล มีความหนืดสูง	
	น้ำปราศจากอ็อกโซน	6.66	ผงหยาบ สีขาว	
ข้าวกล้อง	95% เอทานอล	3.17	ของเหลว สีน้ำตาลเข้ม	
	70% เอทานอล	3.06	สีน้ำตาลอมเหลือง มี ความหนืดปานกลาง	

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

ข้าวข.43	สารสกัดหยาบ	%Yield	ลักษณะทางกายภาพ	
ข้าวกล้อง	50% เอทานอล	4.10	สีน้ำตาลอ่อนอมเหลือง มีความหนืดปานกลาง	
	30% เอทานอล	2.57	สีน้ำตาลเข้ม มีความหนืดปานกลาง	
	น้ำปราศจากอ็อกโซน	9.38	ผงหยาบ สีเหลือง	

การวิเคราะห์หาปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในสารสกัดข้าวข.43

ผลการวิเคราะห์หาปริมาณสารฟีนอลิกรวม สารฟลาโวนอยด์รวม และสารแกมมาออริซานอลในสารสกัดข้าวขาว ข.43 และข้าวกล้อง ข.43 แสดงในตารางที่ 4.3 และภาคผนวก ก

การวิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิกรวม ด้วยวิธี Folin-Ciocalteu assay คำนวณปริมาณโดยเทียบกับกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิก ($y=5.4392x + 0.1181$, $R^2=0.9989$) พบว่า ปริมาณสารฟีนอลิกรวมของสารสกัดข้าวกล้องมีปริมาณสูงกว่าสารสกัดข้าวขาว และปริมาณฟีนอลิกรวมของสารสกัดข้าวกล้องที่สกัดด้วยเอทานอล 30% มีปริมาณสูงสุด คือ 25.27 ± 0.49 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อกรัมสารสกัด รองลงมาคือ สารสกัดข้าวกล้องที่สกัดด้วยเอทานอล 70% โดยมีปริมาณสารฟีนอลิกรวมเท่ากับ 20.03 ± 0.42 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อกรัมสารสกัด

การวิเคราะห์หาปริมาณสารฟลาโวนอยด์รวม ด้วยวิธี Aluminium chloride method คำนวณปริมาณโดยเทียบกับกราฟมาตรฐานของเคอซีติน ($y=3.4785x + 0.108$, $R^2=0.9967$) พบว่า สารสกัดข้าวกล้องที่สกัดด้วยเอทานอล 95% มีปริมาณสารฟลาโวนอยด์รวมสูงสุด เท่ากับ 26.54 ± 0.44 มิลลิกรัมสมมูลของเคอซีตินต่อกรัมสารสกัด รองลงมาคือ สารสกัดข้าวขาวที่สกัดด้วยเอทานอล 95% โดยมีปริมาณสารฟลาโวนอยด์รวมเท่ากับ 17.20 ± 0.88 มิลลิกรัมสมมูลของเคอซีตินต่อกรัมสารสกัด

วิเคราะห์หาปริมาณสารแกมมาออริซานอลในสารสกัดข้าวข.43 เทียบจากกราฟมาตรฐานของแกมมาออริซานอล ($y=53.347x + 0.0035$, $R^2=0.9988$) พบว่า สารสกัดข้าวกล้องที่สกัดด้วยเอทานอล 70% มีปริมาณสารแกมมาออริซานอลสูงสุดเท่ากับ 14.62 ± 0.033 มิลลิกรัมแกมมาออริซานอลต่อกรัมสารสกัด รองลงมาคือสารสกัดข้าวกล้องที่สกัดด้วยเอทานอล 95% โดยมีปริมาณแกมมาออริซานอลเท่ากับ 12.44 ± 0.025 มิลลิกรัมแกมมาออริซานอลต่อกรัมสารสกัด

ตารางที่ 4.3 ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในสารสกัดข้าวข.43

ข้าวข.43	สารสกัด	ฟีนอลิกรวม (mgGAE/g extract)	ฟลาโวนอยด์รวม (mgQE/g extract)	แกมมาออริซานอล (mg/g extract)
ข้าวขาว	95% เอทานอล	5.25 ± 0.74^f	17.20 ± 0.88^b	9.75 ± 0.014^c
	70% เอทานอล	5.26 ± 0.65^f	6.28 ± 0.22^d	5.33 ± 0.009^g
	50% เอทานอล	5.62 ± 0.51^f	7.23 ± 1.09^d	2.43 ± 0.002^h
	30% เอทานอล	10.75 ± 1.02^d	5.03 ± 0.63^e	2.38 ± 0.004^i
	น้ำปราศจากอ็อกโซน	8.74 ± 0.15^e	0.38 ± 0.17^h	5.76 ± 0.011^f
ข้าวกล้อง	95% เอทานอล	4.64 ± 0.56^f	26.54 ± 0.44^a	12.44 ± 0.025^b
	70% เอทานอล	20.03 ± 0.42^b	13.37 ± 0.72^c	14.62 ± 0.033^a
	50% เอทานอล	13.20 ± 0.97^c	3.69 ± 0.41^f	2.39 ± 0.002^i
	30% เอทานอล	25.27 ± 0.49^a	1.39 ± 0.33^g	6.58 ± 0.006^e
	น้ำปราศจากอ็อกโซน	19.26 ± 1.03^b	7.04 ± 0.14^d	7.06 ± 0.007^d

หมายเหตุ: ค่าที่แสดงเป็นผลการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง (ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน, S.D) และอักษรกำกับที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

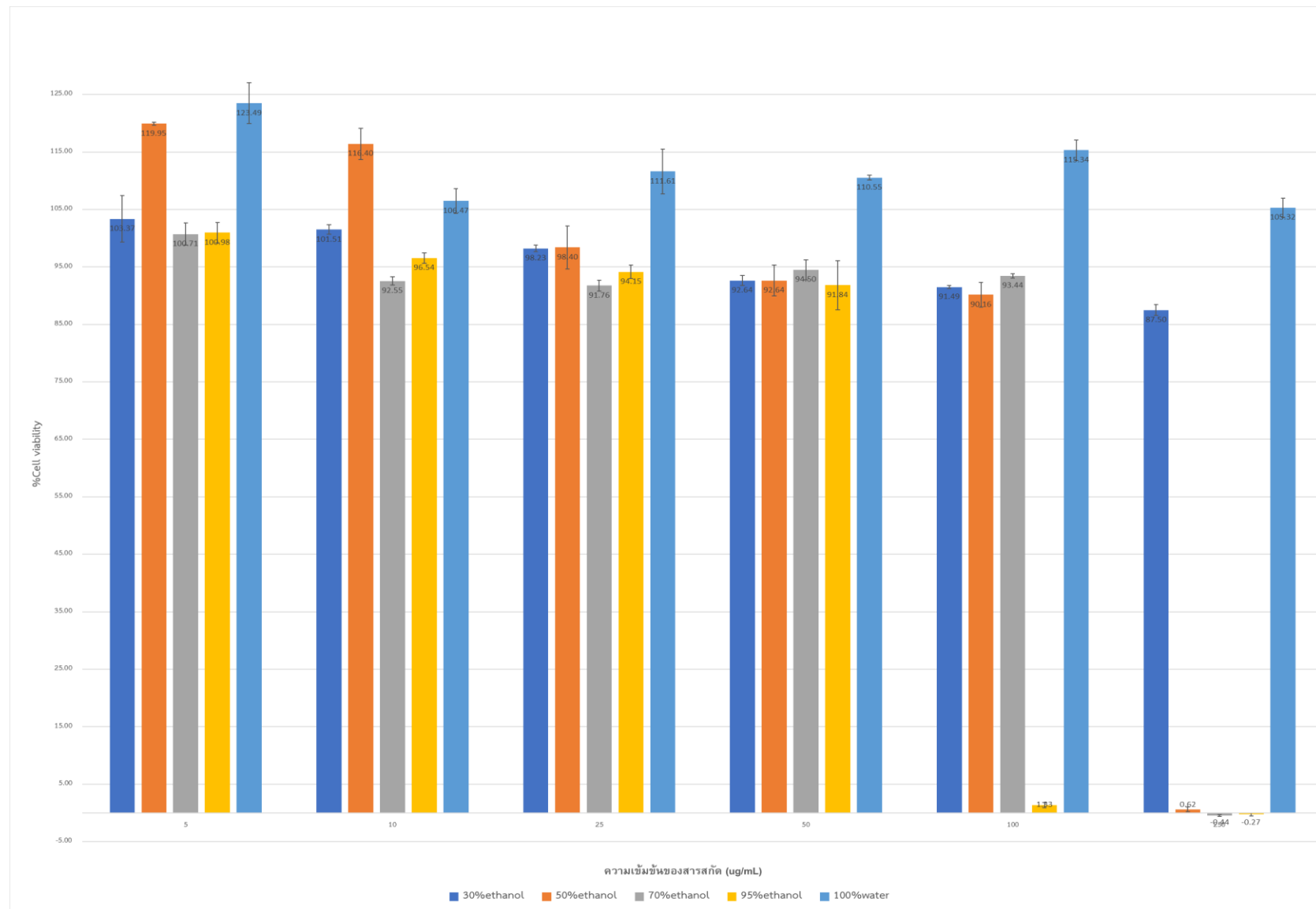
การทดสอบความเป็นพิษ (Cytotoxicity test) ของสารสกัดข้าวข.43

ทดสอบการมีชีวิตรอดของเซลล์ผิวหนังมนุษย์ไฟโบรบลาสต์ (Normal human dermal fibroblasts, NHDF) ด้วยวิธี MTT assay หลังบ่มด้วยสารสกัดข้าวขาวและข้าวกล้อง ข.43 ที่สกัดด้วย 30%เอทานอล 50%เอทานอล 70%เอทานอล 95%เอทานอล และน้ำปราศจากอ็อกโซนที่ความเข้มข้น 5-250 $\mu\text{g/mL}$ เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง เปรียบเทียบกับเซลล์ NHDF ที่ไม่ผ่านการบ่มด้วยสารสกัด (Control cell, untreated cell) และเซลล์ที่บ่มด้วย 0.5% DMSO (ภาคผนวก ข)

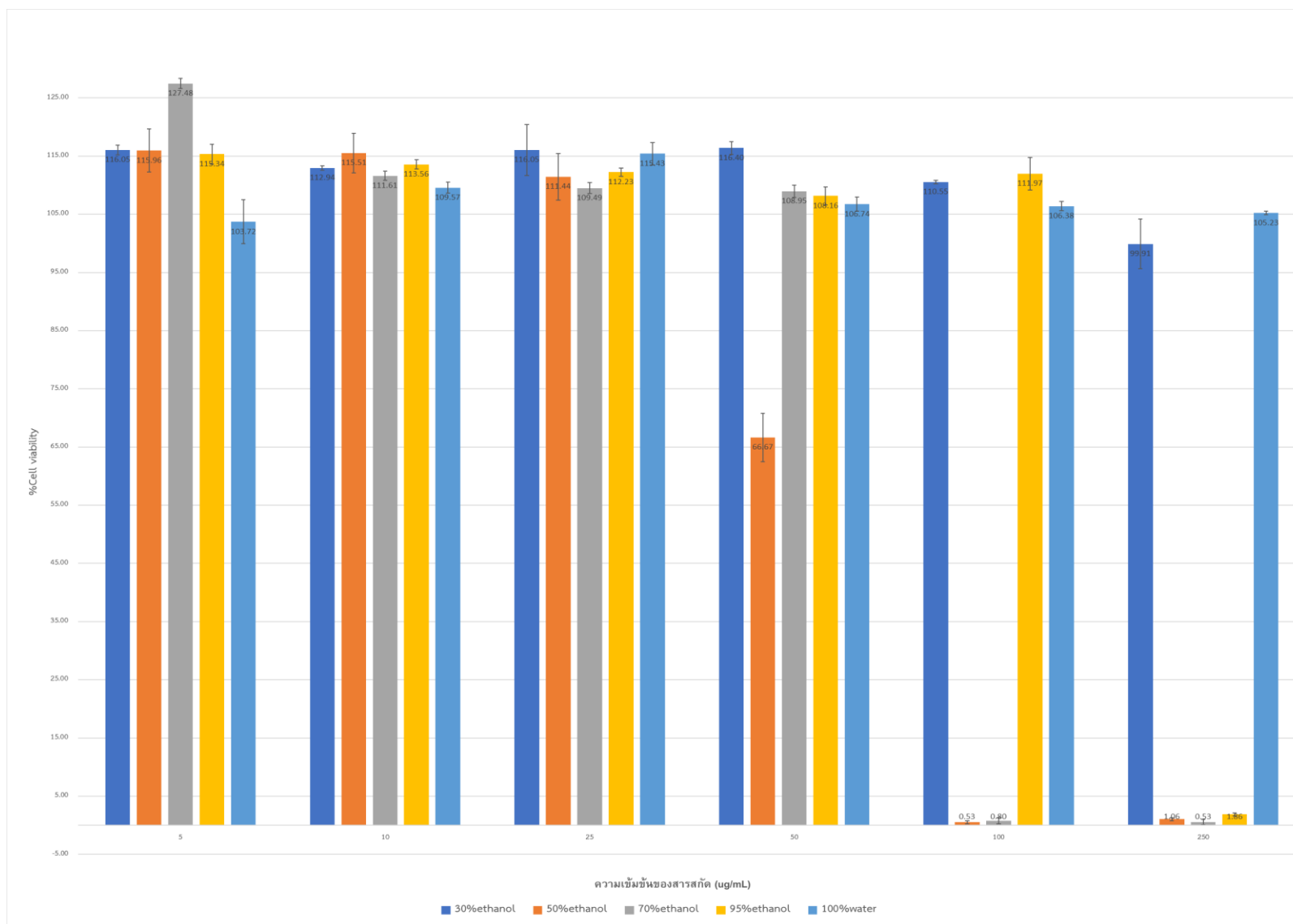
จากผลการทดสอบพบว่า การมีชีวิตรอดของเซลล์ที่ไม่ผ่านการบ่มด้วยสารสกัด มีค่าร้อยละเท่ากับ 100.09 ± 1.69 และเซลล์ที่บ่มด้วย 0.5%DMSO มีร้อยละการมีชีวิตรอดของเซลล์เท่ากับ 88.39 ± 0.55 เมื่อบ่มด้วย

สารสกัดข้าวขาว กข.43 พบว่า ที่ความเข้มข้น 5-100 $\mu\text{g/mL}$ ของสารสกัดที่สกัดด้วยเอทานอล 30%, 50%, 70% และ 95% มีร้อยละการมีชีวิตรอดของเซลล์มากกว่าร้อยละ 90 ส่วนสารสกัดที่สกัดด้วยน้ำปราศจากอิมูนในทุกความเข้มข้นที่ทดสอบมีร้อยละการมีชีวิตรอดของเซลล์มากกว่าร้อยละ 90 (ภาพที่ 4.2)

ผลการทดสอบร้อยละการมีชีวิตรอดของเซลล์ผิวมนุษย์ไฟโบรบลาสต์หลังการบ่มด้วยสารสกัดข้าวกล้อง กข.43 ที่สกัดด้วย 30%เอทานอล 50%เอทานอล 70%เอทานอล 95%เอทานอล และน้ำปราศจากอิมูน ที่ความเข้มข้น 5-250 $\mu\text{g/mL}$ พบว่า ที่ความเข้มข้น 5-100 $\mu\text{g/mL}$ ของสารสกัดข้าวกล้อง กข.43 ที่สกัดด้วยเอทานอล 30%, 70% และ 95% มีร้อยละการมีชีวิตรอดของเซลล์มากกว่าร้อยละ 90 และที่ความเข้มข้น 5-25 $\mu\text{g/mL}$ ของสารสกัดที่สกัดด้วย 50%เอทานอล มีร้อยละการมีชีวิตรอดของเซลล์มากกว่าร้อยละ 90 และความเข้มข้น 50-250 $\mu\text{g/mL}$ มีร้อยละการมีชีวิตรอดของเซลล์อยู่ในช่วง 0.53-66.67 ส่วนสารสกัดที่สกัดด้วยน้ำปราศจากอิมูนในทุกความเข้มข้นที่ทดสอบมีร้อยละการมีชีวิตรอดของเซลล์มากกว่าร้อยละ 90 (ภาพที่ 4.3)



ภาพที่ 4.2 ร้อยละการมีชีวิตรอดของเซลล์ผิวหนังไฟโบร بلاสต์หลังการบ่มด้วยสารสกัดข้าวขาว กข.43 ที่ความเข้มข้น 5-250 ไมโครกรัมต่อมิลลิตร



ภาพที่ 4.3 ร้อยละการมีชีวิตรอดของเซลล์ผิวมนุษย์ไฟโบรบลาสต์หลังการบ่มด้วยสารสกัดข้าวกล้อง กข.43 ที่ความเข้มข้น 5-250 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

ผลการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากข้าวขาว กข.43 และข้าวกล้อง กข.43 ด้วยวิธี DPPH assay, FRAP assay, HRSA assay และ SRSA assay แสดงในตารางที่ 4.4 และ ภาคผนวก ค

ประสิทธิภาพการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH ของสารสกัดข้าวขาวและข้าวกล้อง กข.43 พบว่า สารสกัดข้าวกล้องที่สกัดด้วย 70%เอทานอลและสารสกัดข้าวกล้องที่สกัดด้วย 50%เอทานอลมีประสิทธิภาพการยับยั้งอนุมูลอิสระแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยค่าความเข้มข้นในการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH ได้ 50% (IC_{50}) ของสารสกัดข้าวกล้องที่สกัดด้วย 70%เอทานอล เท่ากับ 1.90 ± 0.05 mg/mL และสารสกัดข้าวกล้องที่สกัดด้วย 50%เอทานอล เท่ากับ 2.23 ± 0.03 mg/mL ตามลำดับ ส่วนสารสกัดข้าวขาวที่สกัดด้วย 30%เอทานอล และน้ำปราศจากอิมูน ไม่สามารถคำนวณหา IC_{50} ได้ เมื่อเปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน Trolox พบว่า ฤทธิ์ในการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH ของสารสกัดต่ำกว่าสาร Trolox ซึ่งเป็นตัวควบคุมเชิงบวก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

การทดสอบฤทธิ์ต้านออกซิเดชันด้วยวิธี FRAP assay รายงานค่าเป็นมิลลิกรัมสมมูลของ Trolox ต่อกรัมสารสกัด (mgTE/g extract) คือ ความสามารถในการเป็นสารต้านออกซิเดชันได้ในรูป FRAP value เทียบกับกราฟมาตรฐานของ Trolox ($y=0.689x + 0.1798$, $R^2=0.9996$) (ภาพที่ ค-1) เป็นวิธีทดสอบความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกของสารต้านออกซิเดชันของสารสกัดข้าวขาวและข้าวกล้อง ผลการทดสอบพบว่า สารสกัดข้าวกล้องที่สกัดด้วย 30%เอทานอล มีค่า FRAP สูงสุดเท่ากับ 436.77 ± 0.84 mgTE/g extract รองลงมาคือ สารสกัดข้าวกล้องที่สกัดด้วย 70%เอทานอล ซึ่งมีค่า FRAP เท่ากับ 374.12 ± 2.75 mgTE/g extract

ความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระ Hydroxyl ของสารสกัด รายงานค่าเป็นมิลลิกรัมสมมูลของ Trolox ต่อกรัมสารสกัด (mgTE/g extract) เทียบกับกราฟมาตรฐานของ Trolox ($y=0.0103x + 0.0578$, $R^2=0.9931$) พบว่า สารสกัดข้าวกล้องที่สกัดด้วย 30%เอทานอลมีค่าความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระ Hydroxyl สูงกว่าสารสกัดข้าวขาวที่สกัดด้วย 30%เอทานอล อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยสารสกัดข้าวกล้องที่สกัดด้วย 30%เอทานอล มีค่าการยับยั้งเท่ากับ 814.33 ± 67.00 mgTE/g extract และสารสกัดข้าวขาวที่สกัดด้วย 30%เอทานอล มีค่าเท่ากับ 755.85 ± 25.32 mgTE/g extract ส่วนสารสกัดข้าวขาวและข้าวกล้องที่สกัดด้วย 95%เอทานอล ไม่มีฤทธิ์ยับยั้งอนุมูลอิสระ Hydroxyl

ความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระ Superoxide ของสารสกัด รายงานค่าเป็นมิลลิกรัมสมมูลของ Trolox ต่อกรัมสารสกัด (mgTE/g extract) เทียบกับกราฟมาตรฐานของ Trolox ($y=0.0355x + 0.0892$, $R^2=0.9917$) พบว่า สารสกัดข้าวขาวที่สกัดด้วยน้ำปราศจากอิมูนมีค่าความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระ Superoxide สูงสุด มีค่าเท่ากับ 978.40 ± 21.51 mgTE/g extract รองลงมาคือ สารสกัดข้าวกล้องที่สกัดด้วย

30%เอทานอล มีค่าการยับยั้งเท่ากับ 959.62 ± 35.45 mgTE/g extract ส่วนสารสกัดข้าวขาวและข้าวกล้องที่สกัดด้วย 95%เอทานอล ไม่มีฤทธิ์ยับยั้งอนุมูลอิสระ Superoxide

ตารางที่ 4.4 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากข้าวขาวและข้าวกล้อง กข.43

ข้าว กข.43	สารสกัด/ สารมาตรฐาน	IC ₅₀ (mg/mL)	FRAP assay (mgTE/g extract)	HRSA assay (mgTE/g extract)	SRSA assay (mgTE/g extract)
ข้าวขาว	95% เอทานอล	19.09 ± 0.03^a	54.57 ± 2.18^s	NA	NA
	70% เอทานอล	3.98 ± 0.27^c	60.38 ± 2.18^f	726.61 ± 50.64^{ab}	72.30 ± 8.13^f
	50% เอทานอล	18.64 ± 0.21^a	61.69 ± 0.73^f	653.51 ± 43.86^{bc}	292.96 ± 42.25^d
	30% เอทานอล	NA	189.07 ± 1.11^c	755.85 ± 25.32^a	560.56 ± 28.17^b
	น้ำปราศจาก อ็อกซิเจน	NA	4.31 ± 1.21^i	565.79 ± 87.72^c	978.40 ± 21.51^a
ข้าวกล้อง	95% เอทานอล	8.86 ± 0.81^b	22.88 ± 1.83^h	NA	NA
	70% เอทานอล	1.90 ± 0.05^e	374.12 ± 2.75^b	390.35 ± 43.86^d	419.72 ± 42.25^c
	50% เอทานอล	2.23 ± 0.03^e	161.73 ± 2.34^d	244.15 ± 25.32^e	302.35 ± 21.51^d
	30% เอทานอล	2.72 ± 0.06^d	436.77 ± 0.84^a	814.33 ± 67.00^a	959.62 ± 35.45^a
	น้ำปราศจาก อ็อกซิเจน	2.75 ± 0.06^d	78.14 ± 0.29^e	624.27 ± 67.00^c	156.81 ± 16.26^e
สารมาตรฐานโพลีฟีนอล		0.08 ± 0.001^f	-	-	-

หมายเหตุ: ค่าที่แสดงเป็นผลการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง (ค่าเฉลี่ย \pm ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน, S.D), NA คือไม่มีฤทธิ์ และอักษรกำกับที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

การทดสอบหาประสิทธิภาพในการป้องกันแสงแดด

การวัดค่าประสิทธิภาพในการป้องกันแสงแดด (Sun Protection Factor, SPF) ของสารสกัดข้าวขาวและข้าวกล้อง กข.43 ด้วยเครื่อง Ultraviolet Spectrophotometer โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นระหว่าง 290-320 nm ทุก ๆ 5 nm นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาคำนวณหาค่า SPF โดยใช้สมการของ Mansur ผลการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ค่าประสิทธิภาพในการป้องกันแสงแดดของสารสกัดข้าวขาวและข้าวกล้อง กข.43

ข้าว กข.43	สารสกัด	ความยาวคลื่นที่ดูดกลืนแสงสูงสุด (λ_{max} , nm)	ประสิทธิภาพในการป้องกันแสงแดด (Sun Protection Factor, SPF)
ข้าวขาว	95% เอทานอล	310	3.63±0.004 ^g
	70% เอทานอล	310	3.36±0.002 ^h
	50% เอทานอล	305	3.83±0.002 ^f
	30% เอทานอล	310	3.17±0.003 ⁱ
	น้ำปราศจากอิมูน	310	7.40±0.016 ^b
ข้าวกล้อง	95% เอทานอล	315	3.98±0.002 ^e
	70% เอทานอล	315	6.00±0.004 ^d
	50% เอทานอล	315	2.96±0.064 ^j
	30% เอทานอล	315	7.12±0.010 ^c
	น้ำปราศจากอิมูน	310	7.93±0.006 ^a

หมายเหตุ: ค่าที่แสดงเป็นผลการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง (ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน, S.D) และอักษรกำกับที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

การทดสอบฤทธิ์ต้านการอักเสบ

ผลการทดสอบฤทธิ์ต้านการอักเสบของสารสกัดข้าวขาว กข.43 และข้าวกล้อง กข.43 พบว่า สารสกัดข้าวกล้องที่สกัดเอทานอล 95% และสารสกัดข้าวขาวที่สกัดด้วยน้ำปราศจากอิมูน มีฤทธิ์ต้านการอักเสบเมื่อทดสอบในหลอดทดลอง โดยสามารถยับยั้งการสลายตัวของอัลบูมินได้ร้อยละ 50 (IC_{50}) ที่ความเข้มข้น 5.37 ± 0.26 และ 8.91 ± 0.61 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ คิดเป็น 0.09 และ 0.05 เท่าของสารมาตรฐาน Diclofenac diethylammonium (ยาต้านการอักเสบ) ซึ่งมีค่า IC_{50} เท่ากับ 0.46 ± 0.0005 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ในขณะที่สารสกัดอื่น ๆ ไม่มีฤทธิ์ต้านการอักเสบเมื่อทดสอบในหลอดทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6ฤทธิ์ด้านการอักเสบของสารสกัดข้าวขาวและข้าวกล้อง กข.43

ข้าว กข.43	สารสกัด	ความเข้มข้นที่สามารถยับยั้งการ สลายตัวของอัลบูมินได้ร้อยละ 50 (IC ₅₀ ; mg/mL)	จำนวนเท่าของ Diclofenac diethylammonium
ข้าวขาว	95% เอทานอล	NA	-
	70% เอทานอล	NA	-
	50% เอทานอล	NA	-
	30% เอทานอล	NA	-
	น้ำปราศจากอ็อกโซน	8.91±0.61	0.05
ข้าวกล้อง	95% เอทานอล	5.37±0.26	0.09
	70% เอทานอล	NA	-
	50% เอทานอล	NA	-
	30% เอทานอล	NA	-
	น้ำปราศจากอ็อกโซน	NA	-
Diclofenac diethylammonium		0.46±0.0005	1.0

หมายเหตุ: ค่าที่แสดงเป็นผลการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง (ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน, S.D), NA คือไม่มีฤทธิ์

การทดสอบการยับยั้งเอนไซม์คอลลาจิเนส (Collagenase)

จากผลการทดสอบข้างต้นของสารสกัดข้าวขาวและข้าวกล้อง กข.43 พบว่า สารสกัดข้าวกล้อง กข.43 ที่สกัดด้วย 30%เอทานอล มีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ ไม่มีความเป็นพิษต่อเซลล์ไฟโบร بلاสต์และมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในภาพรวมสูงกว่าสารสกัดอื่น ๆ จึงนำสารสกัดข้าวกล้องที่สกัดเอทานอล 30% มาทดสอบฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์คอลลาจิเนส (Collagenase) เทียบกับสารมาตรฐานวิตามินซี พบว่า สารสกัดมีความเข้มข้นที่สามารถยับยั้งเอนไซม์คอลลาจิเนสได้ 50% (IC₅₀) เท่ากับ 130.93±13.99 mg/mL เมื่อเทียบกับสารมาตรฐานวิตามินซี พบว่า สารสกัดมีประสิทธิภาพการยับยั้งเอนไซม์คอลลาจิเนส เท่ากับ 0.0007 เท่าของวิตามินซี (ค่า IC₅₀ ของวิตามินซีเท่ากับ 0.10±0.01 mg/mL)

ผลิตภัณฑ์ครีมและเซรั่มที่มีส่วนผสมของสารสกัดข้าวกลอง 43

1. ตำรับเซรั่ม

ผลการตั้งตำรับเซรั่มเบส พบว่า เนื้อเซรั่มใสไม่มีสี ไม่แยกชั้น ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เท่ากับ 6.11 ± 0.08 ค่าความหนืดเท่ากับ 389.10 ± 14.01 cP และค่าสี $L^* a^* b^*$ เท่ากับ $L^*=16.52$, $a^*=-2.25$, $b^*=2.55$ เมื่อเติมสารสกัดข้าวกลอง กข.43 (ปริมาณ 0.27 %w/w) ลงในตำรับเซรั่มเบส พบว่า ตำรับเซรั่มมีสีเหลืองขุ่น ไม่เกิดการแยกชั้น ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 6.73 ± 0.05 ค่าความหนืดเท่ากับ 403.10 ± 7.20 cP และค่าสี $L^* a^* b^*$ เท่ากับ $L^*=13.42$, $a^*=0.13$, $b^*=2.71$ ดังภาพที่ 4.4



ภาพที่ 4.4 ลักษณะภายนอกของตำรับเซรั่มเบสและตำรับเซรั่มที่มีสารสกัดข้าวกลอง กข.43

2. ตำรับครีม

ผลการตั้งตำรับครีมเบส พบว่า เนื้อครีมสีขาว เป็นเนื้อเดียวกัน มีความมันวาว ไม่แยกชั้น ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เท่ากับ 7.03 ± 0.06 ค่าความหนืดเท่ากับ 9874.00 ± 264.00 cP และค่าสี $L^* a^* b^*$ เท่ากับ $L^*=28.16$, $a^*=-0.63$, $b^*=-1.55$ เมื่อเติมสารสกัดข้าวกลอง กข.43 (ปริมาณ 0.27 %w/w) ลงในตำรับครีมเบส พบว่า ตำรับครีมมีสีเหลืองอ่อน เป็นเนื้อเดียวกัน มีความมันวาว ไม่เกิดการแยกชั้น ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 6.77 ± 0.34 ค่าความหนืดเท่ากับ 5330.00 ± 562.30 cP และค่าสี $L^* a^* b^*$ เท่ากับ $L^*=19.70$, $a^*=-0.46$, $b^*=1.93$ ดังภาพที่ 4.5



ภาพที่ 4.5 ลักษณะภายนอกของตำรับครีมเบสและตำรับครีมที่มีสารสกัดข้าวกล้อง กข.43









การตรวจสอบการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์

การตรวจวิเคราะห์การปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในตำรับครีมและเซรัมที่มีส่วนผสมของสารสกัดข้าวกล้อง กข.43 ด้วยวิธี Total aerobic plate count ผลการทดสอบพบว่า ไม่พบเชื้อแบคทีเรียทั้งหมด ยีสต์ และรา และไม่พบ *Clostridium spp.* ในตำรับครีมและเซรัมที่มีส่วนผสมของสารสกัด ซึ่งผลการตรวจสอบเป็นไปตามข้อกำหนดของกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง กำหนดลักษณะของเครื่องสำอางที่ห้ามผลิต นำเข้า หรือขาย พ.ศ. 2559









การประเมินความคงตัวของผลิตภัณฑ์ครีมและเซรัม

ประเมินความคงตัวของตำรับเซรัมและครีมทั้งที่มีและไม่มีสารสกัดข้าวกล้อง กข.43 ภายใต้สภาวะอุณหภูมิห้อง (30 ± 5 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 30 วัน) อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (ระยะเวลา 30 วัน) อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส (ระยะเวลา 30 วัน) และอุณหภูมิร้อนสลับเย็น (45 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง สลับ 4 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง) จำนวน 7 รอบ ผลการทดสอบพบว่า ทั้งตำรับเซรัมและครีมที่มีและไม่มีสารสกัดข้าวกล้อง กข.43 มีความคงตัวดีทั้งในด้านทางกายภาพ ได้แก่ ตำรับไม่เกิดการแยกชั้น สี และกลิ่นไม่เปลี่ยนแปลง และด้านเคมีกายภาพ ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าความหนืด และค่าสี L^* a^* b^* มีความคงตัวดีเมื่อเทียบกับสภาวะเริ่มต้นในทุกสภาวะที่ทดสอบ ดังตารางที่ 4.7 และ 4.8

ตารางที่ 4.7 ผลการทดสอบความคงตัวทางกายภาพและเคมีกายภาพของตำรับเซรั่ม

สภาวะ	ลักษณะภายนอก		ค่าความเป็นกรดต่าง (pH)		ค่าความหนืด (cP)		ค่าสี L* a* b*		ภาพตำรับ	
	ตำรับเบส	ตำรับที่ใส่สารสกัด	ตำรับเบส	ตำรับที่ใส่สารสกัด	ตำรับเบส	ตำรับที่ใส่สารสกัด	ตำรับเบส	ตำรับที่ใส่สารสกัด	ตำรับเบส	ตำรับที่ใส่สารสกัด
อุณหภูมิห้อง	เนื้อเซรั่มใส ไม่มีสี ไม่แยกชั้น	เนื้อเซรั่มสี เหลืองขุ่น ไม่แยกชั้น	7.02±0.19	6.46±0.10	290.97±4.69	393.15±9.28	L* = 14.94 a* = -0.15 b* = 2.17	L* = 12.77 a* = 0.20 b* = 2.69		
อุณหภูมิ 4°C	เนื้อเซรั่มใส ไม่มีสี ไม่แยกชั้น	เนื้อเซรั่มสี เหลืองขุ่น ไม่แยกชั้น	6.29±0.18	6.05±0.04	382.90±30.04	500.43±15.81	L* = 16.38 a* = -0.29 b* = 2.01	L* = 12.03 a* = 0.18 b* = 2.79		
อุณหภูมิ 45°C	เนื้อเซรั่มใส ไม่มีสี ไม่แยกชั้น	เนื้อเซรั่มสี เหลืองขุ่น ไม่แยกชั้น	6.94±0.30	6.16±0.31	220.80±12.18	150.50±3.68	L* = 16.64 a* = -0.24 b* = 1.99	L* = 12.23 a* = 0.10 b* = 3.27		
อุณหภูมิ ร้อนสลับเย็น	เนื้อเซรั่มใส ไม่มีสี ไม่แยกชั้น	เนื้อเซรั่มสี เหลืองขุ่น ไม่แยกชั้น	6.17±0.15	6.82±0.19	421.90±22.90	427.88±12.98	L* = 16.61 a* = -0.22 b* = 2.27	L* = 12.66 a* = 0.04 b* = 2.79		

ตารางที่ 4.8 ผลการทดสอบความคงตัวทางกายภาพและเคมีกายภาพของตำรับครีม

สภาวะ	ลักษณะภายนอก		ค่าความเป็นกรดต่าง (pH)		ค่าความหนืด (cP)		ค่าสี L* a* b*		ภาพตำรับ	
	ตำรับเบส	ตำรับที่ใส่สารสกัด	ตำรับเบส	ตำรับที่ใส่สารสกัด	ตำรับเบส	ตำรับที่ใส่สารสกัด	ตำรับเบส	ตำรับที่ใส่สารสกัด	ตำรับเบส	ตำรับที่ใส่สารสกัด
อุณหภูมิห้อง	เนื้อครีมสีขาว มีความมันวาว ไม่แยกชั้น	เนื้อครีมสีเหลืองอ่อน มีความมันวาว ไม่แยกชั้น	6.98±0.04	6.96±0.05	11105.33±848.20	5603.00±144.00	L* = 24.72 a* = -0.53 b* = 1.30	L* = 18.03 a* = -0.70 b* = 3.00		
อุณหภูมิ 4°C	เนื้อครีมสีขาว มีความมันวาว ไม่แยกชั้น	เนื้อครีมสีเหลืองอ่อน มีความมันวาว ไม่แยกชั้น	6.62±0.60	6.93±0.04	11175.67±941.04	4452.33±484.47	L* = 24.17 a* = -0.57 b* = 1.20	L* = 19.10 a* = -0.71 b* = 2.92		
อุณหภูมิ 45°C	เนื้อครีมสีขาว มีความมันวาว ไม่แยกชั้น	เนื้อครีมสีเหลืองอ่อน มีความมันวาว ไม่แยกชั้น	7.04±0.05	6.88±0.09	11839.00±841.55	5811.00±92.24	L* = 21.62 a* = -0.75 b* = 1.98	L* = 18.51 a* = -0.53 b* = 4.31		
อุณหภูมิร้อนสลับเย็น	เนื้อครีมสีขาว มีความมันวาว ไม่แยกชั้น	เนื้อครีมสีเหลืองอ่อน มีความมันวาว ไม่แยกชั้น	7.00±0.05	6.95±0.03	9964.67±152.07	5870.00±81.00	L* = 24.83 a* = -0.60 b* = 1.76	L* = 18.24 a* = -0.84 b* = 2.80		

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

สารต้านออกซิเดชันหรือสารยับยั้งอนุมูลอิสระที่พบในข้าวที่ไม่มีสี (Nonpigmented rice) ได้แก่ สารกลุ่มกรดฟีนอลิก (Phenolics acids) เช่น กรดแกลลิก (Gallic acid) กรดเฟอร์ูลิก (Ferulic acid) กรดซินนาปิก (Sinapic acid) กรดคูมาริก (p-Coumaric acid) กรดวานิลลิก (Vanillic acid) และ กรดซินนามิก (Cinnamic acid) เป็นต้น สารฟลาโวนอยด์ (Flavonoids) ที่พบในข้าวไม่มีสีเป็นกลุ่มฟลาโวน (Flavones) เช่น ลิวเทโอลิน (Luteolin) และอะพิจินิน (Apigenin) เป็นต้น สารโพรแอนโทไซยานิดิน (Proanthocyanidins) เช่น แคทีชิน (Catechin) และอีพิกแคทีชิน (Epicatechin) สารวิตามินอี (Vitamin E) และแกมมาออริซานอล (γ -Oryzanol) (Goufo & Trindade, 2014) ซึ่งสารเหล่านี้มีคุณสมบัติทางเคมีที่แตกต่างกัน เช่น ความมีขั้ว น้ำหนักโมเลกุล เป็นต้น ดังนั้น การสกัดสารต้านออกซิเดชันหรือสารยับยั้งอนุมูลอิสระจากข้าวขาว (ขัดสี) กข.43 และข้าวกล้อง (ไม่ขัดสี) กข.43 ด้วยการผสมตัวทำละลายน้ำและเอทานอล สามารถสกัดสารออกมาได้ทั้งปริมาณและคุณภาพแตกต่างกัน และการสกัดด้วยวิธีการหมัก (Maceration) ซึ่งเป็นวิธีที่ไม่ให้ความร้อนจะส่งผลให้มีการเสื่อมสลายของสารสำคัญในสารสกัดลดลง

การสกัดสารต้านออกซิเดชันหรือสารยับยั้งอนุมูลอิสระจากข้าวขาว (ขัดสี) กข.43 และข้าวกล้อง (ไม่ขัดสี) กข.43 ด้วยวิธีการหมัก (Maceration) ด้วยตัวทำละลายเอทานอลความเข้มข้นต่าง ๆ ได้แก่ 95%เอทานอล 70%เอทานอล 50%เอทานอล 30%เอทานอล และน้ำปราศจากอ็อกซิเจน (0%เอทานอล) จากการทดลองปริมาณสารสกัดหยาบ พบว่า สารสกัดข้าวขาวและข้าวกล้องที่สกัดด้วยน้ำปราศจากอ็อกซิเจน มีร้อยละสารสกัดหยาบ (%Yield) สูงกว่าสารสกัดส่วนอื่น รองลงมาได้แก่ สารสกัดข้าวกล้อง กข.43 ที่สกัดด้วย 50%เอทานอล และสารสกัดข้าวขาว กข.43 ที่สกัดด้วย 95%เอทานอลมีร้อยละสารสกัดหยาบน้อยที่สุด ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการสกัดด้วยน้ำอาจสกัดสารสำคัญในข้าวที่สามารถละลายน้ำได้ เช่น แป้ง โปรตีน วิตามิน และสารฟีนอลิกที่ละลายน้ำได้ จึงส่งผลให้สารสกัดที่ใช้น้ำเป็นตัวทำละลายมีปริมาณสารสกัดหยาบสูงกว่าตัวทำละลายอื่น และสารสกัดที่มีเอทานอลผสมกับน้ำจะมีร้อยละสารสกัดหยาบลดลง ซึ่งสอดคล้องกับรายงานวิจัยของ Chairerk et al. (2021) พบว่า สารสกัดข้าวสังข์หยดที่สกัดด้วยน้ำมีร้อยละของสารสกัดหยาบสูงกว่าสารสกัดที่สกัดด้วย 50%เอทานอล และ 95%เอทานอล ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่า สารสกัดข้าวกล้องมีร้อยละสารสกัดหยาบสูงกว่าสารสกัดข้าวขาว ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากในข้าวกล้องมีสารต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าข้าวขาว จึงส่งผลให้มีร้อยละของสารสกัดหยาบสูงกว่าข้าวขาว

การวิเคราะห์หาปริมาณสารฟีนอลิกรวม พบว่า ข้าวกล้อง กข.43 ที่สกัดด้วยตัวทำละลาย 30%เอทานอล มีปริมาณสารฟีนอลิกรวมสูงกว่าสารสกัดอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) รองลงมา ได้แก่ สารสกัดข้าวกล้องที่สกัดด้วย 70%เอทานอล ทั้งนี้เนื่องจากข้าวกล้องเป็นข้าวที่ยังมีส่วนประกอบของรำข้าว (Bran) และจมูกข้าว (Germ) ซึ่งสารฟีนอลิกที่พบในข้าวที่ไม่มีสีจะพบในส่วนของรำข้าวมากกว่าส่วนของเอนโดสเปิร์มข้าว (Rice endosperm) นอกจากนี้การผสมสารละลายจากเอทานอลกับน้ำ สามารถสกัดสารฟีนอลิกได้สูงกว่าการใช้ตัวทำละลายที่ไม่ผสมเอทานอล ซึ่งเป็นสารที่มีขี้และไม่ขี้ขี้ออกจากพืชได้ (Halee & Rattanapun, 2016) ดังนั้น ความมีขี้ของตัวทำละลายที่เหมาะสมจะทำให้สกัดสารในกลุ่มนี้ออกมาได้ตามหลักการละลายกันได้ (Like dissolves like) จึงส่งผลให้สารสกัดข้าวกล้องมีปริมาณฟีนอลิกสูงกว่าสารสกัดข้าวขาว

การวิเคราะห์หาปริมาณสารฟลาโวนอยด์รวม พบว่า ข้าวกล้อง กข.43 ที่สกัดด้วยตัวทำละลาย 95%เอทานอลมีปริมาณสารฟลาโวนอยด์รวมสูงกว่าสารสกัดอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) รองลงมาได้แก่ สารสกัดข้าวขาว กข.43 ที่สกัดด้วย 95%เอทานอล เนื่องจากสารฟลาโวนอยด์ที่พบในข้าวไม่มีสีเป็นกลุ่มฟลาโวน (Flavones) ซึ่งตัวทำละลายที่สามารถสกัดสารกลุ่มนี้ออกจากพืชได้ จะเป็นตัวทำละลายที่มีขี้ต่ำ เช่น เอทิลอะซิเตท (Ethyl acetate) ไดเอทิลอีเทอร์ (Diethyl ether) เป็นต้น หรือเอทานอล (100%) หรือเอทานอลผสมกับน้ำ (Ferreira & Pinho, 2012) นั่นคือ ตัวทำละลาย 95%เอทานอล สามารถสกัดสารฟลาโวนอยด์จากข้าวกล้อง กข.43 และข้าวขาว กข.43 ได้สูงกว่าสารสกัดจากตัวทำละลายอื่น ๆ

การวิเคราะห์หาปริมาณสารแกมมาออริซานอล พบว่า ข้าวกล้อง กข.43 ที่สกัดด้วยตัวทำละลาย 70%เอทานอล มีปริมาณแกมมาออริซานอลสูงกว่าสารสกัดอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) รองลงมาได้แก่ ข้าวกล้อง กข.43 ที่สกัดด้วยตัวทำละลาย 95%เอทานอล ผลการทดสอบสอดคล้องกับรายงานวิจัยของ Pereira-Caro et al. (2013) ซึ่งพบว่าปริมาณสารแกมมาออริซานอลในข้าวกล้องสูงกว่าข้าวขาว และสารแกมมาออริซานอลจะพบในส่วนของรำข้าว (Rice bran) มากกว่าส่วนของเอนโดสเปิร์มข้าว (Rice endosperm) (Goufo & Trindade, 2014)

การทดสอบความเป็นพิษของสารสกัดต่อเซลล์ผิวหนังมนุษย์ไฟโบรบลาสต์ รายงานผลเป็นร้อยละการมีชีวิตรอดของเซลล์ (%Cell viability) เปรียบเทียบกับเซลล์ปกติที่ไม่ผ่านการบ่มด้วยสารตัวอย่าง (กลุ่มควบคุม) และเซลล์ที่ผ่านการบ่มด้วยสาร DMSO (กลุ่มควบคุมเชิงลบ) พบว่า เซลล์ที่ผ่านการบ่มด้วยสาร DMSO มีร้อยละการมีชีวิตรอดของเซลล์ต่ำกว่าเซลล์ที่ไม่การบ่มด้วยสารตัวอย่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แสดงให้เห็นว่า สาร DMSO ความเข้มข้น 0.5% มีความเป็นพิษต่อเซลล์ไฟโบรบลาสต์ เมื่อบ่มเซลล์ด้วยสารสกัดข้าวกล้องที่ความเข้มข้น 5-250 $\mu\text{g/mL}$ พบว่า ที่ความเข้มข้น 5-250 $\mu\text{g/mL}$ ของสารสกัดข้าวกล้องที่สกัดด้วย 30%เอทานอล สารสกัดข้าวกล้องที่สกัดด้วยน้ำปราศจากอีออนและสารสกัดข้าวขาวที่สกัดด้วยน้ำปราศจากอีออน มีร้อยละการมีชีวิตรอดของเซลล์สูงกว่าเซลล์ที่ผ่านการบ่มด้วยสาร DMSO ความเข้มข้น 0.5% อย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติ ($p < 0.05$) แสดงให้เห็นว่า สารสกัดดังกล่าวไม่มีความเป็นพิษต่อเซลล์ไฟโบรบลาสต์ในความเข้มข้น 5-250 $\mu\text{g/mL}$ ที่ทดสอบ

ประสิทธิภาพการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH ของสารสกัดข้าวขาวและข้าวกล้อง กข.43 พบว่า สารสกัดข้าวกล้องที่สกัดด้วย 70%เอทานอลและสารสกัดข้าวกล้องที่สกัดด้วย 50%เอทานอลมีประสิทธิภาพการยับยั้งอนุมูลอิสระแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยค่าความเข้มข้นในการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH ได้ 50% (IC_{50}) ของสารสกัดข้าวกล้องที่สกัดด้วย 70%เอทานอล เท่ากับ $1.90 \pm 0.05 \text{ mg/mL}$ และสารสกัดข้าวกล้องที่สกัดด้วย 50%เอทานอล เท่ากับ $2.23 \pm 0.03 \text{ mg/mL}$ ตามลำดับ ส่วนสารสกัดข้าวขาวที่สกัดด้วย 30%เอทานอลและน้ำปราศจากอ็อกโซน ไม่สามารถคำนวณหา IC_{50} ได้ เมื่อเปรียบเทียบกับสารมาตรฐานโทรลลอค พบว่าฤทธิ์ในการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH ของสารสกัดต่ำกว่าสารโทรลลอค ซึ่งเป็นตัวควบคุมเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

การทดสอบฤทธิ์การยับยั้งอนุมูลอิสระของสารสกัดข้าวขาวและข้าวกล้อง กข.43 ด้วยวิธี FRAP assay พบว่า สารสกัดข้าวกล้องที่สกัดด้วย 30%เอทานอลมีปริมาณการยับยั้งสูงกว่าสารสกัดอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยมีค่า FRAP เท่ากับ $436.77 \pm 0.84 \text{ mgTE/g extract}$ แสดงให้เห็นว่า สารสกัดดังกล่าวมีประสิทธิภาพต้านออกซิเดชันโดยสามารถถ่ายเทอิเล็กตรอนให้กับสารประกอบเชิงซ้อนของเฟอร์ริก $[\text{Fe(III)(TPTZ)}_2]^{3+}$ ทำให้เกิดการเปลี่ยนรูปเป็นสารประกอบเชิงซ้อนของเฟอร์รัส $[\text{Fe(II)(TPTZ)}_2]^{2+}$ ได้ดีกว่าสารสกัดอื่น ๆ

การทดสอบฤทธิ์การยับยั้งอนุมูลอิสระของสารสกัดข้าวขาวและข้าวกล้อง กข.43 ด้วยวิธี Hydroxyl radical scavenging assay (HRSA) พบว่า สารสกัดข้าวกล้องที่สกัดด้วย 30%เอทานอล มีค่าความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระ Hydroxyl สูงกว่าสารสกัดข้าวขาวที่สกัดด้วย 30%เอทานอล อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ส่วนสารสกัดข้าวขาวและข้าวกล้องที่สกัดด้วยเอทานอล 95% ไม่มีฤทธิ์ยับยั้งอนุมูลอิสระ Hydroxyl

การทดสอบฤทธิ์การยับยั้งอนุมูลอิสระของสารสกัดข้าวขาวและข้าวกล้อง กข.43 ด้วยวิธี Superoxide radical scavenging assay (SRSA) พบว่า สารสกัดข้าวขาวที่สกัดด้วยน้ำปราศจากอ็อกโซนมีค่าความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระ Superoxide สูงกว่าสารสกัดข้าวกล้องที่สกัดด้วย 30%เอทานอล อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ส่วนสารสกัดข้าวขาวและข้าวกล้องที่สกัดด้วยเอทานอล 95% ไม่มีฤทธิ์ยับยั้งอนุมูลอิสระ Superoxide

การวัดค่าประสิทธิภาพในการป้องกันแสงแดด (Sun Protection Factor, SPF) ของสารสกัดข้าวขาวและข้าวกล้อง กข.43 ด้วยเทคนิค Ultraviolet spectrophotometry โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นระหว่าง 290-320 nm พบว่า สารสกัดข้าวขาวและข้าวกล้อง กข.43 ทุกตัวอย่าง มีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดที่ความยาวคลื่นช่วง 305-315 nm เมื่อคำนวณหา SPF พบว่า สารสกัดข้าวกล้อง กข.43 ที่สกัดด้วยน้ำปราศจากอ็อกโซนมีค่า SPF สูงกว่าสารสกัดส่วนอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยมีค่า SPF เท่ากับ

7.93±0.006 รองลงมาได้แก่ สารสกัดข้าวขาวที่สกัดด้วยน้ำปราศจากอ็อกซอน และสารสกัดข้าวกล้องที่สกัดด้วย 30%เอทานอล ตามลำดับ จากผลการทดสอบจะเห็นได้ว่า สารสกัดข้าวกล้องที่สกัดด้วยน้ำปราศจากอ็อกซอน มีส่วนประกอบเป็นสารฟีนอลิก และสารอื่น ๆ เช่น วิตามินที่ละลายน้ำ โปรตีน และคาร์โบไฮเดรต ซึ่งมีประสิทธิภาพในการต้านออกซิเดชัน จึงอาจส่งผลให้มีการป้องกันรังสีอัลตราไวโอเลตได้

ผลการทดสอบฤทธิ์ด้านการอักเสบของสารสกัดข้าวขาวและข้าวกล้อง กข.43 พบว่า สารสกัดข้าวกล้อง ที่สกัดด้วย 95%เอทานอล และสารสกัดข้าวขาวที่สกัดด้วยน้ำปราศจากอ็อกซอน มีฤทธิ์ด้านการอักเสบ โดยสามารถยับยั้งการสลายตัวของอัลบูมินได้ 50% (IC_{50}) ที่ความเข้มข้น 5.37 ± 0.26 และ 8.91 ± 0.61 mg/mL ตามลำดับ คิดเป็น 0.09 และ 0.05 เท่าของสารมาตรฐาน Diclofenac diethylammonium (ยาต้านการอักเสบ) ซึ่งมีค่า IC_{50} เท่ากับ 0.46 ± 0.0005 mg/mL ในขณะที่สารสกัดอื่น ๆ ไม่มีฤทธิ์ด้านการอักเสบ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก สารสกัดข้าวกล้องที่สกัดด้วย 95%เอทานอลมีสารฟลาโวนอยด์สูง และสารแกมมาออริซานอล ซึ่งส่งผลให้มีประสิทธิภาพในการต้านการอักเสบได้ นอกจากนี้สารสกัดข้าวขาวที่สกัดด้วยน้ำปราศจากอ็อกซอนมี ประสิทธิภาพในการป้องกันแสงแดดอาจช่วยลดการอักเสบจากผลของรังสียูวีได้

การทดสอบฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์คอลลาจีเนส (Collagenase) ของสารสกัดข้าวกล้อง กข.43 ที่สกัดด้วย 30%เอทานอล ซึ่งเป็นสารสกัดที่มีประสิทธิภาพการต้านออกซิเดชันโดยรวมสูงกว่าสารสกัดส่วนอื่น และมีปริมาณ สารฟีนอลิกสูงกว่าสารสกัดส่วนอื่น อีกทั้งยังมีสารฟลาโวนอยด์รวมและแกมมาออริซานอลที่อาจส่งเสริมให้มี ฤทธิ์ต้านออกซิเดชันสูงชันด้วย นอกจากนี้สารสกัดดังกล่าวยังมีประสิทธิภาพในการป้องกันแสงแดดด้วย จึงเลือก สารสกัดดังกล่าวมาทดสอบฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์คอลลาจีเนส เพื่อนำไปใช้ในการตั้งตำรับครีมและเซรั่มต่อไป ผลการทดสอบพบว่า สารสกัดมีค่าความเข้มข้นที่สามารถยับยั้งเอนไซม์คอลลาจีเนสได้ 50% เท่ากับ 130.93 ± 13.99 mg/mL เมื่อเทียบกับสารมาตรฐานวิตามินซี พบว่า สารสกัดมีประสิทธิภาพการยับยั้งเอนไซม์ คอลลาจีเนส เท่ากับ 0.0007 เท่าของวิตามินซี (ค่า IC_{50} ของวิตามินซีเท่ากับ 0.10 ± 0.01 mg/mL)

ผลการตั้งตำรับเซรั่มที่มีส่วนผสมของสารสกัดข้าวกล้อง กข.43 ที่สกัดด้วยเอทานอล 30% (ปริมาณ 0.27 %w/w) พบว่า ตำรับเซรั่มมีสีเหลืองขุ่น ไม่เกิดการแยกชั้น ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 6.73 ± 0.05 ค่าความหนืด เท่ากับ 403.10 ± 7.20 cP และค่าสี $L^* a^* b^*$ เท่ากับ $L^*=13.42$, $a^*=0.13$, $b^*=2.71$ และผลการตั้งตำรับครีมที่มี ส่วนผสมของสารสกัดข้าวกล้อง กข.43 ที่สกัดด้วยเอทานอล 30% (ปริมาณ 0.27 %w/w) พบว่า ตำรับมีสีเหลืองอ่อน เป็นเนื้อเดียวกัน มีความมันวาว ไม่เกิดการแยกชั้น ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 6.77 ± 0.34 ค่าความหนืด เท่ากับ 5330.00 ± 562.30 cP และค่าสี $L^* a^* b^*$ เท่ากับ $L^*=19.70$, $a^*=-0.46$, $b^*=1.93$ จะเห็นได้ว่า ทั้งตำรับ เซรั่มและตำรับครีมที่มีส่วนผสมของสารสกัดมีค่าความเป็นกรด-ด่างที่ไม่ก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อผิว

การตรวจวิเคราะห์การปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในตำรับครีมและเซรั่มที่มีส่วนผสมของสารสกัดข้าวกล้อง กข.43 ด้วยวิธี Total aerobic plate count พบว่า ไม่พบเชื้อแบคทีเรียทั้งหมด ยีสต์ และรา และไม่พบ *Clostridium spp.* ในตำรับครีมและเซรั่มที่มีส่วนผสมของสารสกัด ซึ่งผลการตรวจสอบเป็นไปตามข้อกำหนด

ของกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง กำหนดลักษณะของเครื่องสำอางที่ห้ามผลิต นำเข้าหรือขาย พ.ศ. 2559 แสดงให้เห็นว่า การใช้สารกันเสีย Phenoxyethanol ความเข้มข้น 0.5% ร่วมกับ Ethylhexylglycerin (and) Propanediol มีความสามารถในการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ได้ดี

ประเมินความคงตัวของตำรับเซรั่มและครีมทั้งที่มีและไม่มีสารสกัดข้าวกล้อง กข.43 ภายใต้สภาวะอุณหภูมิห้อง (30 ± 5 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 30 วัน) อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (ระยะเวลา 30 วัน) อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส (ระยะเวลา 30 วัน) และอุณหภูมิร้อนสลับเย็น (45 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง สลับ 4 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง) จำนวน 7 รอบ ผลการทดสอบพบว่า ทั้งตำรับเซรั่มและครีมที่มีและไม่มีสารสกัดข้าว กข 43 มีความคงตัวดีทั้งในด้านทางกายภาพ ได้แก่ ตำรับไม่เกิดการแยกชั้น สี และกลิ่นไม่เปลี่ยนแปลง และด้านเคมีกายภาพ ได้แก่ ค่าความเป็นกรดต่าง ค่าความหนืด และค่าสี $L^* a^* b^*$ มีความคงตัวดีเมื่อเทียบกับสภาวะเริ่มต้นในทุกสภาวะที่ทดสอบ

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

สามารถนำตำรับครีมและเซรั่มที่พัฒนาการกักเก็บสารสกัดข้าวกล้อง กข.43 ไปใช้พัฒนาต่อในเชิงพาณิชย์ โดยการประยุกต์ใช้ในตำรับเครื่องสำอางชะลอวัย

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

ศึกษาประสิทธิภาพของตำรับครีมและเซรั่มที่มีส่วนผสมของสารสกัดข้าวกล้อง กข.43 ในอาสาสมัคร รวมถึงทดสอบการแพ้การระคายเคืองต่อผิวหนัง

บรรณานุกรม

บรรณานุกรมภาษาไทย

- กรมการข้าว. (2566). *ข้าวข.43*. สืบค้นวันที่ 22 มกราคม 2566, จาก <https://www.thairicedb.com/rice-detail.php?id=27>
- กัญจน์รัตน์ สุขรัตน์, เอกราชนย์ ไชยชนะ, ธนัญญา เสาวภาคย์, และอดิศักดิ์ จตุรพิริย์. (2563). การประยุกต์ใช้สารสกัดจากข้าวอินทรีย์จากชุมชนเกษตรอินทรีย์บ้านคลองโยง จ.นครปฐม เพื่อเป็นส่วนผสมในครีมบำรุงผิว. *วารสารวิจัยราชภัฏพระนคร สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 15(2), 34-46.
- เดช ดอกพวง & วรเชษฐ์ ขอบใจ (2556). สภาวะเครียดออกซิเดชันของผู้ป่วยเบาหวานและภาวะแทรกซ้อนของเบาหวานในโรงพยาบาลพะเยา. ใน *การประชุมมหาดใหญ่วิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 4 ประจำปี พ.ศ. 2556* (หน้า 146-154). สงขลา: มหาวิทยาลัยหาดใหญ่.
- พิมพ์ใจ สุวรรณวงศ์, และวัชร วรรณรียกุล. (2563).ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์ยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสของสารสกัดจากข้าวพันธุ์ลุ่มยู่และแม่พญาทองดำ. *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*, 30(3), 518-528.
- เต็มสิริ หวังทวีทรัพย์. (2559). *ความจริงของผลิตภัณฑ์ช่วยผิวชะลอวัย...ที่คุณผู้หญิงควรรู้*. สืบค้นวันที่ 23 มกราคม 2565, จาก https://www2.mtec.or.th/th/e-magazine/admin/upload/298_21.pdf
- อนงนาฏ ไพนุพงศ์. (25660). อนุมูลอิสระและสารต้านอนุมูลอิสระกับสุขภาพ. *วารสารวิชาการชาชนันท์ มจร. ภูเก็ต*, 1(2), 20-27.

บรรณานุกรมภาษาต่างประเทศ

- Ala, A.A., Olotu, B.B., & Ohia, C.M.D. (2018). Assessment of cytotoxicity of leaf extracts of *Andrographis paniculata* and *Aspilia africana* on murine cells in vitro. *Archives of Basic and Applied Medicine*, 6, 61-65.
- Chandra, S., Chatterjee, P., Dey, P. & Bhattachary, S. (2012). Evaluation of in vitro anti-inflammatory activity of coffee against the denaturation of protein. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 2(1), S178-S180.

- Chairerk, N., Pongyeela, P., & Chungsiriporn, J. (2021). Ethanol extraction of active ingredients and antioxidants from germinated Sangyod rice. *Applied Science and Engineering Progress*, 14(1), 52–59.
- Choi, S.J., Lee, S.N., Kim, K., Joo, D.H., Shin, S., Lee, J., ... Cha, H.J. (2016). Biological effects of rutin on skin aging. *International Journal of Molecular Medicine*, 38, 357–363.
- Cosmetic business. (2013). AkebiSol-Age blocker by anti-glycation. Retrieved January 23, 2022, from https://www.cosmeticsbusiness.com/news/article_page/AkebiSol_Age_Blocker_by_Anti-Glycation/91013
- Ebizuka, H., Ihara, M., & Arita, M. (2009). Antihypertensive effect of pre-germinated brown rice in spontaneously hypertensive rats. *Food Science and Technology Research*, 15, 625–630.
- Gkogkolou, P., & Böhm, M. (2012). Advanced glycation end products key players in skin aging. *Dermato Endocrinology*, 4(3), 259–270.
- Goufo, P., & Trindade, H. (2014). Rice antioxidants: phenolic acids, flavonoids, anthocyanins, proanthocyanidins, tocopherols, tocotrienols, c-oryzanol, and phytic acid. *Food Science and Nutrition*, 2(2), 75–104.
- Har, C.H., & Keong, C.K. (2005). Effects of tocotrienols on cell viability and apoptosis in normal murine liver cells (BNL CL.2) and liver cancer cells (BNL 1ME A.7R.1), in vitro. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 14, 374–380.
- Hemalatha, P., Bomzan, D.P., Rao, B.V.S., & Sreerama, Y.N. (2016). Distribution of phenolic antioxidants in whole and milled fractions of quinoa and their inhibitory effects on α -amylase and α -glucosidase activities. *Food chemistry*, 199, 330–338.
- Itsarasook, K., Ingkaninan, K., & Viyoch, J. (2014). Artocarpin-enriched extract reverses collagen metabolism in UV-exposed fibroblasts. *Biologia*, 69(7), 943–951.
- Kazemzadeh, M., Safavi, S.M., Nematollahi, S., & Nourieh, Z. (2014). Effect of brown rice consumption on inflammatory marker and cardiovascular risk factors among overweight and obese non-menopausal female adults. *International Journal of Preventive Medicine*, 5, 478–488.
- Kitisin, T., Saewan, N., & Luplertlop, N. (2015). Potential anti-inflammatory and anti-oxidative properties of Thai colored-rice extracts. *Plant Omics Journal*, 8, 69–77.

- Lee, T. H., Seo, J. O., Do, M. H., Ji, E., Baek, S. H., & Kim, S. Y. (2014). Resveratrol-enriched rice down-regulates melanin synthesis in UVB-induced guinea pigs epidermal skin tissue. *Biomolecules and Therapeutics*, 22, 431-437.
- Manosroi, A., Chutoprapat, R., Abe, M., Manosroi, W., & Manosroi, J. (2012). Anti-aging efficacy of topical formulations containing niosomes entrapped with rice bran bioactive compounds. *Pharmaceutical Biology*, 50, 208–224.
- Manosroi, J., Chankhampan, C., Kitdamrongtham, W., Zhang, J., Abe, M., Akihisa, T., ... Manosroi, A. (2020). In vivo anti-ageing activity of cream containing niosomes loaded with purple glutinous rice (*Oryza sativa* Linn.) extract. *International Journal of Cosmetic Science*, 42, 622-631.
- Maisuthisaku, P., & Changchub, L. (2014). Effect of extraction on phenolic antioxidant of different Thai Rice (*Oryza Sativa* L.) genotypes. *International Journal of Food Properties*, 17, 855-865.
- Maizura, M., Aminah, A., & Wan-Aida, W.M. (2011). Total phenolic content and antioxidant activity of kesum (*Polygonum minus*), ginger (*Zingiber officinale*) and turmeric (*Curcuma longa*) extract. *International Food Research Journal*, 18, 526-531.
- Msolly, A., Miled, A., & Kassab, A. (2013). Hydrogen peroxide: An oxidant stress indicator in type 2 diabetes mellitus. *Journal of Cardiovascular Disease*, 1(2), 48-52.
- Okonogi, S., Kaewpinta, A., Junmahasathien, T., & Yotsawimonwat, T. (2018). Effect of rice variety and modification on antioxidant and anti-inflammatory activities. *Drug Discoveries and Therapeutics*, 12, 206-213.
- Park, H.J., Cho, J.H., Hong, S.H., Kim, D.H., Jung, H.Y., Kang, I.K., ... Cho, Y.J. (2018). Whitening and anti-wrinkle activities of ferulic acid isolated from *Tetragonia tetragonioides* in B16F10 melanoma and CCD986sk fibroblast cells. *Journal of Natural Medicine*, 72, 127–135.
- Peanparkdee, M., Patrawar, J., & Iwamoto, S. (2019). Effect of extraction conditions on phenolic content, anthocyanin content and antioxidant activity of bran extracts from Thai rice cultivars. *Journal of Cereal Science*, 86, 86-91.
- Pereira-Caro, G., Cros, G., Yokota, T., & Crozier, A. (2013). Phytochemical profiles of black, red, brown, and white rice from the Camargue region of France. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61, 7976-7986.

- Premakumara, G.A.S., Abeysekera, W.K.S.M., Ratnasooriya, W.D., Chandrasekharan, N.V., & Bentota, A.P. (2013). Antioxidant, anti-amylase and anti-glycation potential of brans of some Sri Lankan traditional and improved rice (*Oryza sativa* L.) varieties. *Journal of Cereal Science*, 58(3), 451-456.
- Saraswat, M., Reddy, P. Y., Muthenna, P., & Reddy, G. B. (2009). Prevention of non-enzymic glycation of proteins by dietary agents: Prospects for alleviating diabetic complications. *British Journal of Nutrition*, 101(11), 1714-1721.
- Shen, K.P., Hao, C.L., Yen, H.W., Chen, C.Y., Chen, J.H., Chen, F.C., ... Lin, H.L. (2016). Pre-germinated brown rice prevented high fat diet induced hyperlipidemia through ameliorating lipid synthesis and metabolism in C57BL/6J mice. *Journal of Clinical Biochemistry and Nutrition*, 59, 39-44.
- Singleton, V.L. & Rossi, J.A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16, 144-158.
- Suantawee, T., Wesarachanon, K., Anantsuphasak, K., Daenphetploy, T., Thien-Ngern, S., Thilavech, T., Pasukamonset, P., Ngamukote, S., ... Adisakwattana, S. (2015). Protein glycation inhibitory activity and antioxidant capacity of clove extract. *Journal of Food Science and Technology*, 52(6), 3843-3850.
- Sulaiman, S.F., Yusoff, N.A.M., Eldeen, I.M., Seow, E.M., Sajak, A.B. & Ooi, K.L. (2011). Correlation between total phenolic and mineral contents with antioxidant activity of eight Malaysian banana (*Musa sp.*). *Journal of Food Composition and Analysis*, 24(1), 1-10.
- Sriyab, S., Laosirisathian, N., Punyoyai, C., Anuchapreeda, S., Tima, S., Chiampanichayakul, S., ... Chaiyana, W. (2021). Nutricosmetic effects of *Asparagus officinalis*: A potent matrix metalloproteinase-1 inhibitor. *Scientific Reports*, 11. Retrieved January 23, 2022, from DOI: 10.1038/s41598-021-88340-2
- Szewczyk, K., Miazga-Karska, M., Pietrzak, W., Komsta, Ł., Krzemińska, B., & Grzywa-Celińska, A. (2020). Phenolic composition and skin-related properties of the aerial parts extract of different *Hemerocallis* cultivars. *Antioxidants*, 9(8). Retrieved January 23, 2022, from DOI: 10.3390/antiox9080690

- Terashima, Y., Nagai, Y., Kato, H., Ohta, A., & Tanaka, Y. (2017). Eating glutinous brown rice for one day improves glycemic control in Japanese patients with type 2 diabetes assessed by continuous glucose monitoring. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 26, 421–426.
- Uraipong, C., & Zhao, J. (2016). Rice bran protein hydrolysates exhibit strong in vitro α -amylase, β -glucosidase and ACE-inhibition activities. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96(4), 1101–1110.
- Zhang, S., & Duan, E. (2018). Fighting against skin aging: The way from bench to bedside. *Cell Transplantation*, 27(5), 729–738.

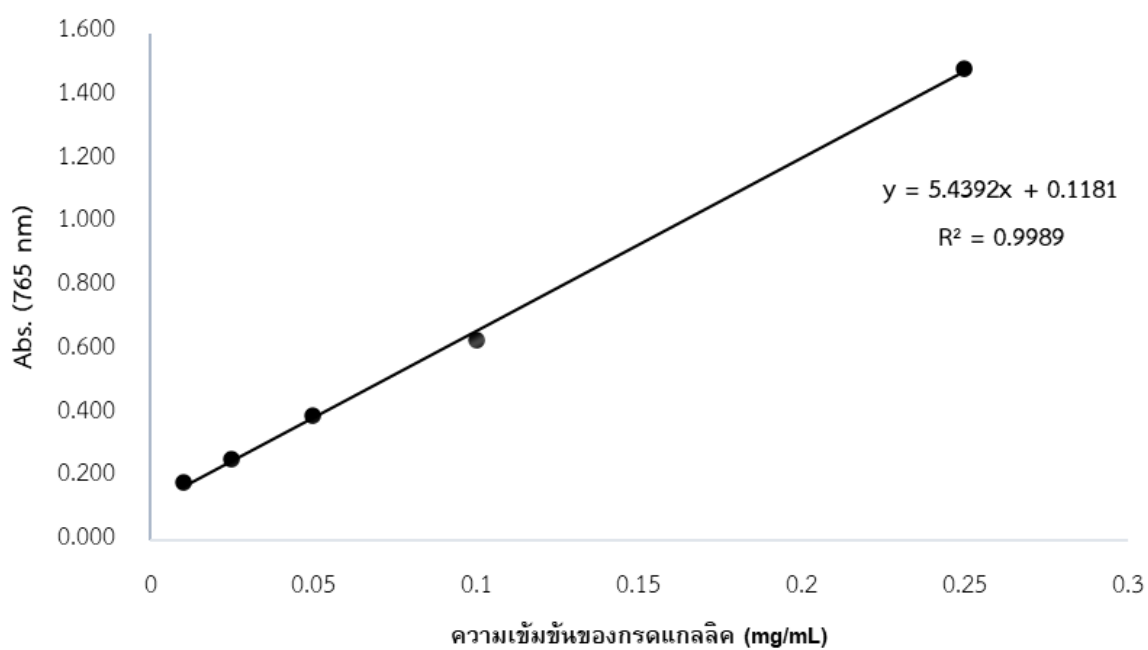
ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์หาปริมาณสารฟีนอลิกรวม ฟลาโวนอยด์รวม และแกมมาออริซานอลในสารสกัดข้าวข.43

ตารางที่ ก-1 ค่าการดูดกลืนแสงของสารมาตรฐานกรดแกลลิกที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร

ความเข้มข้นของ กรดแกลลิก (mg/mL)	ค่าการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร			ค่าเฉลี่ย (Mean)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	1	2	3		
0.010	0.187	0.187	0.186	0.187	0.001
0.025	0.242	0.268	0.258	0.256	0.013
0.050	0.383	0.394	0.402	0.393	0.010
0.100	0.649	0.594	0.655	0.633	0.034
0.250	1.561	1.448	1.456	1.488	0.063



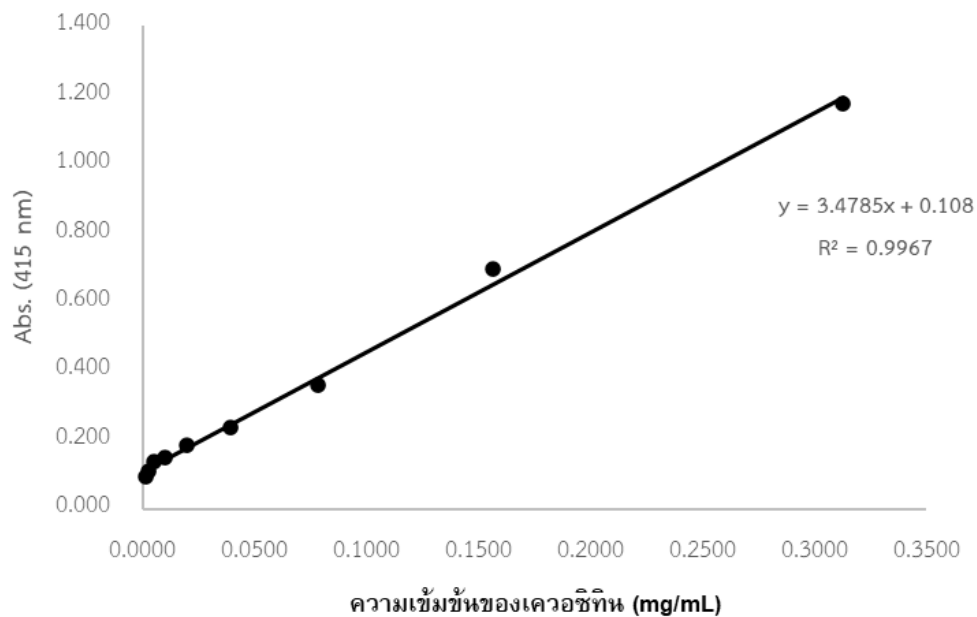
ภาพที่ ก-1 กราฟมาตรฐานของกรดแกลลิก

ตารางที่ ก-2 ปริมาณสารฟีนอลิกรวมในสารสกัดจากข้าวขาวและข้าวกล้อง กข.43

ข้าว กข.43	สารสกัด	ปริมาณฟีนอลิกรวม (mgGAE/g extract)			ค่าเฉลี่ย (Mean)	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน
		1	2	3		
ข้าวขาว	95% เอทานอล	4.58	5.13	6.05	5.25	0.74
	70% เอทานอล	5.32	4.59	5.87	5.26	0.65
	50% เอทานอล	5.03	5.92	5.92	5.62	0.51
	30% เอทานอล	10.56	9.83	11.85	10.75	1.02
	น้ำปราศจากอ็อกโซน	8.56	8.86	8.78	8.74	0.15
ข้าวกล้อง	95% เอทานอล	5.13	4.76	4.03	4.64	0.56
	70% เอทานอล	20.49	19.94	19.66	20.03	0.42
	50% เอทานอล	13.56	12.09	13.93	13.20	0.97
	30% เอทานอล	25.82	25.09	24.90	25.27	0.49
	น้ำปราศจากอ็อกโซน	20.03	19.66	18.10	19.26	1.03

ตารางที่ ก-3 ค่าการดูดกลืนแสงของสารมาตรฐานเคออสตินที่ความยาวคลื่น 415 นาโนเมตร

ความเข้มข้นของ เคออสติน (mg/mL)	ค่าการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 415 นาโนเมตร			ค่าเฉลี่ย (Mean)	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน
	1	2	3		
0.0012	0.092	0.094	0.097	0.094	0.003
0.0024	0.113	0.113	0.103	0.110	0.006
0.0049	0.135	0.135	0.138	0.136	0.002
0.0098	0.156	0.150	0.140	0.149	0.008
0.0195	0.187	0.164	0.197	0.183	0.017
0.0391	0.237	0.237	0.238	0.237	0.001
0.0781	0.349	0.363	0.362	0.358	0.008
0.1563	0.701	0.696	0.695	0.697	0.003
0.3125	1.230	1.147	1.156	1.178	0.046



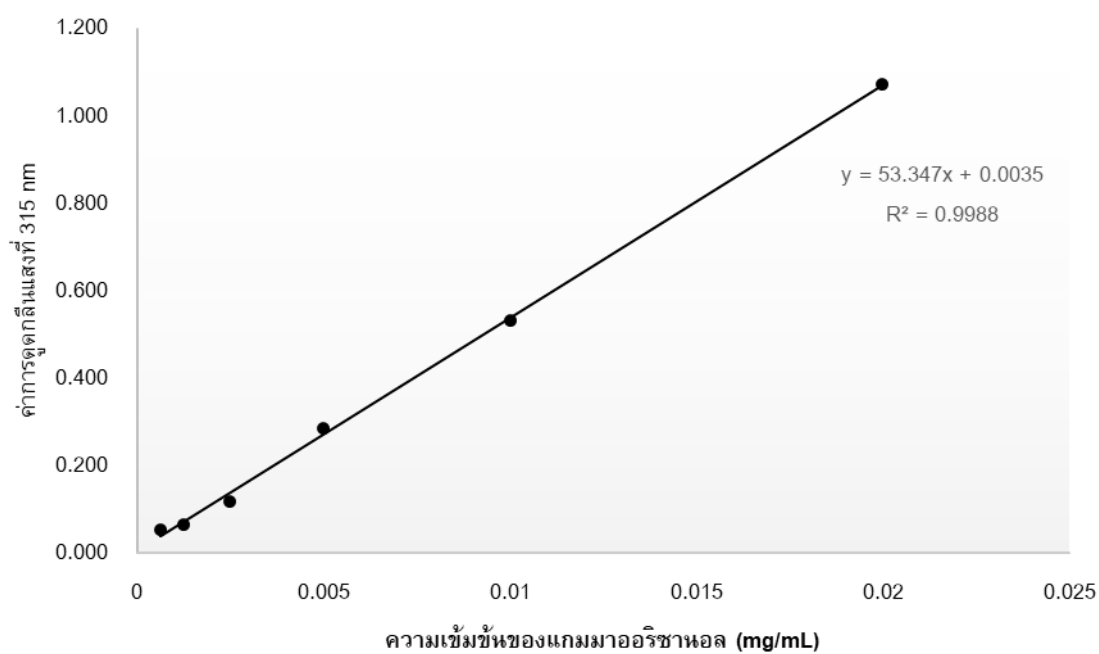
ภาพที่ ก-2 กราฟมาตรฐานของเคอวชิทิน

ตารางที่ ก-4 ปริมาณสารฟลาโวนอยด์รวมในสารสกัดจากข้าวขาวและข้าวกล้อง กข.43

ข้าว กข.43	สารสกัด	ปริมาณฟลาโวนอยด์รวม (mgQE/g extract)			ค่าเฉลี่ย (Mean)	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน
		1	2	3		
ข้าวขาว	95% เอทานอล	16.24	17.39	17.97	17.20	0.88
	70% เอทานอล	6.04	6.47	6.32	6.28	0.22
	50% เอทานอล	8.48	6.76	6.47	7.23	1.09
	30% เอทานอล	5.75	4.60	4.74	5.03	0.63
	น้ำปราศจากอีนอน	0.29	0.29	0.57	0.38	0.17
ข้าวกล้อง	95% เอทานอล	26.16	26.45	27.02	26.54	0.44
	70% เอทานอล	12.65	14.09	13.37	13.37	0.72
	50% เอทานอล	3.45	3.45	4.17	3.69	0.41
	30% เอทานอล	1.58	1.01	1.58	1.39	0.33
	น้ำปราศจากอีนอน	6.90	7.04	7.19	7.04	0.14

ตารางที่ ก-5 ค่าการดูดกลืนแสงของสารมาตรฐานแกมมาอริซานอลความยาวคลื่น 315 นาโนเมตร

ความเข้มข้นของ แกมมาอริซานอล (mg/mL)	ค่าการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 315 นาโนเมตร			ค่าเฉลี่ย (Mean)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	1	2	3		
0.000625	0.047	0.054	0.052	0.051	0.004
0.00125	0.088	0.0109	0.097	0.065	0.047
0.0025	0.114	0.112	0.123	0.116	0.006
0.005	0.288	0.281	0.287	0.285	0.004
0.01	0.516	0.523	0.556	0.532	0.021
0.02	1.051	1.087	1.077	1.072	0.019



ภาพที่ ก-3 กราฟมาตรฐานของแกมมาอริซานอล

ตารางที่ ก-6 ปริมาณสารแกมมาออริซานอลในสารสกัดจากข้าวขาวและข้าวกล้อง กข.43

ข้าว กข.43	สารสกัด	ปริมาณสารแกมมาออริซานอล (mg/g extract)			ค่าเฉลี่ย (Mean)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
		1	2	3		
ข้าวขาว	95% เอทานอล	9.76	9.76	9.73	9.75	0.014
	70% เอทานอล	5.33	5.34	5.32	5.33	0.009
	50% เอทานอล	2.43	2.43	2.42	2.43	0.002
	30% เอทานอล	2.39	2.39	2.38	2.38	0.004
	น้ำปราศจากอ็อกโซน	5.77	5.76	5.75	5.76	0.011
ข้าวกล้อง	95% เอทานอล	12.47	12.44	12.42	12.44	0.025
	70% เอทานอล	14.59	14.66	14.62	14.62	0.033
	50% เอทานอล	2.39	2.39	2.39	2.39	0.002
	30% เอทานอล	6.57	6.59	6.58	6.58	0.006
	น้ำปราศจากอ็อกโซน	7.06	7.05	7.07	7.06	0.007

ภาคผนวก ข

การทดสอบความเป็นพิษของสารสกัดข้าวกล.43 ต่อเซลล์ผิวหนังมนุษย์ไฟโบรบลาสต์ด้วยวิธี MTT assay

ตารางที่ ข-1 ผลการทดสอบความเป็นพิษของสารสกัดข้าวกล้อง กข.43 ต่อเซลล์มนุษย์ไฟโบรบลาสต์

สารควบคุม/ สารสกัด	ความเข้มข้น ของสารสกัด (µg/mL)	ค่าการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 570 นาโนเมตร			ค่าเฉลี่ย (Mean)	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	ร้อยละการมีชีวิตรอดของเซลล์ (% of cell viability)			ค่าเฉลี่ย (Mean)	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน
		1	2	3			1	2	3		
เซลล์ควบคุม (Control cell)	-	0.380	0.380	0.369	0.376	0.006	101.06	101.06	98.14	100.09	1.69
เซลล์ที่บ่มด้วย DMSO (ร้อยละ 0.5)	-	0.330	0.334	0.333	0.332	0.002	87.77	88.83	88.56	88.39	0.55
30%เอทานอล	5	0.439	0.433	0.437	0.436	0.003	116.76	115.16	116.22	116.05	0.81
	10	0.425	0.423	0.426	0.425	0.002	113.03	112.50	113.30	112.94	0.41
	25	0.453	0.420	0.436	0.436	0.017	120.48	111.70	115.96	116.05	4.39
	50	0.437	0.442	0.434	0.438	0.004	116.22	117.55	115.43	116.40	1.07
	100	0.417	0.415	0.415	0.416	0.001	110.90	110.37	110.37	110.55	0.31
	250	0.391	0.377	0.359	0.376	0.016	103.99	100.27	95.48	99.91	4.27
50%เอทานอล	5	0.450	0.422	0.436	0.436	0.014	119.68	112.23	115.96	115.96	3.72
	10	0.439	0.444	0.420	0.434	0.013	116.76	118.09	111.70	115.51	3.37
	25	0.436	0.414	0.407	0.419	0.015	115.96	110.11	108.24	111.44	4.02
	50	0.265	0.234	0.253	0.251	0.016	70.48	62.23	67.29	66.67	4.16
	100	0.001	0.003	0.002	0.002	0.001	0.27	0.80	0.53	0.53	0.27
	250	0.004	0.003	0.005	0.004	0.001	1.06	0.80	1.33	1.06	0.27

ตารางที่ ข-1 (ต่อ)

สารควบคุม/ สารสกัด	ความเข้มข้น ของสารสกัด (µg/mL)	ค่าการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 570 นาโนเมตร			ค่าเฉลี่ย (Mean)	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	ร้อยละการมีชีวิตรอดของเซลล์ (% of cell viability)			ค่าเฉลี่ย (Mean)	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน
		1	2	3			1	2	3		
70%เอทานอล	5	0.478	0.483	0.477	0.479	0.003	127.13	128.46	126.86	127.48	0.85
	10	0.423	0.419	0.417	0.420	0.003	112.50	111.44	110.90	111.61	0.81
	25	0.408	0.415	0.412	0.412	0.004	108.51	110.37	109.57	109.49	0.93
	50	0.412	0.412	0.405	0.410	0.004	109.57	109.57	107.71	108.95	1.07
	100	0.001	0.005	0.003	0.003	0.002	0.27	1.33	0.80	0.80	0.53
	250	0.003	0.003	0.000	0.002	0.002	0.80	0.80	0.00	0.53	0.46
95%เอทานอล	5	0.441	0.429	0.431	0.434	0.006	117.29	114.10	114.63	115.34	1.71
	10	0.427	0.430	0.424	0.427	0.003	113.56	114.36	112.77	113.56	0.80
	25	0.425	0.421	0.420	0.422	0.003	113.03	111.97	111.70	112.23	0.70
	50	0.409	0.411	0.400	0.407	0.006	108.78	109.31	106.38	108.16	1.56
	100	0.432	0.420	0.411	0.421	0.011	114.89	111.70	109.31	111.97	2.80
	250	0.006	0.007	0.008	0.007	0.001	1.60	1.86	2.13	1.86	0.27
น้ำปราศจากอิมูน	5	0.385	0.406	0.379	0.390	0.014	102.39	107.98	100.80	103.72	3.77
	10	0.411	0.416	0.409	0.412	0.004	109.31	110.64	108.78	109.57	0.96
	25	0.436	0.426	0.440	0.434	0.007	115.96	113.30	117.02	115.43	1.92
	50	0.401	0.406	0.397	0.401	0.005	106.65	107.98	105.59	106.74	1.20
	100	0.400	0.397	0.403	0.400	0.003	106.38	105.59	107.18	106.38	0.80
	250	0.397	0.395	0.395	0.396	0.001	105.59	105.05	105.05	105.23	0.31

ตารางที่ ข-2 ผลการทดสอบความเป็นพิษของสารสกัดข้าวขาว กข.43 ต่อเซลล์มนุษย์ไฟโบร بلاสต์

สารควบคุม/ สารสกัด	ความเข้มข้น ของสารสกัด (µg/mL)	ค่าการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 570 นาโนเมตร			ค่าเฉลี่ย (Mean)	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	ร้อยละการมีชีวิตรอดของเซลล์ (% of cell viability)			ค่าเฉลี่ย (Mean)	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน
		1	2	3			1	2	3		
เซลล์ควบคุม (Control cell)	-	0.380	0.380	0.369	0.376	0.006	101.06	101.06	98.14	100.09	1.69
เซลล์ที่ป้อนด้วย DMSO (ร้อยละ 0.5)	-	0.330	0.334	0.333	0.332	0.002	87.77	88.83	88.56	88.39	0.55
30%เอทานอล	5	0.377	0.406	0.383	0.389	0.015	100.27	107.98	101.86	103.37	4.07
	10	0.381	0.379	0.385	0.382	0.003	101.33	100.80	102.39	101.51	0.81
	25	0.371	0.370	0.367	0.369	0.002	98.67	98.40	97.61	98.23	0.55
	50	0.346	0.347	0.352	0.348	0.003	92.02	92.29	93.62	92.64	0.85
	100	0.343	0.344	0.345	0.344	0.001	91.22	91.49	91.76	91.49	0.27
	250	0.332	0.325	0.330	0.329	0.004	88.30	86.44	87.77	87.50	0.96
50%เอทานอล	5	0.452	0.450	0.451	0.451	0.001	120.21	119.68	119.95	119.95	0.27
	10	0.429	0.435	0.449	0.438	0.010	114.10	115.69	119.41	116.40	2.73
	25	0.364	0.360	0.386	0.370	0.014	96.81	95.74	102.66	98.40	3.72
	50	0.343	0.360	0.342	0.348	0.010	91.22	95.74	90.96	92.64	2.69
	100	0.332	0.348	0.337	0.339	0.008	88.30	92.55	89.63	90.16	2.18
	250	0.004	0.002	0.001	0.002	0.002	1.06	0.53	0.27	0.62	0.41

ตารางที่ ข-2 (ต่อ)

สารควบคุม/ สารสกัด	ความเข้มข้น ของสารสกัด ($\mu\text{g/mL}$)	ค่าการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 570 นาโนเมตร			ค่าเฉลี่ย (Mean)	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	ร้อยละการมีชีวิตรอดของเซลล์ (% of cell viability)			ค่าเฉลี่ย (Mean)	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน
		1	2	3			1	2	3		
70%เอทานอล	5	0.387	0.375	0.374	0.379	0.007	102.93	99.73	99.47	100.71	1.92
	10	0.349	0.350	0.345	0.348	0.003	92.82	93.09	91.76	92.55	0.70
	25	0.344	0.349	0.342	0.345	0.004	91.49	92.82	90.96	91.76	0.96
	50	0.362	0.349	0.355	0.355	0.007	96.28	92.82	94.41	94.50	1.73
	100	0.353	0.350	0.351	0.351	0.002	93.88	93.09	93.35	93.44	0.41
	250	-0.002	-0.001	-0.002	-0.002	0.001	-0.53	-0.27	-0.53	-0.44	0.15
95%เอทานอล	5	0.384	0.383	0.372	0.380	0.007	102.13	101.86	98.94	100.98	1.77
	10	0.359	0.365	0.365	0.363	0.003	95.48	97.07	97.07	96.54	0.92
	25	0.351	0.359	0.352	0.354	0.004	93.35	95.48	93.62	94.15	1.16
	50	0.327	0.357	0.352	0.345	0.016	86.97	94.95	93.62	91.84	4.27
	100	0.004	0.007	0.004	0.005	0.002	1.06	1.86	1.06	1.33	0.46
	250	-0.002	-0.001	0.000	-0.001	0.001	-0.53	-0.27	0.00	-0.27	0.27
น้ำปราศจากอีนอน	5	0.453	0.461	0.479	0.464	0.013	120.48	122.61	127.39	123.49	3.54
	10	0.391	0.406	0.404	0.400	0.008	103.99	107.98	107.45	106.47	2.17
	25	0.425	0.403	0.431	0.420	0.015	113.03	107.18	114.63	111.61	3.92
	50	0.414	0.417	0.416	0.416	0.002	110.11	110.90	110.64	110.55	0.41
	100	0.437	0.438	0.426	0.434	0.007	116.22	116.49	113.30	115.34	1.77
	250	0.394	0.391	0.403	0.396	0.006	104.79	103.99	107.18	105.32	1.66

ภาคผนวก ค

การทดสอบฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน (Antioxidation activities)

ตารางที่ ค-1 ร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH ของสารสกัดข้าวขาว กข.43

สารสกัดข้าวขาว กข.43	ความเข้มข้น (mg/mL)	ร้อยละการยับยั้ง อนุมูลอิสระ DPPH			ค่าเฉลี่ย (Mean)	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	IC ₅₀ (mg/mL)			ค่าเฉลี่ย (Mean)	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน
		1	2	3			1	2	3		
30% เอทานอล	0.097	3.59	3.91	3.49	3.66	0.22	NA	NA	NA	-	-
	0.190	4.12	4.23	4.65	4.33	0.28					
	0.390	5.29	4.23	4.97	4.83	0.54					
	0.780	9.20	9.20	9.09	9.16	0.06					
	1.5625	12.37	10.99	9.73	11.03	1.32					
	3.125	18.08	18.50	18.71	18.43	0.32					
	6.25	24.63	25.05	24.00	24.56	0.53					
	12.50	28.33	28.54	28.75	28.54	0.21					
	25.00	10.25	9.83	11.63	10.57	0.94					
50%เอทานอล	0.097	-3.36	-2.85	-3.36	-3.19	0.29	18.73	18.79	18.39	18.64	0.21
	0.190	3.77	3.47	3.77	3.67	0.18					
	0.390	-2.14	0.20	-1.73	-1.22	1.25					
	0.780	7.44	10.19	10.09	9.24	1.56					
	1.5625	9.17	11.93	12.13	11.08	1.65					
	3.125	19.27	20.49	18.65	19.47	0.93					
	6.25	30.99	31.40	32.01	31.46	0.51					
	12.50	40.77	42.92	40.67	41.45	1.27					
	25.00	59.63	58.31	60.75	59.57	1.22					

ตารางที่ ค-1 (ต่อ)

สารสกัดข้าวขาว กข.43	ความเข้มข้น (mg/mL)	ร้อยละการยับยั้ง อนุมูลอิสระ DPPH			ค่าเฉลี่ย (Mean)	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	IC ₅₀ (mg/mL)			ค่าเฉลี่ย (Mean)	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน
		1	2	3			1	2	3		
70% เอทานอล	0.097	5.30	7.74	5.94	6.33	1.27	4.23	4.02	3.69	3.98	0.27
	0.190	7.53	10.60	6.79	8.31	2.02					
	0.390	8.27	8.06	10.60	8.98	1.41					
	0.780	16.86	16.44	15.80	16.37	0.53					
	1.5625	25.13	24.50	25.98	25.20	0.74					
	3.125	41.89	39.34	42.21	41.15	1.57					
	6.25	68.40	67.55	70.05	68.67	1.27					
	12.50	77.31	76.56	79.00	77.62	1.25					
	25.00	83.88	85.26	81.87	83.67	1.71					
95%เอทานอล	0.097	-2.96	-2.62	-0.68	-2.09	1.23	19.09	19.05	19.11	19.09	0.03
	0.190	-1.94	-2.05	-2.74	-2.24	0.43					
	0.390	-1.94	-2.28	-2.28	-2.17	0.20					
	0.780	0.91	0.46	0.57	0.65	0.24					
	1.5625	1.14	1.71	1.37	1.41	0.29					
	3.125	9.12	10.38	9.81	9.77	0.63					
	6.25	18.47	17.10	18.47	18.02	0.79					
	12.50	36.83	35.58	35.46	35.96	0.76					
	25.00	63.06	63.97	63.17	63.40	0.50					
	50.00	80.50	80.96	83.69	81.72	1.73					

ตารางที่ ค-1 (ต่อ)

สารสกัดข้าวขาว กข.43	ความเข้มข้น (mg/mL)	ร้อยละการยับยั้ง อนุมูลอิสระ DPPH			ค่าเฉลี่ย (Mean)	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	IC ₅₀ (mg/mL)			ค่าเฉลี่ย (Mean)	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน
		1	2	3			1	2	3		
น้ำปราศจาก ไอออน	0.097	9.48	7.11	4.42	7.00	2.53	NA	NA	NA	-	-
	0.190	0.43	0.54	0.65	0.54	0.11					
	0.390	7.54	8.08	7.87	7.83	0.27					
	0.780	8.73	10.02	7.11	8.62	1.46					
	1.5625	6.25	7.44	6.47	6.72	0.63					
	3.125	4.09	3.66	3.66	3.81	0.25					
	6.25	20.47	17.46	18.86	18.93	1.51					
	12.50	24.14	21.44	21.12	22.23	1.66					
	25.00	48.06	45.37	45.04	46.16	1.66					
	50.00	46.34	47.09	45.47	46.30	0.81					

หมายเหตุ: NA คือไม่มีฤทธิ์

ตารางที่ ค-2 ร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH ของสารสกัดข้าวกล้อง กข.43

สารสกัด ข้าวกล้อง กข.43	ความเข้มข้น (mg/mL)	ร้อยละการยับยั้ง อนุมูลอิสระ DPPH			ค่าเฉลี่ย (Mean)	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	IC ₅₀ (mg/mL)			ค่าเฉลี่ย (Mean)	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน
		1	2	3			1	2	3		
30% เอทานอล	0.097	0.99	1.21	0.99	1.06	0.13	2.77	2.66	2.73	2.72	0.06
	0.190	6.16	6.38	4.95	5.83	0.77					
	0.390	7.37	7.92	9.13	8.14	0.90					
	0.780	20.68	22.88	22.44	22.00	1.16					
	1.5625	34.32	36.52	35.42	35.42	1.10					
	3.125	52.92	54.35	53.03	53.43	0.80					
	6.25	43.78	44.99	44.88	44.55	0.67					
	12.50	32.89	34.21	34.43	33.85	0.83					
	25.00	33.77	32.89	33.44	33.37	0.44					
50%เอทานอล	0.097	2.55	2.77	2.44	2.59	0.17	2.24	2.25	2.19	2.23	0.03
	0.190	4.44	5.22	4.88	4.85	0.39					
	0.390	9.54	11.99	8.55	10.03	1.77					
	0.780	23.86	22.20	24.31	23.46	1.11					
	1.5625	42.95	41.07	41.84	41.95	0.95					
	3.125	64.26	65.15	66.93	65.45	1.36					
	6.25	85.79	87.13	87.35	86.76	0.84					
	12.50	88.57	89.35	87.79	88.57	0.78					
	25.00	90.12	88.57	91.68	90.12	1.55					

ตารางที่ ค-2 (ต่อ)

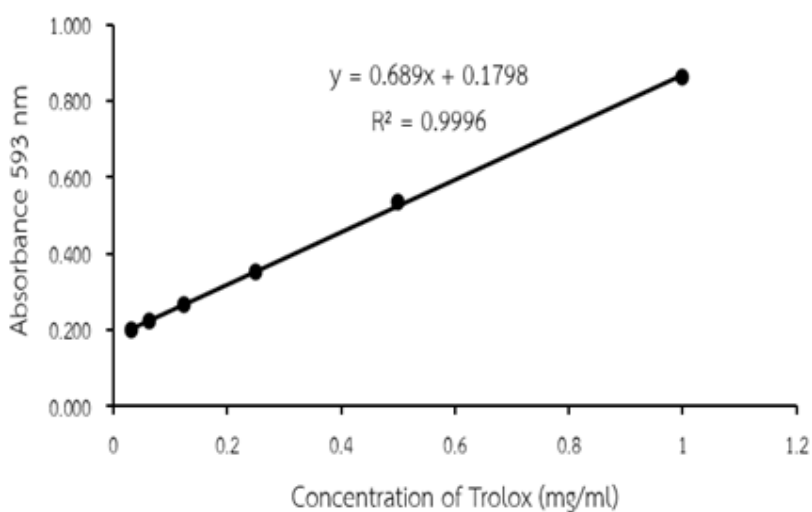
สารสกัด ข้าวกล้อง กข.43	ความเข้มข้น (mg/mL)	ร้อยละการยับยั้ง อนุมูลอิสระ DPPH			ค่าเฉลี่ย (Mean)	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	IC ₅₀ (mg/mL)			ค่าเฉลี่ย (Mean)	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน
		1	2	3			1	2	3		
70% เอทานอล	0.097	2.55	2.10	2.10	2.25	0.26	1.96	1.87	1.86	1.90	0.05
	0.190	11.63	7.64	7.09	8.79	2.48					
	0.390	11.07	14.84	13.73	13.22	1.94					
	0.780	20.93	23.37	23.03	22.44	1.32					
	1.5625	46.95	52.82	50.83	50.20	2.98					
	3.125	74.86	75.53	74.86	75.08	0.38					
	6.25	80.73	83.17	80.95	81.62	1.35					
	12.50	87.26	88.04	89.15	88.15	0.95					
	25.00	85.27	87.26	87.60	86.71	1.26					
95% เอทานอล	0.097	-2.17	-1.48	2.17	-0.49	2.33	8.48	8.30	9.79	8.86	0.81
	0.190	0.00	1.14	0.11	0.42	0.63					
	0.390	1.03	1.71	1.25	1.33	0.35					
	0.780	5.82	5.70	4.22	5.25	0.89					
	1.5625	8.55	9.69	8.10	8.78	0.82					
	3.125	14.25	13.80	13.57	13.87	0.35					
	6.25	24.86	25.43	25.54	25.28	0.37					
	12.50	44.36	41.73	43.67	43.25	1.36					
	25.00	61.80	62.60	63.85	62.75	1.03					
	0.097	-2.17	-1.48	2.17	-0.49	2.33					

ตารางที่ ค-2 (ต่อ)

สารสกัดข้าวกล้อง กข.43	ความเข้มข้น (mg/mL)	ร้อยละการยับยั้ง อนุมูลอิสระ DPPH			ค่าเฉลี่ย (Mean)	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	IC ₅₀ (mg/mL)			ค่าเฉลี่ย (Mean)	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน
		1	2	3			1	2	3		
น้ำปราศจาก ไอออน	0.097	0.99	1.21	0.99	1.06	0.13	2.79	2.68	2.76	2.75	0.06
	0.190	6.16	6.38	4.95	5.83	0.77					
	0.390	7.37	7.92	9.13	8.14	0.90					
	0.780	20.68	22.88	22.44	22.00	1.16					
	1.5625	34.32	36.52	35.42	35.42	1.10					
	3.125	52.92	54.35	53.03	53.43	0.80					
	6.25	43.78	44.99	44.88	44.55	0.67					
	12.50	32.89	34.21	34.43	33.85	0.83					
	25.00	33.77	32.89	33.44	33.37	0.44					

ตารางที่ ค-3 ค่าการดูดกลืนแสงของสารมาตรฐาน Trolox ที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร

ความเข้มข้นของ Trolox (mg/mL)	ค่าการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร			ค่าเฉลี่ย (Mean)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	1	2	3		
0.00195	0.143	0.133	0.144	0.140	0.006
0.00391	0.128	0.229	0.129	0.162	0.058
0.0078125	0.152	0.151	0.184	0.162	0.019
0.015625	0.170	0.175	0.172	0.172	0.003
0.03125	0.199	0.199	0.196	0.198	0.002
0.0625	0.217	0.217	0.233	0.222	0.009
0.125	0.273	0.271	0.247	0.264	0.014
0.250	0.355	0.354	0.350	0.353	0.003
0.500	0.530	0.538	0.535	0.534	0.004
1.000	0.862	0.866	0.864	0.864	0.002



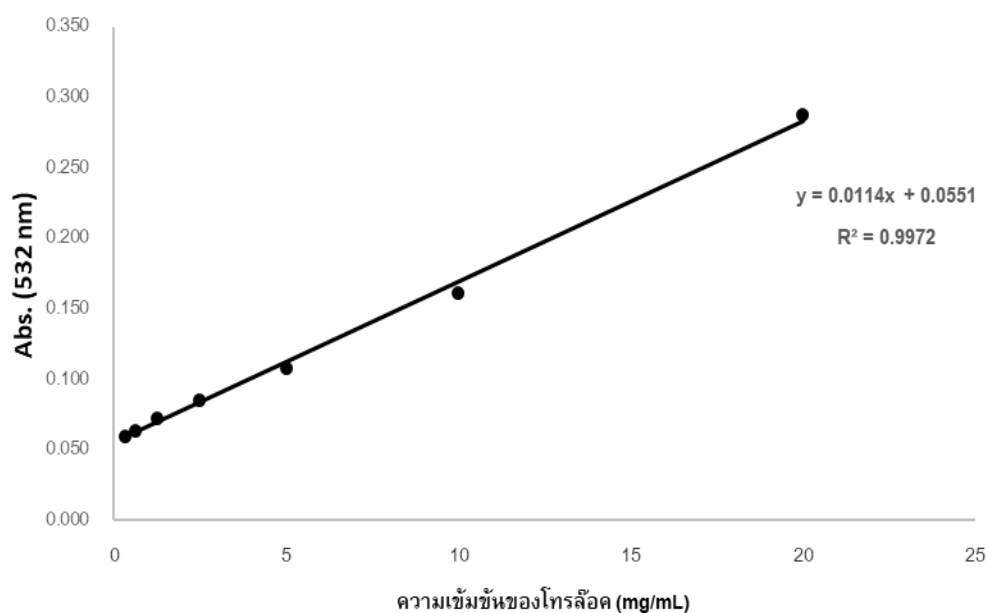
ภาพที่ ค-1 กราฟมาตรฐานของ Trolox ด้วยวิธี FRAP assay

ตารางที่ ค-4 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดข้าวขาวและข้าวกล้อง กข.43 ด้วยวิธี FRAP assay

ข้าวข.43	สารสกัด	ความสามารถการต้านอนุมูลอิสระ (mgTE/g extract)			ค่าเฉลี่ย (Mean)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
		1	2	3		
ข้าวขาว	95% เอทานอล	56.75	52.39	54.57	54.57	2.18
	70% เอทานอล	60.38	58.20	62.56	60.38	2.18
	50% เอทานอล	61.02	61.59	62.47	61.69	0.73
	30% เอทานอล	188.83	188.10	190.28	189.07	1.11
	น้ำปราศจากอ็อกโซน	4.70	5.28	2.96	4.31	1.21
ข้าวกล้อง	95% เอทานอล	22.64	21.19	24.82	22.88	1.83
	70% เอทานอล	375.33	376.05	370.97	374.12	2.75
	50% เอทานอล	159.07	162.70	163.43	161.73	2.34
	30% เอทานอล	436.29	437.74	436.29	436.77	0.84
	น้ำปราศจากอ็อกโซน	78.14	78.43	77.85	78.14	0.29

ตารางที่ ค-5 ค่าการดูดกลืนแสงของสารมาตรฐานโทรลอค (Trolox) ที่ความยาวคลื่น 532 นาโนเมตร

ความเข้มข้นของ โทรลอค (mg/mL)	ค่าการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 532 นาโนเมตร			ค่าเฉลี่ย (Mean)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	1	2	3		
0.3125	0.059	0.059	0.061	0.060	0.0012
0.625	0.063	0.064	0.063	0.063	0.0006
1.25	0.071	0.072	0.074	0.072	0.0015
2.5	0.086	0.084	0.087	0.086	0.0015
5.0	0.106	0.110	0.109	0.108	0.0021
10.0	0.165	0.161	0.157	0.161	0.0040
20.0	0.277	0.294	0.291	0.287	0.0091



ภาพที่ ค-2 กราฟมาตรฐานของโทรลอคด้วยวิธี HRSA assay

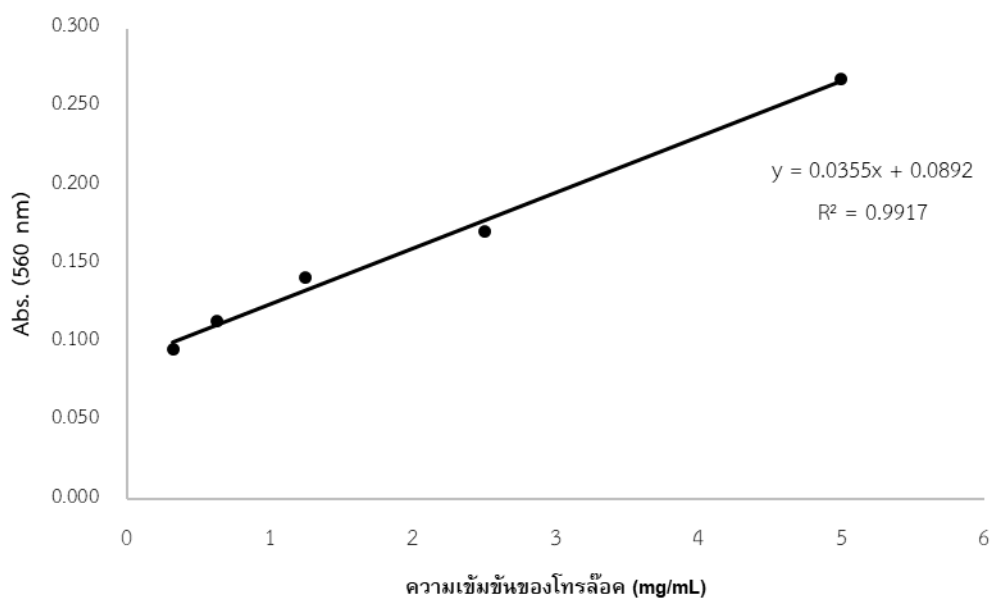
ตารางที่ ค-6 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดข้าวขาวและข้าวกล้อง กข.43 ด้วยวิธี HRSA assay

ข้าว กข.43	สารสกัด	ความสามารถการต้านอนุมูลอิสระ (mgTE/g extract)			ค่าเฉลี่ย (Mean)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
		1	2	3		
ข้าวขาว	95% เอทานอล	NA	NA	NA	-	-
	70% เอทานอล	697.37	697.37	785.09	726.61	50.64
	50% เอทานอล	653.51	697.37	609.65	653.51	43.86
	30% เอทานอล	741.23	785.09	741.23	755.85	25.32
	น้ำปราศจากอ็อกซิเจน	653.51	478.07	565.79	565.79	87.72
ข้าวกล้อง	95% เอทานอล	NA	NA	NA	-	-
	70% เอทานอล	390.35	434.21	346.49	390.35	43.86
	50% เอทานอล	214.91	258.77	258.77	244.15	25.32
	30% เอทานอล	828.95	872.81	741.23	814.33	67.00
	น้ำปราศจากอ็อกซิเจน	697.37	609.65	565.79	624.27	67.00

หมายเหตุ: NA คือไม่มีฤทธิ์

ตารางที่ ค-7 ค่าการดูดกลืนแสงของสารมาตรฐาน Trolox ที่ความยาวคลื่น 560 นาโนเมตร

ความเข้มข้นของ Trolox (mg/mL)	ค่าการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 560 นาโนเมตร			ค่าเฉลี่ย (Mean)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	1	2	3		
0.3125	0.092	0.096	0.099	0.096	0.0035
0.625	0.116	0.111	0.115	0.114	0.0026
1.25	0.143	0.139	0.143	0.142	0.0023
2.5	0.172	0.169	0.171	0.171	0.0015
5.0	0.263	0.274	0.268	0.268	0.0055



ภาพที่ ค-3 กราฟมาตรฐานของโพลีคด้วยวิธี SRSA assay

ตารางที่ ค-8 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดข้าวขาวและข้าวกล้อง กข.43 ด้วยวิธี SRSA assay

ข้าว กข.43	สารสกัด	ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (mgTE/g extract)			ค่าเฉลี่ย (Mean)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
		1	2	3		
ข้าวขาว	95% เอทานอล	NA	NA	NA	-	-
	70% เอทานอล	67.61	67.61	81.69	72.30	8.13
	50% เอทานอล	292.96	250.70	335.21	292.96	42.25
	30% เอทานอล	560.56	588.73	532.39	560.56	28.17
	น้ำปราศจากอิมูน	997.18	954.93	983.10	978.40	21.51
ข้าวกล้อง	95% เอทานอล	NA	NA	NA	-	-
	70% เอทานอล	377.46	419.72	461.97	419.72	42.25
	50% เอทานอล	307.04	321.13	278.87	302.35	21.51
	30% เอทานอล	954.93	997.18	926.76	959.62	35.45
	น้ำปราศจากอิมูน	166.20	138.03	166.20	156.81	16.26

หมายเหตุ: NA คือไม่มีฤทธิ์

ภาคผนวก ง
การทดสอบหาประสิทธิภาพในการป้องกันแสงแดด

ตารางที่ ง-1 ค่าประสิทธิภาพในการป้องกันแสงแดดของสารสกัดข้าวขาวและข้าวกล้อง กข.43

ข้าว กข.43	สารสกัด	ความยาวคลื่นที่ ดูดกลืนแสงสูงสุด (λ_{max} , nm)	ค่า SPF			ค่าเฉลี่ย (Mean)	ส่วน เบี่ยงเบน มาตรฐาน
			1	2	3		
ข้าวขาว	95% เอทานอล	310	3.63	3.63	3.63	3.63	0.004
	70% เอทานอล	310	3.37	3.36	3.36	3.36	0.002
	50% เอทานอล	305	3.83	3.83	3.83	3.83	0.002
	30% เอทานอล	310	3.17	3.16	3.16	3.17	0.003
	น้ำปราศจากอิมูน	310	7.42	7.39	7.40	7.40	0.016
ข้าวกล้อง	95% เอทานอล	315	3.98	3.98	3.98	3.98	0.002
	70% เอทานอล	315	6.00	6.00	6.01	6.00	0.004
	50% เอทานอล	315	2.93	3.03	2.92	2.96	0.064
	30% เอทานอล	315	7.11	7.13	7.13	7.12	0.010
	น้ำปราศจากอิมูน	310	7.93	7.92	7.93	7.93	0.006

ภาคผนวก จ

การตั้งตำรับผลิตภัณฑ์ครีมและเซรั่มที่มีส่วนผสมของสารสกัดข้าวข.43 และการประเมินลักษณะทาง
เคมีกายภาพ และจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง

1. การเตรียมตำรับเซรัม

เตรียมตำรับเซรัมด้วยกระบวนการไม่ใช้ความร้อน (Cold process) ทำการตั้งตำรับจำนวน 3 ครั้ง (Batch) โดยแต่ละครั้งมีปริมาณ 200 กรัม สูตรตำรับและปริมาณของตำรับเซรัมเบส แสดงในตารางที่ จ-1

ตารางที่ จ-1 ปริมาณและหน้าที่องค์ประกอบของตำรับเซรัมเบส

ส่วนประกอบ (Ingredients)	ปริมาณ (%w/w)	ปริมาณที่เตรียม (200 กรัม)			หน้าที่ในตำรับ
		Batch 1	Batch 2	Batch 3	
Deionize water	Qs to 100	181.45	181.32	181.19	Diluent
Disodium EDTA	0.1	0.22	0.22	0.20	Chelating agent
Propylene glycol	2.0	4.06	4.00	4.02	Humectant
Glycerin	3.0	6.04	6.00	6.28	Humectant
Hydroxyethyl cellulose (HEC)	0.6	1.20	1.20	1.20	Thickener
Ethylhexylglycerin (and) Propanediol	2.0	4.00	4.02	4.07	Preservative booster
Phenoxyethanol	0.5	1.00	1.14	1.02	Preservative
PEG-40 Hydrogenated castor oil	1.0	2.03	2.10	2.02	Solubilizer

ตารางที่ จ-2 แสดงปริมาณและหน้าที่องค์ประกอบของตำรับเซรัมที่มีส่วนผสมของสารสกัดข้าวกล.43 เตรียมตำรับเซรัมด้วยกระบวนการไม่ใช้ความร้อน (Cold process) ทำการตั้งตำรับจำนวน 3 ครั้ง (Batch) โดยแต่ละครั้งมีปริมาณ 150 กรัม โดยปริมาณสารสกัดข้าวกล.43 ที่เติมในตำรับอ้างอิงจากผลการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

ตารางที่ จ-2 ปริมาณและหน้าที่องค์ประกอบของตำรับเซรัมที่มีส่วนผสมของสารสกัดข้าวกล.43

ส่วนประกอบ (Ingredients)	ปริมาณ (%w/w)	ปริมาณที่เตรียม (150 กรัม)			หน้าที่ในตำรับ
		Batch 1	Batch 2	Batch 3	
Deionize water	Qs to 100	135.64	135.64	135.44	Diluent
Disodium EDTA	0.1	0.15	0.15	0.15	Chelating agent
Propylene glycol	2.0	3.10	3.03	3.03	Humectant
Glycerin	3.0	4.55	4.51	4.57	Humectant
Hydroxyethyl Cellulose (HEC)	0.6	0.90	0.90	0.90	Thickener
Ethylhexylglycerin (and) Propanediol	2.0	3.00	3.33	3.20	Preservative booster
Phenoxyethanol	0.5	0.75	0.75	0.77	Preservative
PEG-40 Hydrogenated castor oil	1.0	1.50	1.52	1.53	Solubilizer
Brown Rice RD 43 extract	0.27	0.410	0.405	0.407	Active ingredient

2. การตั้งตำรับครีม

เตรียมตำรับครีมรูปแบบอิมัลชันชนิดน้ำมันกระจายในน้ำ ด้วยวิธี Beaker method ทำการตั้งตำรับจำนวน 3 ครั้ง (Batch) โดยแต่ละครั้งมีปริมาณ 200 กรัม สูตรตำรับและปริมาณของตำรับครีมเบส แสดงในตารางที่ จ-3

ตารางที่ จ-3 ปริมาณและหน้าที่องค์ประกอบของตำรับครีมเบส

ส่วนประกอบ (Ingredients)	ปริมาณ (%w/w)	ปริมาณที่เตรียม (200 กรัม)			หน้าที่ในตำรับ
		Batch 1	Batch 2	Batch 3	
Deionize water	Qs to 100	175.96	176.27	175.80	Diluent
Disodium EDTA	0.1	0.20	0.20	0.20	Chelating agent
Propylene glycol	1.0	4.20	4.04	4.08	Humectant
Glycerin	2.0	2.08	2.00	2.02	Humectant
Butylene glycol	1.0	2.00	2.06	2.48	Humectant
Sodium polyacrylate	0.1	0.20	0.20	0.20	Thickener
Dimethicone (and) Dimethicone/Vinyl Dimethicone Crosspolymer	0.5	1.03	1.02	1.02	Emollient
Glyceryl Stearate (and) PEG-100 Stearate	1.0	2.11	2.01	2.01	Emulsifier
Cyclomethicone	1.0	2.04	2.06	2.08	Emollient
Polyacrylamide and C13- 14 Isoparaffin and Laureth-7	1.5	3.01	3.02	3.01	Thickener
Ethylhexylglycerin (and) Propanediol	2.0	4.16	4.00	4.02	Preservative booster
Phenoxyethanol	0.5	1.00	1.00	1.02	Preservative
Polyethylene glycol 400	1.0	2.01	2.12	2.06	Solubilizer

ปริมาณและหน้าที่องค์ประกอบของตำรับครีมที่มีส่วนผสมของสารสกัดข้าว กข.43 แสดงในตารางที่ จ-4 โดยเตรียมตำรับครีมรูปแบบอิมัลชันชนิดน้ำมันกระจายในน้ำ ด้วยวิธี Beaker method ทำการตั้งตำรับจำนวน 3 ครั้ง (Batch) โดยแต่ละครั้งมีปริมาณ 150 กรัม และปริมาณสารสกัดข้าวกล้อง กข.43 ที่เติมในตำรับอ้างอิงจากผลการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

ตารางที่ จ-4 ปริมาณและหน้าที่องค์ประกอบของตำรับครีมที่มีส่วนผสมของสารสกัดข้าวกล.43

ส่วนประกอบ (Ingredients)	ปริมาณ (%w/w)	ปริมาณที่เตรียม (150 กรัม)			หน้าที่ในตำรับ
		Batch 1	Batch 2	Batch 3	
Deionize water	Qs to 100	131.62	131.51	131.58	Diluent
Disodium EDTA	0.1	0.14	0.15	0.15	Chelating agent
Propylene glycol	1.0	3.03	3.33	3.06	Humectant
Glycerin	2.0	1.57	1.56	1.50	Humectant
Butylene glycol	1.0	1.50	1.54	1.53	Humectant
Sodium polyacrylate	0.1	0.15	0.15	0.15	Thickener
Dimethicone (and) Dimethicone/Vinyl Dimethicone Crosspolymer	0.5	0.75	0.76	0.75	Emollient
Glyceryl Stearate (and) PEG-100 Stearate	1.0	1.50	1.50	1.53	Emulsifier
Cyclomethicone	1.0	1.57	1.50	1.50	Emollient
Polyacrylamide and C13- 14 Isoparaffin and Laureth-7	1.5	2.30	2.30	2.27	Thickener
Ethylhexylglycerin (and) Propanediol	2.0	3.18	3.02	3.30	Preservative booster
Phenoxyethanol	0.5	0.77	0.75	0.75	Preservative
Polyethylene glycol 400	1.0	1.52	1.52	1.53	Solubilizer
Brown Rice RD 43 extract	0.27	0.405	0.407	0.405	Active ingredient

3. การประเมินลักษณะทางเคมีกายภาพ และจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง

การประเมินลักษณะภายนอกของตำรับเซรั่มและครีมที่เติมและไม่เติมสารสกัด ได้แก่ ความเป็นเนื้อเดียวกัน การแยกชั้น สี และกลิ่น ทำการประเมินด้วยประสาทสัมผัส (Organoleptic) ค่าความหนืด (Viscosity) ทดสอบด้วยเครื่องวัดความหนืด (Viscosity) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ทดสอบด้วยเครื่อง pH meter ค่าสี L^* a^* b^* ทดสอบด้วยเครื่องวัดสี (Chroma meter) ผลการประเมินแสดงในตารางที่ จ-5-8 และการตรวจวิเคราะห์การปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ ด้วยวิธี Total aerobic plate count ดังภาพที่ จ-1 และ จ-2

ตารางที่ จ-5 การประเมินลักษณะภายนอก การแยกชั้น สี กลิ่น และค่าความหนืดของตำรับเซรามเบสและตำรับเซรามที่มีส่วนผสมของสารสกัดข้าวภ.43

ตำรับเซราม	ลักษณะภายนอก	การแยกชั้น	สี	กลิ่น	ค่าความหนืด (cP)			ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
					Batch 1	Batch 2	Batch 3		
เบส	เนื้อเซรามใส	ไม่แยกชั้น	ใสไม่มีสี	ไม่มีกลิ่น	404.30	376.70	386.30	389.10	14.01
เติมสารสกัด	เนื้อเซรามใส	ไม่แยกชั้น	สีเหลืองขุ่น	ไม่มีกลิ่น	395.9	410.3	403.1	403.10	7.20

ตารางที่ จ-6 การประเมินค่าความเป็นกรดต่าง และค่าสี L*a*b* ของตำรับเซรามเบสและตำรับเซรามที่มีส่วนผสมของสารสกัดข้าวภ.43

ตำรับเซราม	ค่าความเป็นกรดต่าง (pH)					ค่าสี L*a*b*				
	Batch 1	Batch 2	Batch 3	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	Batch 1	Batch 2	Batch 3	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
เบส	6.05	6.09	6.20	6.11	0.078	L* = 18.21 a* = -2.33 b* = 2.67	L* = 17.18 a* = -2.21 b* = 2.49	L* = 14.18 a* = -2.21 b* = 2.49	L* = 16.52 a* = -2.25 b* = 2.55	L* = 2.094 a* = 0.069 b* = 0.104
เติมสารสกัด	6.68	6.77	6.73	6.73	0.045	L* = 13.22 a* = 0.10 b* = 2.70	L* = 13.22 a* = 0.13 b* = 2.65	L* = 13.83 a* = 0.16 b* = 2.77	L* = 13.42 a* = 0.13 b* = 2.71	L* = 0.352 a* = 0.030 b* = 0.060

หมายเหตุ: ค่า L* หมายถึง ความสว่าง (+ คือขาวหรือสว่าง และ - คือดำหรือทึบ) ค่า a* แสดงความเป็นสีแดงและสีเขียว (+ คือสีไปทางแดง และ - คือ มีสี ไปทางเขียว) และค่า b* แสดงความเป็นสีเหลืองและน้ำเงิน (+ คือสีไปทางเหลือง และ - คือสีไปทางน้ำเงิน)

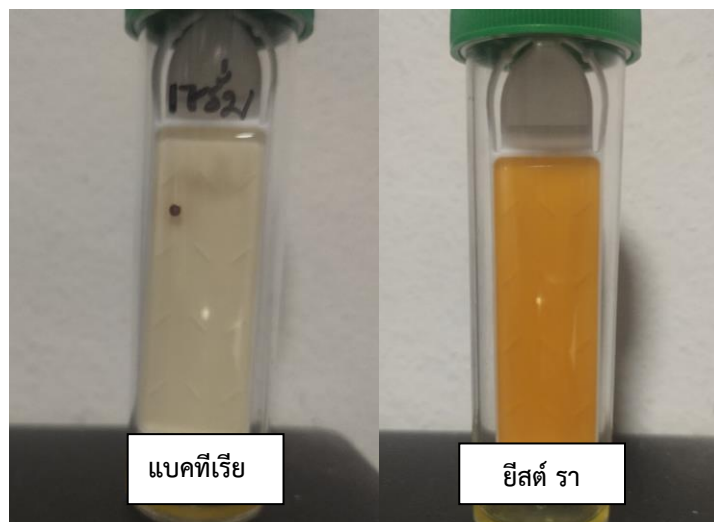
ตารางที่ จ-7 การประเมินลักษณะภายนอก การแยกชั้น สี กลิ่น และค่าความหนืดของตำรับครีมเบสและตำรับครีมที่มีส่วนผสมของสารสกัดข้าวภข.43

ตำรับครีม	ลักษณะภายนอก	การแยกชั้น	สี	กลิ่น	ค่าความหนืด (cP)			ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
					Batch 1	Batch 2	Batch 3		
เบส	เนื้อครีมสีขาว เป็นเนื้อเดียวกัน มีความมันวาว	ไม่แยกชั้น	ขาว	ไม่มีกลิ่น	10138	9874	9610	9874.00	264.000
เติมสารสกัด	เนื้อครีมสีเหลืองอ่อน เป็นเนื้อเดียวกัน มีความมันวาว	ไม่แยกชั้น	สีเหลืองอ่อน	ไม่มีกลิ่น	5237	5933	4820	5330.00	562.298

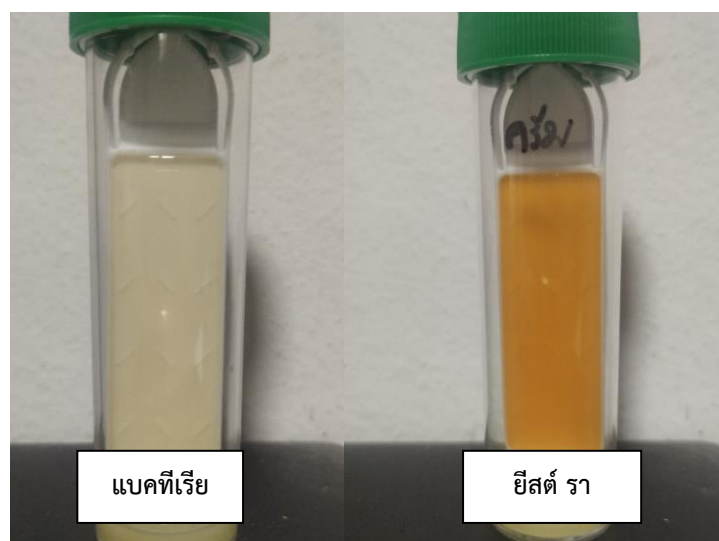
ตารางที่ จ-8 การประเมินค่าความเป็นกรดต่าง และค่าสี L*a*b* ของตำรับครีมเบสและตำรับครีมที่มีส่วนผสมของสารสกัดข้าวภข.43

ตำรับครีม	ค่าความเป็นกรดต่าง (pH)					ค่าสี L*a*b*				
	Batch 1	Batch 2	Batch 3	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	Batch 1	Batch 2	Batch 3	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
เบส	7.10	7.01	6.98	7.03	0.062	L* = 28.66 a* = -0.61 b* = -1.56	L* = 29.92 a* = -0.66 b* = -1.54	L* = 25.89 a* = -0.63 b* = -1.55	L* = 28.16 a* = -0.63 b* = -1.55	L* = 2.062 a* = 0.025 b* = 0.010
เติมสารสกัด	6.62	7.16	6.54	6.77	0.337	L* = 21.25 a* = -0.47 b* = 1.88	L* = 18.40 a* = -0.44 b* = 1.96	L* = 19.46 a* = -0.48 b* = 1.94	L* = 19.70 a* = -0.46 b* = 1.93	L* = 1.440 a* = 0.021 b* = 0.042

หมายเหตุ: ค่า L* หมายถึง ความสว่าง (+ คือขาวหรือสว่าง และ - คือดำหรือทึบ) ค่า a* แสดงความเป็นสีแดงและสีเขียว (+ คือสีไปทางแดง และ - คือมีสี ไปทางเขียว) และค่า b* แสดงความเป็นสีเหลืองและน้ำเงิน (+ คือสีไปทางเหลือง และ - คือสีไปทางน้ำเงิน)



ภาพที่ จ-1 ผลการทดสอบการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ของตำรับเซรามที่มีส่วนผสมของสารสกัดข้าวข.43
ด้วยวิธี Total aerobic plate count



ภาพที่ จ-2 ผลการทดสอบการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ของตำรับครีมที่มีส่วนผสมของสารสกัดข้าวข.43
ด้วยวิธี Total aerobic plate count

ภาคผนวก จ

การประเมินความคงตัวของตำรับผลิตภัณฑ์ครีมและเซรั่มที่มีส่วนผสมของสารสกัดข้าวข.43

ตารางที่ ฉ-1 การประเมินความคงตัวทางกายภาพของตำรับเซรามเบสและตำรับเซรามที่มีส่วนผสมของสารสกัดข้าวข.43

สภาวะการทดสอบ	ตำรับเบส				ตำรับเซรามที่มีส่วนผสมของสารสกัด			
	ลักษณะภายนอก	การแยกชั้น	สี	กลิ่น	ลักษณะภายนอก	การแยกชั้น	สี	กลิ่น
สภาวะเริ่มต้น	เนื้อเซรามใส	ไม่แยกชั้น	ใสไม่มีสี	ไม่มีกลิ่น	เนื้อเซรามใส	ไม่แยกชั้น	สีเหลืองขุ่น	ไม่มีกลิ่น
อุณหภูมิห้อง	เนื้อเซรามใส	ไม่แยกชั้น	ใสไม่มีสี	ไม่มีกลิ่น	เนื้อเซรามใส	ไม่แยกชั้น	สีเหลืองขุ่น	ไม่มีกลิ่น
อุณหภูมิ 4°C	เนื้อเซรามใส	ไม่แยกชั้น	ใสไม่มีสี	ไม่มีกลิ่น	เนื้อเซรามใส	ไม่แยกชั้น	สีเหลืองขุ่น	ไม่มีกลิ่น
อุณหภูมิ 45°C	เนื้อเซรามใส	ไม่แยกชั้น	ใสไม่มีสี	ไม่มีกลิ่น	เนื้อเซรามใส	ไม่แยกชั้น	สีเหลืองขุ่น	ไม่มีกลิ่น
อุณหภูมิร้อนสลับเย็น	เนื้อเซรามใส	ไม่แยกชั้น	ใสไม่มีสี	ไม่มีกลิ่น	เนื้อเซรามใส	ไม่แยกชั้น	สีเหลืองขุ่น	ไม่มีกลิ่น

ตารางที่ ฉ-2 การประเมินความคงตัวค่าความหนืดของตำรับเซรามเบสและตำรับเซรามที่มีส่วนผสมของสารสกัดข้าวข.43

สภาวะการทดสอบ	ตำรับเบส					ตำรับเซรามที่มีส่วนผสมของสารสกัด				
	Batch 1	Batch 2	Batch 3	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	Batch 1	Batch 2	Batch 3	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
สภาวะเริ่มต้น	404.30	376.70	386.30	389.10	14.01	395.9	410.3	403.1	403.10	7.20
อุณหภูมิห้อง	296.30	289.10	287.50	290.97	4.69	394.80	401.50	383.15	393.15	9.28
อุณหภูมิ 4°C	367.70	417.50	363.50	382.90	30.04	496.30	517.90	487.10	500.43	15.81
อุณหภูมิ 45°C	234.00	210.00	218.40	220.80	12.18	154.60	149.40	147.50	150.50	3.68
อุณหภูมิร้อนสลับเย็น	395.90	430.70	439.10	421.90	22.90	416.90	442.20	424.55	427.88	12.98

ตารางที่ ฉ-3 การประเมินความคงตัวค่าความเป็นกรดต่างของตำรับเซรามิกส์และตำรับเซรามิกส์ที่มีส่วนผสมของสารสกัดข้าวกล.43

สภาวะการทดสอบ	ตำรับเบส					ตำรับเซรามิกส์ที่มีส่วนผสมของสารสกัด				
	Batch 1	Batch 2	Batch 3	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	Batch 1	Batch 2	Batch 3	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน
สภาวะเริ่มต้น	6.05	6.09	6.20	6.11	0.08	6.68	6.77	6.73	6.73	0.05
อุณหภูมิห้อง	7.21	7.03	6.82	7.02	0.19	6.35	6.51	6.53	6.46	0.10
อุณหภูมิ 4°C	6.45	6.10	6.32	6.29	0.18	6.01	6.09	6.05	6.05	0.04
อุณหภูมิ 45°C	7.03	6.60	7.18	6.94	0.30	6.21	6.44	5.82	6.16	0.31
อุณหภูมิร้อนสลับเย็น	6.02	6.32	6.16	6.17	0.15	6.62	7.01	6.82	6.82	0.19

ตารางที่ ฉ-4 การประเมินความคงตัวค่าสีของตำรับเซรามิกและตำรับเซรามิกที่มีส่วนผสมของสารสกัดข้าวคั่ว.43

สถานะการทดสอบ	ตำรับเบส					ตำรับเซรามิกที่มีส่วนผสมของสารสกัด				
	Batch 1	Batch 2	Batch 3	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	Batch 1	Batch 2	Batch 3	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
สถานะเริ่มต้น	L* = 28.66 a* = -0.61 b* = -1.56	L* = 29.92 a* = -0.66 b* = -1.54	L* = 25.89 a* = -0.63 b* = -1.55	L* = 28.16 a* = -0.63 b* = -1.55	L* = 2.062 a* = 0.025 b* = 0.010	L* = 13.22 a* = 0.10 b* = 2.70	L* = 13.22 a* = 0.13 b* = 2.65	L* = 13.83 a* = 0.16 b* = 2.77	L* = 13.42 a* = 0.13 b* = 2.71	L* = 0.352 a* = 0.030 b* = 0.060
อุณหภูมิห้อง	L* = 15.82 a* = -0.12 b* = 2.03	L* = 15.58 a* = -0.21 b* = 2.01	L* = 13.41 a* = -0.12 b* = 2.48	L* = 14.94 a* = -0.15 b* = 2.17	L* = 1.328 a* = 0.052 b* = 0.266	L* = 12.47 a* = 0.21 b* = 2.70	L* = 13.10 a* = 0.19 b* = 2.68	L* = 12.73 a* = 0.19 b* = 2.69	L* = 12.77 a* = 0.20 b* = 2.69	L* = 0.317 a* = 0.012 b* = 0.010
อุณหภูมิ 4°C	L* = 16.08 a* = -0.21 b* = 1.91	L* = 16.32 a* = -0.29 b* = 2.22	L* = 16.74 a* = -0.36 b* = 1.89	L* = 16.38 a* = -0.29 b* = 2.01	L* = 0.334 a* = 0.075 b* = 0.185	L* = 12.11 a* = 0.27 b* = 2.77	L* = 11.95 a* = 0.09 b* = 2.82	L* = 12.03 a* = 0.18 b* = 2.79	L* = 12.03 a* = 0.18 b* = 2.79	L* = 0.080 a* = 0.090 b* = 0.025
อุณหภูมิ 45°C	L* = 16.65 a* = -0.15 b* = 1.76	L* = 16.02 a* = -0.24 b* = 1.91	L* = 17.25 a* = -0.34 b* = 2.30	L* = 16.64 a* = -0.24 b* = 1.99	L* = 0.615 a* = 0.095 b* = 0.279	L* = 13.10 a* = 0.04 b* = 3.29	L* = 11.36 a* = 0.16 b* = 3.26	L* = 12.23 a* = 0.10 b* = 3.27	L* = 12.23 a* = 0.10 b* = 3.27	L* = 0.870 a* = 0.060 b* = 0.015
อุณหภูมิร้อน สลับเย็น	L* = 16.31 a* = -0.25 b* = 2.24	L* = 17.00 a* = -0.22 b* = 2.42	L* = 16.52 a* = -0.19 b* = 2.16	L* = 16.61 a* = -0.22 b* = 2.27	L* = 0.354 a* = 0.030 b* = 0.133	L* = 12.90 a* = 0.02 b* = 2.79	L* = 12.56 a* = 0.05 b* = 2.80	L* = 12.53 a* = 0.04 b* = 2.79	L* = 12.66 a* = 0.04 b* = 2.79	L* = 0.206 a* = 0.015 b* = 0.006

หมายเหตุ: ค่า L* หมายถึง ความสว่าง (+ คือขาวหรือสว่าง และ - คือดำหรือทึบ) ค่า a* แสดงความเป็นสีแดงและสีเขียว (+ คือสีไปทางแดง และ - คือมีสี ไปทางเขียว) และค่า b* แสดงความเป็นสีเหลืองและน้ำเงิน (+ คือสีไปทางเหลือง และ - คือสีไปทางน้ำเงิน)

ตารางที่ ฉ-5 การประเมินความคงตัวทางกายภาพของตำรับครีมเบสและตำรับครีมที่มีส่วนผสมของสารสกัดข้าวทข.43

สภาวะการทดสอบ	ตำรับครีมเบส				ตำรับครีมที่มีส่วนผสมของสารสกัด			
	ลักษณะภายนอก	การแยกชั้น	สี	กลิ่น	ลักษณะภายนอก	การแยกชั้น	สี	กลิ่น
สภาวะเริ่มต้น	เนื้อครีมสีขาว เป็นเนื้อเดียวกัน มีความมันวาว	ไม่แยกชั้น	ขาว	ไม่มีกลิ่น	เนื้อครีมสีเหลืองอ่อน เป็นเนื้อเดียวกัน มีความมันวาว	ไม่แยกชั้น	สีเหลืองอ่อน	ไม่มีกลิ่น
อุณหภูมิห้อง	เนื้อครีมสีขาว เป็นเนื้อเดียวกัน มีความมันวาว	ไม่แยกชั้น	ขาว	ไม่มีกลิ่น	เนื้อครีมสีเหลืองอ่อน เป็นเนื้อเดียวกัน มีความมันวาว	ไม่แยกชั้น	สีเหลืองอ่อน	ไม่มีกลิ่น
อุณหภูมิ 4°C	เนื้อครีมสีขาว เป็นเนื้อเดียวกัน มีความมันวาว	ไม่แยกชั้น	ขาว	ไม่มีกลิ่น	เนื้อครีมสีเหลืองอ่อน เป็นเนื้อเดียวกัน มีความมันวาว	ไม่แยกชั้น	สีเหลืองอ่อน	ไม่มีกลิ่น
อุณหภูมิ 45°C	เนื้อครีมสีขาว เป็นเนื้อเดียวกัน มีความมันวาว	ไม่แยกชั้น	ขาว	ไม่มีกลิ่น	เนื้อครีมสีเหลืองอ่อน เป็นเนื้อเดียวกัน มีความมันวาว	ไม่แยกชั้น	สีเหลืองอ่อน	ไม่มีกลิ่น
อุณหภูมิร้อนสลับเย็น	เนื้อครีมสีขาว เป็นเนื้อเดียวกัน มีความมันวาว	ไม่แยกชั้น	ขาว	ไม่มีกลิ่น	เนื้อครีมสีเหลืองอ่อน เป็นเนื้อเดียวกัน มีความมันวาว	ไม่แยกชั้น	สีเหลืองอ่อน	ไม่มีกลิ่น

ตารางที่ ฉ-6 การประเมินความคงตัวค่าความหนืดของตำรับครีมเบสและตำรับครีมที่มีส่วนผสมของสารสกัดข้าวภข.43

สภาวะการทดสอบ	ตำรับครีมเบส					ตำรับครีมที่มีส่วนผสมของสารสกัด				
	Batch 1	Batch 2	Batch 3	ค่าเฉลี่ย	ส่วน เบี่ยงเบน มาตรฐาน	Batch 1	Batch 2	Batch 3	ค่าเฉลี่ย	ส่วน เบี่ยงเบน มาตรฐาน
สภาวะเริ่มต้น	10138	9874	9610	9874.00	264.00	5237	5933	4820	5330.00	562.30
อุณหภูมิห้อง	12065	10456	10795	11105.33	848.20	5459	5747	5603	5603.00	144.00
อุณหภูมิ 4°C	11506	10114	11907	11175.67	941.04	5007	4112	4238	4452.33	484.47
อุณหภูมิ 45°C	12598	11985	10934	11839.00	841.55	5873	5705	5855	5811.00	92.24
อุณหภูมิร้อนสลับเย็น	9810	10114	9970	9964.67	152.07	5789	5951	5870	5870.00	81.00

ตารางที่ ฉ-7 การประเมินความคงตัวค่าความเป็นกรดต่างของตำรับครีมเบสและตำรับครีมที่มีส่วนผสมของสารสกัดข้าวภข.43

สภาวะการทดสอบ	ตำรับครีมเบส					ตำรับครีมที่มีส่วนผสมของสารสกัด				
	Batch 1	Batch 2	Batch 3	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	Batch 1	Batch 2	Batch 3	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน
สภาวะเริ่มต้น	7.10	7.01	6.98	7.03	0.06	6.62	7.16	6.54	6.77	0.34
อุณหภูมิห้อง	6.95	6.97	7.02	6.98	0.04	7.02	6.92	6.95	6.96	0.05
อุณหภูมิ 4°C	6.00	7.20	6.67	6.62	0.60	6.97	6.89	6.94	6.93	0.04
อุณหภูมิ 45°C	7.03	6.99	7.09	7.04	0.05	6.80	6.86	6.97	6.88	0.09
อุณหภูมิร้อนสลับเย็น	6.96	6.99	7.05	7.00	0.05	6.98	6.93	6.95	6.95	0.03

ตารางที่ ๘-8 การประเมินความคงตัวค่าสีของตำรับครีมเบสและตำรับครีมที่มีส่วนผสมของสารสกัดข้าวข.43

สถานะการทดสอบ	ตำรับครีมเบส					ตำรับครีมที่มีส่วนผสมของสารสกัด				
	Batch 1	Batch 2	Batch 3	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	Batch 1	Batch 2	Batch 3	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
สถานะเริ่มต้น	L* = 18.21 a* = -2.33 b* = 2.67	L* = 17.18 a* = -2.21 b* = 2.49	L* = 14.18 a* = -2.21 b* = 2.49	L* = 16.52 a* = -2.25 b* = 2.55	L* = 2.094 a* = 0.069 b* = 0.104	L* = 21.25 a* = -0.47 b* = 1.88	L* = 18.40 a* = -0.44 b* = 1.96	L* = 19.46 a* = -0.48 b* = 1.94	L* = 19.70 a* = -0.46 b* = 1.93	L* = 1.440 a* = 0.021 b* = 0.042
อุณหภูมิห้อง	L* = 24.96 a* = -0.58 b* = 1.59	L* = 24.04 a* = -0.58 b* = 1.24	L* = 25.17 a* = -0.43 b* = 1.07	L* = 24.72 a* = -0.53 b* = 1.30	L* = 0.601 a* = 0.087 b* = 0.265	L* = 18.64 a* = -0.70 b* = 2.70	L* = 17.41 a* = -0.70 b* = 3.29	L* = 18.03 a* = -0.70 b* = 3.00	L* = 18.03 a* = -0.70 b* = 3.00	L* = 0.615 a* = 0.000 b* = 0.295
อุณหภูมิ 4°C	L* = 22.83 a* = -0.59 b* = 1.19	L* = 24.90 a* = -0.56 b* = 1.21	L* = 24.77 a* = -0.56 b* = 1.21	L* = 24.17 a* = -0.57 b* = 1.20	L* = 1.159 a* = 0.017 b* = 0.012	L* = 18.93 a* = -0.69 b* = 3.12	L* = 20.33 a* = -0.73 b* = 2.69	L* = 18.03 a* = -0.70 b* = 2.95	L* = 19.10 a* = -0.71 b* = 2.92	L* = 1.159 a* = 0.021 b* = 0.217
อุณหภูมิ 45°C	L* = 21.14 a* = -0.76 b* = 1.76	L* = 22.49 a* = -0.71 b* = 1.98	L* = 21.23 a* = -0.77 b* = 2.21	L* = 21.62 a* = -0.75 b* = 1.98	L* = 0.755 a* = 0.032 b* = 0.225	L* = 17.90 a* = -0.55 b* = 4.27	L* = 19.32 a* = -0.52 b* = 3.89	L* = 18.30 a* = -0.51 b* = 4.78	L* = 18.51 a* = -0.53 b* = 4.31	L* = 0.732 a* = 0.021 b* = 0.447
อุณหภูมิร้อน สลับเย็น	L* = 25.89 a* = -0.61 b* = 1.91	L* = 25.22 a* = -0.63 b* = 1.77	L* = 23.39 a* = -0.57 b* = 1.60	L* = 24.83 a* = -0.60 b* = 1.76	L* = 1.294 a* = 0.031 b* = 0.155	L* = 18.34 a* = -0.80 b* = 2.75	L* = 18.18 a* = -0.87 b* = 3.02	L* = 18.21 a* = -0.84 b* = 2.64	L* = 18.24 a* = -0.84 b* = 2.80	L* = 0.085 a* = 0.035 b* = 0.196

หมายเหตุ: ค่า L* หมายถึง ความสว่าง (+ คือขาวหรือสว่าง และ - คือดำหรือทึบ) ค่า a* แสดงความเป็นสีแดงและสีเขียว (+ คือสีไปทางแดง และ - คือมีสี ไปทางเขียว) และค่า b* แสดงความเป็นสีเหลืองและน้ำเงิน (+ คือสีไปทางเหลือง และ - คือสีไปทางน้ำเงิน)

ภาคผนวก ข
ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติ

ตารางที่ ข-1 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติ One-way analysis of variance (ANOVA) ของปริมาณสารแกมมาออริซานอล สารฟีนอลิกรวม และสารฟลาโวนอยด์รวมของสารสกัดข้าวขาวและข้าวกล้อง กข.43

ANOVA						
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
GammaOryzanol	Between Groups	489.324	9	54.369	206466.027	.000
	Within Groups	.005	20	.000		
	Total	489.330	29			
Flavonoids	Between Groups	1752.716	9	194.746	566.919	.000
	Within Groups	6.870	20	.344		
	Total	1759.586	29			
Phenolic	Between Groups	1477.133	9	164.126	326.794	.000
	Within Groups	10.045	20	.502		
	Total	1487.178	29			

ตารางที่ ข-2 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติ One-way analysis of variance (ANOVA) ของผลการทดสอบความเป็นพิษ (Cytotoxicity test) ของสารสกัดข้าวกล้อง กข.43

ANOVA					
Percent Cell Viability					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	156526.275	31	5049.235	1146.842	.000
Within Groups	281.775	64	4.403		
Total	156808.049	95			

ตารางที่ ข-3 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติ One-way analysis of variance (ANOVA) ของผลการทดสอบความเป็นพิษ (Cytotoxicity test) ของสารสกัดข้าวขาว กข.43

ANOVA					
Percent Cell Viability					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	113105.306	31	3648.558	921.358	.000
Within Groups	253.439	64	3.960		
Total	113358.745	95			

ตารางที่ ข-4 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติ One-way analysis of variance (ANOVA) ของผลการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดข้าวขาวและข้าวกล้อง กข.43

ANOVA						
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
DPPH	Between Groups	1402.613	9	155.846	1964.278	.000
	Within Groups	1.587	20	.079		
	Total	1404.199	29			
FRAP	Between Groups	603893.699	9	67099.300	22471.299	.000
	Within Groups	59.720	20	2.986		
	Total	603953.419	29			
HRSA	Between Groups	2494094.651	9	277121.628	113.729	.000
	Within Groups	48733.723	20	2436.686		
	Total	2542828.374	29			
SRSA	Between Groups	3524395.746	9	391599.527	569.418	.000
	Within Groups	13754.378	20	687.719		
	Total	3538150.124	29			

ตารางที่ ข-5 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติ One-way analysis of variance (ANOVA) ของผลการทดสอบ
ประสิทธิภาพในการป้องกันแสงแดด ของสารสกัดข้าวขาวและข้าวกล้อง กข 43

ANOVA					
SPF					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	102.914	9	11.435	25343.280	.000
Within Groups	.009	20	.000		
Total	102.923	29			

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ขวัญจิต อีสระสุข

ตำแหน่ง

กรรมการบริหารหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

ประวัติการศึกษา

ปริญญาตรี

วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมี มหาวิทยาลัยรามคำแหง

พ.ศ. 2549

ปริญญาโท

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง (หลักสูตร

นานาชาติ) มหาวิทยาลัยนเรศวร

พ.ศ. 2557