สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

เรื่อง

# การพัฒนาผลิตภัณฑ์โลชั่นบำรุงผิวที่มีส่วนผสมของสารสกัดที่มีฤทธิ์ชีวภาพ และการประเมินปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระจากข้าวไทย

# Development of skin care lotion containing bioactive extracts and evaluation of anti-oxidant compounds from Thai rice

T137617

โดย

ผศ.ดร. จิตติ ท่าไว

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจาก คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ประจำปี 2557

RCH
ว411ก
2557

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 137617
วัน.เดือน.ปี 13 ก.ค. 2558

b 12695245
i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากคณะวิทยาสาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ผู้วิจัยขอขอบคุณหน่วยงานดังกล่าวที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัยตลอดการวิจัยในครั้งนี้

ผศ.ดร. จิตติ ท่าไว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | |
|---|---|
| **ชื่อโครงการ (ภาษาไทย)** | การพัฒนาผลิตภัณฑ์โลชั่นบำรุงผิวที่มีส่วนผสมของสารสกัดที่มีฤทธิ์ชีวภาพและการประเมินปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระจากข้าวไทย |
| **(ภาษาอังกฤษ)** | Development of skin care lotion containing bioactive extracts and evaluation of anti-oxidant compounds from Thai rice |

**ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก** คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ประจำปี 2557
ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี เดือนกันยายน 2556 ถึง ตุลาคม 2557
ผู้ดำเนินการวิจัย ผศ.ดร. จิตติ ท่าไว
สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์
โทรศัพท์ 02-3298400 ต่อ 235

## บทคัดย่อ

น้ำมันรำข้าวถูกสกัดจากวิธีการหมักด้วยวิธีดั้งเดิมและการสกัดโดยใช้คลื่นเสียงร่วมกับตัวทำละลายหลายชนิดและหลายอัตราส่วนของรำข้าวและตัวทำละลาย น้ำมันที่ได้ถูกวิเคราะห์ด้วย รีเวิร์สเฟส-เอช พี แอล ซี ที่ต่อกับเครื่องตรวจวัดชนิดฟลูออเรสเซ็น ความสามารถในการดักจับอนุมูลอิสระถูกทดสอบโดยวิธีดี พี พี เอช สำหรับจุดมุ่งหมายของงานวิจัยนี้คือเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการสกัดสองวิธี ได้แก่ วิธีการหมักด้วยวิธีดั้งเดิมและการสกัดโดยใช้คลื่นเสียงร่วมกับตัวทำละลาย พบว่าสภาวะที่ดีที่สุดในการสกัดเพื่อให้ได้รำข้าว คือ การสกัดโดยใช้คลื่นเสียงร่วมกับอะซิโตนที่อัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายเท่ากับ 1:4 เป็นเวลา 30 นาที และการสกัดโดยใช้คลื่นเสียงร่วมกับไอโซโพรพานอลที่อัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายเท่ากับ 1:2 เป็นเวลา 60 นาที สำหรับการสกัดเพื่อให้ได้สารแกมม่า-ออไรซานอลเพิ่มขึ้น คือ การสกัดโดยใช้คลื่นเสียงร่วมกับเอทานอลที่อัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายเท่ากับ 1:6 เป็นเวลา 30 นาที สำหรับการพัฒนาโลชั่นที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ผสมสารแกมม่า-ออไรซานอลและน้ำมันรำข้าวนั้น มีตำรับโลชั่นจำนวน 7 ตำรับถูกสร้างขึ้นมา โลชั่นสูตรที่ 3 4 และ 7 ให้คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีที่ดี นั่นคือ มีเนื้อสัมผัส ความหนืด ค่าความเป็นกรด-ด่าง และความคงตัวที่ดี ดังนั้นทั้งสามตำรับจึงถูกเลือกมาทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธีวิธีดี พี พี เอช ประสิทธิภาพของสารกันบูด และความพึงพอใจจากอาสาสมัครจำนวน 50 คน ผลการศึกษาพบว่า พาราเบนเป็นสารกันบูดที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ที่ดีและโลชั่นทุกตำรับไม่ก่อให้เกิดการระคายเคือง สำหรับโลชั่นตำรับที่ 4 แสดงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ดีที่สุด ส่วนโลชั่นตำรับที่ 7 ได้รับความพึงพอใจจากอาสาสมัครมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Abstract

Rice bran oil was extracted by conventional solvent marceration method and ultrasonic-assited extraction with several organic solvents and solvent-to-rice ratio. The oil components were analyzed using reverse-phase HPLC and quantified with a fluorescence detector. The radical scavenging capability of the oil was tested with DPPH method. The aim of this research was to compare the efficiency of two extraction methods: ultrasonic-assited extraction and solvent extraction. The result showed that the best condition for rice bran oil extraction was ultrasonic-assited extraction with acetone using a solvent-to-rice ratio of 1:4 (w/w) for 30 min and ultrasonic-assited extraction with isopropanol using a solvent-to-rice ratio of 1:2 (w/w) for 60 min. For the increasing of γ-oryzanol, the best condition was ultrasonic-assited extraction with ethanol using a solvent-to-rice ratio of 1:6 (w/w) for 30 min. For the developing of the antioxidant oil in water lotion containing the gamma-oryzanol and rice bran oil, 7 formulas of lotion were created. The formula 3, 4, 7 exhibited the satisfied physical and chemical properties including texture of the lotion, viscosity, chemical qualification (Acid/Base) and the stability of lotion texture. Afterwards, the best three lotion formulas 3, 4 and 7 were selected for testing the efficiency of the preservatives, antioxidant activity using DPPH scavenging assay and statistical test for satisfaction (50 volunteers). The result of these studies revealed that parabens is the best preservative for inhibiting the microorganisms. In addition, the 4$^{th}$ lotion formula exhibited the best antioxidant activity. Furthermore, the result of satisfaction of volunteers showed that all lotion formulas have no an irritating effect on the skin and the 7$^{th}$ lotion formula is the most preferred lotion base.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ


| | หน้า |
|---|---|
| กิตติกรรมประกาศ | ก |
| บทคัดย่อภาษาไทย | ข |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ | ค |
| สารบัญ | ง |
| บทที่ 1 บทนำ | 1 |
| บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ | 3 |
| บทที่ 3 วิธีการดำเนินการ | 49 |
| บทที่ 4 ผลการดำเนินการวิจัย | 61 |
| บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ | 90 |
| เอกสารอ้างอิง | 92 |
| ภาคผนวก | 101 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1
# บทนำ

## 1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงานพิเศษ

โครงการวิจัยนี้เป็นการบูรณาการการวิจัยระหว่างสาขาวิชาชีววิทยาและสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เพื่อศึกษาเปรียบเทียบสารสำคัญต่างๆ โดยเฉพาะสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น gamma-oryzanol ซึ่งเป็นสำคัญในข้าวและนำสารสกัดสำคัญจากข้าวมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์โลชั่นบำรุงผิวเพื่อเพิ่มความชุ่มชื้น (moisturizing) และชะลอวัย (anti-aging) แก่ผิว เพื่อตอบโจทย์วิจัยด้านงานวิจัยเชิงบูรณาการและพาณิชย์และเพิ่มมูลค่าข้าวไทยให้สูงขึ้น รวมทั้งเป็นแนวทางสร้างผลิตภัณฑ์ตัวอย่างของคณะวิทยาศาสตร์ โครงการนี้ถือเป็นโครงการแรกของคณะวิทยาศาสตร์ เพื่อทำการศึกษาและผลิตผลิตภัณฑ์ทางเวชสำอางเพื่อเป็นแนวทางหารายได้ให้กับคณะต่อไปในอนาคต

ข้าวเป็นผลผลิตหลักที่ได้จากการเกษตรกรรมของไทย นอกจากข้าวจะเป็นอาหารหลักของคนไทยแล้วในปัจจุบันยังสามารถนำมาแปรรูปเป็นชีวผลิตภัณฑ์ต่างๆ ได้หลายชนิด ประเทศไทยมีข้าวสายพันธุ์ต่างๆ มากมายที่มีเอกลักษณ์เฉพาะตัว เช่น ข้าวหอมมะลิ ข้าวสีนิล ข้าวสาวไห้ และข้าวสายพันธุ์อื่นอีกหลายชนิด สารสกัดที่ได้จากส่วนต่างๆ ของข้าว เช่น ใบ ลำต้น และรวง มีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระได้สูง เมล็ดข้าวเมื่อนำมาสีเป็นข้าวสารจะเกิดรำข้าวปริมาณมากและในรำข้าวนี้มีสารสำคัญที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์อย่างมากมาย สารสำคัญชนิดหนึ่งในรำข้าว คือ กลุ่มสารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ(anti-oxidant compounds) เช่น vitamin E, polyphenol, anthocyanin, phytate เป็นต้น ซึ่งมีคุณสมบัติในการจับอนุมูลอิสระ โดยเฉพาะสารแกมม่าโอไรซานอล (gamma-oryzanol) ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระและมีคุณสมบัติทางชีวภาพอีกหลายอย่าง เช่น เป็นสารกระตุ้นการเจริญของร่างกาย ลดการปริมาณโคเลสเตอรอลในพลาสม่า ลดการรวมตัวของเกล็ดเลือด ช่วยรักษาระบบการทำงานของสมองที่ผิดปกติและลดรอยเหี่ยวย่นของผิวหนัง เป็นต้น ในปัจจุบันสารต้านอนุมูลอิสระต่างๆในข้าวได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้เป็นอาหารเสริมและที่กำลังได้รับความนิยมคือ นำมาเป็นสารช่วยลดรอยเหี่ยวย่น (anti-aging) และสารบำรุงผิวในเวชสำอาง สารต้านอนุมูลอิสระ เช่น แกมม่าโอไรซานอลพบได้ในข้าวสายพันธุ์ต่างๆ แต่มีปริมาณที่แตกต่างกันไป ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้จึงมุ่งเน้นเพื่อศึกษาเปรียบเทียบสารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระต่างๆ เช่น สารแกมม่าโอไรซานอลจากข้าวไทยสายพันธุ์ต่างๆ โดยเฉพาะข้าวหอมมะลิ และข้าวเจ้าหอมสุพรรณบุรี และพัฒนากระบวนการสกัดสารสำคัญของข้าว จากนั้นทำการสกัดสารสำคัญต่างๆ จากข้าวนำมาใช้เป็นส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์บำรุงผิวและผลิต ผลิตภัณฑ์ทางเวชสำอางต่างๆ เช่น โลชั่น ครีม และเซรั่มบำรุงผิว เพื่อเพิ่มมูลค่าของข้าวไทยและทำเป็นผลิตภัณฑ์ของคณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาและพัฒนากระบวนการสกัดสารแกมมาออไรซานอลจากข้าว

1.2.2 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของแกมมาออไรซานอลที่สกัดได้

1.2.3 เพื่อคิดค้นสูตรผลิตภัณฑ์บำรุงผิวที่มีส่วนประกอบจากสาระสำคัญของข้าว

1.2.4 เพื่อผลิตผลิตภัณฑ์บำรุงผิวในรูปแบบต่างๆ เช่น โลชั่นบำรุงผิว เป็นต้น

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

โครงการวิจัยชุดนี้มีเป้าหมายเพื่อทำการเปรียบเทียบปริมาณและพัฒนากระบวนการสกัดสารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในข้าวไทยสายพันธุ์ ข้าวเจ้าหอมสุพรรณ โดยวิธีการใช้คลื่นเสียงร่วมกับตัวทำละลายในสภาวะต่างๆ และเปรียบเทียบกับวิธีหมักด้วยตัวทำละลายซึ่งเป็นวิธีที่ใช้กันดั้งเดิม (classical method) ว่าวิธีการใดให้ปริมาณสารได้ดีกว่ากัน และทำการสกัดสารต้านอนุมูลอิสระในข้าวมาเป็นส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์บำรุงผิว เช่น ครีม โลชั่น เซรั่มบำรุงผิว เป็นต้น ข้อมูลที่ได้คาดหวังว่าจะได้เป็นผลิตภัณฑ์บำรุงผิวต้นแบบเพื่อเป็นแนวทางหารายได้ให้กับคณะวิทยาศาสตร์ ต่อไปในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 2
# ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

## 2.1 ข้าว

นับตั้งแต่ที่ไทยดำรงความเป็นชาติ ข้าวมีบทบาทในสังคมมาโดยตลอด ในฐานะอาหารจานหลักที่ให้พลังงานต่อชีวิตคนไทยทั้งยากดีมีจน อีกทั้งเป็นสินค้าส่งออกที่สำคัญ เนื่องด้วยเรามีสภาพภูมิประเทศและภูมิอากาศที่เหมาะสมกับการเพาะปลูกรวมกับความชำนาญของคนไทย ทำให้เรามีข้าวไทยที่มีคุณภาพดีเป็นที่ต้องการของคนทั้งโลก

ข้าวเป็นพืชอาหารที่สำคัญชนิดหนึ่งของโลก โดยเฉพาะประเทศในภูมิภาคเอเชียที่นิยมรับประทานข้าวเป็นอาหารประจำวันมากกว่าภูมิภาคอื่นๆของโลก การผลิต บริโภคและการค้าข้าวส่วนใหญ่จึงกระจุกตัวอยู่ในทวีปเอเชีย ข้าวเป็นพืชในเขตร้อนซึ่งต้องการอุณหภูมิและความชื้นสูงในการเจริญเติบโต ประเทศไทยจึงเป็นประเทศหนึ่งที่เหมาะกับการปลูกข้าว พันธุ์ข้าวของไทยเป็นที่นิยมของประชาการที่บริโภคข้าวทั่วโลก อีกทั้งภูมิอากาศและภูมิประเทศของประเทศไทย เหมาะกับการเจริญเติบโต แต่ข้าวที่ผลิตได้ส่วนใหญ่จะใช้ในการบริโภคภายในประเทศ ทำให้มีข้าวเพียงร้อยละ 6 เท่านั้นที่เข้าสู่ตลาดการค้าข้าวระหว่างประเทศ โดยประเทศที่มีบทบาทมากที่สุดในการส่งออกข้าว คือ ประเทศไทย รองลงมา คือ อินเดีย เวียดนาม จีน และพม่า ตามลำดับ โดยประเทศไทยส่งออกข้าวปีละประมาณ 7 ล้านตัน เป็นสัดส่วนประมาณร้อยละ 36 ของการส่งออกข้าวทั้งหมดของโลก จึงนับได้ว่าข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจหลักที่สำคัญของประเทศ ซึ่งสมควรอย่างยิ่งที่จะได้รับการส่งเสริมในด้านการเพาะปลูก

เพื่อความเข้าใจที่ตรงกันในคำศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับข้าว ตามพจนานุกรมฉบับบัณฑิตยสถาน (2525) ให้ความหมายคำว่า ข้าว หมายถึง เมล็ดของพืชพวกหญ้าในวงศ์แกรมินีอี (Gramineae)โดยมาก มีชนิดใหญ่ 2 ชนิด คือ ข้าวเจ้า และข้าวเหนียว ส่วนคำว่า ธัญ หรือ ธัญ- (ทันยะ) หมายถึง ข้าวเปลือก คำว่า ธัญชาติ หมายถึง คำรวมเรียกข้าวต่างๆ เช่น ข้าวเปลือก ข้าวสาลี คำว่า ธัญญาหาร หมายถึง อาหาร คือ ข้าว และคำว่า ธัญพืช หมายถึง พืชข้าวกล้า ดังนั้น ข้าวจึงหมายถึงเมล็ดของธัญพืช หรือข้าวเปลือก เป็นธัญชาติชนิดหนึ่งที่ได้มาจากธัญพืช เมื่อนำข้าวมาประกอบอาหาร เรียกว่า ธัญญาหาร หรือกล่าวได้ว่า ข้าวเป็นธัญชาติชนิดหนึ่ง ซึ่งได้มากจากเมล็ดของธัญพืชพวกหญ้าวงศ์แกรมินีอี(อรอนงค์,2534) มีลำต้นเป็นไม้เนื้ออ่อน เป็นพืชล้มลุกที่มีอายุเพียง 1 ปี (annual grass)มีใบเลี้ยงเดี่ยว (Monocotyledon) มีรากเป็นระบบรากฝอย(Fibrous root system) และเป็นพืชเขตอบอุ่น(Temperate zone)ตั้งแต่พื้นที่น้ำท่วมสูงจนไปถึงพื้นที่สูงตามไหล่เขา ทำให้เกิดความหลากหลายของข้าวชนิดต่างๆ ที่แพร่กระจายไปทั่วโลกอย่างน้อย 23 ชนิด ซึ่งมีเพียง 2 ชนิด ที่มนุษย์ปลูกเพื่อบริโภค คือ ข้าวเอเชีย (*Oryza sativa* Linn) และข้าวแอฟริกา (*Oryza glaberrima* Steud) มีจำนวนโครโมโซมแบบดิพลอยด์ (diploid, n=12 หรือ 2n=24) และมีสารพันธุกรรมเหมือนกัน นอกเหนือจากข้าวปลูก 2 ชนิดนี้แล้ว ที่เหลือ 21 ชนิด จัดอยู่ในข้าวป่า (wild rice) มีจำนวนโครโมโซมทั้งแบบดิพลอยด์ และเททระพลอยด์ (Tetraploid, 2n=48)โดยแบบดิพลอยด์มีมากกว่าแบบเททระพลอยด์ (จำรัส, 2534; อรอนงค์, 2542; สงกรานต์, 2544)

ข้าวเป็นพืชตระกูลหญ้า จัดอยู่ในวงศ์แกรมินีอี (Gramineae) เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวในตระกูล *Oryza*มีระบบรากเป็นแบบรากฝอย ลำต้นมีรูปร่างเป็นทรงกระบอกภายในกลวง ประกอบไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะที่เป็นข้อและปล้อง มีตาอยู่ตามข้อ โดยปกติตาที่อยู่ตามข้อส่วนล่างบริเวณใต้ผิวดินหรือเหนือผิวดินเล็กน้อยจะสามารถพัฒนาเป็นต้นใหม่ได้ ข้าวต้นหนึ่งๆแตกหน่อได้ 5-15 หน่อ ใบข้าวมีลักษณะเรียวยาวเหมือนใบหญ้า มีกาบใบห่อหุ้มตาและลำต้นไว้ กาบใบและแผ่นใบเชื่อมต่อกันด้วยข้อต่อใบ ด้านบนของข้อต่อใบมีแผ่นบางๆ รูปสามเหลี่ยม ปลายแหลม เรียกว่า ลิ้นใบ และด้านนอกของข้อต่อใบมีส่วนที่ยื่นออกมาคล้ายหางกระรอก เรียกว่า หูใบ ซึ่งเป็นลักษณะของข้าวที่แตกต่างจากพืชตระกูลหญ้าอื่นๆ ดอกของข้าวมีลักษณะเป็นช่อเกิดตรงส่วนปลายยอดของลำต้น ประกอบด้วย ดอกย่อย (spikelet) เป็นจำนวนมากหลังจากผสมเกสรแล้วจะพัฒนาเป็นเมล็ดข้าว ซึ่งช่อดอกนี้จะกลายเป็นรำข้าว เมล็ดข้าวจะสุกแก่และเก็บเกี่ยวได้ภายในระยะเวลา 25-30 วัน หลังจากผสมเกสร เปลือกของเมล็ดข้าวมีสีแตกต่างกันตามพันธุ์ ตั้งแต่สีเหลืองอ่อนถึงเหลืองเข้ม สีฟาง ม่วงเข้ม หรือ ดำ ถ้าแกะเปลือกหุ้มเมล็ดออกจะได้เมล็ดข้าวที่เรียกว่า ข้าวกล้อง

ข้าว เป็นคำทั่วไปที่ใช้เรียก เมล็ดข้าว ซึ่งทางพฤกษศาสตร์ จะหมายถึง ผล ที่มีลักษณะเป็นผลเดี่ยว เกิดจากรังไข่อันเดียวชนิดลอยตัว ของดอกเดี่ยวในแต่ละดอกย่อย ที่เกิดรวมกันอยู่เป็นช่อดอก ผลเดี่ยวนี้จะติดแน่นอยู่กับผนังของรังไข่ หรือ เยื่อหุ้มผลซึ่งเมื่อผลสุกหรือแก่จะเป็นผลแห้งที่ไม่แตก เรียกว่า ที่มีเยื่อหุ้มผล และเปลือกหุ้มเมล็ด เชื่อมรวมกันอย่างแนบแน่นโดยตลอดผลหรือเมล็ดข้าวจะมีลักษณะแตกต่างตามพันธุ์ ในด้านขนาด รูปร่าง สี การมีหาง หรือไม่มีหาง และขน หรือไม่มีขนบนเปลือกแข็ง

เมล็ดข้าว ประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก คือ ส่วนที่ห่อหุ้มเมล็ดข้าว (หรือผล) เรียกว่า แกลบ และ ส่วนเนื้อผล หรือผลแท้ หรือข้าวกล้อง โดยมีรายละเอียดของแต่ละส่วน ดังนี้

2.1.1แกลบ ประกอบด้วย เปลือกใหญ่ เปลือกเล็ก ขน หาง ขั้วเมล็ด และกลีบรองเมล็ด ซึ่งเชื่อมต่อกับก้าน

2.1.1.1 เปลือกใหญ่ เป็นเปลือกหุ้มเนื้อผลด้านท้อง มีขนาดใหญ่อาจมีหรือไม่มีหางก็ได้ ลักษณะของเปลือกใหญ่จะเป็นรอยเส้น ตามความยาวของเปลือกประมาณ 5 เส้น เปลือกใหญ่จะห่อหุ้มเปลือกเล็กเอาไว้ทั้ง 2 ด้านในลักษณะขบอยู่ข้างบนอย่างแน่นสนิท ประมาณ 2 ใน 3 ของเปลือกทั้งหมดตามแนวยาวของเมล็ด

2.1.1.2 เปลือกเล็ก เป็นเปลือกหุ้มเนื้อผลด้านหลัง ที่มีขนาดเล็กกว่าเปลือกใหญ่ประมาณ 1 ใน 3 ของเปลือกทั้งหมด จะขบอยู่ใต้เปลือกใหญ่ตามแนวยาว ทำให้เปลือกทั้ง 2 ติดกันสนิทบนผิวเปลือกเล็กจะเป็นรอยเส้นตามความยาวของเปลือกประมาณ 3 เส้น รอยเส้นบนเปลือกใหญ่และเปลือกเล็ก อาจทำให้ข้าวกล้องเป็นรอยเส้นตามไปด้วย ในข้าวบางพันธุ์ ถึงแม้จะผ่านขบวนการขัดขาว แล้วยังอาจมีรอยเส้นค้างอยู่บนข้าวสาร เรียกว่า สาแหรกข้าว

2.1.1.3 ขน จะขึ้นบนเปลือกใหญ่ และเปลือกเล็กเป็นส่วนใหญ่ อาจมีบางพันธุ์ที่ไม่มีขน แต่เป็นส่วนน้อย ขนนี้คือ ส่วนของเซลล์ผิวนอก ที่เจริญกลายเป็นขน เพื่อทำหน้าที่ลดการระเหยของน้ำ ป้องกันอันตรายต่อเมล็ดจากสภาวะภายนอกเมล็ด และเพื่อการกระจายพันธุ์ตามธรรมชาติ โดยช่วยให้เมล็ดติดไปกับคน สัตว์ หรือสิ่งของต่างๆ ที่มีโอกาสสัมผัสเมล็ด จนทำให้เมล็ดหลุดติดไปด้วย

2.1.1.4 หาง เป็นส่วนปลายของเปลือกขนาดใหญ่ที่ยาวออกมาเกินตำแหน่งยอดดอก ในบางพันธุ์อาจสั้นหรือยาว หรือไม่มี ทำหน้าที่ในการกระจายพันธุ์ คล้ายขน

2.1.1.5 ขั้วเมล็ด เป็นก้านสั้น อยู่ระหว่างกลีบรองเมล็ดกับเปลือกใหญ่ และยังติดอยู่กับเมล็ดข้าวเปลือก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1.6 กลีบรองเมล็ด เป็นกลีบเล็ก 2 กลีบ อยู่ตรงข้ามกัน ใต้สุดของเมล็ด

2.1.2. เนื้อผลหรือข้าวกล้อง ประกอบด้วย

2.1.2.1 เยื่อหุ้ม เป็นเนื้อเยื่อชั้นนอก มีความหนาประมาณ 10 ไมครอน ห่อหุ้มผลอยู่ภายใน มีลักษณะเป็นเซลล์ที่มีผนังเซลล์เส้นใย 6 ชั้น มีสารสีหรือรงควัตถุปนอยู่ ทำให้ข้าวกล้องมีสีต่างๆ เช่น น้ำตาลอ่อน น้ำตาลแก่ น้ำตาลแดง น้ำตาลม่วง น้ำตาลจนเกือบดำ เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีโปรตีน เฮมิเซลลูโลส และเซลลูโลส เป็นองค์ประกอบสำคัญ ในชั้นเยื่อหุ้มผลนี้แบ่งย่อยได้เป็น 3 ชั้นย่อย คือ

2.1.2.1.1 เอพิคาร์พ หรือเอกโซคาร์พ เป็นผิวหรือผนังหรือเปลือกที่อยู่นอกสุด มีลักษณะเรียบ เหนียว และเป็นมัน ประกอบด้วยเซลล์ชั้นเดียว

2.1.2.1.2 เมโซคาร์พ หรือไฮพอเดิร์ม เป็นผนังผลชั้นกลาง

2.1.2.1.3 เอนโดคาร์พ เป็นเยื่อชั้นใน

2.1.2.2 เยื่อหุ้มเมล็ด อยู่ถัดจากเยื่อหุ้มผลเข้ามา ประกอบด้วย เซลล์ 2 ชั้น รูปยาวเรียงตามขวางและมีผนังบางกั้น(หนาประมาณ 0.5 ไมโครอน) ภายในเซลล์มีไขมันและสารสีเช่นเดียวกับเยื่อหุ้มผล ทำให้ข้าวกล้องมีสี

2.1.2.3 นิวเซลลัส เป็นเซลล์ชั้นที่ติดอยู่กับเยื่อหุ้มเมล็ด แต่พันธะระหว่าง นิวเซลลัสกับเยื่อหุ้มเมล็ดไม่ติดแน่น จึงแยกจากกันได้ง่าย มีความหนาประมาณ 0.8-2.5 ไมครอน

2.1.2.4 เอชั้นแอลิวโรน เป็นเยื่อชั้นถัดจากเยื่อหุ้มเมล็ด ประกอบด้วย เซลล์ 1-7 ชั้น และมีลักษณะของเยื่อหุ้มด้านหลังของเมล็ดจะหนากว่าเยื่อหุ้มด้านท้อง ซึ่งความหนานี้จะแตกต่างไปตามพันธุ์ข้าว เช่น ข้าวเมล็ดป้อมและสั้นจะมีเยื่อชั้นแอลิวโรนหนากว่าข้าวเมล็ดยาว เป็นต้น เซลล์แอลิวโรนจะไม่เชื่อมติดกับคัพภะในส่วนของใบเลี้ยงด้านท้องของเมล็ดลงมาถึงจุดเชื่อมระหว่างใบเลี้ยงกับเยื่อหุ้มรากอ่อน ซึ่งอยู่ข้างในของเมล็ด จึงแบ่งลักษณะของเซลล์แอลิวโรนเป็น 2 ลักษณะ คือ เซลล์ส่วนที่ห่อหุ้มรอบเนื้อของเมล็ดจะมีรูปร่างเป็นลูกบาศก์ และมีไซโทพลาซึมอยู่หนาแน่น ในเซลล์ยังมีกลุ่มโปรตีนที่มีรูปร่าง กลุ่มไขมัน และสารอื่นๆ เช่น นิวเคลียส ไมโครบอดี ไมโทคอนเดรีย เอนโดพลาสมิกเรติคิวลัม เวสิเคิล และพลาสมิด เป็นต้น ส่วนเซลล์แอลิวโรนที่ห่อหุ้มคัพภะจะบาง มีไซโทพลาสซึมน้อย รูปร่างยาว มีกลุ่มไขมัน และกลุ่มโปรตีนน้อย มีเวสิเคิลมาก เป็นต้น ส่วนผนังเซลล์จะประกอบด้วยโปรตีน เฮมิเซลลูโลส และเซลลูโลส

2.1.2.4.1 คัพภะหรือเชื้อชีวิต จะอยู่ที่โคนเมล็ดด้านเปลือกใหญ่ ส่วนท้องของเมล็ดมีส่วนประกอบเป็นรากอ่อน ต้นอ่อน เยื่อหุ้มรากอ่อน เยื่อหุ้มต้นอ่อน ท่อน้ำท่ออาหาร และใบเลี้ยง ซึ่งเป็นใบเลี้ยงเดี่ยว คัพภะ เป็นแหล่งสะสมอาหารสำหรับการเจริญเติบโตของต้นอ่อน จึงอุดมด้วยโปรตีนและไขมันในส่วนต่างๆ

2.1.2.4.2 เนื้อเมล็ดหรือเนื้อข้าว มีมากที่สุดในเมล็ดข้าว (ประมาณร้อยละ 80 ของน้ำหนักเมล็ดทั้งหมด) แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนชั้นซับแอลิวโรน เป็นเซลล์ 2 ชั้น อยู่ถัดจากชั้นแอลิวโรน และส่วนที่เป็นแป้งในเนื้อของเมล็ด ในชั้นซับแอลิวโรนจะมีกลุ่มโปรตีนอยู่ภายใน 3 ลักษณะ คือ ลักษณะกลมใหญ่(ขนาด 1-2 ไมครอน) กลมเล็ก(ขนาด 0.5-0.75 ไมครอน) และเป็นผลึกติดกัน(ขนาด 2-3.5 ไมครอน) แต่ในส่วนเนื้อของเมล็ดจะมีกลุ่มโปรตีนลักษณะกลมใหญ่เท่านั้น แทรกอยู่ในระหว่างเม็ดแป้ง มีขนาด 3-9 ไมครอน ที่มีอยู่มากอัดแน่นรวมเป็นกลุ่มเม็ดแป้ง อยู่ภายในเซลล์พาเรนไคมา ที่มีผนังเซลล์บาง มีรูปร่างรี หรือสี่เหลี่ยม เข้าสู่ใจกลางเมล็ด โดยด้านนอกของเมล็ดจะรีและยาวมากกว่าด้านในของเมล็ด

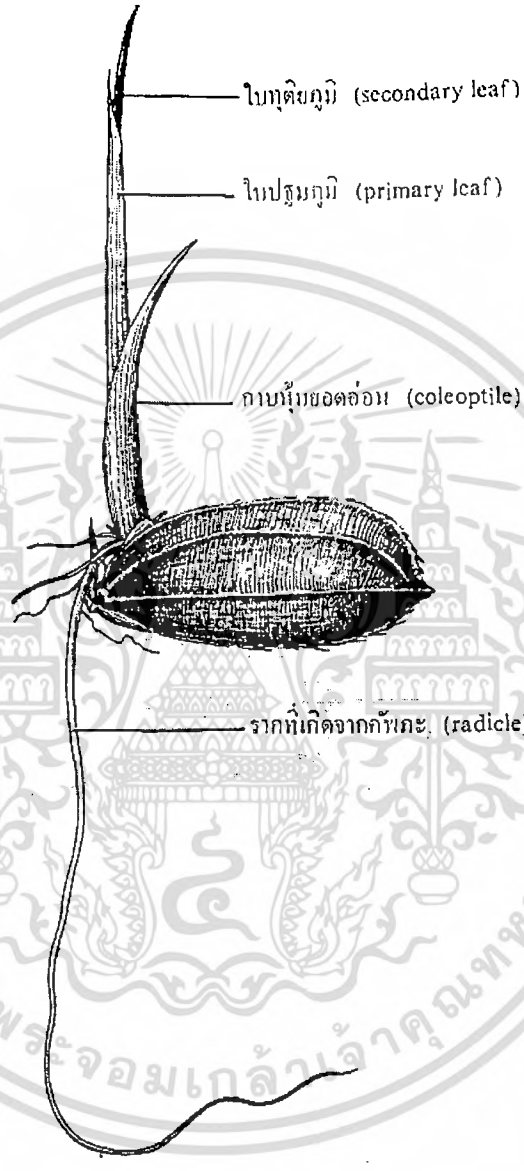
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากโครงสร้างของเมล็ดข้าว ซึ่งประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก คือ แกลบ และข้าวกล้อง เมื่อเปรียบเทียบส่วนต่างๆของเมล็ดข้าวจากน้ำหนักเมล็ดข้าว(ข้าวเปลือก) จะมีสัดส่วนร้อยละดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 สัดส่วนโครงสร้างของเมล็ดข้าว

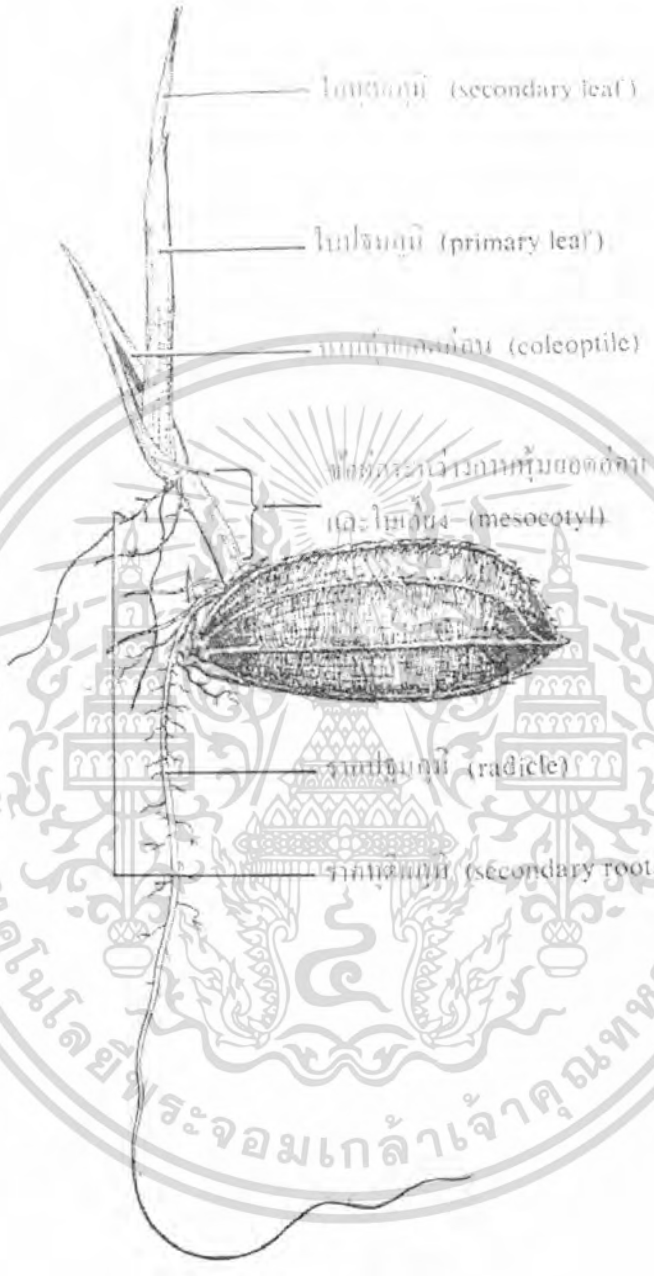
| โครงสร้างเมล็ด | สัดส่วน(ร้อยละ) | |
|---|---|---|
| | ค่าเฉลี่ย | ช่วงของสัดส่วน |
| ข้าวเปลือก | 100 | - |
| แกลบ | 20 | 16-28 |
| ข้าวกล้อง | 80 | 72-84 |
| ข้าวกล้อง | 100 | - |
| เยื่อหุ้มผล | 1.5 | 1-2 |
| เยื่อหุ้มเมล็ด | 5 | 4-6 |
| คัพภะ | 3 | 2-3 |
| เนื้อเมล็ด | 90.5 | 89-94 |
| คัพภะ | 3 | - |
| รากอ่อน | 0.18 | - |
| ต้นอ่อน | 0.34 | - |
| เยื่อหุ้มรากอ่อน | 0.18 | - |
| ใบเลี้ยง | 1.29 | 1.18-1.40 |
| ท่อน้ำ ท่ออาหาร | 0.26 | - |
| อื่นๆ | 0.75 | - |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



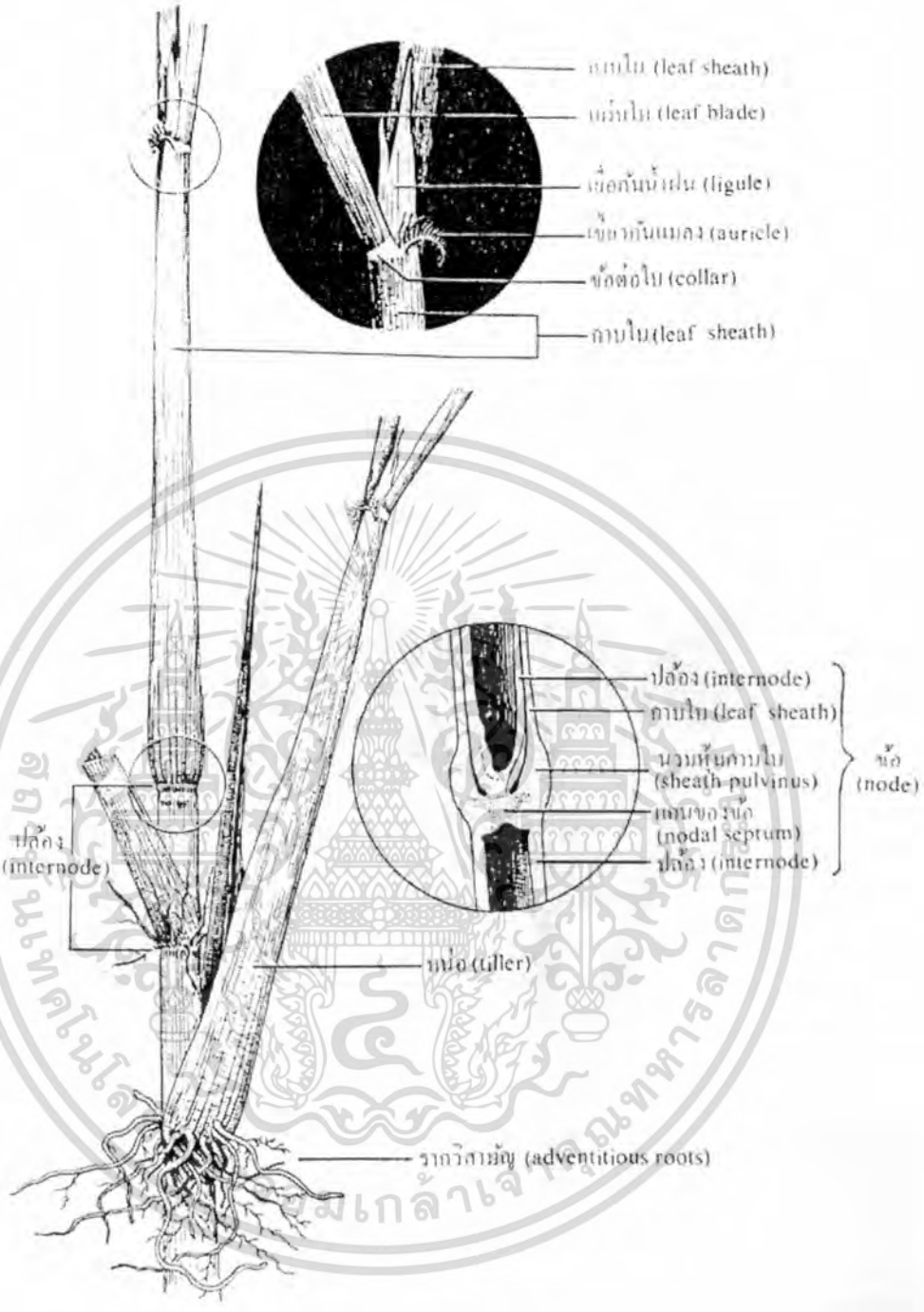

รูปที่ 2.1 ส่วนต่างๆ ของต้นกล้าข้าวที่งอกในแสงสว่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่** 2.2 ส่วนต่างๆ ของต้นกล้าข้าวที่งอกในที่มืด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

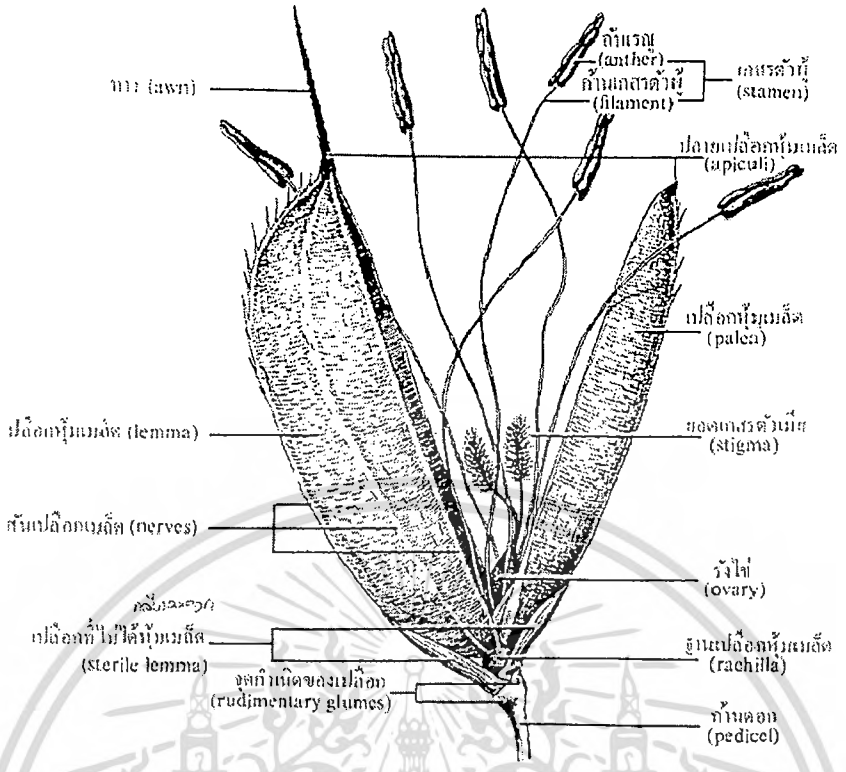



รูปที่ 2.3 ส่วนต่างๆ ของหน่อแรกและหน่อที่สอง

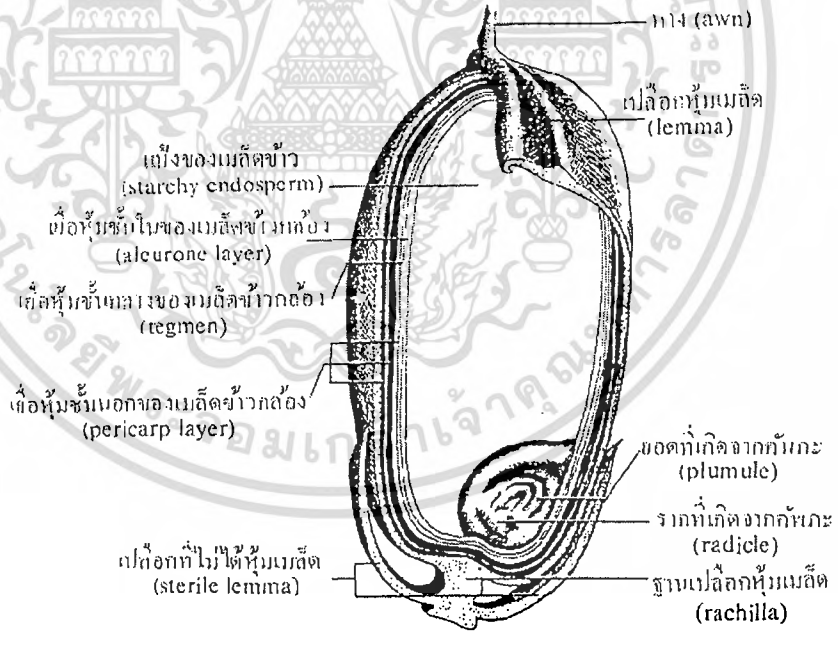
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.4 ส่วนต่างๆ ของช่อดอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 2.5ส่วนต่างๆ ของดอกข้าว




รูปที่ 2.6 ส่วนต่างๆ ของเมล็ดข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้นวัตกรรมเข้าไปแทรกในห่วงโซ่ของอุตสาหกรรมข้าว เป็นหนึ่งในประเด็นที่ท้าทายของประเทศที่จะสามารถสร้างจุดยืนที่แข็งแกร่งและแตกต่างให้กับข้าวไทย โดยเฉพาะการสร้างมูลค่าเพิ่มด้วยการนำเอาองค์ความรู้ใหม่ ในการเพิ่มคุณภาพ ลดต้นทุนการผลิต และเพิ่มมูลค่าให้กับสินค้าใหม่ๆ ที่ผลิตได้จากข้าว ซึ่งปัจจุบันการแข่งขันในตลาดการค้าข้าวของโลกรุนแรงขึ้น การสร้างนวัตกรรมนี้จึงเป็นทางออกในการเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจให้กับประเทศ และยังเป็นช่องทางทางการตลาดใหม่ที่ยังไม่มีคู่แข่ง เปลี่ยนการแลกสินค้าที่นำเข้าประเทศด้วยข้าวเป็นตันๆ ให้เหลือเพียงไม่กี่กรัมที่มีมูลค่ามหาศาล

## 2.2 รำข้าว

ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีการปลูกข้าวมากประเทศหนึ่งในโลกและเป็นสินค้าทางการเกษตรที่สำคัญ ในแต่ละปีประเทศไทยสามารถผลิตข้าวเปลือกได้ประมาณ 21 ล้านตัน สีเป็นข้าวสารได้ 12.6 ล้านตัน และได้รำข้าวประมาณ 2 ล้านตัน ประมาณร้อยละ 70 ของรำข้าวผลิตเป็นอาหารสัตว์ และร้อยละ 15 สกัดเป็นน้ำมันรำข้าว ซึ่งส่วนใหญ่จะถูกส่งออกในรูปของน้ำมันดิบ (คมสัน หุตะแพทย์, 2550)สำหรับปริมาณและองค์ประกอบในรำข้าวจะขึ้นอยู่กับชนิดของข้าว คุณภาพของข้าวเปลือก การเตรียมข้าวเปลือก ชนิดของการสีข้าว และระดับของการขัดขาว

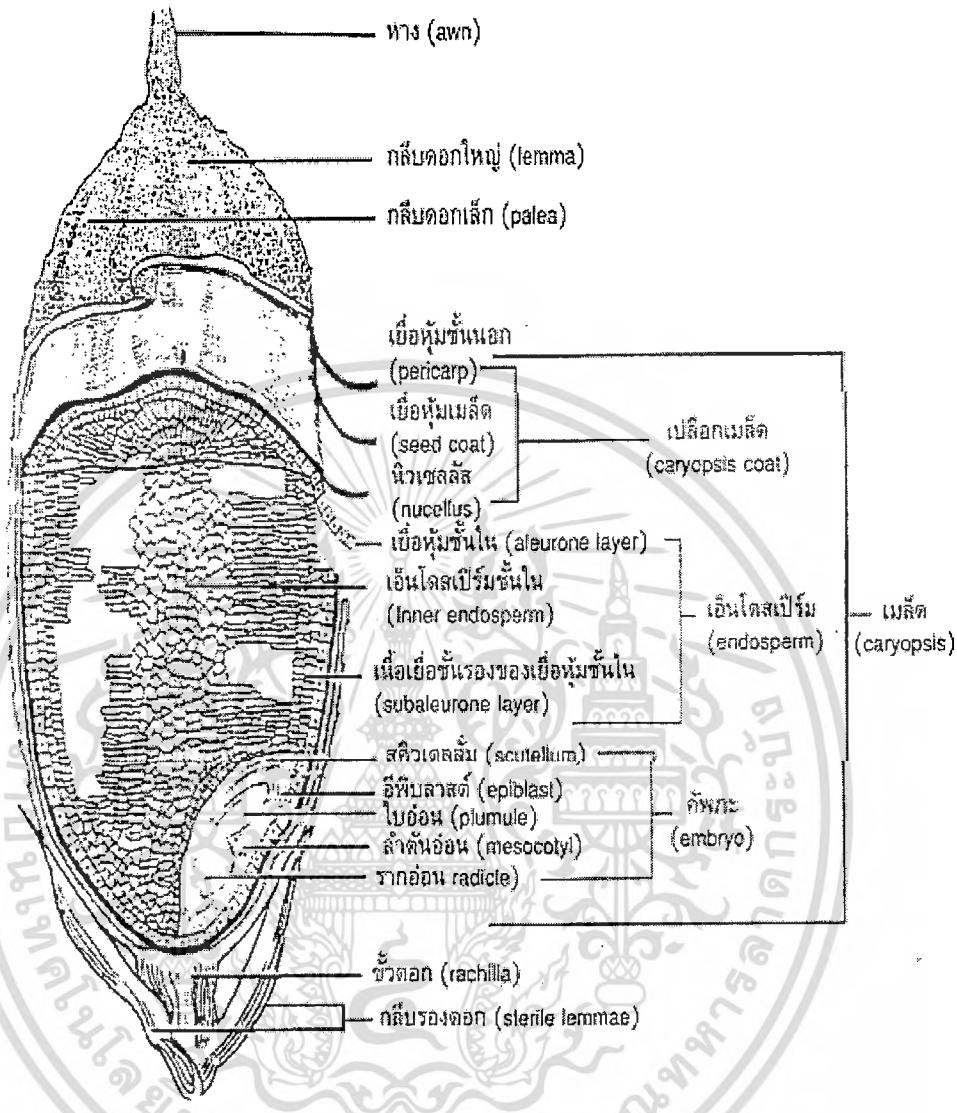
รำข้าว หมายถึง ส่วนเยื่อหุ้มผล เยื่อหุ้มเมล็ด นิวเซลลัส ชั้นแอลิวโรน และชั้นซับแอริวโรน และมักจะรวมส่วนของคัพภะเข้าไว้ด้วย เนื่องจากในกระบวนการขัดสีข้าวให้เป็นข้าวสาร ส่วนใหญ่ต้องการข้าวสารที่ขาวจึงขัดผิวข้าวจนจนถึงชั้นซับแอลิวโรน ทำให้คัพภะหลุดออกจากเนื้อเมล็ดรวมอยู่ด้วย ดังนั้น องค์ประกอบทางเคมีของรำข้าวที่ได้จากกระบวนการสีข้าว นับจากการกะเทาะเปลือกหุ้มแข็ง (แกลบ) ออกไปแล้ว จะขึ้นอยู่กับพันธุ์ข้าวและสภาพแวดล้อมที่ปลูกจนถึงกรรมวิธีในการขัดผิวเมล็ดข้าว การขัดขาว และการขัดมัน เพื่อให้ข้าวสารขาวและมันวาว ทำให้องค์ประกอบทางเคมีของรำข้าวขึ้นอยู่กับส่วนของรำที่ได้จากกระบวนการสีข้าวด้วย

ปริมาณและองค์ประกอบของรำข้าว ขึ้นอยู่กับ ชนิดของข้าว คุณภาพของข้าวเปลือก การเตรียมข้าวเปลือก เช่น การนึ่ง ชนิดของวิธีการสีข้าว และระดับของการขัดขาว (Degree of polishing) ในข้าวชนิดเมล็ดเรียว รำข้าวจะมีปริมาณน้ำมันมากกว่าข้าวชนิดเมล็ดขนาดกลางและเมล็ดสั้นตามลำดับ ข้าวเปลือกที่ได้รับการจัดการอย่างถูกต้องจะให้ผลผลิตของรำข้าวที่สูงขึ้น เช่น รำข้าวที่สีด้วยวิธีการสมัยใหม่จะมีน้ำมันและโปรตีนมากกว่ารำข้าวที่ได้จากการสีแบบดั้งเดิม เพราะสัดส่วนของสารปนเปื้อนลดลง สำหรับข้าวเปลือกที่ผ่านการนึ่งเมื่อนำมาสีจะได้รำข้าวที่มีสีเข้มกว่ารำข้าวปกติ ปริมาณรำข้าวที่ได้จะต่ำกว่ารำข้าวที่ไม่ได้นึ่ง แต่รำข้าวที่ผ่านการนึ่งจะมีปริมาณโปรตีนและไขมันที่เป็นองค์ประกอบมาก ซึ่งทำให้ผลผลิตของน้ำมันจากรำข้าวที่ผ่านการนึ่งสูงกว่ารำข้าวปกติ โดยมีปริมาณน้ำมันเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ4-5

รำข้าวที่ยังไม่ได้สกัดน้ำมันจะไม่มีความเสถียรอย่างมากและเสื่อมเสียเนื่องจากกิจกรรมของเอนไซม์ไลเปส โดยการไฮโดรไลซ์ไตรกลีเซอไรด์ให้เป็นกรดไขมันอิสระ ที่ทราบได้จากกลิ่นหื่นที่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นและกลิ่นรสของรำข้าวเริ่มไม่ดี สำหรับปฏิกิริยาการหื่นจะเกิดขึ้นได้เร็วมาก โดยเฉพาะในที่ร้อนและชื้น เคยมีรายงานว่าอัตราการไฮโดรไลซิสสูงถึงร้อยละ 1 ของกรดไขมันอิสระต่อชั่วโมง(โดยน้ำหนักของน้ำมัน) และอาจมีมากถึงร้อยละ 60 ใน 1 เดือน สำหรับข้าวที่ผ่านการนึ่งแล้วจะมีความเสถียรมากกว่า ดังนั้นหากจะนำรำข้าวไปสกัดน้ำมันเพื่อบริโภคทางการค้า จึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำเป็นต้องสกัดน้ำมันทันทีหลังการสีข้าว เพื่อไม่ให้เกิดการเสื่อมเสียของน้ำมันในขณะขนส่งและเก็บรักษา




รูปที่ 2.7 ส่วนต่างๆ ของเมล็ดข้าว

คุณสมบัติทางกายภาพ Barber และ Benedito ได้สรุปคุณสมบัติทางกายภาพของรำข้าวไว้ดังนี้ รำข้าวมีขนาดแตกต่างกันอยู่ในช่วงกว้าง ขึ้นอยู่กับกระบวนการสีข้าว รำข้าวที่ได้จากการสีข้าวด้วยเครื่องสีข้าวแบบกด (Friction type) จะมีอนุภาคใหญ่กว่ารำข้าวที่ได้จากการสีด้วยเครื่องสีข้าวแบบลูกแก้ว (Abrasive type) และการสีข้าวเมื่อสีในระดับลึก รำข้าวที่ได้จะมีอนุภาคเล็กลง นอกจากนี้ถ้ารำข้าวที่ผ่านการอบด้วยไอน้ำอนุภาคของรำข้าวจะจับตัวเป็นก้อนทำให้มีอนุภาคใหญ่ขึ้น และรำข้าวนึ่ง (รำข้าวที่สีได้จากข้าวที่ผ่านการนึ่ง)ขนาดอนุภาคก็จะใหญ่ขึ้นด้วยเช่นกัน ความหนาแน่น (Bulk density) ของรำข้าวโดยทั่วไปมีค่าประมาณ 0.32 กรัม/มิลลิลิตร นอกจากนี้รำข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยังมีคุณสมบัติในการดูดซับ(Absorption) และคาย(Desorption) ความชื้น ดังนั้นความชื้นในรำข้าวจึงเปลี่ยนแปลงไปตามค่าความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity) ของบรรยากาศ

องค์ระกอบทางเคมีที่สำคัญในรำข้าว ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต(Carbohydrates) โปรตีน และกรดอะมิโน(Protein and amino acids) ไขมัน(Lipids) แร่ธาตุ(Minerals) วิตามิน(vitamins) และเอนไซม์(Enzymes)

ในระหว่างการสีข้าว ไขมันส่วนใหญ่จะออกมากับรำข้าว(Bran) และปลายข้าว (Polish) ไขมันในรำข้าวประมาณ 1 ใน 3 ได้จากเอมบริโอ (Embryo) ปริมาณไขมันของรำข้าวขึ้นกับระดับการสี และวิธีการสีข้าว ไขมันจะมีความเข้มข้นมากในชั้นนอก และในจมูกข้าว (Germ) สำหรับรำข้าวพบไขมันประมาณร้อยละ 17.0-23.0 ดังตารางที่ 2.2ไขมันที่พบส่วนใหญ่เป็นไตรกลีเซอไรด์ (Triglycerides) มีฟอสโฟลิปิด (Phospholipids) ไกลโคลิปิด (Glycolipid) และไข (waxes) เป็นส่วนน้อย

ตารางที่ 2.2แสดงองค์ประกอบทางเคมีในรำข้าว

| Constituents | Content(%) |
|---|---|
| Protein | 13.2-17.3 |
| Fat | 17.0-22.9 |
| Fiber | 9.5-13.2 |
| Ash | 9.2-11.5 |
| Nitrogen-free extract | 39.6-60.8 |
| Starch | 16.1 |
| Free sugars | 6.0-6.5 |

วิตามิน และแร่ธาตุ วิตามินบีส่วนใหญ่มีอยู่ในชั้นนอกของผลและในเอมบริโอ เมื่อสีข้าวกล้องวิตามินบี ไขมัน และแร่ธาตุจะออกมากับรำข้าวและปลายข้าว ทำให้รำข้าวเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญ ปริมาณทั้งหมดของแร่ธาตุในรำข้าว พบประมาณร้อยละ 9.0-11.5 ของเถ้า และแร่ธาตุแต่ละขนิดพบมากในชั้นนอกของผลและเอมบริโอ แร่ธาตุที่พบมากที่สุด คือ ฟอสฟอรัส ปริมาณฟอสฟอรัสในรำข้าวมากกว่าร้อยละ 90 อยู่ในรูปไฟตินฟอสฟอรัส (Phytin phosphorous) ดังตารางที่ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3แสดงแร่ธาตุและวิตามินในรำข้าว

| Constituents | Content ($\mu$g./g.) |
|---|---|
| Vitamins | - |
| Thiamine | 10.1-26.9 |
| Riboflavin | 1.17-3.4 |
| Niacin | 241.590 |
| Pyridoxine | 10.3-32.1 |
| Biotin | 0.16-0.47 |
| Vitamin A | 4.2 |
| Vitamin E | 149.2 |
| Minerals | - |
| Calcium | 140-1310 |
| Phosphorous | 14,800-28,680 |
| Iron | 130-530 |
| Magnesium | 8,650-12,300 |
| Potassium | 13,650-22,700 |

โดยทั่วไปจะแบ่งรำข้าวออกเป็น 2 ส่วน คือ รำหยาบ(bran) ซึ่งได้จากการขัดผิวเมล็ดข้าว และรำละเอียด(polish)ได้จากการขัดขาวและขัดมัน จึงทำให้มีองค์ประกอบทางเคมีแตกต่างกันบ้าง ดังตารางที่2.4

โดยรำหยาบจะมีโปรตีน ไขมัน เส้นใยหยาบ เถ้า แร่ธาตุบางชนิด และวิตามินบางชนิด มากกว่า รำละเอียด ยกเว้นคาร์โบไฮเดรต ดังนั้นจึงมีการนำรำข้าวไปสกัดน้ำมัน สกัดโปรตีน และสารอาหารอื่นเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าสูงขึ้นได้จากเดิมที่ใช้เป็นอาหารสัตว์เท่านั้น (Luh, 1991)

รำข้าวนอกจากจะประกอบด้วยสารอาหาร เช่น โปรตีน ไขมัน เส้นใยหยาบ แร่ธาตุที่จำเป็น และวิตามินหลายชนิดแล้ว ยังประกอบด้วยเอนไซม์ จุลินทรีย์ แมลง และสิ่งเจือปนที่ไม่พึงประสงค์อีกมากมายหลายชนิด ยิ่งถ้ากระบวนการแปรรูปไม่มีการควบคุมที่เหมาะสมในขั้นตอนสุดท้ายที่ได้รำข้าวออกมาแต่ละขั้นตอน และการนำมารวมกับส่วนอื่นๆ ก็ยิ่งจะทำให้รำข้าวมีสิ่งเจือปนมาก แต่อย่างไรก็ตามรำข้าวก็ยังมีคุณค่าทางอาหารมากสำหรับการใช้เป็นอาหารสัตว์ (Luh, 1991)

ในรำข้าวมีน้ำมัน(ไขมัน) อยู่ประมาณร้อยละ 20 ซึ่งประกอบด้วยกรดไขมันที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย ประเภทกรดไขมันไม่อิ่มตัว และกรดไขมันที่จำเป็นในปริมาณมาก เช่น กรดโอเลอิกร้อยละ 42.5 ลิโนเลอิกร้อยละ 30.1 และปาล์มมิติกร้อยละ 15 ส่วนกรดไขมันที่มีน้อย เช่น กรดสเทียริกร้อยละ 1.9 ลิโนเลอิกร้อยละ 1.1 ไมรีสติกร้อยละ 0.2 และบีเฮนิกร้อยละ 0.2 (Kreuzer, 2000)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่2.4 องค์ประกอบทางเคมีของรำหยาบและรำละเอียดจากข้าว

| องค์ประกอบทางเคมี (คิดที่ความชื้น 14%) | รำหยาบ | รำละเอียด |
|---|---|---|
| โปรตีน (%Nx6.25) | 12.0-15.6 | 11.8-13.0 |
| ไขมัน(%) | 15.0-19.7 | 10.1-12.4 |
| เส้นใยหยาบ(%) | 7.0-11.4 | 2.3-3.2 |
| คาร์โบไฮเดรต(%) | 34.1-52.3 | 51.1-55.0 |
| เถ้า(%) | 6.6-9.9 | 5.2-7.3 |
| แร่ธาตุ | | |
| แคลเซียม (มิลลิกรัม/กรัม) | 0.3-1.2 | 0.5-0.7 |
| แมกนีเซียม (มิลลิกรัม/กรัม) | 5-13 | 6-7 |
| ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม/กรัม) | 11-25 | 10-22 |
| ไฟทิน ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม/กรัม) | 9-22 | 12-17 |
| ซิลิกา (มิลลิกรัม/กรัม) | 6-11 | 2-3 |
| สังกะสี (มิลลิกรัม/กรัม) | 42-258 | 17-60 |
| วิตามิน | | |
| ไทอะมีน (บี 1) (มิลลิกรัม/กรัม) | 12-24 | 3-19 |
| ไรโบเฟลวิน (บี 2) (มิลลิกรัม/กรัม) | 1.8-4.3 | 1.7-2.4 |
| ไนอะซิน (มิลลิกรัม/กรัม) | 267-499 | 224-389 |

โดยรำหยาบจะมีโปรตีน ไขมัน เส้นใยหยาบ เถ้า แร่ธาตุบางชนิด และวิตามินบางชนิดมากกว่า รำละเอียด ยกเว้นคาร์โบไฮเดรต ดังนั้นจึงมีการนำรำข้าวไปสกัดน้ำมัน สกัดโปรตีน และสารอาหารอื่นเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าสูงขึ้นได้จากเดิมที่ใช้เป็นอาหารสัตว์เท่านั้น (Luh, 1991)

รำข้าวนอกจากจะประกอบด้วยสารอาหาร เช่น โปรตีน ไขมัน เส้นใยหยาบ แร่ธาตุที่จำเป็นและวิตามินหลายชนิดแล้ว ยังประกอบด้วยเอนไซม์ จุลินทรีย์ แมลง และสิ่งเจือปนที่ไม่พึงประสงค์อีกมากมายหลายชนิด ยิ่งถ้ากระบวนการแปรรูปไม่มีการควบคุมที่เหมาะสมในขั้นตอนสุดท้ายที่ได้รำข้าวออกมาแต่ละขั้นตอน และการนำมารวมกับส่วนอื่นๆ ก็ยิ่งจะทำให้รำข้าวมีสิ่งเจือปนมาก แต่อย่างไรก็ตามรำข้าวก็ยังมีคุณค่าทางอาหารมากสำหรับการใช้เป็นอาหารสัตว์ (Luh, 1991)

ในรำข้าวมีน้ำมัน(ไขมัน) อยู่ประมาณร้อยละ 20 ซึ่งประกอบด้วยกรดไขมันที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย ประเภทกรดไขมันไม่อิ่มตัว และกรดไขมันที่จำเป็นในปริมาณมาก เช่น กรดโอเลอิกร้อยละ 42.5 ลิโนเลอิกร้อยละ 30.1 และปาล์มมิติกร้อยละ 15 ส่วนกรดไขมันที่มีน้อย เช่น กรดสเทียริกร้อยละ 1.9 ลิโนเลอิกร้อยละ 1.1 ไมรีสติกร้อยละ 0.2 และบีเฮนิกร้อยละ 0.2 (Kreuzer, 2000)

รำข้าวประกอบด้วยไฟโตเคมิคอล (phytochemical) อยู่ในระดับสูง ซึ่งไฟโตเคมิคอลเป็นสารประกอบวิตามินอีและอนุพันธ์ของวิตามินอี(ชนิดแอลฟา เบตา แกมมา และเดลตา) ได้แก่ โทโคฟีรอล โทโคไตรอีนอล(Shin & Godber, 1994) และแกมมาโอไรซานอล ซึ่งไฟโตเคมิคอลเป็นสารที่ผู้วิจัยให้ความสนใจเป็นจำนวนมาก(Xu & Godber, 1999)

อย่างไรก็ตามองค์ประกอบของแร่ธาตุในรำข้าวจะขึ้นกับปริมาณสารอาหารในดินที่พืชเจริญเติบโต ภูมิอากาศ และการให้ปุ๋ย สำหรับในสารสกัดหยาบจากรำข้าว(crude rice bran oil) ประกอบด้วย ไตรเอซิลกลีเซอรอล(triacylglycerol)ร้อยละ 68-71 ไดเอซิลกลีเซอรอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(diacylglycerol) ร้อยละ 2-3 โมโนเอซิลกลีเซอรอล(monoacylglycerol) ร้อยละ 5-6 กรดไขมันอิสระ(free fatty acid) ร้อยละ 2-3 ไกลโคลิปิด(glycolipid) (ส่วนใหญ่เป็นphosphatidylcholiine, phosphatidylethanolamine และphosphatidylinositol) ร้อยละ 5-7 ไข(waxe) ร้อยละ 2-3 (McCaskill and Zhang, 1999; Sayre and Saunder,1990)

นอกจากนี้ยังพบว่ารำข้าวที่ผลิตได้มีการเสื่อมเสียอย่างรวดเร็วเนื่องจากเอนไซม์ที่ปลดปล่อยออกมาเมื่อมีการขัดสีในขั้นตอนของการกำจัดเปลือกข้าว (Cheruvanky, 2003)โดยเอนไซม์ที่พบในรำข้าวมีหลายชนิด เช่น ไลเปส(lipase)ไลพอกซีจีเนส(lipoxygenase)อะไมเลส(amylase)เลซิทินเนส (lecintinase)เอสเทอเรส(esterase)อินเวอร์เทส(invertase)มอลเตส(maltase)เพคติเนส (pectinase)และเพอร์ออกซิเดส(peroxidase)เป็นต้น ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดการไฮโดรไลซิส จึงเพิ่มปริมาณของกรดไขมันอิสระประมาณร้อยละ 1 ต่อชั่วโมง(นิธิยา รัตนาปนนท์, 2548)ดังนั้นการผลิตน้ำมันรำข้าวควรผลิตอย่างรวดเร็วหลังจากเก็บรำข้าวมาไว้แล้ว

เอนไซม์ จุลินทรีย์ และแมลง เป็นสาเหตุหลักของการเสื่อมเสียของรำข้าว โดยเฉพาะเอนไซม์ไลเปส (lipase) และเอนไซม์ออกซิเดส (oxidase) จะทำให้เกิดการเสื่อมเสียของส่วนประกอบที่เป็นไขมันในรำข้าว โดยเอนไซม์ลิเพสจะทำให้เกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสต่อน้ำมันในรำข้าวทำให้เกิดเป็นกลีเซอรอลและกรดไขมันอิสระ เอนไซม์เปอร์ออกซิเดส(peroxidase) ทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน มีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของไขมันและโทโคฟีรอล ส่วนเชื้อจุลินทรีย์ก็มีผลในการส่งเสริมการทำงานของเอนไซม์ไลเปส นอกจากนี้ยังมีสารยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โปรติเอส (protease) ซึ่งมีผลต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตและทำให้อาหารไม่ได้รับการย่อยในร่างกายเท่าที่ควร ดังนั้น เพื่อปรับปรุงคุณภาพของรำข้าวให้สามารถนำมาใช้เป็นอาหารมนุษย์และเก็บรักษาไว้ได้นาน จึงควรนำรำข้าวไปผ่านกระบวนการต่างๆ เช่น การทำข้าวนึ่งจะได้รำที่มีความคงตัวดี นำรำข้าวมาผ่านความร้อน เพื่อทำลายการทำงานของเอนไซม์ โดยวิธีการอบลมร้อน หรือผ่านการเข้าเครื่องเอกซ์ทรูเดอร์(extruder) ทำให้รำข้าวมีคุณภาพดีขึ้น นำไปสกัดน้ำมันได้ปริมาณมากขึ้นกว่าการสกัดจากรำข้าวดิบ (Luh, 1991).

ดวงใจ และ บุญทวี(2544)ตรวจสอบสมบัติทางกายภาพเคมีและจุลชีววิทยาของรำข้าวเจ้าพร้อมทั้งประเมินคุณภาพในการนำไปใช้เป็นอาหาร โดยศึกษาในรำข้าวเจ้านึ่ง(รำนึ่ง) และกากรำข้าวเจ้า(กากรำ) ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการสกัดน้ำมันของรำนึ่ง รำนึ่งมีสีเหลืองออกแดง ขณะที่กากรำมีสีเหลืองอ่อน รำทั้งสองชนิดมีสิ่งแปลกปลอมน้อย โดยอนุภาคของรำนึ่งส่วนใหญ่มีขนาดใหญ่กว่า 50 เมช ขณะที่อนุภาคของกากรำส่วนใหญ่มีขนาดเล็กกว่า 50 เมช รำนึ่งและกากรำมีความหนืดต่ำ และรำข้าวทั้งสองชนิดไม่เกิดเจล ส่วนประกอบทางเคมีของรำนึ่งน้อยกว่ากากรำ ยกเว้นไขมัน รำทั้งสองชนิดมีปริมาณแป้งน้อย ปริมาณไฟเทตสูง และไม่พบแอลฟาทอกซินบี 1 พบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดค่อนข้างสูงในรำข้าวทั้งสองชนิด แต่ยังอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ (น้อยกว่า $10^5$โคโลนีต่อกรัม) และมีปริมาณราเกินเกณฑ์ของอาหารประเภทแป้ง (มากกว่า $10^2$โคโลนีต่อกรัม) ไม่พบยีสต์ในรำนึ่งแต่พบมากกว่าในกากรำ และจากผลของการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่า กากรำมีกลิ่นหอมของรำปกติและมีสีอ่อน ขณะที่รำนึ่งมีกลิ่นเหม็นเปรี้ยวและมีสีคล้ำ จึงสามารถประเมินผลได้ว่า กากรำมีข้อดีทางกายภาพ ทางเคมี และด้านประสาทสัมผัส มากกว่ารำข้าวนึ่ง ในการพิจารณานำไปใช้เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารโดยตรง แต่สามารถนำกลับไปใช้โดยอ้อม เช่น นำไปใช้สกัดเอาสารที่มีประโยชน์ และถ้าต้องการนำมาใช้โดยตรง ควรนำไปผ่านกระบวนการบางอย่าง เพื่อลดปริมาณจุลินทรีย์ และปรับปรุงเรื่องสุขลักษณะของการสกัดน้ำมันและการเก็บรักษาให้เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



รำละเอียดที่ปรับปรุงคุณภาพดีแล้วสามารถนำไปใช้เป็นส่วนผสมอาหารเด็กอ่อน รำข้าวที่ผ่านการอบให้คงตัวแล้วแบบธรรมดาและแบบสกัดไขมันแล้ว สามารถนำไปใช้เป็นส่วนประกอบผลิตภัณฑ์อาหารได้หลายชนิด (อรอนงค์, 2544) ทดลองผลิตอาหารว่างเพื่อสุขภาพแบบกรอบพอง โดยใช้เครื่องเอกซ์ทรูเดอร์ มีส่วนผสมดังนี้ คือ ข้าวโพดเกล็ดร้อยละ 70 โปรตีนถั่วเหลืองสกัด(Soy protein isolate)ร้อยละ 10.5 แป้งถั่วเหลืองไขมันเต็มร้อยละ 4 รำข้าวผ่านการทำให้คงตัวแล้วร้อยละ 10 และปรุงรสด้วยกลิ่นรสบาร์บีคิว เสริมวิตามิน และไอโอดีน ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคในเกณฑ์ดี มีคุณค่าทางอาหารดีกว่าอาหารว่างทั่วไปโดยมีโปรตีน วิตามิน และเกลือแร่ เพิ่มขึ้น

ในปีค.ศ. 1972 Houston ได้รายงานถึงการใช้ประโยชน์จากคุณค่าทางอาหารของรำข้าวสำหรับเป็นอาหารในหลายประเทศถึงแม้รำข้าวจะมีปริมาณเพียงเล็กน้อย แต่รำข้าวก็เป็นแหล่งที่มีคุณค่าทางอาหารที่สูงและน่าสนใจหลังจากนั้นจึงได้มีการแก้ไขปัญหาเรื่องความเสถียรของรำข้าวในระดับอุตสาหกรรมการสกัดเส้นใย(fiber) ออกจากรำข้าวและการสกัดโปรตีนเข้มข้นจากรำข้าวจึงทำให้มีการใช้รำข้าวสำหรับเป็นอาหารกันอย่างกว้างขวางขึ้น โดยไม่จำกัดแค่เป็นอาหารสัตว์เท่านั้น

## 2.3 น้ำมันรำข้าว

การผลิตน้ำมันรำข้าวเกิดขึ้นครั้งแรกเมื่อ 50 ปีก่อน และมีการใช้อยู่กันจนถึงปัจจุบัน ในประเทศแถบเอเชีย เช่น ญี่ปุ่น เกาหลี จีนไต้หวัน ไทย และปากีสถานองค์ประกอบของน้ำมันรำข้าวดิบแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ กลุ่มสารที่สามารถสะปอนนิฟายได้(saponifiable)ประมาณร้อยละ 90-96 และกลุ่มสารที่ไม่สามารถสะปอนนิฟายได้(unsaponifiable)ประมาณร้อยละ 4.0 และพบว่ากลุ่มสารที่ไม่สามารถสะปอนนิฟายได้ มีปริมาณที่สูงกว่าน้ำมันอื่นๆ

น้ำมันรำข้าว คือ น้ำมันพืชที่ผลิตจากน้ำมันรำข้าวดิบซึ่งสกัดจากรำข้าว ซึ่งหมายถึง ส่วนผสมของรำละเอียดและคัพภะ จัดได้ว่าเป็นน้ำมันที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย และมีคุณค่าทางโภชนาการสูง เนื่องจากมีปริมาณของสารต่อต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันตามธรรมชาติที่ดีโดยเฉพาะโทโคฟีรอล โทโคไตรอีนอล กรดเฟอรูลิค แกมมาโอไรซานอล ไฟโตสเตอรอล โพลีฟีนอล และสควอลีน ซึ่งปริมาณของแกมมาโอไรซานอลนี้พบว่ามีปริมาณมากกว่าโทโคไตรอีนอลที่พบมากในน้ำมันที่ได้จากพืช และนอกจากนี้น้ำมันรำข้าวยังเป็นแหล่งของกรดไขมันที่สำคัญ ซึ่งได้แก่ โอเลอิก ลิโนเลอิก และปาล์มมิติก ในตารางที่ 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

137617

ตารางที่ 2.5แสดงองค์ประกอบของน้ำมันรำข้าวดิบ (Crude rice bran oil)

| Component | Content(%) |
|---|---|
| Saponnifiable lipids | 90-96 |
| Neutral lipids | 88-89 |
| Triglycerides | 83-86 |
| Diglycerides | 3-4 |
| Monoglecerides | 6-7 |
| Free fatty acids | 2-4 |
| Waxes | 3-4 |
| Glycolipids | 6-7 |
| Phospholipids | 4-5 |
| Unsaponifiable lipids | 4-10 |
| Phytosterols | 43 |
| Sterolesters | 10 |
| Triterpene alcohols | 28 |
| Hydrocarbons | 18 |
| Tocopherol | 1 |

ตารางที่ 2.6องค์ประกอบโดยประมาณในน้ำมันรำข้าว 100 กรัม

| สารประกอบ | ปริมาณ |
|---|---|
| ไขมันชนิดไตรกลีเซอไรด์ | 92.0-97.0 กรัม |
| สารประกอบที่ละลายในน้ำมัน | 3-8 กรัม |
| โทโคฟีรอล (Tocopherol) | 0.06 กรัม |
| โทโคไตรอีนอล (Tocotrienol) | 0.07 กรัม |
| โอรีซานอล (Oryzanol) | 0.09 กรัม |
| อื่นๆ (Phytosterol, Triterpene, Polyphenol) | 2.78-4.78 กรัม |

ที่มา : คมสันต์ หุตะแพทย์ (2550)

กรดไขมันที่พบมากได้แก่ โอลิอิก(18:1) ลิโนลิอิ(18:2) และปาล์มมิติก(16:0) พบประมาณร้อยละ 75-95 นอกจากนี้เป็นลิโนลิอิก(18.3) ร้อยละ 1-2.7 สเตียริก(18:0) ร้อยละ 1-2 มายริสติก (14:0) ร้อยละ 0.1-1 ดังแสดงในตารางที่ 2.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.7แสดงองค์ประกอบทางเคมี และคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำมันรำข้าว

| Physicochemical parameters | |
|---|---|
| Acid value | 1.2 |
| Iodine value | 91.5 |
| Saponifiable matter | 211.8 |
| Unsaponifiable matter | 4.2 |
| Fatty acid composition (%) | |
| C14 : 0 | 0.6 |
| C16 : 0 | 21.5 |
| C18 : 0 | 2.9 |
| C18 : 1 | 38.4 |
| C18 : 2 | 34.4 |
| C18 : 3 | 2.2 |

งานวิจัยหลายชิ้น พบว่า น้ำมันรำข้าวมีสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น วิตามินอีในกลุ่มโทโคฟีรอล วิตามินอีในกลุ่มโทโคไตรอีนอลและแกมมาโอไรซานอล โดยแกมมาโอไรซานอลสามารถต้านอนุมูลอิสระได้ดีกว่าวิตามินอี 6 เท่า(พันทิพา และคณะ, 2004) น้ำมันรำข้าวเหมาะสำหรับผู้ที่ต้องการลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือด สารสำคัญทางธรรมชาติในน้ำมันรำข้าวมีหลายชนิด(Juliano, 1985) ได้แก่

กลุ่มฟอสโฟไลปิด(phospholipid) เช่น เลซิติน(lecithin)เซฟฟาลิน(cephalin) และไลโซเลซิติน(lysolecithin) มีความสำคัญในการสร้างและซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอของเซลล์ประสาทและสมอง ช่วยป้องกันเซลล์ประสาทจากสารที่เป็นพิษและอนุมูลอิสระต่างๆ ช่วยลดความเคลียด และช่วยเสริมสร้างในด้านความจำ

กลุ่มเซราไมด์(ceramide)เป็นส่วนประกอบที่สำคัญของชั้นใต้ผิวหนัง ช่วยให้ผิวหนังมีความยืดหยุ่น ยับยั้งการสังเคราะห์เมลานินอันเป็นสาเหตุให้เกิดฝ้ากระและจุดด่างดำบนผิวพรรณได้ดีและยังเป็นมอยเจอไรเซอร์(moisturizer) ให้ความชุ่มชื่นแก่ผิวหนังอีกด้วย

กลุ่มโทคอล(tocols)วิตามินอีธรรมชาติที่อยู่ในรูปของโทโคฟีรอลและโทโคไตรอีนอลมีประโยชน์ต่อร่างกาย อีกทั้งยังช่วยให้ร่างกายมีภูมิคุ้มกันต่อโรคต่างๆ และยังช่วยต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งสาเหตุสำคัญของการเกิดโรคมะเร็ง

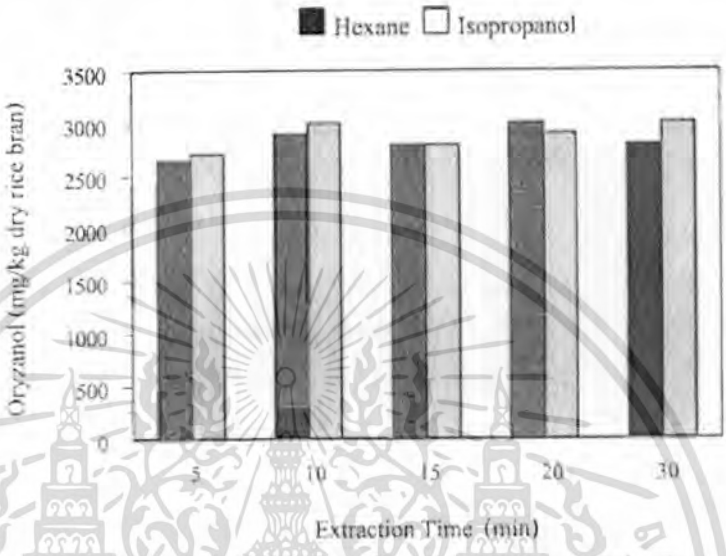
กลุ่มกรดไขมันไลโนเลอิค(linoleic acid) หรือโอเมก้า 6 และกรดไลโนเลนิค(alpha linolenic acid) หรือโอเมก้า 3 ที่เป็นกรดไขมันจำเป็น โดยมีอยู่ประมาณร้อยละ 33

กลุ่มวิตามินบีคอมเพล็กซ์ (B-complex) เป็นสารช่วยให้การทำงานของระบบประสาทดีขึ้น

กลุ่มแกมมาโอไรซานอล มีฤทธิ์ในการลดระดับคอเลสเตอรอลและไตรกลีเซอไรด์ ทำให้ลดการตีบตันของหลอดเลือดเพิ่มการไหลเวียนของโลหิต มีฤทธิ์ในการลดความเคลียดและรักษาอาการผิดปกติของสตรีวัยทอง นอกจากนี้ยังเป็นสารต้านอนุมูลอิสระและยังป้องกันรังสียูวีได้ ทำให้ผิวหนังชุ่มชื่น ต้านการอักเสบเมื่อใช้กินหรือใช้ทา จากการวิจัยยังไม่พบผลข้างเคียงของแกมมาโอไรซานอลที่เป็นอันตรายต่อร่างกายของมนุษย์(Patel and Naik, 2004)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในปี ค.ศ.1996 Hu และคณะ ได้ศึกษาเปรียบเทียบการใช้ไอโซโพรพานอลและเฮกเซนในการสกัดวิตามินอีและโอไรซานอลจากรำข้าว จากการศึกษาพบว่าสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการใช้ไอโซโพรพานอลและเฮกเซนในการสกัดรำข้าว จะต้องให้ความร้อนแก่ตัวทำละลายอินทรีย์ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสก่อนนำไปใช้และมีอัตราส่วนของตัวทำละลายต่อรำข้าวในอัตราส่วน 3:1 เมื่อเปรียบเทียบปริมาณสารโอไรซานอลที่มีอยู่ในน้ำมันรำข้าว ดังรูปที่ 2.8จะเห็นว่าปริมาณสารโอไรซานอลที่ได้จากการใช้ไอโซโพรพานอลและเฮกเซน ในการสกัดน้ำมันรำข้าว จะไม่มีความแตกต่างกัน




**รูปที่ 2.8** แสดงปริมาณสารโอไรซานอล ในน้ำมันรำข้าวที่ได้ จากใช้ตัวทำละลายอินทรีย์เฮกเซนและไอโซโพรพานอล สกัดน้ำมันรำข้าว จากรำข้าว

น้ำมันรำข้าวสามารถลดโคเลสเตอรอลชนิดแอลดีแอล แต่ไม่ลดโคเลสเตอรอลชนิดเอชดีแอล ซึ่งเป็นโคเลสเตอรอลที่ดีต่อสุขภาพ (Kahlon และคณะ, 1996; Rong และคณะ, 1997)สำหรับโทโคไตรอีนอลเป็นกลุ่มของวิตามินอีที่มีความสำคัญโดยเป็นสารที่ต้านการเกิดมะเร็ง (Nesaretnam และคณะ, 1998)และนอกจากนี้น้ำมันรำข้าวยังไม่ผลิตสารที่ก่อให้เกิดอาการแพ้เมื่อเข้าสู่ร่างกายซึ่งไม่เหมือนกับน้ำมันชนิดอื่นๆ และมีกรดไขมันในปริมาณที่เหมาะสมเป็นอย่างมาก เช่น ปริมาณกรดไขมันที่อิ่มตัว (saturated fatty acid)กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (mono-unsaturated fatty acid) และกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (poly-unsaturated fatty acid)มีสัดส่วนเท่ากับ 18:45:37 หรือประมาณ 0.5:1.2:1 ซึ่งสอดคล้องกับข้อแนะนำขององค์การอนามัยโลก (WHO) ที่แนะนำให้บริโภคน้ำมันที่มีองค์ประกอบของกรดไขมันทั้ง 3 ชนิด ในสัดส่วน 1:1.5:1 (คมสัน หุตะแพทย์,2550)

สมวงษ์(2546) รายงานว่าในแต่ละปีประเทศไทยผลิตรำข้าวได้ปริมาณไม่ต่ำกว่า 1 ล้านตัน โดย 10 เปอร์เซ็นต์ นำไปใช้ผลิตเป็นน้ำมันรำข้าว(rice bran oil) ซึ่งมีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวถึง 77 เปอร์เซ็นต์ โดยจำนวนนี้เป็นกรดไขมันที่จำเป็น(essential fatty acid) ถึง 31.7 เปอร์เซ็นต์ ทั้งยังเป็นแหล่งวิตามินอี วิตามินบี และสารต้านอนุมูลอิสระ โดยเฉพาะแกมมาโอไรซานอลที่พบมากในรำข้าว มีผลดีต่อสุขภาพ ช่วยลดคอเลสเตอรอล ดังนั้นน้ำมันรำข้าวจึงเป็นน้ำมันบริโภคที่มีคุณภาพดี จัดว่าเป็นน้ำมันเพื่อสุขภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นัยนา และ เรวดี (2002) ได้ทำการใช้ความร้อนเพื่อกำจัดเอนไซม์ไลเปสในการคงสภาพน้ำมันรำข้าว แต่การให้ความร้อนเป็นระยะเวลานานจะทำให้สารอาหารที่มีในน้ำมันรำข้าวสลายไป เช่น วิตามินอี

2.3.1 ประโยชน์ของน้ำมันรำข้าว (Utilization of Bran Oil)

ส่วนรำข้าวสกัดไขมันที่ได้จากกระบวนการแปรรูปน้ำมันรำข้าวนั้นสามารถนำมาเป็นวัตถุดิบในการสกัดโปรตีนออกจากรำข้าวสกัดไขมันนี้ได้ โดยการบดรำข้าวให้ละเอียด ใช้สารละลายเบสในการสกัดโปรตีน แล้วเหวี่ยงแยกตะกอนโปรตีน ทำให้แห้ง ได้เป็นโปรตีนสกัดเข้มข้น ส่วนของแข็งที่เหลืออยู่นำไปเป็นอาหารสัตว์ได้ สำหรับโปรตีนสกัดเข้มข้นใช้เป็นส่วนผสมอาหารเพื่อเสริมโปรตีน เช่น เครื่องดื่ม ขนมหวาน และเครื่องดื่มคล้ายน้ำนม เป็นต้น (Luh et al. 1991)จากรูปที่2.9จะเห็นขั้นตอนในกระบวนการแปรรูปน้ำมันว่า จะทำให้ได้สารอื่นที่มีประโยชน์ด้วย ถ้าเพิ่มขั้นตอนการทำให้ได้สารนั้นบริสุทธิ์ขึ้น เช่น จากน้ำมันรำข้าวดิบ ในขั้นการกำจัดไขได้ไข จากขั้นการกำจัดกัมได้เลซิทิน จากขั้นการกำจัดกรดได้สบู่ จากขั้นการกำจัดกลิ่นได้โทโคฟีรอล และจากขั้นการทำให้น้ำมันในใสจะได้สเทียริน เป็นต้น นอกจากนี้ยังสามารถปรับปรุงคุณสมบัติของน้ำมันรำข้าวให้ดีขึ้นด้วยกระบวนการไฮโดรจีเนชัน และปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน (เนื้อทอง, 2537) รวมทั้งกระบวนการอื่นๆ ซึ่งทำให้ได้สารประกอบที่มีประโยชน์อีกหลายชนิดจากน้ำมันรำข้าวดิบ (รูปที่ 2.10)

น้ำมันรำข้าวดิบไม่เหมาะที่จะนำมาทำน้ำมันบริโภคซึ่งในประเทศกำลังพัฒนาน้ำมันรำข้าวที่สกัดได้จากข้าวที่ไม่ได้รักษาความเสถียรจะถูกนำมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมเป็นหลัก เช่นใช้เป็นส่วนประกอบในการผลิตสบู่ใช้เป็นสารป้องกันสนิมและหนังสัตว์ได้ใช้เป็นน้ำยากำจัดเชื้อราในท่อใช้เป็นน้ำยาซักผ้าและใช้เป็นยาขัดเงาเบาะหนังสำหรับน้ำมันรำข้าวดิบที่มีปริมาณกรดไขมันอิสระร้อยละ 20-70 สามารถนำไปผ่านการเติมไฮโดรเจนและใช้ในการผลิตสบู่แทนกรดไขมันอิสระที่ได้จากไขวัว (tallow) ผลพลอยได้จากการทำให้น้ำมันรำข้าวบริสุทธิ์เช่นกรดไขมันเลซิทิน(lecithin) และไขถูกนำมาประยุกต์ใช้อย่างกว้างขวางกรดไขมันถูกนำมาผลิตสบู่ขณะที่ไขถูกนำไปใช้เป็นส่วนผสมในสารขัดเงาต่างๆอาหารสัตว์เครื่องสำอางเคลือบผักเคลือบอาหารและกระดาษคาร์บอนส่วนเลซิทินสามารถใช้เป็นสารคงสภาพในกระบวนการผลิตอาหาร

สำหรับน้ำมันรำข้าวที่ผ่านการทำให้บริสุทธิ์แล้วจะใช้ผลิตเป็นเนยขาว(shortening) น้ำมันปรุงอาหารและน้ำมันสกัดส่วนน้ำมันรำข้าวที่ผ่านการทำบริสุทธิ์และวินเทอไรเซชัน (winterization)ใช้ได้ดีในการผลิตมายองเนส (mayonnaise) น้ำสลัดและผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นอิมัลชัน(emulsion) อื่นๆในประเทศที่กำลังพัฒนานิยมนำน้ำมันรำข้าวที่ผ่านการทำบริสุทธิ์แล้วมาเติมไฮโดรเจนเพื่อให้ได้ไขมันที่มีลักษณะกึ่งของแข็ง ขณะที่ประเทศที่พัฒนาแล้วนิยมนำน้ำมันรำข้าวที่ผ่านการทำบริสุทธิ์แล้วมาทำเป็นน้ำสลัดซึ่งจะทำให้ได้น้ำสลัดที่ดีมีความคงตัวนอกจากนี้น้ำมันรำข้าวยังใช้เป็นน้ำมันปรุงอาหารที่ดีเช่นเดียวกับน้ำมันพืชทั่วไป

น้ำมันรำข้าวที่ผ่านการสกัดไขมันแล้วสามารถนำไปเป็นวัตถุดิบในการผลิตโคจิ (Koji) ซึ่งเป็นหัวเชื้อในการทำเต้าเจี้ยว (มิโซ) แบบญี่ปุ่น และซอสถั่วเหลืองแบบญี่ปุ่นได้เป็นอย่างดี

สายสนม และคณะ (2532) ทดลองนำไขที่แยกทิ้งจากกระบวนการกำจัดไข นำมาทำให้บริสุทธิ์ด้วยตัวทำละลายเฮกเซนร่วมกับไอโซโพรพานอล ได้ไขบริสุทธิ์ร้อยละ 18 จากนั้นสายสนม และคณะ (2534) นำไขรำข้าวที่ทำให้บริสุทธิ์แล้วนี้พัฒนาอิมัลชันไขรำข้าวและไขผสมระหว่างไขรำข้าวกับไขคาร์นอบา เพื่อเคลือบผักและผลไม้ ผลปรากฏว่า สามารถใช้เคลือบผลมะนาวให้สามารถเก็บรักษาได้นานถึง 1 เดือน และไม่แตกต่างจากไขคาร์นอบาล้วนที่มีขายทางการค้า

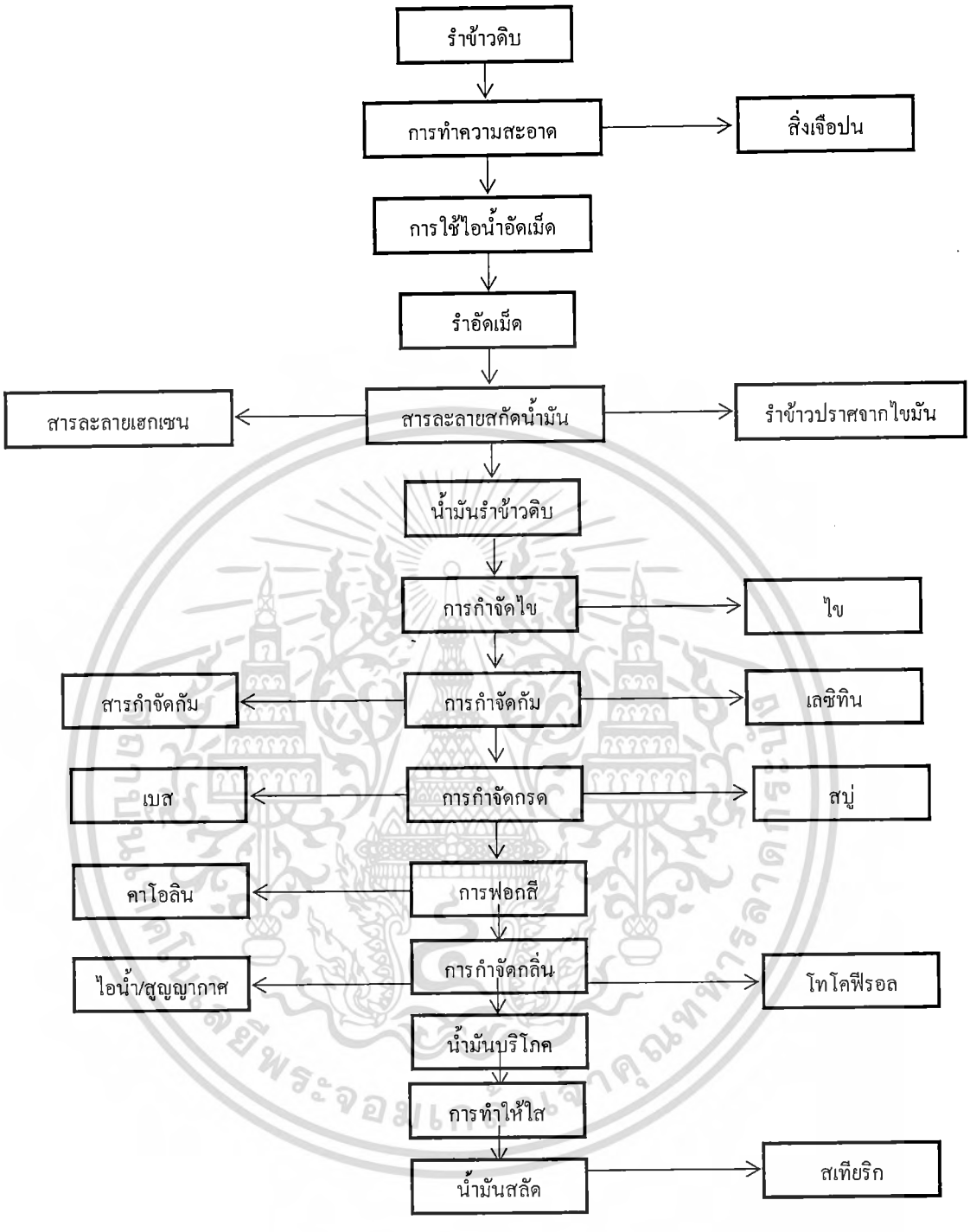
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำมันรำข้าวดิบประกอบไปด้วยไขที่ผ่านการสะพอนิฟิเคชัน (saponifiable lipid) และไขมันที่ไม่ผ่านการสะพอนิฟิเคชัน (unsaponnifiable lipids) ดังนั้นถ้าลดกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ลงให้มากที่สุดได้ จะช่วยให้น้ำมันมีคุณค่าทางโภชนาการสูงกว่าน้ำมันบริสุทธิ์

น้ำมันที่เหมาะสมในการทอดอาหารประเภทชุบแป้งทอด คือ น้ำมันรำข้าว เนื่องจากมีคุณสมบัติเหมาะสม ได้แก่ ความคงตัวดี สามารถใช้ซ้ำได้ 6-7 รอบ นอกจากนี้ยังใช้เป็นส่วนผสมของน้ำมันสลัดได้เป็นอย่างดี เพราะไม่มีกลิ่นรส เมื่อใช้ร่วมกับน้ำส้มที่หมักจากข้าว จะช่วยให้กลิ่นรสของส่วนผสมดีขึ้น (Kreuzer, 2000)

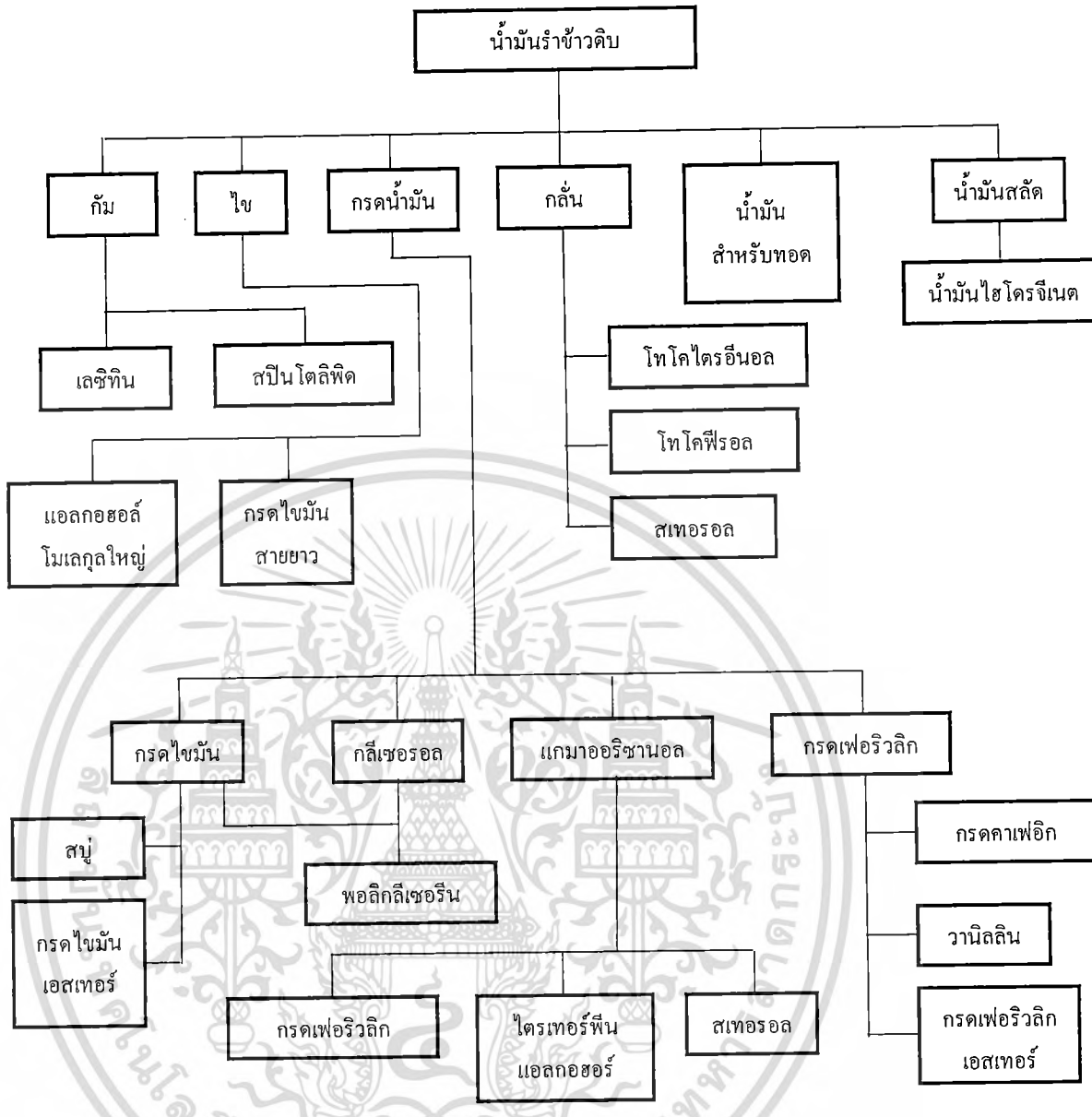
ก่อนนำรำข้าวมาใช้เป็นส่วนประกอบในอาหาร ต้องผ่านกระบวนการยับยั้งปฏิกิริยาเอนไซม์ไลเปสหรือสกัดไขมันออกจากรำข้าว เพื่อเป็นแหล่งโปรตีน เส้นใยอาหาร และกลุ่มวิตามินบี ได้เป็นน้ำมันรำข้าวปราศจากไขมันที่มีประโยชน์ในการนำไปใช้เป็นส่วนประกอบอาหาร เพื่อช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ ส่วนโอไรซานอล(Oryzanol) ในน้ำมันรำข้าวมีคุณสมบัติเป็นสารยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันน้ำมันรำข้าวยังมีประโยชน์ต่อสุขภาพในด้านต่างๆ เช่น ป้องกันการอุดตันของเส้นเลือด ช่วยการดูดซึมวิตามินที่ละลายในไขมัน และแร่ธาตุบางชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 2.9 กระบวนการแปรรูปน้ำมันรำข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 2.10 ผลิตภัณฑ์จากน้ำมันรำข้าวดิบ

## 2.4 การสกัดน้ำมันรำข้าว

2.4.1 ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของการสกัดน้ำมันรำข้าว ได้แก่

2.4.1.1 ปริมาณของตัวทำละลาย ถ้าใช้ปริมาณตัวทำละลายในการสกัดมากจะทำให้สกัดน้ำมันออกมาได้มากมีน้ำมันเหลืออยู่ในกากน้อย แต่ถ้าใช้ตัวทำละลายมากต้องใช้เวลานานมากในการกลั่นแยกเอาตัวทำละลายออก ทำให้เกิดการสูญเสียตัวทำละลายที่ระเหยออกไปสูงขึ้นด้วย ดังนั้นตัวทำละลายที่ใช้ควรมีปริมาณที่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1.2 ชนิดของตัวทำละลาย มีตัวทำละลายหลายชนิดที่ใช้ในการสกัดน้ำมัน ตัวทำละลายแต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติแตกต่างกันออกไป ต้องเลือกใช้ให้เหมาะสมกับชนิดของเมล็ดพืชและไม่เป็นพิษแก่ร่างกาย ตัวทำละลายที่นิยมใช้มากที่สุด คือ เฮกเซน

2.4.1.3 อุณหภูมิ การสกัดน้ำมันตัวทำละลายต้องมีอุณหภูมิสูงประมาณ 60องศาเซลเซียสเพื่อช่วยให้น้ำมันละลายออกมาจากเมล็ดพืชได้ง่าย

2.4.1.4 ความหนาแน่นของรำข้าว รำข้าวที่อัดแน่นจนเกินไป จะทำให้สกัดน้ำมันออกมายาก แต่ถ้าอัดแน่นน้อยเกินไปจะแตกง่าย และมีผงฝุ่นมาก

2.4.1.5 ความชื้น รำข้าวที่นำมาสกัดน้ำมันไม่ควรมีความชื้นสูงเกินร้อยละ 10 และตัวทำละลาย จะต้องไม่มีน้ำ หรือความชื้นปนอยู่ เพราะจะทำให้สกัดน้ำมันออกได้อยาก

2.4.1.6 เวลาในการสกัด การสกัดน้ำมันด้วยตัวทำละลายต้องใช้เวลานานพอสมควรเพื่อให้ตัวทำละลายสามารถสกัดน้ำมันออกมาให้ได้มากที่สุด โดยทั่วๆ ไป จะใช้เวลาประมาณ 1-2 ชั่วโมง

2.4.2กระบวนการผลิตน้ำมันรำข้าว (Rice bran oil processing)

กระบวนการต่างๆ ที่ใช้ในการสกัดไขมัน และน้ำมันมีจุดประสงค์หลัก 3 ประการ คือ

2.4.2.1 เพื่อให้ได้น้ำมันในสภาพที่ไม่สลายตัวและมีสิ่งเจือปนที่ไม่ต้องการอยู่น้อยที่สุด

2.4.2.2 เพื่อให้ได้น้ำมันในปริมาณมากที่สุดเท่าที่ประสิทธิภาพของกระบวนการจะทำได้

2.4.2.3 เพื่อผลิตกากที่เหลือจากการสกัดที่มีคุณค่ามากที่สุด

วิธีการสกัดแยกไขมันและน้ำมันออกจากวัตถุดิบ จะมีวิธีเฉพาะ สำหรับวัตถุดิบแต่ละชนิดขึ้นอยู่กับลักษณะ และคุณสมบัติของวัตถุดิบนั้นๆ สำหรับการสกัดน้ำมันรำข้าวในประเทศไทยนิยมใช้การสกัดด้วยตัวทำละลาย (Solvent extraction)

การสกัดด้วยตัวทำละลายเป็นวิธีที่นิยมใช้กันมากใช้สกัดน้ำมันจากเมล็ดพืชที่มีปริมาณน้ำมันต่ำ หรือสกัดจากกาก ที่เหลือจากการบีบด้วยเครื่องอัด ตัวทำละลายที่ใช้ต้องไม่เป็นพิษต่อร่างกาย ได้แก่ เฮกเซน คาร์บอนไดซัลไฟด์ และเอทิลอีเทอร์ เป็นต้น ตัวทำละลายที่นิยมใช้กันมากที่สุด คือ เฮกเซน

วิธีการทำได้โดยให้ตัวทำละลายไหลซึมผ่านเมล็ดที่บดละเอียด น้ำมันที่อยู่ในเมล็ดจะละลายออกมากับตัวทำละลายเมื่อน้ำมันละลายออกมาหมดแล้ว นำไปกลั่นแยกเอาตัวทำละลายออก สารละลายของน้ำมันในตัวทำละลายอาจเรียกว่า มิสเซลลา (Miscella)

ในการสกัดน้ำมันรำข้าวจะถูกหมักในตัวทำละลายซึ่งน้ำมันจะถูกสกัดออกมาด้วยตัวทำละลาย แล้วจึงกรองแยกรำข้าวกับมิสเซลลาออกจากกัน หลังจากนั้นจะแยกตัวทำละลายออกจากส่วนผสมระหว่างตัวทำละลายกับน้ำมัน น้ำมันที่ได้จะถูกนำไปผ่านการทำให้บริสุทธิ์

การใช้วิธีสกัดด้วยตัวทำละลายจะได้ปริมาณน้ำมันสูงกว่าวิธีอื่น เมล็ดพืชบางชนิดใช้วิธีการบีบร่วมกับการสกัดด้วยตัวทำละลาย อย่างไรก็ดีการสกัดด้วยตัวทำละลายจะเสียค่าใช้จ่ายสูงกว่าวิธีอื่น เพราะตัวทำละลายมีราคาแพง ถึงแม้จะกลั่นแยกเอาตัวทำละลายกลับมาใช้ได้อีกก็ตาม แต่มีบางส่วนระเหยหายไป

น้ำมันที่ได้ออกมาเป็นน้ำมันที่ไม่บริสุทธิ์ เรียกว่า น้ำมันดิบ (Crude oil)มักมีสารประกอบต่างๆ ปนอยู่มากมาย ต้องนำไปผ่านการทำให้บริสุทธิ์ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เศษรำข้าวที่ละเอียด (ผ่านตะแกรงขนาด 100 mesh ได้) จะทำให้น้ำมันที่สกัดได้ขุ่น ทำให้ต้องใช้ระยะเวลาในการสกัดน้ำมันเพิ่มขึ้น และเป็นสาเหตุให้การแยกองค์ประกอบที่ไม่ใช่น้ำมันโดยการตกตะกอนยาก

น้ำมันที่มีกลิ่นหอมธรรมชาติบางชนิด เช่น น้ำมันมะกอกไม่อาจใช้วิธีการสกัดด้วยตัวทำละลายได้ เพราะจะทำให้กลิ่นหายไปขณะที่แยกเอาตัวทำละลายออก

## 2.5แกมมาโอไรซานอล

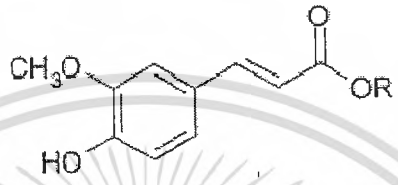
โอไรซานอลค้นพบครั้งแรกในน้ำมันรำข้าวในปี ค.ศ. 1954 โดยนักวิทยาศาสตร์ชาวญี่ปุ่นชื่อ Tsuchiya, T. และ Kaneko, R. (Orthoefer, 1996) ในช่วงแรกเชื่อว่า โอไรซานอลเป็นสารเดี่ยว ต่อมาภายหลังพบว่าออไรซานอลประกอบด้วยสองส่วนสำคัญ ส่วนแรกเป็นส่วนที่มีขั้ว คือ กรดเฟอรูลิค(Ferulic acid) ที่เป็นองค์ประกอบหลักไม่เปลี่ยนแปลง อีกส่วนหนึ่งเป็นสารประกอบที่มีหมู่ฟังก์ชันเป็นแอลกอฮอล์ ได้แก่พวก สเตอรอล(sterol) และ ไตรเทอร์พีนแอลกอฮอล์(triterpene alcohol) ที่มีโครงสร้างลักษณะคล้าย โคเลสเตอรอล(Cholesterol) และทั้งสองส่วนนี้เชื่อมต่อกันด้วยพันธะเอสเทอร์ ซึ่งมีชื่อเรียกอยู่ทั้งหมด 3 ชนิด คือ แอลฟาโอไรซานอล บีตาโอไรซานอล และแกมมาโอไรซานอล ซึ่งแกมมาโอไรซานอลเป็นรูปแบบที่พบมากที่สุด มีนักวิทยาศาสตร์ได้ทำการศึกษาวิจัยพบว่า ในน้ำมันรำข้าว(rice bran oil) มีปริมาณแกมมาโอไรซานอลอยู่ระหว่างร้อยละ 1-3 ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของข้าวและวิธีวิเคราะห์ที่ใช้(Seetharamaiah และ Prabhakar, 1986) แหล่งธรรมชาติที่พบแกมมา-โอไรซานอล คือ รำข้าว แต่สารบางชนิดที่พบในแกมมา-โอไรซานอล เช่น sitostanyl ferulate, campestanyl ferulate ยังสามารถพบได้ในข้าวโพดและธัญพืช(Seitz LM, 1989)

ปริมาณแกมมาโอไรซานอลที่พบในน้ำมันรำข้าวมีมากกว่าวิตามินอีประมาณ 20 เท่า ซึ่งอาจจะมีปริมาณแกมมาโอไรซานอลสูงถึง 3,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Xu ละ Godber, 1999)แต่ทั้งนี้ปริมาณแกมมาโอไรซานอลยังมีความแปรปรวนอยู่มาก เช่น การตรวจสอบปริมาณแกมมาโอไรซานอลในน้ำมันรำข้าวที่ผ่านการทำให้บริสุทธิ์ที่ขายอยู่ในประเทศญี่ปุ่นมีประมาณ 1,500-2,900 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ประเทศอินเดียพบประมาณ 1,500-1,900 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในขณะที่ประเทศสหรัฐอเมริกาพบประมาณ 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Saska และ Rossiter, 1998)ทั้งนี้เนื่องจากถูกขจัดออกหรือสลายตัวไปในกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ (refining)ซึ่งจะมากหรือน้อยขึ้นกับความรุนแรงในกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ และความแตกต่างของกระบวนการผลิตน้ำมันรำข้าว โดย Van Hoed และคณะ (2006)รายงานว่าในขั้นตอนของการใช้ด่างหรือการทำให้เป็นกลางเป็นขั้นตอนสำคัญที่ทำให้เกิดการสูญเสียของแกมมาโอไรซานอลสูงสุดซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Krishna และคณะ (2001)ที่พบว่าขั้นตอนของการกำจัดกัม และไขทำให้สูญเสียแกมมาโอไรซานอลเพียงร้อยละ 1.1-5.9 แต่ในขั้นตอนของการขจัดกรดไขมันโดยใช้ด่างมีผลให้แกมมาโอไรซานอลถูกกำจัดไปถึงร้อยละ 93.0-94.6 และนอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของข้าว โตยนพมาศ และคณะ (2545)ศึกษาความแตกต่างของสายพันธุ์ข้าวในประเทศไทยต่อปริมาณของแกมมาโอไรซานอล โดยพบว่าข้าวสายพันธุ์ต่างๆ มีปริมาณของแกมมาโอไรซานอลที่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.5.1 คุณสมบัติของสารแกมมาโอไรซานอล**

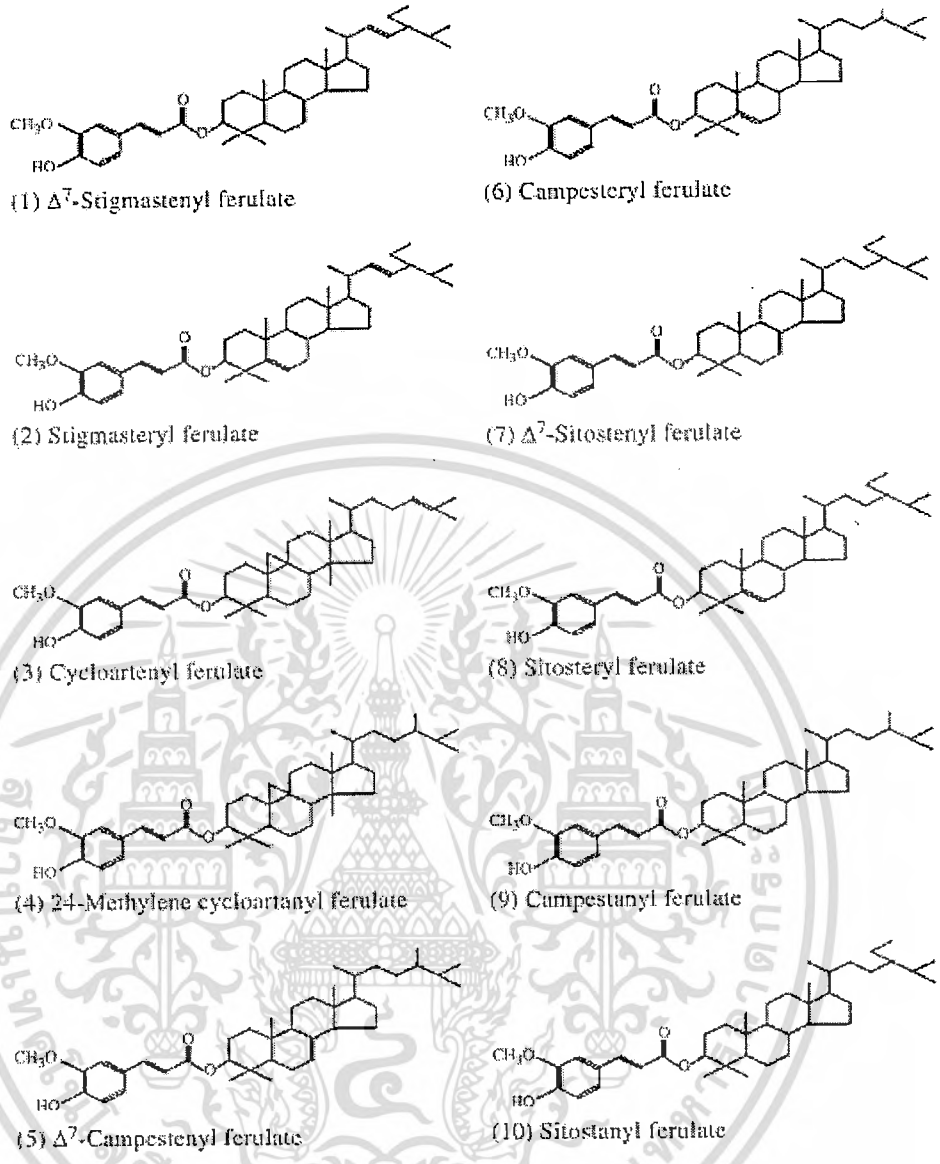
แกมมาโอไรนอล มีลักษณะเป็นผงสีขาวหรือสีขาวปนเหลืองอ่อนๆ มีสูตรเคมีคือ $C_{40}H_{58}O_4$ มีมวลโมเลกุลเท่ากับ602.98 กรัมต่อโมลแกมมาโอไรซานอลสามารถละลายได้ดีในขี้ผึ้งธรรมชาติ น้ำมันเมทานอล เอทานอล และคลอโรฟอร์ม จะละลายได้น้อยในอีเทอร์และเฮปเทน แต่ไม่ละลายในน้ำ ไม่มีกลิ่น มีจุดหลอมเหลวที่ 135-137 °C ค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด (absorption maxima)ที่ 315 291 และ 231 มีค่าการแตกตัวของหมู่ฟีนอลในสารละลายเมทานอลประมาณ 10.8 (วราพร พงษ์ธรวรากุลพานิช, 2543)




**รูปที่ 2.11**โครงสร้างทางเคมีของแกมมาโอไรซานอล
หมู่ R คือ กลุ่มสเตอรอลหรือกลุ่มไตรเทอร์พีนแอลกอฮอล์
**ที่มา** : Xu และ Godber (1999)

การพัฒนาเทคนิคสำหรับวิเคราะห์ปริมาณแกมมาโอไรซานอลนั้นเริ่มขึ้นโดย Diack และ Saska ในปี ค.ศ.1994 โดยการใช้เทคนิค normal phase high performance liquid chromatography(normal phase-HPLC) ซึ่งสามารถแยกแกมมาโอไรซานอลได้เป็น 2 ส่วน และแต่ละส่วนประกอบด้วยสารสำคัญอย่างน้อย 2 ชนิดหรือมากกว่านั้น การตรวจเอกลักษณ์และวิเคราะห์ปริมาณของสารสำคัญแต่ละชนิดในแกมมาโอไรซานอลนั้นจึงเป็นเรื่องที่ยากอันเนื่องมาจากการแยกสกัดสารสำคัญแต่ละชนิดได้ไม่สมบูรณ์ นอกจากนั้นยังมีการใช้เทคนิค reverse-phase HPLC สามารถแยกสารสำคัญได้ 5 ชนิด(Norton RA, 1995) หรือ 6 ชนิด(Evershedet al., 1988;Rogers et al., 1993) จากนั้นจึงสามารถแยกสารสำคัญของแกมมาโอไรซานอลได้สำเร็จจากน้ำมันรำข้าวโดยใช้เทคนิดpreparative normal phase-HPLC ได้เป็นแกมมาโอไรซานอลเข้มข้น จากนั้นจึงทำการแยกและลดการรบกวนจากสารอื่นด้วยเทคนิค reverse-phase HPLC ซึ่งสามารถแยกสารสำคัญได้ถึง 10 ชนิด คือ (1)$\Delta^7$-stigmastenyl ferulate (2) stigmasteryl ferulate (3) cycloartenyl ferulate (4) 24-methylene cycloartanyl ferulate (5)$\Delta^7$-campestenyl ferulate (6) campesteryl ferulate (7)$\Delta^7$-sitotenyl ferulate (8) sitoteryl ferulate (9) campestanyl ferulate และ(10) sitotanyl ferulate (รูปที่ 2.11) ซึ่งสารสำคัญหลัก 3 ชนิดที่พบมากในแกมมาโอไรซานอล คือ cycloartenyl ferulate, 24-methylenecycloartanyl ferulate, campesteryl ferulate (Zullaikah et al., 2009)โดยอนุพันธุ์หลักของแกมมาโอไรซานอลที่พบในน้ำมันรำข้าวมี 3-4 ชนิด ซึ่งได้แก่ cycloartenyl ferulate,24-methylene cycloartenyl ferulate, campesteryl ferulate และ sitostanyl ferulate (Xu และ Godber 1999; Lloyd และคณะ,2000; Xu และคณะ 2001; Fang และคณะ,2003)รวมกันคิดเป็นประมาณร้อยละ 80 ของแกมมาโอไรซานอลทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 2.12 แสดงโครงสร้างของโอไรซานอลทั้ง 10 อนุพันธ์

2.5.2 แหล่งของสารแกมมาโอไรซานอลในธรรมชาติ

พบในรำข้าว น้ำมันรำข้าว ต้นอ่อนของข้าว น้ำมันจากต้นอ่อนของข้าว นอกจากนี้ยังพบในธัญพืช เช่น ข้าวโพด ข้าวสาลี ข้าวไรน์ และข้าวโอ๊ตอีกด้วย

2.5.3 คุณประโยชน์ของแกมมาโอไรซานอล

แกมมาโอไรซานอลเป็นสารที่มีคุณประโยชน์มากมาย และมีศึกษาการนำสารแกมมาโอไรซานอลไปใช้ประโยชน์กันอย่างกว้างขวาง นอกจากนั้นผลการตรวจสอบความปลอดภัยระบุอย่างชัดเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ว่าสารแกมมาโอไรซานอลไม่ก่อให้เกิดความผิดปกติของยีน ไม่เป็นสารก่อมะเร็งและเนื้องอกอีกด้วย แกมมาโอไรซานอล จึงถูกนำไปใช้อย่างแพร่หลายทั้งทางด้านอาหาร เครื่องสำอาง และทางการแพทย์

ในด้านอาหาร แกมมาโอไรซานอลถูกนำมาใช้เป็นสารป้องกันการเปลี่ยนสีในผลิตภัณฑ์อาหาร ที่มีลักษณะเป็นอิมัลชั่นใช้เป็นสารกันเสีย(Preservative)ในอาหาร ใช้เพื่อป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน เช่น เติมลงในน้ำมันพืชเพื่อกันหืน

ในด้านเครื่องสำอาง แกมมาโอไรซานอลถูกนำมาใช้เพื่อช่วยทำให้ผิวหนังมีความยืดหยุ่น เปล่งปล่ง มีน้ำมีนวล ชุ่มชื้น และปราศจากริ้วรอยเหี่ยวย่น แกมมาโอไรซานอลเป็นสารต้านอนุมูลอิสระคล้ายกับวิตามินอี ซึ่งจะช่วยลดปฏิกิริยาออกซิเดชันอันเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดริ้วรอย มีการนำไปใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์อาบน้ำประมาณ 3-20% โดยน้ำหนัก เพื่อใช้รักษาโรคผิวหนังอักเสบ(Atopic dermatitis) และอาการผิวหนังแห้ง(Senile xeroderma) ใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ทาเส้นผมประมาณ 1% โดยน้ำหนัก เพื่อใช้เปลี่ยนสภาพสีผมจากผมสีเทาให้เป็นผมสีดำ ทั้งนี้เพราะโอไรซานอลช่วยกระตุ้นการสร้างเมลานิน ใช้ ใช้ในผลิตภัณฑ์ระงับกลิ่นใต้วงแขนเพื่อควบคุมกลิ่นที่เกิดจากเหงื่อ ในน้ำยาทาเล็บเพื่อป้องกันเล็บเปลี่ยน และยังช่วยรักษาความคงทนของผลิตภัณฑ์

ในด้านการแพทย์แกมมาโอไรซานอลมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระตามธรรมชาติ ซึ่งสามารถลดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ จึงช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งได้ ช่วยลดปริมาณโคเลสเตอรอลในพลาสมา (Plasma cholesterol) ลดการสังเคราะห์โคเลสเตอรอลในตับและลดการดูดซึมโคเลสเตอรอล ช่วยเพิ่มปริมาณการหลั่งกรดน้ำดีเข้าไปในลำไส้ ช่วยเพิ่มอัตราการไหลเวียนโลหิตและป้องกันการรวมตัวของเกล็ดเลือด(Platelet aggregation) ช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจ โรคตับ โรคไต โรคเบาหวาน และการเกิดริดสีดวงทวาร ช่วยเสริมสร้างในด้านความจำ ลดความเครียด ช่วยรักษาระบบการทำงานของสมองที่ผิดปกติ(Nerve aggregation) และภาวะหลังหมดประจำเดือน (Disorder of menopause) โดยคาดว่าน่าจะไปมีผลกับฮอร์โมนลูทีไนซิ่ง (Luteinizing hormone ; LH)ช่วยส่งเสริมการสร้างกล้ามเนื้อ โดยการปลดปล่อยฮอร์โมนเอนดอร์ฟิน(Endorphin) และทำให้มดลูกจะแข็งแรงและกระชับช่วยในเรื่องของการมีบุตรยาก และยังช่วยเพิ่มสมรรถภาพทางเพศโดยการเพิ่มระดับฮอร์โมนเทสโทสเตอโรน (Testosterone hormone)

## 2.6อนุมูลอิสระและการต้านอนุมูลอิสระ

อนุมูลอิสระ(free radical) หรือ reactive oxygen species(ROS) เป็นโมเลกุลที่มีอิเล็กตรอนวงนอกสุดไม่เป็นจำนวนคู่ (unpaired electron) และมีอายุสั้นมาก จัดเป็นโมเลกุลที่ไม่เสถียรและว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมี จึงทำปฏิกิริยากับโมเลกุลต่างๆ ภายในร่างกายเพื่อให้ตัวมันเองมีความเสถียร อนุมูลอิสระมีหลายชนิด ชนิดที่สำคัญ ได้แก่ ซูเปอร์ออกไซด์แอนไอออน (superoxide anion) ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์(hydrogen peroxide) และไฮดรอกซิลแรดดิเคิล (hydroxyl-radical) (มลศิริวิโรทัย, 2545)

แหล่งของอนุมูลอิสระสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แหล่งใหญ่ๆ คือ

2.6.1 อนุมูลอิสระที่มาจากสิ่งแวดล้อมภายนอก ซึ่งได้แก่ สารเคมีและสิ่งปนเปื้อนที่มากับอากาศที่เราหายใจเข้าไป การติดเชื้อ สารเติมแต่งอาหาร สีผสมอาหาร สารเคมีปนเปื้อนในอาหาร สารกันบูด หรือสารเคมีต่างๆที่ใช้ในการเกษตร ฯลฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2อนุมูลอิสระที่ร่างกายของเราสร้างขึ้นเอง ซึ่งได้แก่ สารเคมีที่หลงเหลือจากกระบวนการทางชีวภาพที่เกิดขึ้นภายในร่างกายและในเซลล์เอง เช่น กระบวนการเผาผลาญอาหาร(metabolism) ในชีวิตประจำวัน การออกกำลังกาย การสลายไขมันออกจากร่างกายมากๆก็จะทำให้เกิดอนุมูลอิสระมากด้วย

ปฏิกิริยาออกซิเดชันจะเกิดขึ้นเร็วหรือช้าขึ้นกับปัจจัยต่างๆ เช่น.แสง อุณหภูมิ ความเข้มข้นและชนิดของออกซิเจน ชนิดของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบ ชนิดและปริมาณของกรดไขมันอิสระ ปริมาณของโมโนกลีเซอไรด์และไดกลีเซอไรด์ รงควัตถุ ฟอสโฟลิปิด ชนิดและปริมาณของโลหะหนัก (Choe และ Min, 2006)โดยน้ำมันดิบมักมีโลหะหนัก เช่น เหล็ก ทองแดง โคบอล เป็นต้น ซึ่งโลหะหนักอาจปนเปื้อนมากับวัตถุดิบ เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตน้ำมัน และภาชนะบรรจุ แม้ปริมาณของโลหะหนักจะมีน้อย เช่น ระดับมิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ก็สามารถที่จะลดความคงตัวของน้ำมันได้ ซึ่งเมื่อกำจัดตัวเร่งปฏิกิริยาให้หมดไปการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันก็น้อยลงทำให้การเกิดกลิ่นหืนลดน้อยลงไป โดยขั้นตอนของการทำให้น้ำมันบริสุทธิ์ก็เป็นขั้นตอนที่สามารถลดปริมาณของโลหะหนักเหล่านี้ได้ระดับหนึ่ง ดังนั้นน้ำมันที่ไม่ผ่านการทำให้เป็นน้ำมันบริสุทธิ์ก็ยังคงมีปริมาณของโลหะหนักอยู่สูง โดยโลหะหนัก เช่น เหล็ก จะมีผลไปเร่งอัตราการเกิดออกซิเดชันของน้ำมันได้โดยตรง เนื่องจากเหล็กจะเป็นตัวรับไฮโดรเจนจากกรดไขมันทำให้เกิดเป็นแอลคิลฟรีแรดดิคอล (alkyl free radical: $R^{\cdot}$)และเร่งการแตกตัวของไฮโดรเพอร์ออกไซด์ (hydroperoxide: ROOH)โดยเหล็กจะให้อิเล็กตรอนกับไฮโดรเพอร์ออกไซด์แล้วเปลี่ยนเป็นเพอร์ออกซีแรดดิคอล (peroxy radical: $ROO^{\cdot}$) และแอลคอกซีแรกดิคอล (alkoxy radical: $RO^{\cdot}$)ตามลำดับ (Choe และ Min, 2006)

อนุมูลอิสระมีคุณสมบัติทางเคมีที่ทำลายเยื่อหุ้มเซลล์ของมุนษย์ได้ด้วยปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation) เมื่อมีอนุมูลอิสระเกิดขึ้นจึงเกิดการทำลายโมเลกุลอื่นๆ ต่อเนื่องกันเป็นลูกโซ่ส่งผลให้เกิดการอักเสบของเนื้อเยื่อร่างกาย เกิดริ้วรอยเหี่ยวย่นบนใบหน้า รอบดวงตา และผิวพรรณรวมทั้งเป็นสาเหตุของการเกิดโรคเรื้อรังต่างๆ เช่น โรคหัวใจขาดเลือด โรคต้อกระจก โรคความดันโลหิตสูง โรคอัลไซเมอร์ โรคเบาหวาน โรคมะเร็ง เป็นต้น ปกติภายในร่างกายของเรามีกลไกป้องกันอนุมูลอิสระโดยอาศัยการทำงานของสารต้านอนุมูลอิสระที่สร้างขึ้นในร่างกาย เช่น เอนไซม์ซุปเปอร์ออกไซด์ ดิสมิวเตส(superoxide dismutase) คาทาเลส(catalase) กลูทาทิออนเปอร์รอกซิเดส(GPX) เป็นต้น แต่การสร้างสารต้านอนุมูลอิสระยังไม่เพียงพอและมีขีดจำกัดในปัจจุบัน วงการวิทยาศาสตร์การแพทย์ค้นพบว่า ในการป้องกันภาวะบกพร่องของร่างกายต่างๆที่เกิดจากการทำลายเซลล์ของอนุมูลอิสระนั้นควรได้รับสารเพื่อทำลายฤทธิ์ของสารอนุมูลอิสระ ซึ่งเรียกว่า สารต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันหรือสารต้านอนุมูลอิสระ(antioxidants)

สารต้านอนุมูลอิสระ(Antioxidant) คือ สารที่มีสมบัติยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชัน มีทั้งที่เป็นสารจากธรรมชาติ(natural antioxidant) เช่นวิตามินซีวิตามินอีเป็นต้น และสารสังเคราะห์ (synthetic antioxidant) เช่นบิวทิลเลทไฮดรอกซีเอนีโซล(butylated hydroxyanisole: BHA) บิวทิลเลทไฮดรอกซีโทลูอีน(Butylated hydroxytoluene; BHT) แกลเลต(Gallate)เป็นต้นและมีฤทธิ์ทำลายอนุมูลอิสระที่ร่างกายได้รับ ได้แก่ ควันบุหรี่ แอลกอฮอล์ รังสีอัลตราไวโอเวต เอ็กซเรย์ ให้กลายเป็นสารที่ไม่มีอันตรายต่อเซลล์ ในร่างกายจะมีสารต้านออกซิเดชันเพื่อทำหน้าที่ยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันโดยทำหน้าที่กำจัดอนุมูลอิสระ (free radical scavengers) ป้องกันไม่ให้อนุมูลอิสระทำปฏิกิริยากับสารชีวโมเลกุลต่างๆที่จะก่อผลเสียต่อร่างกาย(สุวลี โล่วิรกรณ์ 2549) แหล่งอาหารที่มีสารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญ ได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิตามินเอพบในตับหมูตับไก่ ไข่โดยเฉพาะไข่แดง น้ำนม พืชผักที่มีสีเขียวเข้ม ผลไม้ที่มีสีเหลืองส้ม เช่น ผักตำลึง ผักกวางตุ้ง ผักบุ้ง ฟักทอง มะม่วงสุก มะละกอสุก มะเขือเทศ

วิตามินซี พบมากในฝรั่ง ส้ม มะขามป้อม มะละกอสุก พริกชี้ฟ้าเขียว บร็อกโคลี ผักคะน้า ยอดสะเดา ใบปอ ผักหวาน ผักกาดเขียว

วิตามินอี พบในน้ำมันจากจมูกข้าวสาลี น้ำมันดอกทานตะวัน น้ำมันข้าวโพด น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันดอกคำฝอย เมล็ดทานตะวัน เมล็ดอัลมอนด์ จมูกข้าวสาลี

ซีลีเนียมพบมากในอาหารทะเล ปลาทูน่า เนื้อสัตว์ ตับ บะหมี่ ไก่ ปลา ขนมปังโฮลวีต

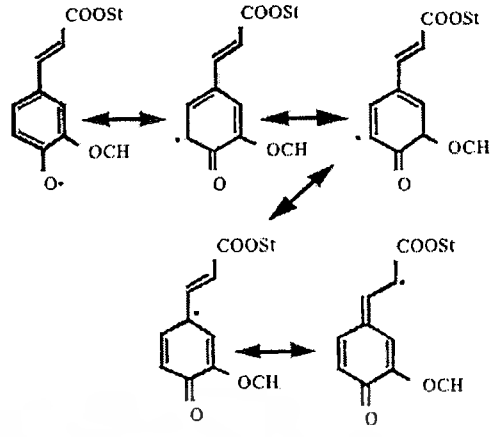
แคโรทีนอยด์(บีตาแคโรทีน ลูทีน และไลโคฟีน)พบในผักที่มีสีเขียวเข้มผลไม้ที่มีสีเหลืองส้ม เช่น ผักตำลึง ผักกวางตุ้ง ผักบุ้ง ฟักทอง มะม่วงสุก มะละกอสุก มะเขือเทศ

พฤกษาเคมีต่างๆ เช่นสารประกอบโพลีฟีนอลส์(polyphenols)จากชาและสมุนไพรบางชนิด ไอโซฟลาโวน(isoflavones) จากถั่วเหลือง เป็นต้น

**2.6.1การต่อต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของแกมมาโอไรซานอล**

การเกิดออกซิเดชันของน้ำมันสำหรับบริโภคมีผลโดยตรงทำให้เกิดสี กลิ่นรสที่ผิดปกติไปจากเดิม สูญเสียคุณค่าทางโภชนาการ ลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารเปลี่ยนแปลง ผู้บริโภคไม่ยอมรับ หรืออาจเกิดสารประกอบใหม่ที่เป็นอันตรายต่อร่างกาย (Nawar, 1996; Choe และ Min, 2006)ซึ่งสารต้านการเกิดออกซิเดชัน คือ สารที่มีสมบัติป้องกันหรือช่วยให้น้ำมันเกิดการหืนได้ช้าลง จึงเป็นสารที่เติมลงในน้ำมันเพื่อชะลอหรือยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันทำให้น้ำมันคงตัว รักษาคุณลักษณะ กลิ่นและรสชาติไว้ได้นานขึ้น โดยความสามารถในการเป็นสารต้านออกซิเดชัน ของสารกลุ่มแกมมาโอไรซานอลมาจากส่วนของกรดเฟอรูลิก เนื่องจากอนุพันธุ์ในส่วนของสเตอรอลหรือไตรเทอร์ปีนแอลกอฮอล์มีโครงสร้างขนาดใหญ่และเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนยากกว่ากรดเฟอรูลิก (Xu และ Godber, 2001) สำหรับหน้าที่ในการต้านออกซิเดชันสามารถอธิบายได้โดยการเกิด resonance-stabilised structure (Kochhar, 2000)ดังแสดงในรูปที่ 2.13ซึ่งจากภาพเมื่อแกมมาโอไรซานอลได้รับอิเล็กตรอนจากอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัว แกมมาโอไรซานอลจะมีความสามารถย้ายอิเล็กตรอนในโครงสร้างวงแหวน โดยการเกิดเรโซแนนซ์(resonance) ทำให้แกมมาโอไรซานอลมีความเสถียรสูงและไม่เกิดเป็นอนุมูลอิสระเสียเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 2.13กลไกในการต้านออกซิเดชันของแกมมาโอไรซานอล
ที่มา: Kochhar (2000)

สำหรับความสามารถในการต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของแกมมาโอไรซานอลนี้มีการศึกษากันอย่างกว้างขวาง โดยพบว่าสามารถต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมันได้ดีเมื่อเทียบกับสารต่อต้านการเกิดออกซิเดชันชนิดอื่นๆ เช่น แอลฟาโทโคฟีรอล บิวทิลเลทไฮดรอกซีเอนีโซล(butylated hydroxyanisole: BHA)บิวทิลเลทไฮดรอกซีโทลูอีน(Butylated hydroxytoluene; BHT) (Xu และ Godber,2001; Iqbal และคณะ,2005)โดยสามารถยืดช่วงของ induction period ออกไป และปรับปรุงความคงตัวต่อการต้านออกซิเดชันของน้ำมัน นอกจากนี้ยังมีการเปรียบเทียบระหว่างสเตอริลเฟอรูเลท(steryl ferulates)กับโทโคฟีรอล(tocopherol) ในน้ำมันดอกทานตะวันให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 100 และ 180 องศาเซลเซียส พบว่าสเตอริลเฟอรูเลทมีความคงตัวในระหว่างการเกิดออกซิเดชันดีกว่าเมื่อเวลาผ่านไป 96 ชั่วโมง และ 6 ชั่วโมง ตามลำดับ แต่ไม่พบการเสริมฤทธิ์กันระหว่างสเตอริลเฟอรูเลทและโทโคฟีรอล

นฤมล นิมมานพิภักดิ์ (2546)ได้ทำการศึกษารำข้าวเป็นแหล่งธรรมชาติที่สำคัญของสารแกมมาโอไรซานอล สารประกอบแกมมาโอไรซานอลน่าจะมีฤทธิ์ต้านการออกซิเดชันเพราะในโครงสร้างประกอบด้วยกรดเฟอรูลิคซึ่งเป็นสารต้านการออกซิเดชันที่มีฤทธิ์แรง น้ำมันรำข้าวดิบ (Crude rice bran oil) ได้จากการสกัดโดยวิธีการใช้ตัวทำละลาย 2 ชนิด ที่ไม่เข้ากันมาทำการสกัดแยกเอาเฉพาะส่วนที่ต้องการ (Liquid-liquid extraction method) โดยตัวทำละลายที่ใช้ ได้แก่ เมทานอลและเฮกเซน ได้ปริมาณสารสกัดน้ำมันรำข้าวร้อยละ 10.9 เมื่อเทียบกับน้ำหนักของน้ำมันรำข้าวดิบ การวิเคราะห์หาปริมาณสารแกมมาโอไรซานอล จะมี 2 พีคหลักของสารสกัดน้ำมันรำข้าวให้ชื่อว่าพีคเอและพีคบี ทำโดยเครื่อง HPLC พบว่าพีคเอกับพีคบีของสารแกมมาโอริซานอลในสารสกัดน้ำมันรำข้าวเท่ากับร้อยละ 2.3 และ 4.1 ตามลำดับ เมื่อเทียบกับน้ำหนักของสารสกัดน้ำมันรำข้าว จากนั้นนำสารสกัดไปตรวจสอบหาฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน ทำโดย 2 วิธี คือ colorimetric analysis และ ESR โดยแสดงผลเป็นค่าความเข้มข้นที่มีฤทธิ์ยับยั้งได้ร้อยละ 50 ($IC_{50}$) ผลลัพธ์พบว่าความเข้มข้นของสารสกัดน้ำมันรำข้าวที่มีฤทธิ์ยับยั้งได้ร้อยละ 50 ของแต่ละพีคเท่ากับ 1406.94 และ 1325.63 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ หลังจากนั้นสารสกัดน้ำมันรำข้าวถูกเก็บเป็นเวลา 90 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการหาค่าร้อยละความเข้มข้นของพีคบีของสารแกมมาโอริซานอลที่คงเหลืออยู่ในสารสกัดได้ดังนี้ 71.35-74.75% ตามลำดับ วัดโดยเครื่อง HPLC

**2.6.2การวัดกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ**

ในปัจจุบันสารต้านอนุมูลอิสระได้รับความสนใจเป็นอย่างมากได้มีการนำสารต้านอนุมูลอิสระมาใช้ในการส่งเสริมสุขภาพป้องกันและรักษาโรคต่างๆเพราะเชื่อว่าสามารถลดปฏิกิริยาออกซิเดชันและต้านการเกิดอนุมูลอิสระได้การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมีความสำคัญเพื่อใช้บอกประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระหากฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมีค่าสูงแสดงว่ามีประสิทธิภาพในการต้านการเกิดอนุมูลอิสระสูงด้วยเช่นกันวิธีที่นิยมใช้ในการทดสอบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระมีหลายวิธีเช่น 2,2-diphennyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radicalscavenging assay 2,2'-azino-bis (3-ethylbenzthiazoline-6-sulphonic acid) (ABTS) free radical declorizationassay และ oxygen radical absorbance capacity (ORAC) เป็นต้น (จุฬาลักษณ์ทวีบุตร 2551)

หลักการของ 2,2-diphennyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging assay

DPPH เป็นวิธีที่นิยมใช้ในการวัดค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH มีหลักการที่สารเคมี 2,2-diphennyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) นี้เป็นอนุมูลอิสระสังเคราะห์ที่มีความคงตัวเมื่ออยู่ในรูปสารละลาย DPPH จะมีสีม่วงและสามารถดูดกลืนแสงได้ดีที่ความยาวคลื่น 517 nm ทำการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระได้โดยผสม DPPH• และสารต้านอนุมูลอิสระที่ต้องการทดสอบ (AH) ในหลอดทดลองซึ่งเกิดปฏิกิริยากันดังสมการนี้

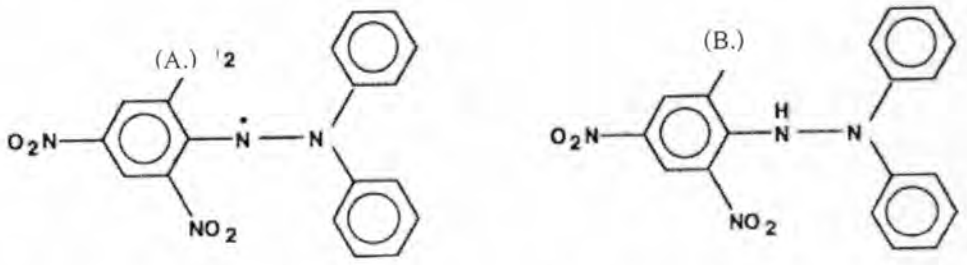
$$DPPH\bullet + (AH) \longrightarrow DPPH\text{-}H + (A\bullet)$$

อนุมูลอิสระใหม่ที่เกิดขึ้น (A•) จะทำปฏิกิริยาต่อไป (radical-radical interaction) โดยกระบวนการradical disproportionation จนกระทั่งได้เป็นโมเลกุลที่มีความคงตัว (A-A) ดังสมการนี้

$$DPPH\bullet + A\bullet(n) \longrightarrow DPPH\text{-}A\ (n)$$
$$A\bullet + A\bullet \longrightarrow A\text{-}A$$

เมื่ออนุมูลอิสระ DPPH• ได้รับโปรตอนจากสารต้านอนุมูลอิสระที่นำมาทดสอบสารละลาย DPPH ก็จะเปลี่ยนสีจากสีม่วงเป็นสีเหลืองส่งผลให้ค่าการดูดกลืนแสงที่ 517 นาโนเมตรลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 2.14 สูตรโครงสร้างของ DPPH ที่เป็นอนุมูลอิสระ (A.) และไม่เป็นอนุมูลอิสระ (B.)
ที่มา : Molyneux (2004)

## 2.7 ความชุ่มชื้นของผิวหนัง

สาเหตุประการหนึ่งที่ทำให้เกิดริ้วรอยบนผิวหนัง คือ การที่ผิวหนังขาดความชุ่มชื้น ซึ่งเกิดจากสภาวะภายในร่างกาย และจากการทำลายจากสิ่งแวดล้อม ผิวหนังชั้น sratum corneum จะต้องมีน้ำมากกว่าร้อยละ 10 ของส่วนประกอบทั้งหมด เพื่อให้ส่วนประกอบทั้งหลายยังคงคุณสมบัติที่ดีเพียงพอที่จะทำให้ผิวหนังชั้น stratum corneum สามารถรักษาหน้าที่และคุณสมบัติต่างๆ เช่น คุณสมบัติในการกักเก็บน้ำ คุณสมบัติของการทำงานของเอนไซม์ รักษาสภาพของผิวหนังให้ดูสวยงามนุ่มเนียนตลอดเวลาสัมผัส และทำให้เกิดการผลัดเปลี่ยนและหลุดออกของหนังกำพร้าตามปกติ ถ้าคุณสมบัติเหล่านี้เสียไปเพราะขาดน้ำ หรือขาดความชุ่มชื้นจากสาเหตุใดก็ตาม เช่น การอักเสบ การแห้งของอากาศ ผิวจะยิ่งแห้งขึ้นเรื่อยๆ และเกิดเป็นริ้วรอยที่สามารถสังเกตได้

ที่มา: http://www.tanenvy.com/3/sunless-tanning/how-does-spray-tanning-work

## 2.8 ระบบการปรับปริมาณความชื้นของผิวหนัง

ผิวหนังมีข้อจำกัดในการดูดซับน้ำ มีผนังกั้นสำหรับควบคุมปริมาณของความชื้นที่จะระเหยออกไปหรือซึมเข้ามา เมื่อมีการไหลเวียนของกระแสเลือดตามปกติจะทำให้เกิดความชุ่มชื้นภายในเซลล์ ความแห้งของผิวหนังชั้นนอกจะมีความสำคัญทางสรีรวิทยา keratin ของผิวหนังจะมีความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้านทานต่อความชื้นทั้งทางเคมีและฟิสิกส์ ถ้าผิวมีความชื้นต่ำจะสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราได้ ผิวแห้งจะเปราะง่ายและไม่มีความยืดหยุ่น ตามปกติที่ผิวหนังจะมีสารที่เป็นไขมันและสารที่เป็น hydrophilic ปกคลุมอยู่จึงทำให้ผิวไม่แห้ง ถึงแม้จะอยู่ในที่ที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ เช่นเดียวกับเครื่องสำอางหลายชนิด เช่น ครีม โลชั่น ที่ช่วยลดการระเหยของน้ำบนชั้นผิวหนัง ซึ่งมีผลต่อความชื้นในชั้นผิว ความยืดหยุ่นของผิว และความต้านทานต่อสารเคมี

## 2.9 เครื่องสำอางสำหรับผิวหนัง

เครื่องสำอางซึ่งใช้เสริมความงามหรือเสริมสร้างหน้าที่ของร่างกาย นิยมใช้กับอวัยวะภายนอกของร่างกาย ได้แก่ ผิหนัง ผม ขน และเล็บ พร้อมทั้งการบำรุงผิวให้เสื่อมช้ากว่าปกติ และช่วยแก้ไขปกปิดรอยด่างดำหรือข้อตำหนิของผิว เป็นการป้องกัน และระงับกลิ่นกายและลมหายใจ การป้องกันผิวจากภายนอก เช่น ความร้อน แสงแดด เป็นต้น ในทางการแพทย์ใช้รักษาความผิดปกติบางอย่างของผิวหนัง เช่น สิว ฝ้า กระ รังแค เป็นต้น

## 2.10 ผลิตภัณฑ์ให้ความชุ่มชื่นแก่ผิวหนัง

ผิวหนังชั้น stratum corneum นอกจากจะป้องกันการซึมแพร่ผ่านของสารสำคัญจากภายนอกแล้ว ยังมีหน้าที่สำคัญในการช่วยลดการสูญเสียน้ำเนื่องจากถูกเคลือบไว้ด้วยน้ำมันหล่อลื่นผิวหนัง ช่วยเก็บความชุ่มชื่นของผิวไว้ แต่ในบางคนผิวหนังชั้น stratum corneum เกิดความผิดปกติทำให้มีการระเหยของน้ำออกจากผิวหนังมากกว่าปกติ เช่น โรคผิวหนังจากพันธุกรรม (congenital ichthyosis) หรือ xerosis ซึ่งความผิดปกติของผิวหนังที่เกิดจากผิวหนังชั้น stratum corneum ขาดน้ำ และหลุดออกเป็นขุย หรือการชำระล้างผิวหนังมากเกินความจำเป็น จนทำให้น้ำมันหล่อเลี้ยงผิวถูกชะล้างออกจนหมด นอกจากนี้สารชำระล้างผิวหนังยังอาจก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อเซล์คอร์นิออไซต์ ในผิวหนังชั้น stratum corneum ทำให้คุณภาพของผิวหนังเสียไป และในภาวะที่อากาศมีความชื้นต่ำ เช่น ฤดูหนาวน้ำจะระเหยออกจากผิวหนังมากขึ้น ทำให้ผิวหนังแห้ง หรือการทำงานในห้องปรับอากาศ ซึ่งมีความชื้นต่ำ จะเร่งให้ผิวหนังแห้งมากขึ้นดังนั้นเพื่อบรรเทาปัญหาดังกล่าวได้ รูปแบบผลิตภัณฑ์อาจอยู่ในรูปของครีม โลชั่น อิมัลชั่นโลชั่นใส เจล และสเปรย์ โดยการตั้งชื่อผลิตภัณฑ์และความจำเพาะของผลิตภัณฑ์นั้นจะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบที่ผสมในมอยซ์เจอไรเซอร์พื้นฐาน

## 2.11 กลไกในการทำให้ผิวชุ่มน้ำของมอยซ์เจอไรเซอร์

2.12.1 occlusive คือ การป้องกันน้ำระเหยออกจากผิว โดยเกิดเป็นฟิล์มบางที่ต่อเนื่องปกคลุมผิว จึงทำให้ผิวชั้น horny layer ดึงน้ำจากผิวชั้นล่างขึ้นมาโดยไม่ถูกระเหยออกไป เกิดการชุ่มน้ำและอ่อนนุ่ม มีความยืดหยุ่น

2.12.2 humectancy คือ การดูดน้ำจากอากาศเข้าสู่ผิวหนัง ทำให้ผิวชั้น horny layer ชุ่มน้ำ

2.12.3 restorationof deficient materials คือ การทดแทนผิวหนังด้วยสารที่ขาดหายไป เช่น การทดแทนสารรักษาความชื้นตามธรรมชาติในผิว (natural moisturizing factor : NMFs)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.12 อิมัลชั่น (emulsion)

หมายถึง dispersed system ที่ประกอบด้วยของเหลวอย่างน้อย 2 ชนิด แบ่งเป็นสองวัฏภาคคือวัฏภาคภายใน และวัฏภาคภายนอก จะไม่กระจายตัวเข้าหากันหรือไม่ละลายในกันและกัน เช่น น้ำและน้ำมัน, น้ำและตัวทำละลายอินทรีย์, น้ำมันและตัวทำละลายอินทรีย์หรือตัวทำละลายอินทรีย์ทั้ง 2 วัฏภาค โดยการที่จะนำของเหลวทั้งสองวัฏภาคกระจายตัวเข้าหากันจนเป็นเนื้อเดียวกันโดยอาศัยสารตัวที่สามซึ่งก็คือ สารก่ออิมัลชั่น (emulsifier or emulsifying agent)โดยทั่วไป ขนาดของหยดของวัฏภาคภายในจะอยู่ในช่วง 0.1(0.5)–10ไมโครเมตร ซึ่งบางครั้งอาจพบอิมัลชั่นขนาดเล็กมากถึง 0.01 ไมโครเมตร หรือใหญ่มากถึง 100 ไมโครเมตร แต่จะทำให้ระบบไม่คงตัวมากยิ่งขึ้น dispersed systems เป็นระบบที่มีสองวัฏภาคอยู่รวมกัน ดังนี้ (เสาวนีย์กระสานติสุข และหทัยชนกรุณรงค์โค, 2549)

2.13.1 วัฏภาคภายใน (dispersed phase หรือ internal phase หรือ discontinuousphase) คือวัฏภาคที่ไปกระจายตัวในอีกวัฏภาคหนึ่ง กระจายตัวอย่างไม่ต่อเนื่อง

2.13.2 วัฏภาคภายนอก (dispersed medium หรือ external phase หรือ continuous phase ) คือตัวที่เป็นตัวกลางที่ให้อีกวัฏภาคหนึ่งกระจายตัวอยู่

## 2.13 Dispersion system

2.14.1 water phase of emulsion โดยทั่วไปใน water phase ไม่ได้มีเพียงน้ำเพียงอย่างเดียวแต่มีสารอื่นกระจายตัวอยู่ด้วย ดังนั้น water phase จะประกอบด้วย

- soluble drugs
- humectants
- สารเพิ่มความหนืด เช่น veegum, acacia, tragacanth, carbopol, methycellulose
- preservative เช่น methylparaben, sodium benzoate
- color เช่น amaranth
- flavor
- distilled water or ionized water

2.14.2 oil phase of emulsion ประกอบด้วย

1. น้ำมันที่เป็นของเหลว (fixed oil, volatile oil, mineral oil) เช่น arachis oil (peanut oil), cottonseed oil, soy bean oil, sunflower oil

2. น้ำมันที่เป็นของแข็ง (fats, waxes) เช่น paraffin, beeswax, carnuba wax, fatty alcohol (cetyl alcohol และ stearyl alcohol)

3. oil-soluble drugs เช่น oil soluble vitamin , antiseptics

4. antioxidant

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.14 ชนิดของอิมัลชั่น**แบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด

**2.14.1 conventional emulsions** เป็น emulsion ทั่วไป แบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

2.14.1.1 oil in water emulsions (O/W) น้ำมันเป็นวัฏภาคใน น้ำเป็นวัฏภาคนอก จึง
มีความเหนียวเหนอะหนะน้อย ทาแล้วกระจายดี ล้างออกได้ง่าย เป็นที่นิยมมากในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง เช่น ครีม และโลชั่นทาผิว (body cream and body lotion) ครีมทาหน้า(vanishing cream) ครีมกันแดด (sun screen cream)

2.14.1.2 water in oil emulsion (W/O)น้ำเป็นวัฏภาคใน น้ำมันเป็นวัคภาคนอก พบอิมัลชั่นชนิดนี้บ้างในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง เช่น ครีมล้างหน้า (cleansing cream) ครีมทากลางคืน (night cream) ครีมนวดหน้า (massage cream) อิมัลชั่นชนิดนี้ล้างน้ำออกยากจึงเป็นที่นิยมใช้น้อย

**2.14.2 multiple emulsions** เป็น emulsion ที่มีการกระจายตัวของของเหลวทั้ง 2 ชนิดซ้อนกันแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

2.15.2.1 water in oil in water emulsions (W/O/W) คือระบบที่มีการกระจายตัวของ
W/O ในwater phase

2.15.2.2 oilinwater in oil emulsions (O/W/O) คือระบบที่มีการกระจายตัวของ O/W ในoil phase เช่น cold cream

**2.14.3 microemulsions** เป็น emulsion ที่มีขนาดอนุภาคต่ำมากๆ เป็นนาโนเมตรทำให้มีลักษณะโปร่งแสง มองไม่เห็น droplet ของ internal phase มีลักษณะคล้าย true solution แบ่งความหนืดของอิมัลชั่นได้เป็น 2 ชนิด คือ

2.14.3.1โลชั่น (lotion) เป็นอิมัลชั่นที่มีความหนืดต่ำ เพราะมีวัฏภาคภายนอกในปริมาณที่สูง วัฏภาคภายในมักไม่เกินร้อยละ 35 เป็นรูปแบบที่พบมากที่สุดในผลิตภัณฑ์ทาผิว โดยเฉพาะผิวหนังที่มีบริเวณกว้าง เพราะทาแล้วชุ่มชื้นไม่เหนอะหนะ ดูดซึมดี ให้ความรู้สึกสบายและล้างน้ำออกได้ง่าย เช่น โลชั่นทาผิว โลชั่นป้องกันแสงแดด ซึ่งโลชั่นนี้อาจใช้สารเพิ่มความหนืด (thickening agent) ในวัฏภาคน้ำให้หนืดขึ้นได้ แต่ยังคงเป็นของเหลวที่ไหลได้

2.14.3.2ครีม (cream) เป็นอิมัลชั่นที่มีความหนืดสูง เพราะมีส่วนประกอบของสารพวกไขแข็ง (waxes) และไขมัน (fatty acid or fatty alcohol) ซึ่งช่วยเพิ่มความหนืด และเนื้อครีมผสมอยู่กับน้ำมันในวัฏภาคน้ำมัน ครีมมักจะมีความหนืดมากกว่าโลชั่น เพราะมีปริมาณวัฏภาคภายในสูงกว่า คือประมาณร้อยละ 35-75โดยมีการใช้สารเพิ่มเนื้อครีม (bodying or stiffening agent) เช่น ไขมัน และไขแข็ง และถ้าเป็น ชนิด o/w emulsion อาจมีการใส่สารเพิ่มความหนืดร่วมด้วยเช่น acacia, veegum

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.14.4องค์ประกอบพื้นฐานในตำรับตำรับอิมัลชั่น

เราสามารถแยกองค์ประกอบ ในตำรับตำรับอิมัลชั่นที่ซึ่งมักใช้กับผิวหนังเป็นส่วนใหญ่ ตามหน้าที่ของสารในตำรับได้ดังนี้

2.14.4.1 moisturizer หมายถึง

- สารที่ใช้ป้องกันหรือบรรเทาความแห้งของผิวหนัง
- สารที่ทำให้ ผิวเนียน และอ่อนนุ่ม
- สารที่สามารถเพิ่มปริมาณน้ำแก่ผิวหนัง
- สารที่ทำให้ผิวชุ่มชื้น

moisturizer ที่ดีสามารถเพิ่มปริมาณน้ำในชั้น stratum corneum บนผิวหนังและรักษาน้ำที่เพิ่มขึ้นไว้เป็นระยะเวลาพอสมควร จนสามารถเปลี่ยนแปลง stratum corneum ให้มีลักษณะนุ่มเนียนไม่แห้ง

2.14.5 ลักษณะของ ideal moisturizer product

2.14.5.1สามารถควบคุม และรักษาความชื้นใน stratum corneum ให้อยู่ในปริมาณที่พอเหมาะ คือให้มี water content ประมาณร้อยละ 10-20

2.14.5.2ไม่ทำให้เกิด superhydration เพราะจะลดความสามารถในการเป็น barrier ทำให้ติดเชื้อง่าย อาจเกิดการแพ้ง่าย

2.14.5.3 ประสิทธิภาพ ไม่ควรขึ้นกับการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อม

2.14.5.4ถ้าใช้บ่อยๆ หรือ สม่ำเสมอ ไม่ควรทำให้ชั้น stratum corneum เป็นอันตราย

2.14.5.5ไม่ทำให้ระคายเคืองหรือเกิดการแพ้

2.14.5.6มีความคงตัวดี

2.14.6 emollient คือ สารให้ความชุ่มชื้นแก่ผิวหนัง ทำหน้าที่หล่อลื่นผิวให้นุ่มและลื่นต่อการสัมผัส ช่วยรักษาความชุ่มชื่นและเพิ่มความยืดหยุ่นให้กับผิว ส่งผลต่อคุณภาพของรูปลักษณ์ในผลิตภัณฑ์ ได้แก่ เป็นตัวพาที่ดีของน้ำหอม สี กลิ่น และการกระจายตัวที่ดี ควบคุมความหนืด ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความสม่ำเสมอ emollient ชนิดต่างๆได้แก่

2.14.6.1 lanolin and derivatives

2.14.6.1.1 lanolin ใช้ในเครื่องสำอางที่ต้องการให้เกิดความชุ่มชื้นมันจะทำให้ epidermis กลับคืนสู่สภาพปกติ ไม่ซึมเข้าผิวหนัง lanolin เป็นขี้ผึ้งธรรมชาติ ประกอบด้วย ester ของ higher fatty acid ซึ่งไม่ละลายน้ำ สามารถอุ้มน้ำไว้ในตัวเอง และให้ความชุ่มชื้นแก่ผิวหนัง ความเข้มข้นที่ใช้ ไม่เกินร้อยละ 5 ถ้าเกินร้อยละ 5 ผิวหนังจะรู้สึกเหนอะหนะ

2.14.6.1.2 derivatives ของ lanolin คือ ส่วนผสมที่ซับซ้อนของ lanolinesterทำในรูปแบบต่างๆกัน เพื่อให้มีคุณสมบัติดีกว่าธรรมชาติ คือ ชุ่มชื้นมากกว่า เหนียวน้อยกว่าละลายที่อุณหภูมิต่ำกว่าใน hydrocarbon สามารถใช้ในความเข้มข้นที่สูงกว่า ใช้ได้สะดวกกว่าและเกิดการแพ้ได้น้อย

2.14.6.2 sterols ได้แก่ cholesterol นอกจากจะทำให้ผิวชุ่มชื้น ยังใช้ลดการระคายเคืองผิวหนังethoxylated cholesterol มีการละลายน้ำ และ alcohol ดีกว่า cholesterol จึงนิยมใช้มาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.14.6.3 phospholipids เป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่ละลายในไขมัน ประกอบด้วย fatty acid , glycerol, nitrogenous base และphosphoric acid สารนี้พบได้ในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตได้แก่ lecithin ใช้ในความเข้มข้นไม่เกินร้อยละ 1–2

2.14.6.4 hydrocarbon ได้แก่ petrolatum, mineral oil, paraffin, wax และozokerite film ปกคลุมผิวหนังป้องกันสารสูญเสียน้ำ สำหรับ mineral oil ไม่ควรใช้ในความเข้มข้นสูงเพราะพบว่าทำให้ epidermis ของหนูขาวขยายตัวขึ้นแต่ยังไม่พบข้อเสียในคน

2.14.6.5 fatty acids เป็นสาระสำคัญในครีม และโลชั่นทาผิว ที่นิยมมากคือ stearicacid ให้ความชุ่มชื้นโดยเป็นฟิล์มบางๆ ปกคลุมผิวหนังและอุ้มน้ำไว้ในโมเลกุล เพื่อให้ความชุ่มชื้นแก่ผิวหนัง ต่างจากสารอื่นที่ฟิล์มจะแห้งและไม่เป็นมัน ความเข้มข้นที่ใช้คือร้อยละ 1–20 แล้วแต่ความหนืดที่ต้องการ oleic acid ใช้เมื่อต้องการประกายมุก แต่ไม่นิยมใช้มาก เพราะเหม็นหืนง่ายต่อมาตึงผลิต oleic acid ให้มี polysaturated ต่ำ เพื่อลดการเหม็นหืน

2.14.6.6 fatty alcohol เช่น acetyl และ stearyl alcohol ใช้ได้ดีมาก lauryl และ myristylใช้น้อย จะทำให้เกิดฟิล์มคลุมผิวหนังให้ความชุ่มชื้นดี ใช้ acetyl และ stearylalcohol ร่วมกัน เพื่อให้มีจุดหลอมเหลวสูง มักใช้อย่างละร้อยละ 0.2

2.14.6.7 fatty acid ester ได้แก่ butyl stearate, isopropyl myristate มีความหนืดต่ำ เคลือบผิวหนังเป็นฟิล์มบางๆไม่เป็นมัน ไม่เหนียวเหนอะหนะ ความเข้มข้นที่ใช้คือร้อยละ 2-20

2.146.8 barrier agents (protective agents) เป็นสารที่ใช้ป้องกันการแพ้ของผิวหนัง barrier ใน cream หรือ lotion ทาผิวหนังมี 2 ประเภทคือ water repellant และ oil repellant สารที่เป็น barrier agent ได้แก่ petrolatum, ozokerite wax, beeswax, paraffin wax, strearicacid และsilicone

2.14.6.9 humectants เป็นสารที่ควบคุมความชื้นของครีมหรือโลชั่น และความชื้นของผิวหนัง โดยลดการระเหยของน้ำ และจะดูดความชื้นในอากาศเข้ามาไว้ในเนื้อครีม จะทำให้ครีมไม่แห้ง ไม่ควรใช้ humectants ในความเข้มข้นสูงเพราะจะดูดความชื้นจากผิวหนังออกมา ทำให้เกิดผลตรงข้ามกับความประสงค์สารที่นิยมใช้เป็น humectants ได้แก่ glycerol, propylene glycol, sorbitol ทั้งสามชนิดเป็น polyhydric alcohol ต่างกันที่น้ำหนักโมเลกุลและการระเหย โดย propylene glycolมีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ การระเหยสูง glycerol อยู่ในระดับปานกลาง และ sorbitol มีน้ำหนักโมเลกุลสูง ความหนืดสูง และไม่ระเหย humectants อื่นๆ ได้แก่ polyoxyethylene sorbitols, sodium lactate , polyoxyethylene glycols, mannitol และglucose

2.14.6.10 thickeners and film formers ได้แก่ polymer ที่มีน้ำหนักโมเลกุล มีคุณสมบัติเป็น film ปกคลุมผิวทำให้ชุ่มชื้น และเกิดความเย็น นอกจากนี้ทำให้ครีมมีเนื้อข้น มักเตรียมอยู่ในรูป solution หรือ dispersionsในน้ำก่อนนำไปผสมกับส่วนอื่นๆ แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

2.14.6.10.1 สารที่เกิดจากธรรมชาติ ที่ใช้มากได้แก่ gum, tragacanth, algin, veegum cellulose derivative เป็นต้น

2.14.6.10.2 สารที่ได้จากการสังเคราะห์จะหนืดมากกว่าที่ได้จากธรรมชาติ ได้แก่ carbopol, polyvinyl pyrollidone (P.V.P)

2.14.6.11 emulsifiers ความสวยงามของครีม และโลชั่นขึ้นกับการเลือกใช้ emulsifier ที่จะให้น้ำกับน้ำมันเข้ากันและคงตัวดี แบ่งเป็น 3 ชนิด คือ

2.14.6.11.1 anionics ได้แก่ sodium, potassium, triethanolamine, stearate

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.14.6.11.2 cationics เหมาะกับ emulsion ที่มีฤทธิ์เป็นกรด ตัวที่ใช้มาก คือ cetylpyridinium chloride

2.14.6.11.3 non-ionics อาจใช้ร่วมกับ anionicsและcationicsตัวอย่างของnon-Ionicsได้แก่ sorbitanmonostearate , glycerylmonostearate

2.14.6.12 preservatives อาจใช้ benzoic acid ร้อยละ 0.1 หรือ sodium benzoate ร้อยละ 0.1 combination ของ methyl paraben (ร้อยละ 0.15) และ propyl paraben (ร้อยละ 0.3)

2.14.6.13 antioxidants องค์ประกอบในผลิตภัณฑ์หรือ เครื่องสำอางบางชนิด อาจมีสารซึ่งไวต่อปฏิกิริยาออกซิเดชั่น ทำให้สลายตัวและ/หรือ ประสิทธิภาพของสารนั้นลดลง เป็นผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีรูปลักษณ์เปลี่ยนไป เช่น สีเข้มขึ้น กลิ่นเปลี่ยนไปจากเดิม หรือ เกิดการแยกชั้นได้ ถ้าสารนั้นเป็นสารสำคัญจะทำให้ประสิทธิภาพลดลงด้วย จำเป็นต้องใช้สารต้านออกซิเดชั่น เพื่อป้องกันการเกิดปฏิกิริยาซึ่งก่อผลเสียดังกล่าว โดยสารต้านออกซิเดชั่นแบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม คือ

2.14.6.13.1 สารต้านออกซิเดชั่นแท้ (true antioxidant) เป็นสารซึ่งละลายในวัฏภาคน้ำมันใช้เพื่อป้องกันการหืนของไขมันไม่อิ่มตัวต่างๆ ได้แก่ propyl gallate, alpha-tocopherols, nordihydroguaiaretic acid (NDGA), butylatedhydroxytoluene (BHT) เป็นต้น โดยใช้ในความเข้มข้นต่ำๆ และอาจใช้ร่วมกับสารเสริมประสิทธิภาพ (synergists) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและลดความเข้มข้นที่ต้องใช้

2.14.6.13.2 สารรีดิวเซอร์ (reducing agents ) เป็นสารซึ่งละลายน้ำ ใช้ป้องกันปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของสารซึ่งละลายน้ำได้ ได้แก่ sodium sulphite, sodium metabisulfite, ascorbic acid โดยใช้ในความเข้มข้นต่ำๆเช่นกัน

2.14.6.13.3 สารเสริมประสิทธิภาพการต้านออกซิเดชั่น (antioxidation synergists) เป็นสารซึ่งมีฤทธิ์ต้านออกซิเดชั่นน้อยมาก แต่เมื่อใช้ร่วมกับสารกลุ่มที่ 1 จะเสริมฤทธิ์ได้ดียิ่งขึ้นจึงนิยมใช้สารทั้ง 2 กลุ่มนี้ร่วมกันในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง สารกลุ่มนี้ได้แก่ citric acid, phosphoric acid, disodium EDTA, lecithin ร้อยละ 0.05-0.1 เป็นต้น

2.14.6.14 coloring agent ซึ่งอาจเป็นสีที่ละลายน้ำ หรือสีที่ละลายในน้ำมัน

2.14.6.15 perfume อาจได้จากธรรมชาติ หรือการสังเคราะห์

2.14.6.16 สารอื่นๆ เช่น

2.14.6.16.1 healing agent ช่วยกระตุ้นการเจริญของ granulation tissue ได้แก่ allantoin และ urea

2.14.6.16.2 hormones ช่วยเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำไว้ในเซลล์ ได้แก่ estrogenic hormone ซึ่งอาจช่วยลบรอยเหี่ยวย่นรอยดวงตาได้

## 2.15 สาเหตุและความจำ เป็นในการใช้ครีมและโลชั่นสำหรับผิวหนัง

ในการดำรงชีวิตประจำวันกลไกธรรมชาติต่างๆ ไม่พียงพอที่จะป้องกันผิวจากการแห้งหรือแตกจากอิทธิพลของสภาวะแวดล้อมต่างๆ ได้ ซึ่งสาเหตุที่ทำ ให้ผิวแห้งเกิดจากสาเหตุต่อไปนี้ (นงเยาว์ชูสุข, 2547)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.15.1 การสูญเสียน้ำจากผิวหนัง

เป็นสาเหตุที่สำคัญที่สุดที่ทำ ให้ผิวแห้งเมื่อสภาพอากาศมีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ เช่นฤดูหนาว หรือห้องแอร์ทำ ให้เกิดความแตกต่างของความดันไอของผิวกับอากาศ ผิวจึงสูญเสียน้ำมากโดยการระเหย และดูดซับสู่อากาศอย่างรวดเร็ว กลไกของร่างกายพยายามป้องกันอย่างเต็มที่แต่อาจแพ้ต่อสภาพอากาศจึงจำ เป็นต้องใช้น้ำและน้ำมัน ช่วยรักษาความชุ่มชื้นของผิวเอาไว้ ซึ่งก็คือทาครีมที่มีมอยซ์เจอร์ไรเซอร์

2.15.2 การสูญเสียไขมัน หรือน้ำมันที่หล่อเลี้ยงผิวหนัง

ส่วนใหญ่เกิดจากการชำระล้างบ่อย ๆ ด้วยสบู่ หรือผงซักฟอก ซึ่งมีฤทธิ์เป็นด่างจะเกิดการทำลายไขมันในผิวหนัง เมื่อไขมันถูกทำลายไปผิวหนังจะหยาบกระด้าง และแห้งเหตุเหล่านี้การใช้ครีมและโลชั่นทาผิวจะช่วยป้องกันไม่ให้ผิวหนังชั้น horn layer แตกซึ่งเป็นเหตุให้ผิวหนังหยาบ เพราะครีมจะให้ความชุ่มชื้น ยืดหยุ่นดี และทำ ให้สัมผัสลื่นไม่ระคาย และในครีมหรือโลชั่นทาผิวยังมีส่วนประกอบของน้ำมัน ซึ่งจะทดแทนไขมันในผิวหนังที่ถูกทำ ลายไปได้

2.15.3 ต่อมไขมันใต้ผิวหนังขับน้ำน้อยลง

ทำให้ผิวหนังแห้งและเหี่ยวย่นซึ่งอาจเกิดจากการเปลี่ยนแปลงไปตามวัย กรณีนี้ควรใช้ครีมและ โลชั่นที่มีส่วนประกอบของไขมัน และน้ำมันมากขึ้น เพื่อทดแทนแก่ผิวหนังและมีส่วนผสมของวิตามิน ซึ่งช่วยเสริมสร้างหน้าที่และความแข็งแรงแก่เซลล์ผิวหนัง

## 2.16 การผลิตครีม และโลชั่นบำรุงผิว

ในกระบวนการผลิตครีม และโลชั่นบำรุงผิวมีหลักการง่ายๆ คือจะแยกส่วนผสมต่างๆ ในตำรับการผลิตออกจากกันเป็นสองส่วนคือส่วนของสารที่ละลายน้ำ (water phase) และส่วนที่ละลายได้ในน้ำมัน และสารที่ไม่ละลายในน้ำ (oil phase) ซึ่งต้องผสม 2 ส่วนนี้แยกกันก่อน และจะมีการให้ความร้อนกับส่วนวัฏภาคน้ำมัน จากนั้นนำ 2 ส่วนมาผสมกันโดยใช้เครื่อง homoginizer mixer ในขั้นตอนนี้อัตราการกวน และอุณหภูมิของส่วนผสมจะมีผลต่อขนาดของเม็ดไขมันที่กระจายตัวในอิมัลชั่น รวมทั้งความหนืด และความคงตัวของอิมัลชั่น หลังจากการเกิดอิมัลชั่นอัตราการทำให้ส่วนผสมเย็นตัวลงมีความสำคัญมากต่อลักษณะเนื้อสัมผัส และความข้นหนืดของโลชั่น ทั้งนี้ขึ้นกับลักษณะการตกผลึกของสารที่มีมวลโมเลกุลสูงบางตัว เช่น ขี้ผึ้ง, กรดสเตียริก (stearic acid), ซิทิลแอลกอฮอล์ (cetyl alcohol) และกลีเซอริลโมโนสเตียเรต (glycerylmonostearate) จึงจำเป็นต้องมีการศึกษาอัตราการทำให้เย็น (cooling rate) ที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์แต่ละตัว เนื่องจากตำรับการผลิตแต่ละตำรับจะมีส่วนผสมที่แตกต่างไป

เครื่องกวนที่ใช้ในการผลิตครีมถนอมผิวขึ้นอยู่กับชนิดของอิมัลชั่น สำหรับการเตรียมผลิตภัณฑ์ที่มีความหนืดต่ำ เช่น โลชั่น เครื่อง propeller mixer แบบง่าย ๆ ใช้ควบคู่กับ rheostat หรือ varian เพื่อควบคุมอัตราการผสมก็เพียงพอแล้ว ซึ่งอัตราการผสมของเครื่องผสมชนิดนี้มีผลอย่างมากต่อผลิตภัณฑ์ที่ได้ ถ้าคนเบาหรือช้าเกินไปอิมัลชั่นจะผสมเข้ากันไม่ดี ถ้าคนด้วยอัตราเร็วและแรงเกินไปจะเกิดฟองอากาศมาก แต่ถ้าต้องการการกวนที่แรงขึ้นหรือใช้กับของเหลวที่มีความหนืดปานกลางอาจใช้ turbine type mixer ถ้าของเหลวนั้นมีความหนืดสูงมากอาจใช้ ultrasonic mixer, colloid mills หรือ homogenizes ซึ่งเป็นเครื่องผสมที่มีความเหมาะสมมากสำหรับการเตรียมอิมัลชั่น เพราะจะได้อิมัลชั่นที่มีขนาดอนุภาคเล็กละเอียด และการกระจายขนาดมีความสม่ำเสมอ ทำให้ได้อิมัลชั่นเนื้อเนียนน่าใช้ และคงตัวดีขึ้น (พิมพร, 2540)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.16.1 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความคงตัวของอิมัลชั่น**

อิมัลชั่นที่มีความคงตัว หมายถึง อิมัลชั่นที่มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกันไม่เกิดการแยกชั้น หรือเปลี่ยนไปจากเดิมแม้ภายหลังการผลิตนานเป็นปี ปัจจัยที่มีผลต่อความคงตัวของอิมัลชั่นมี ดังนี้

2.16.1.1ตัวทำอิมัลชั่น

การเลือกใช้สารชนิดใดเพื่อเป็นตัวทำ อิมัลชั่นต้องคำนึงถึงคุณสมบัติ และปริมาณที่ใช้ เพราะมีผลต่อความแข็งแรงของฟิล์มที่ห่อหุ้มรอบหยดวัฏภาคภายใน ซึ่งทำให้อิมัลชั่นคงตัวอยู่ได้ ถ้าเลือกอย่างไม่เหมาะสม หรือขาดการศึกษาถึงคุณสมบัติของตัวทำ อิมัลชั่นที่ใช้อาจทำ ให้อิมัลชั่นไม่คงสภาพได้

2.16.1.1.1 ตัวทำอิมัลชั่นชนิด O/W (น้ำมันในน้ำ)

อิมัลชั่นชนิด O/W ฟิล์มที่เกิดรอบหยดน้ำมันจะต้องมีประจุไฟฟ้า และปริมาณโมเลกุลประจุต้องมากพอ เพื่อให้เกิดการผลักกันของหยดน้ำมันที่ถูกหุ้มไว้ ส่วนที่ไม่มีประจุไฟฟ้าของตัวทำ อิมัลชั่นต้องจับกันด้วยแรงที่มากพอเพื่อให้ฟิล์มเกิดความแข็งแรง แรงที่จับกันนี้จะมากน้อยขึ้นกับโครงสร้างส่วนที่ไม่ชอบน้ำซึ่งเป็นแกนคาร์บอนอะตอมของกรดไขมัน ถ้าเป็นไขมันอิ่มตัวแกนตรง (saturated straight chain)จะเกิดฟิล์มที่แข็งแรงได้อิมัลชั่นที่มีความหนืดสูง และคงตัวดี ถ้าเป็นไขมันไม่อิ่มตัวแบบทรานส์ (trans-unsaturated chain) จะได้อิมัลชั่นที่ไม่คงสภาพ เพราะแรงจับกันระหว่างโมเลกุลของไขมันเหล่านี้ไม่แข็งแรงพอ และการเรียงตัวไม่ใกล้ชิดหนาแน่นทำให้ฟิล์มไม่คงสภาพ

การละลายของตัวทำ อิมัลชั่นก็มีผลต่อความคงตัวของอิมัลชั่น ตัวทำอิมัลชั่นที่ดีควรละลายได้ทั้งในน้ำ และน้ำมันอย่างสมดุลกัน ถ้าละลายในน้ำมากเกินไปจะทำ ให้เกิดไมเซลล์ (micelle) ในน้ำ ดังนั้นจะไม่มีกันชน (protective film) หุ้มรอบหยดน้ำมัน ซึ่งจะทำ ให้หยดน้ำมันรวมตัวกัน และอิมัลชั่นแยกตัวได้ นอกจากนี้ถ้าตัวทำ อิมัลชั่นละลายในน้ำ และน้ำมันได้เท่ากันก็ทำให้อิมัลชั่นไม่คงตัว เพราะจะเกิดไมเซลล์ในแต่ละวัฏภาคจึงไม่มีกันชนมาหุ้มรอบหยดวัฏภาคภายใน

2.16.1.1.2 ตัวทำอิมัลชั่นชนิด W/O (น้ำในน้ำมัน) อิมัลชั่นชนิด W/O

ฟิล์มที่เกิดรอบหยดน้ำไม่จำ เป็นต้องมีประจุไฟฟ้า แต่ตัวทำ อิมัลชั่นจะต้องมีอำนาจในการลดความตึงผิวระหว่างผิวของน้ำ และน้ำมันได้มาก และละลายได้ดีในน้ำมัน จึงจะได้อิมัลชั่นที่คงสภาพนอกจากนี้ปริมาณของตัวทำ อิมัลชั่นต้องเพียงพอในการทำ ให้เกิดฟิล์มหุ้มรอบวัฏภาคภายในได้หมด ยิ่งถ้าต้องการให้หยดวัฏภาคภายในมีขนาดเล็ดยิ่งต้องใช้ตัวทำ อิมัลชั่นที่มีความเข้มข้นสูง โดยทั่วไปถ้าใช้สารลดแรงตึงผิวเป็นตัวทำ อิมัลชั่น อาจใช้ปริมาณตั้งแต่ร้อยละ 1-10 (นิยมใช้ ร้อยละ 2แต่ไม่เกินร้อยละ 5)การเพิ่มความคงตัวของอิมัลชั่น พบว่าการใช้ตัวทำ อิมัลชั่นหลายชนิดร่วมกันจะทำ ให้อิมัลชั่นมีความคงตัวกว่าการใช้ชนิดเดียว เพราะจะสร้างฟิล์มที่หนาแน่นแข็งแรง โดยอาจเกิดจากการเกิดสารเชิงซ้อนหรือการเรียงตัวของโมเลกุลอย่างใกล้ชิดที่ผิวประจันคู่ตัวทำอิมัลชั่นอาจเป็นสารลดแรงตึงผิวทั้งคู่ เช่น ทวินส์ (tween) กับ สแปน (spans) หรือโซเดียมสเตียเรต (sodium stearate) กับ โคเรสเตอรอล (cholesterol) เป็นต้น หรืออาจใช้ตัวช่วยทำ อิมัลชั่นร่วมกับตัวทำอิมัลชั่น เช่น โซเดียมลอริลซัลเฟต (sodium laurylsulfate) กับกลีเซอริลโมโนสเตียเรต (glyceryl monostearate) เป็นต้น

**2.16.2 การตั้งตำรับ**

ส่วนผสมของสารอื่นในตำรับต้องเหมาะสม และไม่กระทบต่อคุณสมบัติของตัวทำ อิมัลชั่น สภาวะความเป็นกรด-ด่าง หรือ electrolyte ในตำ รับมีผลกระทบต่อความคงสภาพของตัวทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อิมัลชั่น นอกจากนี้ตัวทำ อิมัลชั่นชนิดไม่มีประจุบางชนิดอาจเกิดสารเชิงซ้อนกับสารกันเสียกลุ่มพาราเบน ทำ ให้อิมัลชั่นไม่คงตัว และ/หรือทำ ให้ฤทธิ์ของสารกันเสียลดลง

**2.16.3 เทคนิคการผสม**

เครื่องมือที่ใช้ผสมมีผลต่อรูปแบบการไหล (flow pattern) ของของเหลว ถ้าเครื่องผสมทำให้เกิดการไหลวน (turbulent flow) จะทำ ให้การผสมเข้ากันดีที่สุด ส่งผลให้อิมัลชั่นมีความคงตัว เพราะตัวทำ อิมัลชั่นมีโอกาสสัมผัสกับผิวประจันของน้ำและน้ำมันมากที่สุด นอกจากนี้ความเร็วในการผสมก็มีความสำ คัญ ถ้าใช้อัตราเร็วสูงเท่ากับเป็นการเพิ่มพลังงานมากขึ้น หยดวัฏภาคภายในเกิดการกระจายตัวละเอียดเล็กมากทำ ให้อิมัลชั่นคงตัว

**2.16.4 อุณหภูมิที่ใช้ผสม**

ทั้ง 3 วัฏภาคควรมีอุณหภูมิเท่ากัน หรือใกล้เคียง โดยทั่วไปอุณหภูมิที่ใช้ในการผลิตอิมัลชั่นอยู่ที่ประมาณ 70-75 องศาเซลเซียส การใช้อุณหภูมิต่ำกว่านี้วัฏภาคน้ำมันอาจจะหลอมเหลวไม่หมด แต่ถ้าสูงเกินไป เช่น สูงกว่า 85 องศาเซลเซียส อาจทำให้ตัวทำ อิมัลชั่นบางชนิดเกิดไฮโดรไลซิส หรือเปลี่ยนสีได้

**2.16.5 เวลาที่ใช้ในการผสม**

เวลาที่ใช้ผสมจะต้องมากพอที่จะทำ ให้สารลดแรงตึงผิวที่อยู่ในทั้งสองวัฏภาคอยู่ในสภาพสมดุล ซึ่งจะทำ ให้อิมัลชั่นคงตัวมากขึ้น ถ้าใช้เวลาผสมน้อยไปอาจทำ ให้สารลดแรงตึงผิวเกิดการเคลื่อนย้ายของวัฏภาคหนึ่งไปอีกวัฏภาคหนึ่ง ทำให้คุณสมบัติทางกายภาพ และความคงตัวของอิมัลชั่นเปลี่ยนไป

**2.16.6 อัตราเร็วในการทำให้เย็นตัว**

ถ้าทำ ให้อิมัลชั่นเย็นตัวลงเร็วเกินไปจะเกิดการตกผลึกของสารพวกขี้ผึ้ง (waxes) และไขมัน (fats) ทั้งหลาย ทำ ให้อิมัลชั่นที่ได้เนื้อหยาบ และความหนืดเปลี่ยนไปได้

## 2.178 การประเมินคุณภาพผลิตภัณฑ์ครีม และโลชั่นบำรุงผิว

**2.17.1 การทดสอบในห้องปฏิบัติการ (laboratory test)**

เป็นการประเมินผลขั้นต้นโดยการตรวจสอบคุณสมบัติต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ว่า เข้าเกณฑ์มาตรฐานที่ตั้งไว้หรือไม่ มีการทดสอบดังต่อไปนี้

2.17.1.1 การตรวจวิเคราะห์ทางเคมี เพื่อหาปริมาณตัวยาสำคัญ สารกันบูดเป็นต้น

2.17.1.2 การทดสอบคุณภาพทางกายภาพเคมี เช่น ความหนืด ความเป็นกรด-ด่าง คุณสมบัติการไหล เป็นต้น

2.17.1.3 การทดสอบคุณภาพทางกายภาพ เช่น การแยกชั้น หรือตกตะกอนการเสื่อมของภาชนะบรรจุ ขนาดอนุภาคของอิมัลชั่น เป็นต้น

2.17.1.4 การตรวจวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา เพื่อดูประสิทธิภาพของสารกันบูด ต่อการยับยั้งความเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์

2.17.1.5 การทดสอบทางประสาทสัมผัส เช่นสี กลิ่นความนุ่มนวล ความเนียนของเนื้อครีมการกระจายตัวและ การซึมซาบสู่ผิว เป็นต้น การประเมินผลมักอาศัยผู้เชี่ยวชาญโดยวัดค่าเป็นคะแนนเพื่อเปรียบเทียบหรือจัดลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.17.2 การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์**

ในผลิตภัณฑ์ประเภทครีม และโลชั่นบำรุงผิวเป็นผลิตภัณฑ์ ที่จะเกี่ยวข้องกับความงาม ดังนั้นผู้บริโภคจึงไม่พิจารณาคุณภาพทางกายภาพ และเคมีของผลิตภัณฑ์โดยตรง แต่จะดูที่ความรู้สึกในการทาและผลที่ได้หรือสรรพคุณของผลิตภัณฑ์มากกว่า เช่น คุณภาพทางกายภาพโดยเฉพาะความหนืดของผลิตภัณฑ์ประเภทครีมบำรุงผิว และโลชั่นซึ่งมีลักษณะเป็นของไหลกึ่งเหลวนั้น พบว่าเมื่อผู้บริโภคทาครีมลงที่ผิวจะไม่พิจารณาความข้นหนืดของผลิตภัณฑ์โดยตรงแต่จะคำนึงถึงในรูปของความรู้สึก อัตราเร็วในการทา และความเหนอะหนะมากกว่า การศึกษาคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสทำ ให้เรารู้ว่าลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภครู้สึกของเป็นเช่นไร ซึ่งสิ่งนี้เองที่ผู้บริโภคใช้วัดความพึงพอใจที่ได้รับจากผลิตภัณฑ์ และทำ ให้เกิดการซื้อหรือไม่ซื้อ ดังนั้นในการวัดค่าคุณภาพของครีม และโลชั่นบำ รุงผิวส่วนใหญ่จะทำ การวัดค่าจากการทดสอบผู้ทดสอบโดยวิธีทางประสาทสัมผัส (subjective measurement) มากกว่า แต่ก็จำเป็นที่จะต้องทดสอบทางกายภาพ และเคมีในห้องปฏิบัติการควบคู่ไปด้วยเพื่อทราบค่าทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นค่าตัวเลขบอกปริมาณที่คงที่ที่แน่นอนของผลิตภัณฑ์ ในการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสลักษณะของครีม และโลชั่นบำรุงผิวกับผู้บริโภคนั้น ควรเริ่มต้นจากการค้นหา และบัญญัติคำ ศัพท์จากความรู้สึกของผู้ทดสอบ (ผู้ใช้) ซึ่งวิธีการหนึ่งที่สามารถทำ ได้ คือวิธี texture profile analysis ซึ่งเป็นวิธีทดสอบเชิงพรรณนาที่ทำ ให้เราทราบคำศัพท์ ความหมายของคำศัพท์ และวิธีการทดสอบ ซึ่งเป็นวิธีที่ไม่สามารถบอกค่าออกมาเป็นปริมาณได้ เช่น ในครีม และโลชั่นบำรุงผิวเราอาจจะบอกได้ว่า มีลักษณะมัน (creamy), กระจายตัว (spreadable), เหนียว (sticky), ฝืด (stiff), ลื่นมัน (oily) เป็นต้น

การทดสอบทางประสามสัมผัสโดยวิธี texture profile analysis ในผลิตภัณฑ์ครีม และโลชั่นบำรุงผิว ซึ่งสามารถแบ่งคุณลักษณะของเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ออกเป็น 3 ช่วง คือ ช่วงที่เริ่มเทออกมาที่มือ ช่วงที่เริ่มทาลงที่ผิว และลักษณะปรากฏ และความรู้สึกหลังการทาเอาไว้ดังนี้

2.17.2.1 ช่วงเริ่มเทออกมา หมายถึงช่วงที่ผลิตภัณฑ์เคลื่อนที่ออกมาจากภาชนะบรรจุ โดยอาจบีบจากหลอด หรือกระแทกออกมาจากขวดลงมาบนมือ หรือเกิดจากการใช้นิ้วป้ายขึ้นมาจากภาชนะ ลักษณะที่พบคือ

2.17.2.1.1 thickness หรือการที่ผลิตภัณฑ์มีความหนาแน่นอย่างเห็นได้ชัดสามารถหาค่าได้จากแรงที่ใช้ในการบีบให้ครีมไหลออกมาระหว่างนิ้วหัวแม่มือ และนิ้วชี้ ซึ่งจะสามารถบอกลักษณะออกได้เป็นช่วงคือเหลว (thin) ปานกลาง (medium) ข้นหนืด (thick)

2.17.2.1.2 consistency หรือการที่ผลิตภัณฑ์มีโครงสร้างอย่างเห็นได้ชัดหาค่าจากความต้านทานการเสียรูป และความยากในการป้ายครีมขึ้นมาจากภาชนะ ซึ่งสามารถบอกลักษณะออกได้เป็นช่วงคือ บางเบา (light) ปานกลาง (medium) หนัก (heavy)

2.17.2.2 ช่วงที่ทาลงบนผิว หมายถึง ช่วงที่ทากระจายผลิตภัณฑ์ให้ทั่วผิวโดยใช้นิ้วมือลูบไล้ผิวหนังอย่างนุ่มนวลเป็นวงกลม โดยใช้อัตราเร็วในการกระจายครีม 2 ครั้งต่อนาที เพื่อการจำกัดช่วงของเวลาซึ่งจะขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์ ลักษณะที่พบคือ

2.17.2.2.1 spreadability หรือความง่ายในการเคลื่อนที่ของผลิตภัณฑ์จากจุดที่เริ่มทาจนทั่วบริเวณสามารถหาค่าได้จากความต้านทานแรงดัน ซึ่งสามารถบอกลักษณะออกมาเป็น

- slips คือ สามารถกระจายได้ง่ายมาก
- glides คือ สามารถกระจายได้ง่ายพอสมควร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- drags คือ สามารถกระจายได้ยาก

2.17.2.2.2 absorbency หรืออัตราซึ่งผลิตภัณฑ์สามารถซึมซาบเข้าสู่ผิวหนังได้อย่างเห็นได้ชัด ซึ่งสามารถหาค่าได้โดยดูจากการที่ไม่เปลี่ยนแปลงลักษณะของผลิตภัณฑ์หลังจากทาหรือจากปริมาณผลิตภัณฑ์ที่เหลือค้างอยู่บนผิว ซึ่งทราบได้จากการสัมผัส หรือการสังเกต หรือยังสามารถทราบได้จากการเปลี่ยนแปลงที่ผิว ซึ่งจะสามารถบอกลักษณะออกเป็น ช้า (slow) – ปานกลาง (medium) – เร็ว (fast)

2.17.2.3 ช่วงความรู้สึกหลังการทา และลักษณะที่ปรากฏหลังการทา หมายถึงช่วงที่ทำการประเมินค่าจากผิวหนังภายนอกโดยใช้นิ้วมือ, สายตา และการสัมผัสทันทีหลังจากผลิตภัณฑ์ออกฤทธิ์ หรือมีความรู้สึกว่าแทรกซึมเข้าสู่ผิวแล้ว ลักษณะที่พบคือ

after feel หรือชนิด และความรู้สึกของผลิตภัณฑ์ที่เหลือค้างอยู่บนผิวหรือความรู้สึกที่เปลี่ยนแปลงไปของผิว ส่วนที่เหลือค้างอยู่บนผิวจะแตกต่างกันไปตามชนิดของผลิตภัณฑ์ที่ค้างอยู่บนผิว เช่น เกิดฟิล์ม (เป็นมัน oily หรือ ลื่น greasy) เคลือบ หรือ coating (คล้ายขี้ผึ้ง wax หรือแห้ง dry) ซึ่งจะสามารถบอกปริมาณเป็นเล็กน้อย (slight)–ปานกลาง (moderate)–มาก (large) ความรู้สึกที่ผิวสามารถบอกได้เป็น แห้ง (dry) หรือตึง (taut), ดึงดูด (pulled ), รัดแน่น (tight), เปียก(moist ) หรือ (นุ่ม supple, ยืดหยุ่น pliant) เป็นมัน หรือ oily (เหนอะหนะ dirty, เหนียวติด clogged)

2.17.2.3.1 การทดสอบผลต่อร่างกาย (physiological test) เป็นการทดสอบว่าผลิตภัณฑ์มีผลเสีย หรือเป็นอันตรายต่อร่างกายหรือไม่ เช่น ทดสอบการแพ้ หรือการระคายเคืองโดยการทำ patch test และ sensitization test และการทดสอบความเป็นพิษ (toxicity test) เป็นต้นการทดสอบในข้อนี้เป็นสิ่งสำคัญที่ควรคำ นึงถึง เพราะสารที่ใช้ผลิตโดยเฉพาะสารลดแรงตึงผิว น้ำหอมบางชนิดอาจทำ ให้เกิดอันตรายกับร่างกายได้

**2.17.3 การทดสอบความคงสภาพของผลิตภัณฑ์ (stability test)**

ผลิตภัณฑ์หลังการผลิตก่อนจะถึงมือผู้บริโภค อาจเสื่อมเสียคุณภาพไปจากเดิมเนื่องจากสภาพแวดล้อมในการขนส่ง และรอการจำหน่าย ซึ่งจะทำให้ผลิตภัณฑ์แยกชั้น ตกตะกอนเปลี่ยนสี และกลิ่นได้ จึงต้องมีการศึกษาความคงสภาพในด้านต่างๆ เช่น ความคงสภาพทางเคมีของตัวยาสำคัญ และสารประกอบในครีม การสูญเสียน้ำจากตำรับ การเปลี่ยนแปลงความหนืดและความคงตัวของอิมัลชั่น การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่าง การเปลี่ยนแปลงขนาดอนุภาคน้ำ หรือน้ำมันและการตรวจสอบการของสารอื่น

2.17.3.1 ประเมินความคงตัวทางกายภาพ โดยสังเกตลักษณะเนื้อครีม การแยกชั้น การตกตะกอนและกลิ่น ทดสอบความเป็นกรด- ด่าง โดยใช้ pH meter และทดสอบความหนืด ของผลิตภัณฑ์เมื่อเตรียมเสร็จใหม่ๆ และเมื่อเวลาผ่านไป 1 เดือน, โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

2.17.3.2 ประเมินความคงตัวของผลิตภัณฑ์ที่สภาวะเร่ง โดยทำ heating and cooling cycle จำนวน 5 รอบ โดยนำผลิตภัณฑ์เก็บในตู้ควบคุมอุณหภูมิและความชื้น ซึ่งตั้งรอบ ที่อุณหภูมิ 4องศาเซลเซียสนาน 48 ชั่วโมง เมื่อครบ 48 ชั่วโมง ให้ตั้งอุณหภูมิเป็น 45 องศาเซลเซียสนาน 48 ชั่วโมง นับเป็น 1 รอบ โดยกำหนด 5 รอบ

2.17.3.3 ประเมินคุณสมบัติทางกายภาพ ความคงตัวของผลิตภัณฑ์ หลังเก็บไว้ในตู้อบ ที่ 50 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 เดือน (โดยสังเกต ลักษณะเนื้อครีม pH ความหนืด การแยกชั้น การตกตะกอน และกลิ่น)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.18 การเลือกตัวทำละลายในสารสกัด (ชัยวัฒน์, 2540)

ในการสกัดสารจากพืชสมุนไพรจะได้ผลดีหรือไม่นั้นขึ้นอยู่กับการคัดเลือกตัวทำละลายที่เหมาะสม โดยสารที่ต้องการสกัดแลตัวทำละลายควรมีคุณสมบัติความมีขั้วคล้ายคลึงกัน ตัวทำละลายที่ดีควรมีคุณสมบัติดังนี้ คือ สามารถละลายสารที่ต้องการสกัดได้ ไม่ระเหยง่าย หรือยากเกินไป ไม่ทำปฏิกิริยากับสารที่ต้องการสกัด ไม่เป็นพิษ และมีราคาถูก ตัวทำละลายที่นิยมใช้กันมากได้แก่ คลอโรฟอร์ม (chloroform) ซึ่งเป็นตัวทำละลายที่ดี แต่มีคุณสมบัติเป็นตัวทำละลายที่กว้างหรือเลือกในการละลายได้น้อย (selectivity) และมักเกิดลักษณะที่ไม่เข้ากัน คือในลักษณะของน้ำผสมกับน้ำมัน (emulsion) และถ้าใช้ตัวทำละลายซึ่งเป็นด่างแก่ อาจจะทำปฏิกิริยาได้กรดเกลือ สารทำละลายอีกชนิดหนึ่งคือ อีเธอร์ (ether) สารชนิดนี้มีความสามารถในการละลายน้อยกว่าคลอโรฟอร์ม แต่จะมีความจำเพาะเจาะจง ในการทำละลายสารมากกว่า แต่มีข้อเสีย คือระเหยง่ายระเบิดง่าย เกิดออกไซด์ (oxide) ได้ง่าย และดูดน้ำได้มาก ส่วนแอลกอฮอล์ (alcohol) ที่นิยมใช้กันมากได้แก่ เมทานอล (methanol) และ เอทานอล (ethanol) เนื่องจากมีความสามารถในการละลายกว้างมาก และยังใช้ทำลายเอนไซม์ในพืชด้วย

## 2.19 การใช้สถิติเพื่อการวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติ (statistics) มาจากภาษาเยอรมันว่า statistics มีรากศัพท์มาจาก stat หมายถึง ข้อมูลหรือสารสนเทศ ซึ่งจะอำนวยประโยชน์ต่อการบริหารประเทศในด้านต่างๆ เช่น การทำสำมะโนครัวเพื่อจะทราบจำนวนพลเมืองในประเทศทั้งหมด ในสมัยต่อมา คำว่า สถิติ ได้หมายถึง ตัวเลขหรือข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวม เช่น จำนวนผู้ประสบอุบัติเหตุบนท้องถนน อัตราการเกิดของเด็กทารก ปริมาณน้ำฝนในแต่ละปี เป็นต้น สถิติในความหมายที่กล่าวมานี้เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ข้อมูลทางสถิติ (statistical data)

อีกความหมายหนึ่ง สถิติ หมายถึง วิธีการที่ว่าด้วยการเก็บรวบรวมข้อมูล การนำเสนอข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล และการตีความหมายข้อมูล สถิติในความหมายนี้เป็นทั้งวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ เรียกว่า สถิติศาสตร์

2.19.1 ประเภทของสถิติ แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

2.19.1.1สถิติพรรณนา (descriptive Statistics)

เป็นสถิติที่ใช้อธิบายคุณลักษณะของสิ่งที่ต้องการศึกษากลุ่มใดกลุ่มหนึ่ง ไม่สามารถอ้างอิงไปยังกลุ่มอื่นๆ ได้ สถิติที่อยู่ในประเภทนี้ เช่น ค่าเฉลี่ย ค่ามัธยฐาน ค่าฐานนิยม ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน. ค่าพิสัย ฯลฯ

2.19.1.2.สถิติอ้างอิง (inferential statistics)

เป็นสถิติที่ใช้อธิบายคุณลักษณะของสิ่งที่ต้องการศึกษากลุ่มใดกลุ่มหนึ่งหรือหลายกลุ่ม แล้วสามารถอ้างอิงไปยังกลุ่มประชากรได้ โดยกลุ่มที่นำมาศึกษาจะต้องเป็นตัวแทนที่ดีของประชากร ตัวแทนที่ดีของประชากรได้มาโดยวิธีการสุ่มตัวอย่าง และตัวแทนที่ดีของประชากรเรียกว่า กลุ่มตัวอย่าง สถิติอ้างอิงแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.19.1.2.1 สถิติพารามิเตอร์ (parametric Statistics ) เป็นวิธีการทางสถิติ
ที่จะต้องเป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้น 3 ประการ ดังนี้

- ข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้จะต้องอยู่ในระดับช่วงขึ้นไป (interval Scale)
- ข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้จากกลุ่มตัวอย่างจะต้องมีการแจกแจงเป็นโค้งปกติ
- กลุ่มประชากรแต่ละกลุ่มที่นำมาศึกษาจะต้องมีความแปรปรวนเท่ากันสถิติที่อยู่ในประเภทนี้ เช่น t-test, Z-test, ANOVA, Regression ฯลฯ

2.19.1.2.2 สถิตไร้พารามิเตอร์ (nonparametric statistics) เป็นวิธีการทางสถิติที่สามารถนำมาใช้ได้โดยปราศจากข้อตกลงเบื้องต้นทั้ง 3 ประการข้างต้น สถิติที่อยู่ในประเภทนี้ เช่น ไคสแควร์, Median Test, Sign test ฯลฯ

2.19.2 การประมวลผลข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์ : โปรแกรม SPSS for Windows

การประมวลผลข้อมูลเป็นการจัดการกับข้อมูลอย่างมีระบบ เพื่อให้ขอมูลที่ได้รับการประมวลผลแล้วอยู่ในภาพที่สามารถนำไปใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งมีขั้นตอน ดังนี้

2.19.2.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้จากรูปแบบต่างๆ เช่นแบบสอบถาม แบบทดสอบ แบบสัมภาษณ์ ทั้งที่เป็นข้อมูลปฐมภูมิและทุติยภูมิ

2.19.2.2. การเปลี่ยนสภาพข้อมูล เป็นการเปลี่ยนสภาพของข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาได้ให้อยู่ในรูปแบบที่สะดวกหรือเหมาะสมต่อการนำไปประมวลผล ซึ่งประกอบด้วย

2.19.2.2.1 การลงรหัส (coding) เป็นการเปลี่ยนรูปแบบข้อมูลโดยให้รหัสแทนข้อมูลเพื่อทำให้สามารถจำแนกลักษณะข้อมูล รหัสที่ใช้แทนข้อมูลอาจจะอยู่ในรูปตัวเลข ตัวอักษร หรือข้อความ ซึ่งโดยปกตินิยมกำหนดรหัสข้อมูลให้เป็นตัวเลข (ยกเว้นโปรแกรมที่ใช้ประมวลผลข้อมูลในการวิจัยเชิงคุณภาพโดยเฉพาะ) ไม่ว่าจะเป็นข้อมูลเชิงคุณภาพหรือเชิงปริมาณ แต่การนำไปวิเคราะห์หรือประมวลผล และการตีความจะแตกต่างกันไป

2.19.2.2.2 การแก้ไข (editing) เป็นการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล รวมทั้งข้อมูลที่ได้แปลงให้อยู่ในรูปรหัสแล้ว รวมทั้งการตรวจสอบความสมบูรณ์ของข้อมูล และแก้ไขปรับปรุงให้ถูกต้อง

2.19.3 การประมวลผล (data processing) เป็นการนำข้อมูลที่ได้จากการเปลี่ยนสภาพแล้วมาทำการวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งในปัจจุบันจะใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติช่วยในการวิเคราะห์ ซึ่งการวิเคราะห์ อาจจะเป็นการวิเคราะห์ขั้นต้น เช่น การเรียงลำดับ (sorting) การรวบรวมข้อมูล (merging) หรือการวิเคราะห์ในระดับที่สูงขึ้นมาอีก เช่น การประมาณค่า (estimate) การทดสอบสมมติฐาน (hypothesis testing) หรือการวิเคราะห์โดยใช้สถิติชั้นสูงอื่นๆ

2.19.4 การแสดงผลลัพธ์ (output) เป็นการนำเสนอผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ข้อมูลให้อยู่ในรูปที่เข้าใจง่าย ซึ่งอาจเป็นรายงาน ตาราง กราฟ หรือแผนภูมิอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 3
# วิธีดำเนินงานวิจัย

## 3.1 สารเคมีและอุปกรณ์

รำข้าวที่ใช้ในการศึกษาเป็นรำข้าวที่สีได้จากข้าวไร่พันธุ์หอมสุพรรณ สารเคมีที่ใช้ คือ เฮกเซน เอทิลอะซิเตต อะซิโตน ไอโซโพรพานอล และเอทานอล(AR grade) เอทิลอะซิเตต ไอโซโพรพานอล และเมทานอล(HPLC grade) สารมาตรฐานแกมมาโอไรซานอล(Santa cruz biotechnology) DPPH(2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) BHT(butylated hydroxytoluene) สารเคมีที่ใช้ในการทำเครื่องสำอาง Cetostearyl Alcohol (50 : 50), Hydrogenated Polydecene, Caprylic/Capric Triglyceride, Dimethicone (TSF 451-100), Butylated Hydroxytoluene, Isononyl Isononanonate, DL-Alpha Tocopherol, Shea Butter, D.I. Water, $Na_2EDTA$, Glycerin, 1,3-Butylene Glycol, Novemer EC-2, DIDW 50 SF, Phenostat, Microcare PM5, Xanthan Gum, Methyl Glucose Sesquistearate, PEG – 20 Methyl Glucose Sesquistearate, C12-15 Alleyl Benzoate, Aquagel 45, 2,2-diphenyl-l-picrylhydrazyl อุปกรณ์ที่ใช้คือ กระดาษกรองวอทแมนเบอร์ 1 แผ่นกรองตัวทำละลายชนิดพีทีเอฟอี (PTFE) ที่มีขนานรูพรุน 0.22 ไมโครเมตร หัวกรองตัวอย่างชนิดพีทีเอฟอี (PTFE) ที่มีขนานรูพรุน 0.22 ไมโครเมตร แผ่นทดสอบความเป็นกรด-ด่าง เครื่องกรองสุญญากาศ เครื่องชั่งสาร เครื่องเขย่า เตาให้ความร้อน เครื่องผสมโฮโมจีไนเซอร์ เครื่องกลั่นระเหย(heidolph)เครื่องไมโครเพลทรีดเดอร์ (iEMS, Labsystems) ไมโครเวลล์เพลทชนิด 96 หลุม เครื่องปั่นเหวี่ยง เครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (isocratic pump system, Shimadzu) คอลัมน์ACE 5 C18 ขนาด 250x4.6 มิลลิเมตร ตู้แช่แข็งอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ตู้อบอุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส

## 3.2 การเตรียมรำข้าว

ทำการแยกขนาดรำข้าวโดยการใช้ตะแกรงร่อน โดยจะเลือกใช้รำข้าวที่มีขนาดไม่เกิน 850 ไมครอน เพื่อนำมาใช้ในงานวิจัยนี้ และเมื่อทำการแยกขนาดเรียบร้อยแล้ว จะนำไปเก็บในตู้แช่แข็งที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า -20 องศาเซลเซียส

## 3.3 การวัดความชื้นในรำข้าว

นำถ้วยอบตัวอย่างมาล้างให้สะอาดแล้วนำไปอบแห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมงจากนั้นนำไปวางในโถดูดความชื้นและทิ้งให้เย็น นาน 30 นาที แล้วนำมาชั่งพร้อมบันทึกน้ำหนักของถ้วยอบตัวอย่าง หลังจากนั้นทำการชั่งตัวอย่างรำข้าว 5 กรัมใส่ลงในถ้วยอบ บันทึกน้ำหนัก แล้วเขย่าเล็กน้อยให้ตัวอย่างกระจายเต็มพื้นที่และสม่ำเสมอ นำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมงเมื่อครบกำหนดเวลา นำถ้วยอบไปวางในโถดูดความชื้นและทิ้งให้เย็น นาน 30 นาที แล้วนำมาชั่งพร้อมบันทึกน้ำหนักรวมของถ้วยอบกับตัวอย่างรำข้าว ร้อยละของความชื้นสามารถหาได้จากสมการต่อไปนี้

$$\text{ร้อยละของความชื้น} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ - น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ}} \times 100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.4 การสกัดแบบหมักตัวทำละลาย (Macerate extraction) และการใช้คลื่นเสียง

ในการสกัดแบบหมักตัวทำละลายนี้ จะใช้ตัวทำละลายทั้งหมด 5 ชนิด คือ เฮกเซน เอทิลอะซิเตต อะซิโตน ไอโซโพรพานอล และเอทานอล โดยจะชั่งรำข้าว 5 กรัม ใส่ลงในขวดรูปชมพู่(ฟลาสก์) และเติมแต่ละตัวทำละลายลงในแต่ละฟลาสก์ในอัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายเป็น 1:2 1:4 และ 1:6 โดยน้ำหนักแต่ละฟลาสก์จะถูกปิดด้วยฟอยล์ แล้วนำไปวางบนเครื่องเขย่า(Shaker) ที่ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาทีและควบคุมอุณหภูมิเป็น 30 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 และ 60 นาทีเมื่อครบเวลาจะทิ้งตัวอย่างไว้ให้เย็นและทำการกรองผ่านกระดาษกรองวอทแมนเบอร์ 1 ในระบบสุญญากาศ จากนั้นนำไประเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่องระเหย(Evaporator) แล้วแทนที่อากาศด้วยแก๊สไนโตรเจนก่อนนำไปเก็บไว้ในตู้แช่แข็งที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า -20 องศาเซลเซียสและมืดเพื่อนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบต่อไปโดยจะทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ

ในปัจจุบันมีวิธีการสกัดหลายวิธีที่สามารถสกัดสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น สาร **gamma-oryzanol** จากข้าวได้ ได้แก่ การใช้คลื่นเสียง การใช้คลื่นไมโครเวฟ การใช้คาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะเหนือจุดวิกฤติ เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีการประยุกต์ใช้ตัวทำละลายร่วมกับการสกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะเหนือจุดวิกฤติอาจจะทำให้ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระที่สกัดได้มีปริมาณมากและคุณภาพดียิ่งขึ้นได้ **ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมุ่งที่จะแสดงความชัดเจนในกระบวนการสกัดสารต้านอนุมูลอิสระโดยวิธีการใช้คลื่นเสียงร่วมกับตัวทำละลายในสภาวะต่าง ๆและเปรียบเทียบกับวิธีดั้งเดิม (classical method) ว่าวิธีการใดให้ปริมาณสาร gamma-oryzanol ได้ดีกว่ากัน**

### 3.5 การวัดปริมาณสารด้วยวิธี Reverse PhaseHigh Performance Liquid Chromatoghaphy (RP-HPLC)

เตรียมตัวอย่างน้ำมันรำข้าวความเข้มข้น 30 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร โดยละลายตัวอย่างในเฟสเคลื่อนที่ แล้วกรองผ่านหัวกรองตัวอย่างชนิดพีทีเอฟอี(PTFE)ที่มีขนานรูพรุน 0.22 ไมโครเมตร จากนั้นให้ทำการฉีดตัวอย่าง 20 ไมโครลิตรเข้าไปในเครื่องเครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (isocratic pump system, Shimadzu) ที่มีตัวตรวจจับชนิดฟลูออเรสเซนต์(fluorescence detector) คอลัมน์ที่ใช้วิเคราะห์เป็น ACE 5 C18 ขนาด 250 x 4.6 มิลลิเมตร(ACE HPLC)เฟสเคลื่อนที่(Mobile phase)ที่ใช้ประกอบด้วย เมทานอล ไอโซโพรพานอล และเอทิลอะซิเตต(HPLC grade)ในอัตราส่วน 47.5 : 40 : 12.5 ตามลำดับ ที่มีอัตราการไหลเป็น 1 มิลลิลิตรต่อนาที ตัวตรวจจับถูกตั้งความยาวคลื่นไว้ที่ 330 นาโนเมตร ใช้เวลาในการวิเคราะห์นาน 15 นาทีต่อตัวอย่าง ทำการบันทึกโครมาโตแกรม(chromatogram)โดยใช้ซอฟต์แวร์ LC Solution แล้วรายงานค่าเป็นมิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรของน้ำมันรำข้าว แล้วนำข้อมูลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานแกมมาโอไรซานอลภายใต้สภาวะเดียวกัน เพื่อหาปริมาณแกมมาโอไรซานอลในตัวอย่าง

ใช้กราฟมาตรฐานแกมมาโอไรซานอลเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณของแกมมาโอไรซานอลในตัวอย่างน้ำมันรำข้าวโดยช่วงความเข้มข้นของสารมาตรฐานที่ใช้จะต้องให้พื้นที่ใต้พีคที่ครอบคลุมพื้นที่ใต้พีคของสารตัวอย่างซึ่งความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานแกมมาโอไรซานอลที่ใช้ คือ 50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

30 20 10 5 1 0.5 0.1 และ 0.05 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร แล้วนำข้อมูลที่ได้ไปสร้างกราฟมาตรฐานระหว่างความเข้มข้นของแกมมาโอไรซานอลกับพื้นที่ใต้พีค ซึ่งปริมาณของแกมมาโอไรซานอลในตัวอย่างน้ำมันรำข้าวจะหาได้จากกราฟมาตรฐานนี้

## 3.6การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH (DPPH radical scavenging capacity assay)

เตรียมสารละลาย DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl)ความเข้มข้น 0.35มิลลิโมลาร์ และจะต้องหลีกเลี่ยงการถูกแสง เตรียมสารสกัดตัวอย่างที่ความเข้มข้น 1.0 2.5 5.0 10.0 15.020.025.0และ 30.0มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ดูดตัวอย่างสารสกัดที่ความเข้มข้นต่างๆมา 100 ไมโครลิตร ใส่ลงในหลุม แล้วเติมสารละลาย DPPH ปริมาตร 100ไมโครลิตรลงในแต่ละหลุม ผสมให้เข้ากัน นำไปตั้งในที่มืดนาน 30 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 492 นาโนเมตรด้วยเครื่องMicroplate readerโดยใช้ BHT เป็นสารมาตรฐาน เพื่อเปรียบเทียบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระกับสารสกัด ความเข้มข้นที่ใช้จะอยู่ในช่วง 0.015625-2.00 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร รายงานผลเป็นค่าความเข้มข้นของสารสกัดที่ยับยั้งอนุมูล DPPH ได้ 50 เปอร์เซ็นต์ ($IC_{50}$)โดยใช้โปรแกรม Graphpad prism 5.0คำนวณดังสมการ

$$\text{การต้านอนุมูลอิสระ}(\%) = \frac{(A_{DPPH} - A_{Blank\ DPPH}) - (A_{Sample} - A_{Blank\ Sample})}{(A_{DPPH} - A_{Blank\ DPPH})} \times 100$$

โดย $A_{Sample}$ = ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างสารสกัดที่เติมสารละลาย DPPH

$A_{Blank\ Sample}$ =ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่าง

$A_{DPPH}$ = ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย DPPH

$A_{Blank\ DPPH}$ =ค่าการดูดกลืนแสงของตัวทำละลาย

## 3.7การเตรียมและพัฒนาตำรับโลชั่น

ทำการกำหนดตำรับพื้นฐานของผลิตภัณฑ์และตำรับพื้นฐานที่มีแกมมาออไรซานอลที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5, 0.7 และ 1.0 ในรูปแบบ oil in water emulsion และทำการประเมินตำรับ จากลักษณะทางกายภาพ ลักษณะเนื้อสัมผัส ความหนืด ความคงตัวเบื้องต้นด้วยการหมุนเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 6,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 20 นาที

<u>การเตรียมโลชั่น</u>

1. แยกบีกเกอร์ระหว่าง water phase และ oil phase

2. นำส่วน oil phase ไปหลอมด้วย hot plate โดยให้อุณหภูมิประมาณ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที

3. นำสารทั้งสองบีกเกอร์มาผสมกันซึ่งมี 2 วิธีคือเทวัฏภาคน้ำลงในวัฏภาคน้ำมันหรือการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เทวัฏภาคน้ำมันลงในวัฏภาคน้ำในการทดลองนี้เทวัฏภาคน้ำมันลงในวัฏภาคน้ำ

4. ผสมให้เข้ากันเป็นเนื้อเดียว ด้วยเครื่องกวนผสม และเครื่อง homogenizer แล้วจึงเติมสารอื่นเช่น heat sensitive substances, preservative และน้ำหอม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 ส่วนประกอบในตำรับโลชั่นที่ 1-3

| INCI Name | Trade name | หน้าที่ | ปริมาณ 100% w/w | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | ตำรับ1 | ตำรับ2 | ตำรับ3 |
| Part A (Oil) | | | | | |
| Hydrogenated Polydecene | HP-30 | Emollient | 1.1 | 1.0 | 1.1 |
| Butylatedhydroxytoluene | BHT | Antioxidant | 0.1 | 0.1 | 0.1 |
| Dimethicone | TSF451 – 100 | Emulsifier | 3 | 2.5 | 2.5 |
| Cetearyl Alcohol | Cetostearyl Alcohol (50:50) | Bodying Agent | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| Isononylisononanoate | DUB ININ | Emollient | 1.2 | 1.2 | 1.2 |
| Caprylic/Capric Triglyceride | DUB MCT 5545 | Emollient | 0.8 | 0.8 | 2.5 |
| Shea butter | Karite CN | Emulsifier | 0.4 | 0.4 | 0.4 |
| DL-alpha tocophyryl acetate | Vitamin E | Antioxidant | 0.1 | 0.1 | 0.1 |
| Part B (Water) | | | | | |
| DI water | DI water | Diluents/Solvent | 84.1 | 85.2 | 84.8 |
| Disodium dihydrogenethylenediaminetetraacetate | $Na_2EDTA$ | Chelating agent | 0.1 | 0.1 | 0.1 |
| Glycerin | Glycerin | Humectants | 1.2 | 0.6 | 0.6 |
| 1,3-butylenes glycol | butylenes glycol | Humectants | 0.8 | 0.9 | 0.9 |
| Sodium Acrylates/ Beheneth-25 Methacrylate Crosspolymer (and) Hydrogenated Polydecene (and) Lauryl Glucoside | Novemer EC-2 | Thickener | 3 | 4.0 | 4.0 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| INCI Name | Trade name | หน้าที่ | ปริมาณ 100% w/w | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | ตำรับ1 | ตำรับ2 | ตำรับ3 |
| Part C | | | | | |
| Titanium Dioxide (And) Diisopropyl Dimer Dilinoleate (And) Polyglyceryl-4 Isostearate (And) CetylDimethiconeCopolyol (And) Hexyl Laurate (And) C9-15 Fluoroalcohol Phosphates (And) Alumina | DIDW 50 DF | colorant | 0.3 | 0.3 | 0.3 |
| Part D | | | | | |
| Methyl paraben, Ethyl paraben, Propyl paraben, Butyl paraben, Isobutyl paraben, 2-phenoxyethanol | Microcare PM5 | Preservative | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| Part E | | | | | |
| Gamma Oryzanol | Gamma Oryzanol | Antioxidant | 0.3 | 0.2 | 0.2 |
| Rice bran oil | Rice bran oil | Antioxidant | 1.5 | 1.0 | 1.0 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 ส่วนประกอบในตำรับโลชั่นที่ 4

| INCI Name | Trade Name | Function | ปริมาณ 100% w/w |
|---|---|---|---|
| Part A (Oil) | | | |
| Cetearyl Alcohol | Cetostearyl Alcohol | Bodying Agent | 1.0 |
| Hydrogenated Polydecene | HP-30 | Emollient | 1.0 |
| Dimethicone TSF 451-100 | TSF 451-100 | Emollient | 2.5 |
| ButylatedHydroxytoluene | BHT | Antioxidant | 0.1 |
| Isononyllsononanonate | DUB ININ | Emollient | 1.2 |
| DL-Alpha Tocopherol | Vitamin E | Antioxidant | 0.1 |
| Shea Butter | Karite CN | Emulsifier | 0.4 |
| Part B (Water) | | | |
| D.I. Water | D.I. Water | Diluents/Solvent | 84.7 |
| Disodium dihydrogenethylenediaminetetraacetate | $Na_2EDTA$ | Chelating Agent | 0.1 |
| Glycerine | Glycerine | Humectant | 0.6 |
| 1,3-Butylene Glycol | Butylene Glycol | Humectants | 0.9 |
| Sodium Acrylates/ Beheneth-25 Methacrylate Crosspolymer (and) Hydrogenated Polydecene (and) Lauryl Glucoside | Novemer EC-2 | Thickener | 3.6 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 3.2** ส่วนประกอบในตำรับโลชั่นที่ 4 (ต่อ)

| INCI Name | Trade Name | Function | Formula 100% w/w |
|---|---|---|---|
| Part C | | | |
| Titanium Dioxide (And) Diisopropyl Dimer Dilinoleate (And) Polyglyceryl-4 Isostearate (And) CetylDimethiconeCopolyol (And) Hexyl Laurate (And) C9-15 Fluoroalcohol Phosphates (And) Alumina | DIDW 50 SF | Colorant | 0.3 |
| Part D | | | |
| Methyl paraben, Ethyl paraben, Propyl paraben, Butyl paraben, Isobutyl paraben, 2-phenoxyethanol | Microcare PM5 | Preservative | 1.0 |
| Part E | | | |
| Gamma Oryzanol | Gamma Oryzanol | Antioxidant | 0.2 |
| Rice Bran Oil | Rice Bran Oil | Antioxidant | 1.0 |
| Part F | | | |
| Xanthan Gum | Xanthan Gum | Co-Emulsufier | 0.1 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 ส่วนประกอบในตำรับโลชั่นตำรับที่ 5-7

| INCI Name | Trade name | หน้าที่ | ปริมาณ 100% w/w | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | ตำรับ5 | ตำรับ6 | ตำรับ7 |
| Part A (Oil) | | | | | |
| Methyl Glucose Sesquistearate | Glucate™ SS | Emulsifier | 1.3 | 1.3 | 1.3 |
| PEG – 20 Methyl Glucose Sesquistearate | Glucamate™ SSE-20 | Emulsifier | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| C12-15 Alleyl Benzoate | DUB B1215 | Emollient | 0.8 | 0.8 | 0.8 |
| Isononyllsononanoate | DUB ININ | Emollient | 0.9 | 0.9 | 0.9 |
| Dimethicone | TSF 451-100 | Emulsifier | 2.8 | 2.8 | 3.1 |
| Caprylic/Capric Triglyceride | | Emulsifier | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| DL-Alpha Tocopherol | Vitamin E | Antioxidant | 0.5 | 0.5 | 0.5 |
| Part B(Water) | | | | | |
| DI water | DI water | Diluents/Solvent | 82.7 | 83.5 | 82.7 |
| Disodium dihydrogenethylenediamin etetraacetate | $Na_2EDTA$ | Chelating agent | 0.1 | 0.1 | 0.1 |
| 1-3,butylene glycol | 1-3,butylene glycol | Humectants | 2.6 | 2.6 | 2.6 |
| Sodium Polyacrylate (and) C13-14 Isoparaffin (and) Laureth-7 | Aquagel 45 | Thickener | 3.0 | 3.0 | 3.5 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 ส่วนประกอบในตำรับโลชั่นตำรับที่ 5-7 (ต่อ)

| INCI Name | Trade name | หน้าที่ | ปริมาณ 100% w/w | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | ตำรับ5 | ตำรับ6 | ตำรับ7 |
| Part C | | | | | |
| Titanium Dioxide (And) Diisopropyl Dimer Dilinoleate (And) Polyglyceryl-4 Isostearate (And) CetylDimethiconeCopolyol (And) Hexyl Laurate (And) C9-15 Fluoroalcohol Phosphates (And) Alumina | DIDW 50 DF | Colorant | 1.0 | 0.2 | 0.2 |
| Part D | | | | | |
| Gamma Oryzanol | | Antioxidant | 0.2 | 0.2 | 0.2 |
| Rice Bran Oil | | Antioxidant | 1.1 | 1.1 | 1.1 |
| Part E | | | | | |
| Methyl paraben, Ethyl paraben, Propyl paraben, Butyl paraben, Isobutyl paraben, 2-phenoxyethanol | Microcare PM5 | Preservative | 1.0 | 1.0 | 1.0 |

## 3.8 การประเมินคุณภาพของตำรับผลิตภัณฑ์

ประเมินคุณสมบัติทางกายภาพโดยดูจากลักษณะภายนอกของโลชั่นเมื่อเตรียมเสร็จใหม่ๆในเรื่องลักษณะเนื้อโลชั่น สี ความหนืด การแยกชั้น และความรู้สึกเวลาทาแล้วบันทึกผล

ประเมินคุณสมบัติทางเคมี โดยทดสอบความเป็นกรด- ด่างโดยใช้กระดาษวัด pH ค่าที่ได้อยู่ในช่วง 5.0-6.5 แล้วบันทึกผล

ประเมินความคงตัว

- ทำโดยการนำโลชั่นไปทำการปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่อง centrifuge ความเร็ว รอบ 6,000 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 20 นาที จากนั้นสังเกตลักษณะของโลชั่น ว่าเป็นเนื้อเดียวกันหรือเกิดการแยกชั้นหรือไม่

- ด้วยวิธี heating and cooling cycle โดยนำโลชั่นที่เตรียมไว้นำมาใส่ตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 48 ชั่งโมงจากนั้นนำมาใส่ตู้อบที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมงนับเป็น 1 รอบ ทำจนครบ 5 รอบ แล้วบันทึกผลโดยพิจารณาดังต่อไปนี้

1. ลักษณะเนื้อโลชั่น สังเกตลักษณะเนื้อโลชั่นที่มองเห็นโดยใช้คำอธิบายลักษณะดังนี้ เนื้อละเอียด, เนื้อมีเม็ด, เนื้อเหลว, เนื้อหนืด แล้วบันทึกผลลงตาราง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. สี สังเกตสีของโลชั่นที่มองเห็นว่าเป็นสีขาว สีเหลืองหรือสีอื่นๆ

4. การเกิด creaming เป็นลักษณะที่วัฏภาคภายในแยกไปรวมตัวกันลอยอยู่ชั้นบนหรือนอนก้นภาชนะทำให้เห็นแยกเป็นชั้นครีมและชั้นอีมัลชั่นที่เจือจางเกิดขึ้นไม่ถาวรเมื่อเขย่าสามารถทำให้ชั้นที่แยกผสมนี้ผสมกันได้ดังเดิม

ประเมินคุณสมบัติทางชีวภาพ เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของสารกันเสียที่ใช้ในตำรับโลชั่น ซึ่งสารกันเสียทำหน้าที่ควบคุมไม่ให้จุลินทรีย์เจริญเติบโตอันเป็นสาเหตุให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของเนื้อโลชั่น เช่น สีคล้ำ , กลิ่นเหม็น, การแยกชั้นของวัฏภาคน้ำและวัฏภาคน้ำมัน ทำโดยทดสอบปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์โลชั่น ตรวจสอบปริมาณเชื้อแบคทีเรียที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ด้วยวิธี total plate count โดยการนำผลิตภัณฑ์มาเจือจาง (10-fold dilution) และนำมา spread ให้ทั่วผิวหน้าอาหาร NA จำนวนความเข้มข้นละ 2 ซ้ำ บ่มเชื้อเป็นเวลา 24-28 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาทำการนับจำนวนและคำนวณโคโลนีเชื้อที่มีชีวิตรอดโดยใช้สูตร

$$\text{จำนวนความมีชีวิตเชื้อ} = n \times 10^{n} \times 10$$

โดย n คือ จำนวนโคโลนี

$10^{n}$ คือ ความเข้มข้นเชื้อที่เจือจาง

## 3.9 การทดสอบความระคายเคืองเบื้องต้น

คัดเลือกอาสาสมัครที่ไม่มีประวัติการแพ้ยา และไม่มีความผิดปกติของผิวหนังบริเวณท้องแขนจำนวน 50 คน โดยทำความสะอาดผิวหนังบริเวณท้องแขนด้วยน้ำสะอาด รอจนแห้ง แล้วทาผลิตภัณฑ์โลชั่นบำรุงผิวที่ต้องการทดสอบทั้ง 3 ชนิด คือ ตำรับที่ 3, 4 และ7 ทาบริเวณดังกล่าวทิ้งไว้ 2 ชั่วโมง หากไม่มีอาการคัน และไม่มีผื่นแดง ถือว่าตำรับโลชั่นดังกล่าวปลอดภัยไม่มีความระคายเคือง

## 3.10การทดสอบความพึงพอใจในอาสาสมัคร

นำตำรับโลชั่นที่มีความคงตัวทั้งด้านกายภาพ ทางเคมี และทางชีวภาพทั้ง 3 ตำรับ คือตำรับที่ 3, 4 และ7 ไปทำการทดสอบความพึงพอใจในอาสาสมัครรวม 50 คน โดยการทำแบบสอบถามประเมินความรู้สึกในการใช้โลชั่น

ประเมินความรู้สึกในการใช้โลชั่นโดยพิจารณาในเรื่องต่อไปนี้

- สี สังเกตสีของโลชั่นว่ามีความน่าใช้หรือไม่
- ความหนืด ขณะทาโลชั่นบนผิวหนังรู้สึกเหนอะหนะ และพบว่าโลชั่นเหนียวติดผิวหนังไม่สบายตัวหรือไม่
- ลักษณะเนื้อครีม สังเกตการรวมเป็นเนื้อเดียวของทั้งสองเฟส ไม่มีการแยกชั้นและไม่มีตะกอนของส่วนผสมที่ไม่เข้ากัน
- การซึมซาบเข้าสู่ผิวหนังเมื่อนำโลชั่นมาทาบนผิวหนังแล้วทิ้งไว้ให้แห้งสัมผัสบริเวณที่ทาจะรู้สึกเหมือนไม่ได้ทาโลชั่น
- ความชุ่มชื่น บริเวณที่ทาผลิตภัณฑ์เมื่อทาโลชั่นแล้วรู้สึกผิวชุ่มชื่น เย็นที่ผิวหนัง

การวิเคราะห์ข้อมูลทำได้โดย รวบรวมข้อมูล นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ผลทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS 17.0 โดยใช้สถิติ ANOVA เพื่อดูความแตกต่างของแต่ละปัจจัยและเปรียบเทียบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของปัจจัยที่ศึกษาโดยวิธี Dancan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เพื่อสรุปผลการทดลอง

## 3.11 การเปรียบเทียบค่าทางสถิติ

ทำการคำนวณค่าทางสถิติโดยใช้โปรแกรม SPSS 20.0 แบบ One-way ANOVA ตามวิธีของ Duncan's New Multiple Rang Testจากนั้นพิจารณาจากค่านัยสำคัญ(Significance; sig.) ในตาราง ANOVA หากค่า sig. มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับค่านัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$) จะปฏิเสธ $H_0$ และยอมรับ $H_1$คือ มีอย่างน้อย 2 ปัจจัยที่แตกต่างกัน และหากค่า sig. มีค่ามากกว่าค่านัยสำคัญทางสถิติ($p > 0.05$) จะยอมรับ $H_0$และปฏิเสธ $H_1$คือ อิทธิพลของทุกปัจจัยไม่แตกต่างกัน

โดยในการเปรียบเทียบค่าจะดูจากผลได้ของรำข้าวในแต่ละเวลา เพื่อหาพันธุ์ข้าวที่สามารถให้ผลได้สูงที่สุด จากนั้นจะนำพันธุ์ข้าวและสภาวะที่ดีที่สุดของแต่ละเวลามาเปรียบเทียบกันอีกครั้ง เพื่อหาพันธุ์ข้าวและสภาวะที่เหมาะสมต่อการสกัดน้ำมันรำข้าว แกมมาโอไรซานอล และมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระได้ดีที่สุด

## 3.12 การทดสอบคุณสมบัติ ความปลอดภัยของสารสกัดสำหรับใช้เป็นส่วนประกอบทางเวชสำอาง

ทำการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมีและความปลอดภัยของสารสกัดสำหรับใช้เป็นส่วนประกอบทางเวชสำอาง รวมถึงฤทธิ์ความเป็นพิษต่อเซลล์ด้วยวิธี SRB (sulforhodamine B colorimetric method) โดยการนำมาทดสอบความเป็นพิษกับเซลล์ african green monkey kidney fibroblast ในจานหลุมเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ (well tissue culture plate) ปริมาณเซลล์แขวนลอยของเซลล์ไลน์ที่ใช้ในการทดสอบคือ $1X10^5$เซลล์ต่อมิลลิลิตร ร่วมกับสารตัวอย่างที่ต้องการทดสอบที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ ใช้เอลลิพทิซีน (ellipticine) และไดเมทิลซัลฟอกไซด์ (dimethyl sulfoxide, DMSO) ความเข้มข้นร้อยละ 10 เป็นชุดควบคุมเชิงบวกและชุดควบคุมเชิงลบตามลำดับ นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสในตู้บ่มที่มีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ ร้อยละ 5 เป็นเวลา 72 ชั่วโมง ตรวจผลความเป็นพิษต่อเซลล์โดยการวัดค่าของสีตามวิธีของ Skehan และคณะ (1990) วัดผลเป็นค่าความเข้มข้นของสารประกอบที่สามารถยับยั้งการเจริญของเซลล์ได้ร้อยละ 50 ($IC_{50}$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 4
# ผลการวิจัยและอภิปรายผล

## 4.1 ความชื้นของรำข้าว

ปริมาณความชื้นในตัวอย่างรำข้าวที่ใช้ทดลองมีค่า7.99±0.16% จากการทดลองพบว่าตัวอย่างรำข้าวที่ใช้ในการสกัดน้ำมันไม่ควรมีความชื้นสูงเกินไป เพราะความชื้นจะส่งผลต่อความมีขั้วของตัวทำละลาย ซึ่งจะส่งผลต่อการสกัดสารสำคัญในรำข้าว

ตารางที่ 4.1 ร้อยละความชื้นของรำข้าว

| พันธุ์ข้าว | ความชื้น (%) |
|---|---|
| ข้าวหอมสุพรรณ | 7.99±0.16 |

## 4.2 ลักษณะของน้ำมันรำข้าวที่สกัดได้

ลักษณะของน้ำมันที่สกัดได้จากรำข้าวหอมสุพรรณมีสีเหลืองเข้มถึงน้ำตาลส้ม น้ำมันที่ได้จากการสกัดโดยใช้เฮกเซนและไอโซโพรพานอลเป็นตัวทำละลายจะเป็นสีส้ม เมื่อใช้เอทิลอะซิเตตเป็นตัวทำละลายในการสกัดน้ำมันจากรำข้าวหอมสุพรรณน้ำมันจะมีสีเหลือง

ตารางที่ 4.2 แสดงลักษณะของน้ำมันรำข้าวที่สกัดได้จากตัวทำละลายต่างๆ

| ตัวทำละลาย | พันธุ์ข้าว | น้ำมันรำข้าว | ลักษณะ |
|---|---|---|---|
| Hexane | ข้าวหอมสุพรรณ | | น้ำมันเป็นสีส้มเหลือง |
| Ethyl acetate | ข้าวหอมสุพรรณ | | น้ำมันมีสีเหลือง |
| Acetone | ข้าวหอมสุพรรณ | | น้ำมันเป็นสีน้ำตาล |
| Isopropanol | ข้าวหอมสุพรรณ | | น้ำมันเป็นสีส้มอ่อน |
| Ethanol | ข้าวหอมสุพรรณ | | น้ำมันเป็นสีน้ำตาลใสมีกลิ่นหอม |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.3 ปริมาณของน้ำมันรำข้าว

ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดรำข้าวหอมสุพรรณด้วยวิธีการสกัดแบบหมักตัวทำละลายและการใช้คลื่นเสียงร่วมกับตัวทำละลาย ที่ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 และ 60 นาที โดยใช้เฮกเซน เอทิลอะซิเตต อะซิโตน ไอโซโพรพานอล และเอทานอล เป็นตัวทำละลาย โดยมีอัตราส่วนรำข้าวต่อตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัด 1:2, 1:4 และ 1:6 แสดงไว้ในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดโดยการหมักตัวทำละลายและการใช้คลื่นเสียง ที่ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 และ 60 นาที ในตัวทำละลายและอัตราส่วนต่างๆ

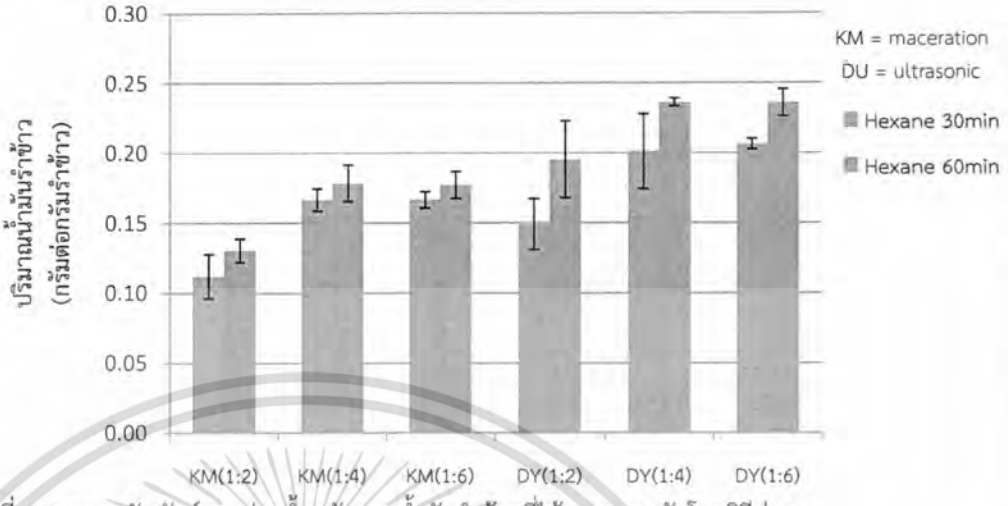
| วิธีการ | เวลา (นาที) | อัตราส่วน (รำข้าวต่อตัวทำละลาย) | น้ำมันรำข้าว (กรัมต่อกรัมรำข้าว) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Hexane | Ethyl acetate | Acetone | Isopropanol | Ethanol |
| หมักตัวทำละลาย | 30 | 1:2 | 0.11±0.02 kl | 0.14±0.01 hi | 0.13±0.02 ij | 0.13±0.01 ijk | 0.08±0.01 m |
| | | 1:4 | 0.17±0.01 defg | 0.16±0.02 efghi | 0.16±0.01 defgh | 0.17±0.01 def | 0.10±0.00 lm |
| | | 1:6 | 0.17±0.01 defg | 0.17±0.01 de | 0.17±0.00 defg | 0.18±0.00 cd | 0.13±0.02 ij |
| การใช้คลื่นเสียงร่วมกับตัวทำละลาย | 30 | 1:2 | 0.15±0.02 fghi | 0.14±0.01 hi | 0.15±0.01 efghi | 0.10±0.01 lm | 0.11±0.01 l |
| | | 1:4 | 0.20±0.03 bc | 0.22±0.01 ab | 0.23±0.01 a | 0.17±0.02 def | 0.12±0.01 jlk |
| | | 1:6 | 0.21±0.00 ab | 0.21±0.00 ab | 0.22±0.00 ab | 0.20±0.00 bc | 0.15±0.01 ghi |
| หมักตัวทำละลาย | 60 | 1:2 | 0.13±0.01 hi | 0.10±0.01 j | 0.21±0.03 bcd | 0.16±0.02 g | 0.10±0.00 j |
| | | 1:4 | 0.18±0.01 efg | 0.17±0.02 fg | 0.17±0.01 fg | 0.16±0.01 g | 0.11±0.01 ij |
| | | 1:6 | 0.18±0.01 efg | 0.17±0.00 fg | 0.17±0.02 fg | 0.17±0.00 fg | 0.13±0.00 hi |
| การใช้คลื่นเสียงร่วมกับตัวทำละลาย | 60 | 1:2 | 0.20±0.03 def | 0.13±0.02 hi | 0.22±0.02 abc | 0.24±0.01 a | 0.11±0.01 ij |
| | | 1:4 | 0.24±0.01 ab | 0.23±0.03 ab | 0.25±0.01 a | 0.20±0.01 cde | 0.13±0.01 hi |
| | | 1:6 | 0.24±0.04 ab | 0.24±0.01 ab | 0.24±0.02 ab | 0.23±0.02 ab | 0.15±0.02 hi |

หมายเหตุ : a, b, ... ตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละเวลาแสดงถึงค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำมันรำข้าว ในสภาวะการสกัดต่างๆ ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test

จากการศึกษาปริมาณน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดด้วยวิธีหมักตัวทำละลาย พบว่า ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่สกัดด้วยตัวทำละลายเฮกเซน เมื่อเวลาในการสกัดเพิ่มขึ้นจาก 30 นาที เป็น 60 นาที จะทำให้ได้ปริมาณของน้ำมันรำข้าวมากขึ้น ส่วนอัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายเฮกเซน เมื่ออัตราส่วนของตัวทำละลายเฮกเซนปริมาณมากขึ้น ทำให้ได้น้ำมันรำข้าวเพิ่มมากขึ้น แต่ปริมาณของน้ำมันรำข้าวจะไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ($P>0.05$) เมื่ออัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายเฮกเซนเปลี่ยนจาก 1:4 เป็น 1:6 โดยภาพรวมปริมาณน้ำมันที่สกัดด้วยตัวทำละลายเฮกเซน โดยวิธีการใช้คลื่นเสียงให้

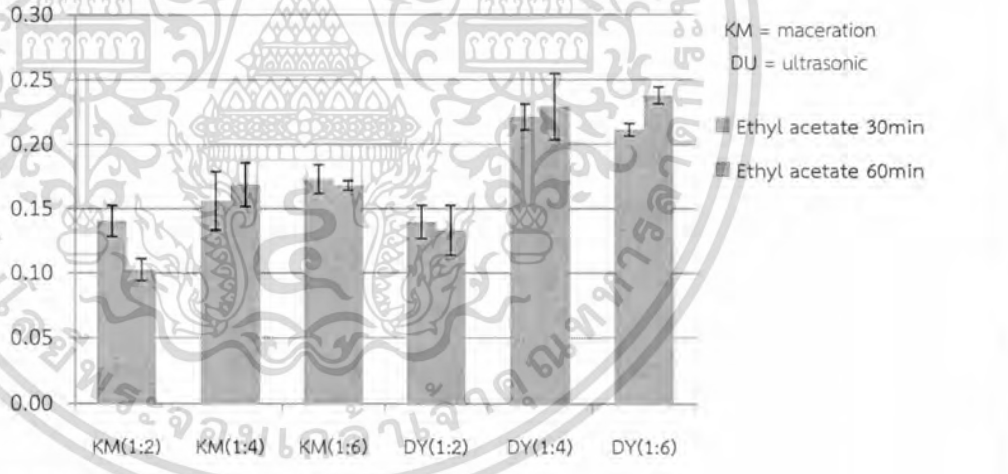
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณของน้ำมันรำข้าวในปริมาณที่สูงกว่าวิธีหมักด้วยตัวทำละลายเพียงอย่างเดียว อย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ซึ่งแสดงในรูป 4.1




รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดโดยวิธีต่างๆ

ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทิลอะซิเตตจากรำข้าวหอมสุพรรณเวลา 30 นาที เมื่ออัตราส่วนรำข้าวต่อตัวทำละลายตัวทำละลายปริมาณมากขึ้นจะทำให้ได้ปริมาณน้ำมันมากขึ้น อัตราส่วนรำข้าวต่อตัวทำละลายเอทิลอะซิเตต 1:4 และ 1:6 ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่ได้จะไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$)

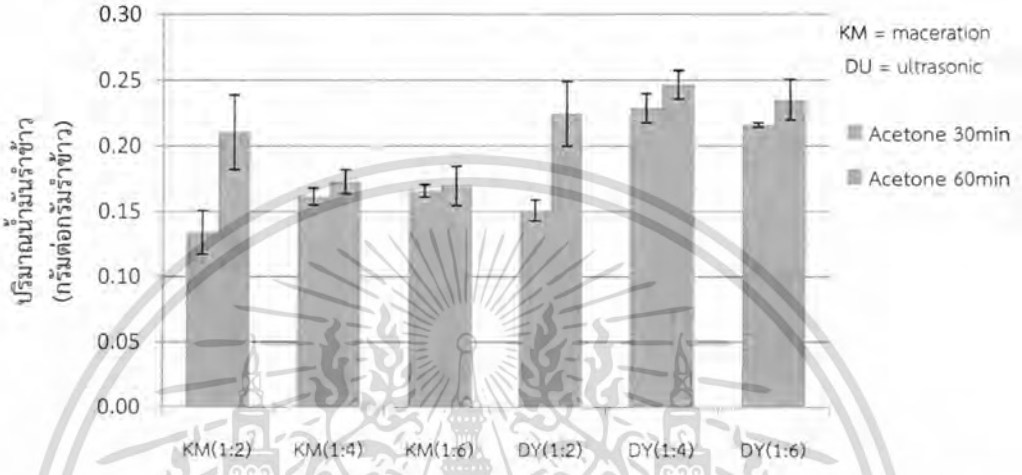



รูปที่ 4.2ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของน้ำมันรำข้าวกับวิธีการสกัด
และอัตราส่วนของตัวทำละลายที่สกัดโดยใช้เอทิลอะซิเตตเป็นตัวทำละลาย ที่เวลาต่างๆ

ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่สกัดด้วยตัวทำละลายอะซิโตนของรำข้าวหอมสุพรรณ เวลาในการสกัดที่เพิ่มขึ้นจาก 30 นาที เป็น 60 นาที จะทำให้ได้ปริมาณของน้ำมันรำข้าวมากขึ้น ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่สกัดด้วยอะซิโตนเป็นเวลา 30 นาที ด้วยอัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายอะซิโตน 1:2 สามารถสกัดน้ำมันรำข้าวได้น้อยกว่า อัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายอะซิโตน 1:4 และ 1:6 อย่างมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

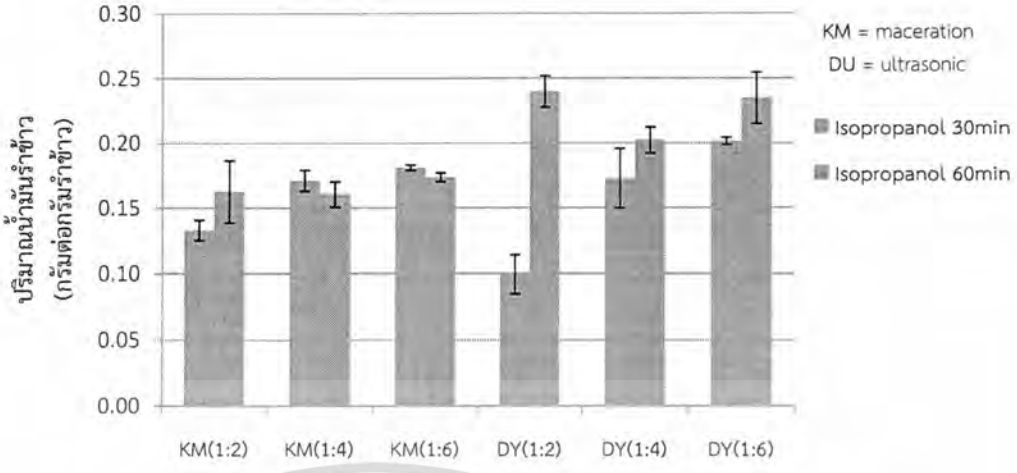
นัยสำคัญ (P≤0.05) แต่ปริมาณของน้ำมันรำข้าวจะไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05) เมื่ออัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายอะซิโตนเปลี่ยนจาก 1:4 เป็น 1:6 และปริมาณน้ำมันรำข้าวของข้าวหอมสุพรรณที่สกัดด้วยอะซิโตนเป็นเวลา 60 นาที อัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายอะซิโตน 1:2 สกัดน้ำมันรำข้าวได้มากกว่า อัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายอะซิโตน 1:4 และ 1:6 อย่างมีนัยสำคัญ(P≤0.05) แต่ปริมาณของน้ำมันรำข้าวจะไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05) เมื่ออัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายอะซิโตนเปลี่ยนจาก 1:4 เป็น 1:6 แสดงในรูปที่ 4.3




รูปที่ 4.3ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของน้ำมันรำข้าวกับวิธีการสกัดและอัตราส่วนของตัวทำละลายที่สกัดโดยใช้อะซิโตนเป็นตัวทำละลาย ที่เวลาต่างๆ

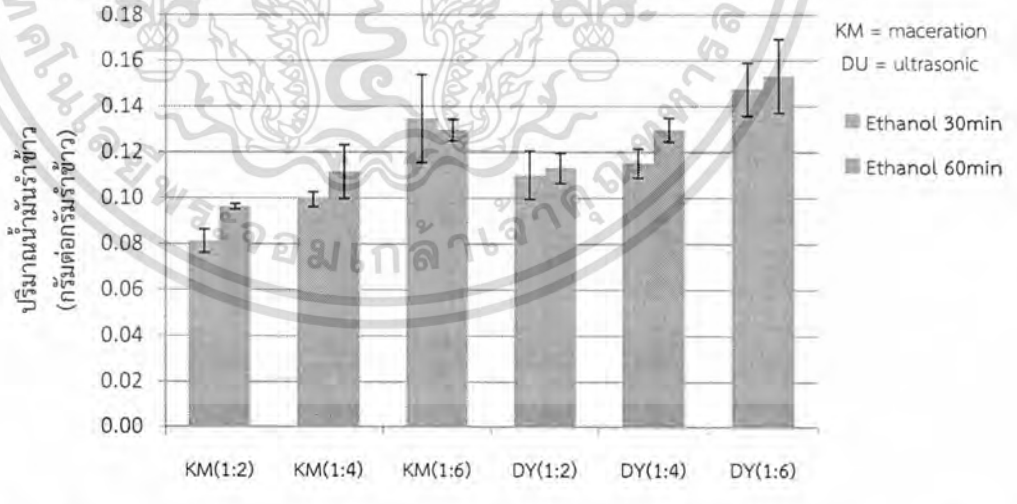
ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่สกัดด้วยตัวทำละลายไอโซโพรพานอล โดยภาพรวมเมื่อเวลาในการสกัดเพิ่มขึ้นจาก 30 นาที เป็น 60 นาที จะสามารถสกัดได้ปริมาณของน้ำมันรำข้าวมากขึ้น ปริมาณน้ำมันรำข้าวของข้าวหอมสุพรรณที่สกัดด้วยตัวทำละลายไอโซโพรพานอลใช้เวลาในการสกัด 30 นาที อัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายไอโซโพรพานอล 1:2 จะได้น้อยกว่า อัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายไอโซโพรพานอล 1:4 และ 1:6 อย่างมีนัยสำคัญ (P≤0.05) แต่ปริมาณของน้ำมันรำข้าวจะไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05) เมื่ออัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายไอโซโพรพานอลเปลี่ยนจาก 1:4 เป็น 1:6 และปริมาณน้ำมันรำข้าวของข้าวหอมสุพรรณที่สกัดด้วยตัวทำละลายไอโซโพรพานอลใช้เวลาในการสกัด 60 นาที อัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายไอโซโพรพานอลปริมาณมากขึ้น ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่สกัดได้จะไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05) แสดงในรูปที่ 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่** 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของน้ำมันรำข้าวกับวิธีการสกัด และอัตราส่วนของตัวทำละลายที่สกัดโดยใช้ไอโซโพรพานอลเป็นตัวทำละลาย ที่เวลาต่างๆ

ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอลพบว่า ปริมาณน้ำมันรำข้าวสกัดด้วยเอทานอลเป็นเวลา 30 นาที อัตราส่วนของตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดที่ปริมาณมากขึ้น ทำให้ได้ปริมาณของน้ำมันรำข้าวที่มากขึ้น ซึ่งอัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายเอทานอล 1:6 สกัดน้ำมันรำข้าวได้มากกว่าอัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายเอทานอล 1:2 และ 1:4 อย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) แต่ปริมาณของน้ำมันรำข้าวจะไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) เมื่ออัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายเอทานอลเปลี่ยนจาก 1:2 เป็น 1:4 และปริมาณน้ำมันรำข้าวของข้าวหอมสุพรรณที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอลใช้เวลาในการสกัด 60 นาที อัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายเอทานอล 1:2 จะมีปริมาณน้ำมันน้อยกว่าอัตราส่วนรำข้าวต่อตัวทำละลาย 1:6 อย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) แต่จะไม่แตกต่างกันกับอัตราส่วนรำข้าวต่อตัวทำละลาย 1:4 ดังแสดงในรูปที่ 4.5

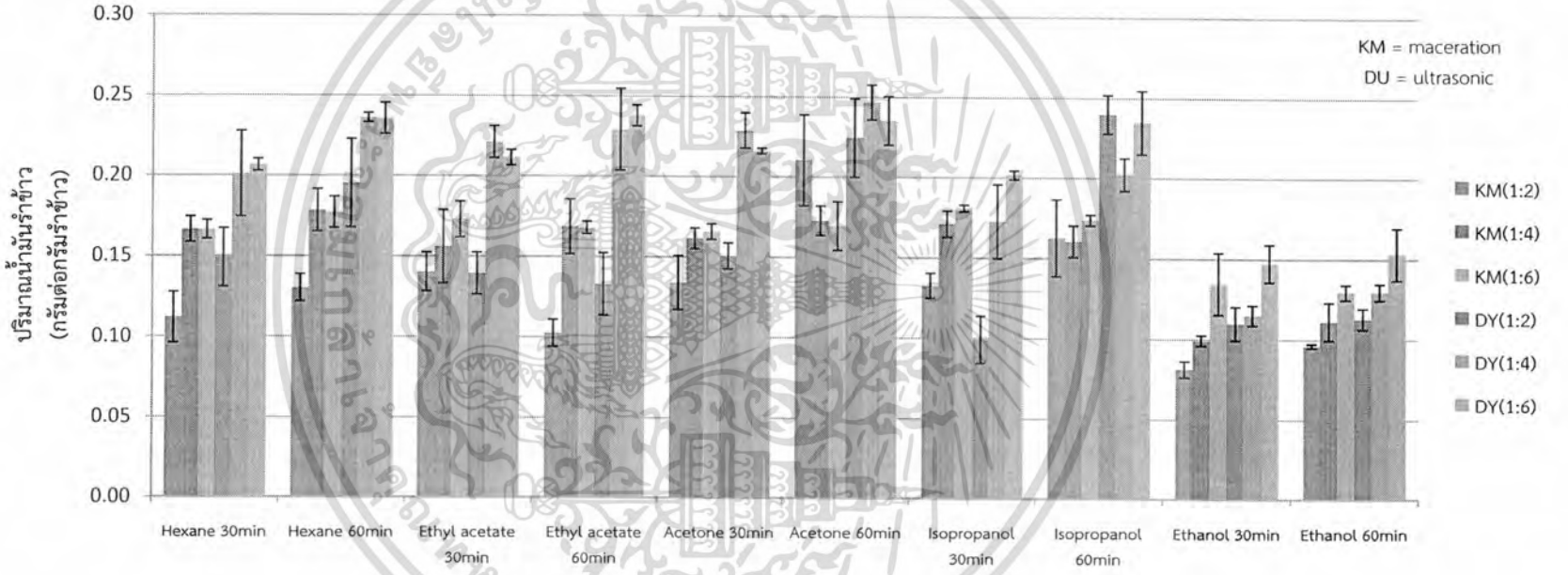



**รูปที่** 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของน้ำมันรำข้าวกับวิธีการสกัดและอัตราส่วนของตัวทำละลายที่สกัดโดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย ที่เวลาต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการศึกษาสภาวะการสกัดน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดรำข้าว ด้วยวิธีการสกัดแบบหมักตัวทำละลายและการใช้คลื่นเสียงร่วม ที่ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 และ 60 นาที โดยใช้เฮกเซน เอทิลอะซิเตต อะซิโตน ไอโซโพรพานอล และเอทานอล เป็นตัวทำละลาย วิธีที่สามารถสกัดน้ำมันรำข้าวออกมาได้มากที่สุดคือการใช้คลื่นเสียงร่วม ตัวทำละลายที่สามารถสกัดได้ปริมาณน้ำมันรำข้าวมากที่สุดคือ อะซิโตนซึ่งตัวทำละลายเฮกเซน เอทิลอะซิเตต และอะซิโตน ที่อัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลาย 1:4 และ 1:6 ปริมาณของน้ำมันรำข้าวที่สกัดได้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) และตัวทำละลายที่สกัดน้ำมันรำข้าวได้ปริมาณน้อยที่สุดคือ เอทานอล ส่วนเวลาที่ใช้ในการสกัดที่ดีที่สุดที่สามารถสกัดน้ำมันรำข้าวออกมาได้มากคือ 60 นาที และอัตราส่วนของตัวทำละลายที่สามารถสกัดน้ำมันรำข้าวได้ปริมาณมากที่สุดคือ 1:6 ดังแสดงในรูปที่ 4.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่** 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของน้ำมันรำข้าวกับวิธีการสกัดและอัตราส่วนของตัวทำละลายที่ได้จากตัวทำละลายต่างๆ โดยใช้เวลาในการสกัด 30 และ 60 นาที

จากการศึกษาปริมาณน้ำมันรำข้าวของข้าวหอมสุพรรณด้วยวิธีการสกัด 2 แบบคือการสกัดด้วยตัวทำละลายและการสกัดโดยใช้คลื่นเสียงร่วม เป็นเวลา 30 นาที และ 60 นาที วิธีที่ทำให้ได้ปริมาณน้ำมันรำข้าวมากที่สุดคือ การสกัดโดยใช้คลื่นเสียงร่วม โดยใช้ตัวทำละลายอะซิโตน อัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลาย 1:4 ที่เวลาในการสกัด 30 นาที และ 60 นาที

## 4.4 การวิเคราะห์ปริมาณแกมมาโอไรซานอลในน้ำมันรำข้าว

ปริมาณแกมมาโอไรซานอลในน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดรำข้าวสายพันธุ์ข้าวหอมสุพรรณด้วยวิธีการสกัดแบบหมักตัวทำละลายและการใช้คลื่นเสียงร่วม ที่ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 และ 60 นาที โดยใช้เฮกเซน เอทิลอะซิเตต อะซิโตน ไอโซโพรพานอล และเอทานอล เป็นตัวทำละลาย โดยมีอัตราส่วนรำข้าวต่อตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัด 1:2 1:4 และ 1:6 ด้วยเครื่อง HPLC ปริมาณแกมมาโอไรซานอลที่ได้จากการสกัดรำข้าวโดยใช้วิธีการใช้คลื่นเสียงร่วมจะมีปริมาณมากกว่าวิธีหมักด้วยตัวทำละลายที่สภาวะเดียวกัน ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.5

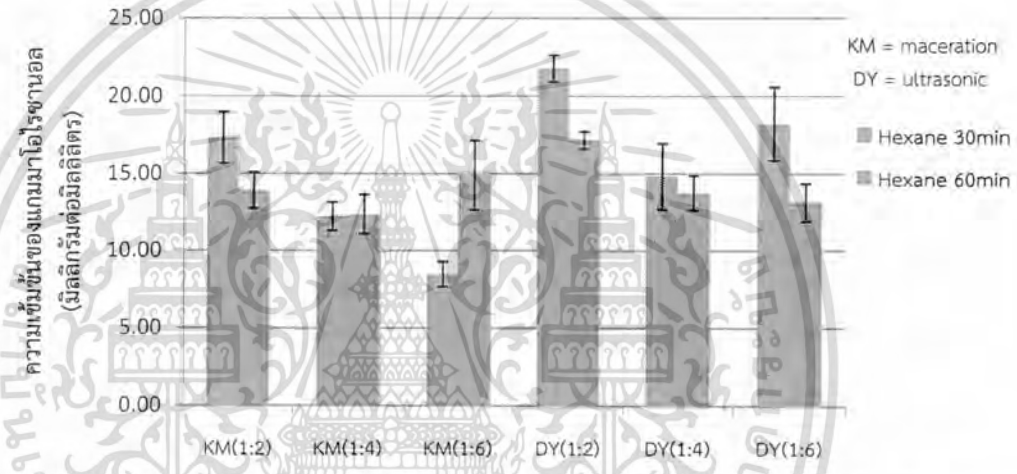
**ตารางที่ 4.5**ปริมาณแกมมาโอไรซานอลในน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดโดยการหมักตัวทำละลายและการใช้คลื่นเสียงร่วม ที่ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 และ 60 นาที ในตัวทำละลายและอัตราส่วนต่างๆ

| วิธี | เวลา (นาที) | อัตราส่วน (รำข้าวต่อตัวทำละลาย) | ความเข้มข้นของแกมมาโอไรซานอล (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Hexane | Ethyl acetate | Acetone | Isopropanol | Ethanol |
| หมักตัวทำละลาย | 30 | 1:2 | 17.32±1.65$^{ijk}$ | 20.23±3.22$^{fghij}$ | 16.53±0.91$^{jkl}$ | 14.86±2.20$^{klm}$ | 25.98±2.28$^{cde}$ |
| | | 1:4 | 12.24±0.91$^{lmn}$ | 21.45±1.52$^{efghi}$ | 10.74±1.60$^{mn}$ | 17.50±1.79$^{ijk}$ | 28.17±0.46$^{c}$ |
| | | 1:6 | 8.47±0.81$^{n}$ | 18.83±1.70$^{ijk}$ | 11.85±1.83$^{mn}$ | 20.88±1.57$^{fghij}$ | 22.41±1.93$^{defgh}$ |
| การใช้คลื่นเสียงร่วมกับตัวทำละลาย | 30 | 1:2 | 21.77±0.85$^{efghi}$ | 26.80±3.78$^{cd}$ | 7.91±0.74$^{n}$ | 17.68±2.27$^{ijk}$ | 24.36±2.80$^{cdefg}$ |
| | | 1:4 | 14.82±2.13$^{klm}$ | 22.87±1.83$^{defgh}$ | 18.41±2.16$^{ijk}$ | 19.89±0.87$^{ghij}$ | 44.76±4.75$^{b}$ |
| | | 1:6 | 18.22±2.36$^{ijk}$ | 24.60±3.77$^{cdef}$ | 8.66±0.95$^{n}$ | 18.71±2.77$^{ijk}$ | 51.46±6.24$^{a}$ |
| หมักตัวทำละลาย | 60 | 1:2 | 13.92±1.15$^{klm}$ | 16.30±2.02$^{ijklm}$ | 17.14±1.92$^{hijklm}$ | 14.67±1.59$^{jklm}$ | 48.50±5.53$^{a}$ |
| | | 1:4 | 12.38±1.27$^{m}$ | 17.20±1.98$^{hijklm}$ | 18.38±0.80$^{hijk}$ | 19.01±1.99$^{ghij}$ | 40.05±5.66$^{b}$ |
| | | 1:6 | 14.90±2.23$^{jklm}$ | 17.71±2.69$^{hijkl}$ | 16.73±2.05$^{hijklm}$ | 16.38±0.42$^{ijklm}$ | 37.47±1.11$^{bc}$ |
| การใช้คลื่นเสียงร่วมกับตัวทำละลาย | 60 | 1:2 | 17.14±0.57$^{hijklm}$ | 24.54±1.27$^{def}$ | 24.25±2.23$^{def}$ | 24.55±2.94$^{def}$ | 34.25±2.62$^{c}$ |
| | | 1:4 | 13.76±1.11$^{klm}$ | 25.29±3.43$^{de}$ | 20.13±2.00$^{fghi}$ | 28.84±1.06$^{d}$ | 37.67±3.23$^{bc}$ |
| | | 1:6 | 16.14±1.22$^{lm}$ | 24.77±0.52$^{def}$ | 21.61±1.34$^{efgh}$ | 23.50±2.50$^{efg}$ | 39.74±6.01$^{b}$ |

หมายเหตุ :a, b, ... ตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละเวลาแสดงถึงค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของแกมมาโอไรซานอลในน้ำมันรำข้าว ในสภาวะการสกัดต่างๆ ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

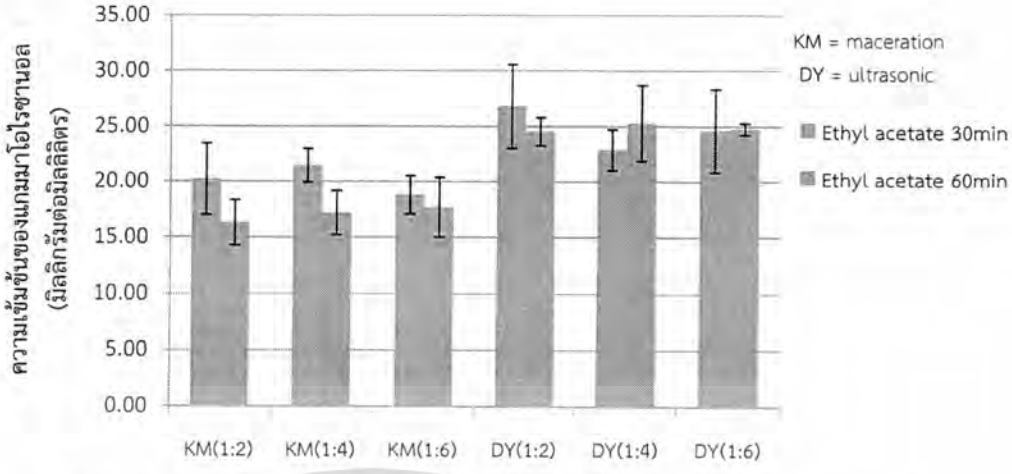
จากการศึกษาปริมาณแกมมาโอไรซานอลในน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดด้วยวิธีการหมักตัวทำละลาย พบว่าปริมาณแกมมาโอไรซานอลในน้ำมันรำข้าวหอมสุพรรณที่สกัดด้วยตัวทำละลายเฮกเซนเป็นเวลา 30 นาที แกมมาโอไรซานอลมีแนวโน้มที่จะลดลงตามอัตราส่วนตัวทำละลายที่ปริมาณมากขึ้น โดยที่อัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายเฮกเซน 1:4 และ 1:6 มีปริมาณแกมมาโอไรซานอลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) รำข้าวหอมสุพรรณที่สกัดด้วยตัวทำละลายเฮกเซนที่ได้ปริมาณแกมมาโอไรซานอลมากที่สุดคือรำข้าวที่สกัดด้วยตัวทำละลายเป็นเวลา 30 นาที ที่อัตราส่วนรำข้าวต่อตัวทำละลายเฮกเซน 1:2 ได้ปริมาณแกมมาโอไรซานอล 17.32 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ซึ่งมีปริมาณแกมมาโอไรซานอลมากกว่าอัตราส่วนรำข้าวต่อตัวทำละลาย 1:4 และ 1:6 อย่างมีนัยสำคัญ($P\leq0.05$) และ รำข้าวหอมสุพรรณที่สกัดด้วยตัวทำละลายเฮกเซนที่ได้ปริมาณแกมมาโอไรซานอลน้อยที่สุด คือ รำข้าวที่สกัดด้วยตัวทำละลายเป็นเวลา 30 นาที ที่อัตราส่วนรำข้าวต่อตัวทำละลายเฮกเซน 1:6 ได้ปริมาณแกมมาโอไรซานอล 8.47 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร แสดงดังรูปที่ 4.7




**รูปที่** 4.7ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของแกมมาโอไรซานอลกับวิธีการสกัดและอัตราส่วนของตัวทำละลายที่สกัดโดยใช้เฮกเซนเป็นตัวทำละลาย ที่เวลาต่างๆ

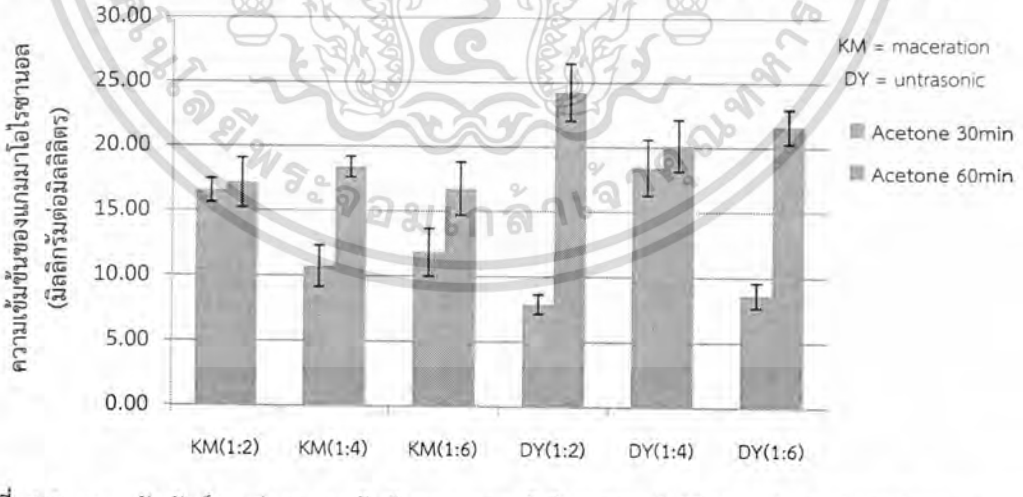
ปริมาณแกมมาโอไรซานอลในน้ำมันรำข้าวที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทิลอะซิเตตเป็นเวลา 30 นาที และ 60 นาที เมื่ออัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายเอทิลอะซิเตตมากขึ้น พบว่าปริมาณแกมมาโอไรซานอลที่สกัดได้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) รำข้าวหอมสุพรรณที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทิลอะซิเตตที่ได้ปริมาณแกมมาโอไรซานอลมากที่สุดคือรำข้าวที่สกัดด้วยตัวทำละลายเป็นเวลา 30 นาที ที่อัตราส่วนรำข้าวต่อตัวทำละลายเอทิลอะซิเตต 1:2 โดยวิธีการใช้คลื่นเสียงร่วมซึ่งได้ปริมาณแกมมาโอไรซานอล 21.45 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และรำข้าวหอมสุพรรณที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทิลอะซิเตตที่ได้ปริมาณแกมมาโอไรซานอลน้อยที่สุดคือรำข้าวที่สกัดด้วยตัวทำละลายเป็นเวลา 60 นาที ที่อัตราส่วนรำข้าวต่อตัวทำละลายเอทิลอะซิเตต 1:2 ได้ปริมาณแกมมาโอไรซานอล 16.30 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร แสดงดังรูปที่ 4.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่** 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของแกมมาโอไรซานอลกับวิธีการสกัดและอัตราส่วนของตัวทำละลายที่สกัดโดยใช้เอทิลอะซิเตตเป็นตัวทำละลายที่เวลาต่างๆ

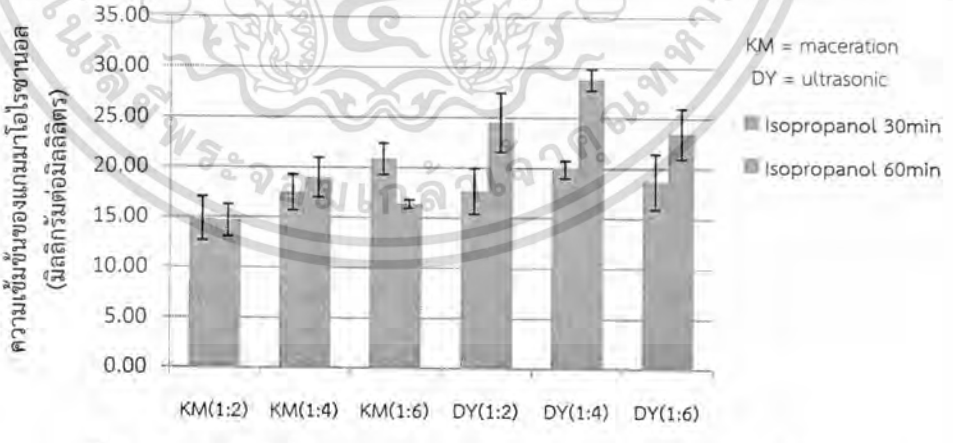
ปริมาณแกมมาโอไรซานอลในน้ำมันรำข้าวหอมสุพรรณที่สกัดด้วยตัวทำละลายอะซิโตนโดยวิธีการใช้คลื่นเสียงร่วม เป็นเวลา 30 นาที ที่อัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายอะซิโตน 1:4 และ 1:6 มีปริมาณแกมมาโอไรซานอลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) ซึ่งมีปริมาณแกมมาโอไรซานอลน้อยกว่าอัตราส่วนรำข้าวต่อตัวทำละลายอะซิโตน 1:2 อย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$) รำข้าวหอมสุพรรณที่สกัดด้วยตัวทำละลายอะซิโตนที่ได้ปริมาณแกมมาโอไรซานอลมากที่สุดคือรำข้าวที่สกัดด้วยตัวทำละลายเป็นเวลา 60 นาที ที่อัตราส่วนรำข้าวต่อตัวทำละลายอะซิโตน 1:2 โดยวิธีการใช้คลื่นเสียงร่วมซึ่งได้ปริมาณแกมมาโอไรซานอล 18.38 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และรำข้าวหอมสุพรรณที่สกัดด้วยตัวทำละลายอะซิโตนที่ได้ปริมาณแกมมาโอไรซานอลน้อยที่สุดคือรำข้าวที่สกัดด้วยตัวทำละลายเป็นเวลา 30 นาที ที่อัตราส่วนรำข้าวต่อตัวทำละลายอะซิโตน 1:2 โดยวิธีการใช้ตัวทำละลาย ซึ่งได้ปริมาณแกมมาโอไรซานอล 10.74 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร แสดงดังรูปที่ 4.9




**รูปที่** 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของแกมมาโอไรซานอลกับวิธีการสกัดและอัตราส่วนของตัวทำละลายที่สกัดโดยใช้อะซิโตนเป็นตัวทำละลาย ที่เวลาต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

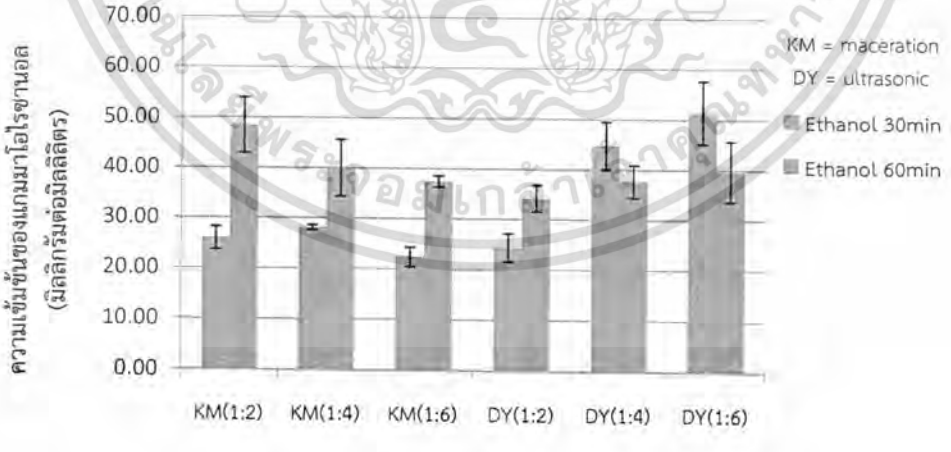
ปริมาณแกมมาโอไรซานอลในน้ำมันรำข้าวหอมสุพรรณที่สกัดด้วยตัวทำละลายไอโซโพรพานอลเป็นเวลา 30 นาที เมื่ออัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายไอโซโพรพานอลปริมาณมากขึ้น ปริมาณแกมมาโอไรซานอลที่สกัดได้จะมีปริมาณมากขึ้น แต่อัตราส่วนรำข้าวต่อตัวทำละลายไอโซโพรพานอล 1:4 และ 1:6 มีปริมาณแกมมาโอไรซานอลจะไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) ส่วนปริมาณแกมมาโอไรซานอลที่สกัดด้วยวิธีการใช้คลื่นเสียงร่วมโดยตัวทำละลายไอโซโพรพานอล เป็นเวลา 30 นาที เมื่ออัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายไอโซโพรพานอลปริมาณมากขึ้น ปริมาณแกมมาโอไรซานอลที่สกัดได้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) และปริมาณแกมมาโอไรซานอลในน้ำมันรำข้าวของข้าวหอมสุพรรณที่สกัดด้วยตัวทำละลายไอโซโพรพานอลเป็นเวลา 60 นาที เมื่ออัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายไอโซโพรพานอลปริมาณมากขึ้น ปริมาณแกมมาโอไรซานอลที่สกัดได้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) ส่วนปริมาณแกมมาโอไรซานอลในน้ำมันรำข้าวที่สกัดด้วยตัวทำละลายไอโซโพรพานอลโดยวิธีการใช้คลื่นเสียงร่วม เป็นเวลา 60 นาทีอัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายไอโซโพรพานอล 1:2 มีปริมาณแกมมาโอไรซานอลในน้ำมันรำข้าวไม่แตกต่างกันกับอัตราส่วน 1:4 และ 1:6 อย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) แต่อัตราส่วน 1:4 และ 1:6 จะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$) การที่สกัดด้วยตัวทำละลายไอโซโพรพานอลอย่างเดียวที่ได้ปริมาณแกมมาโอไรซานอลมากที่สุดคือรำข้าวที่สกัดด้วยตัวทำละลายเป็นเวลา 30 นาที ที่อัตราส่วนรำข้าวต่อตัวทำละลายไอโซโพรพานอล 1:6 ได้ปริมาณแกมมาโอไรซานอล 20.88 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และการที่สกัดด้วยตัวทำละลายไอโซโพรพานอลอย่างเดียวที่ได้ปริมาณแกมมาโอไรซานอลน้อยที่สุดคือรำข้าวที่สกัดด้วยตัวทำละลายเป็นเวลา 60 นาที ที่อัตราส่วนรำข้าวต่อตัวทำละลายไอโซโพรพานอล 1:2 ได้ปริมาณแกมมาโอไรซานอล 14.67 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ส่วนวิธีการสกัดด้วยตัวทำละลายไอโซโพรพานอลร่วมกับการใช้คลื่นเสียงที่ได้ปริมาณแกมมาโอไรซานอลมากที่สุดคือรำข้าวที่สกัดด้วยตัวทำละลายเป็นเวลา 60 นาที ที่อัตราส่วนรำข้าวต่อตัวทำละลายไอโซโพรพานอล 1:4 ได้ปริมาณแกมมาโอไรซานอล 28.84 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรและวิธีการสกัดด้วยตัวทำละลายไอโซโพรพานอลร่วมกับการใช้คลื่นเสียงที่ได้ปริมาณแกมมาโอไรซานอลน้อยที่สุดคือรำข้าวที่สกัดด้วยตัวทำละลายเป็นเวลา 30 นาที ที่อัตราส่วนรำข้าวต่อตัวทำละลายไอโซโพรพานอล 1:2 ได้ปริมาณแกมมาโอไรซานอล 17.68 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร แสดงดังรูปที่ 4.10




**รูปที่ 4.10**ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของแกมมาโอไรซานอลกับวิธีการสกัดและอัตราส่วนของตัวทำละลายที่สกัดโดยใช้ไอโซโพรพานอลเป็นตัวทำละลาย ที่เวลาต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณแกมมาโอไรซานอลในน้ำมันที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอลอย่างเดียวเป็นเวลา 30 นาที อัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายเอทานอล 1:2 มีปริมาณแกมมาโอไรซานอลในน้ำมันรำข้าวไม่แตกต่างกันกับอัตราส่วน 1:4 และ 1:6 อย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) แต่อัตราส่วน 1:4 และ 1:6 จะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$) ส่วนปริมาณแกมมาโอไรซานอลในน้ำมันรำที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอลร่วมกับการใช้คลื่นเสียง เป็นเวลา 30 นาที เมื่ออัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายเอทานอลปริมาณมากขึ้น ปริมาณแกมมาโอไรซานอลที่สกัดได้มีปริมาณมากขึ้นและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$) และปริมาณแกมมาโอไรซานอลในน้ำมันรำข้าวที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอลเป็นเวลา 60 นาที เมื่ออัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายเอทานอลปริมาณมากขึ้น ปริมาณแกมมาโอไรซานอลที่สกัดได้จะมีปริมาณลดลง ซึ่งปริมาณแกมมาโอไรซานอลที่อัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายเอทานอล 1:4 และ 1:6 จะไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) ส่วนปริมาณแกมมาโอไรซานอลในน้ำมันรำข้าวที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอลร่วมกับการใช้คลื่นเสียงเป็นเวลา 60 นาที อัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายเอทานอล 1:4 มีปริมาณแกมมาโอไรซานอลในน้ำมันรำข้าวไม่แตกต่างกันกับอัตราส่วน 1:2 และ 1:6 อย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) แต่อัตราส่วน 1:2 และ 1:6 จะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$) รำข้าวหอมสุพรรณที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอลอย่างเดียว ที่ได้ปริมาณแกมมาโอไรซานอลมากที่สุดคือรำข้าวที่สกัดด้วยตัวทำละลายเป็นเวลา 60 นาที ที่อัตราส่วนรำข้าวต่อตัวทำละลายเอทานอล 1:2 ได้ปริมาณแกมมาโอไรซานอล 48.50 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และการสกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอลที่ได้ปริมาณแกมมาโอไรซานอลน้อยที่สุดคือรำข้าวที่สกัดด้วยตัวทำละลายเป็นเวลา 30 นาที ที่อัตราสวนรำข้าวต่อตัวทำละลายเอทานอล 1:6 ได้ปริมาณแกมมาโอไรซานอล 22.41 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ส่วนน้ำมันรำข้าวที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอลร่วมกับการใช้คลื่นเสียงที่ได้ปริมาณแกมมาโอไรซานอลมากที่สุดคือรำข้าวที่สกัดด้วยตัวทำละลายเป็นเวลา 30 นาที ที่อัตราส่วนรำข้าวต่อตัวทำละลายเอทานอล 1:6 ได้ปริมาณแกมมาโอไรซานอล 51.46 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และวิธีการสกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอลร่วมกับการใช้คลื่นเสียงที่ได้ปริมาณแกมมาโอไรซานอลน้อยที่สุดคือรำข้าวที่สกัดด้วยตัวทำละลายเป็นเวลา 30 นาที ที่อัตราส่วนรำข้าวต่อตัวทำละลายเอทานอล 1:2 ได้ปริมาณแกมมาโอไรซานอล 24.36 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร แสดงดังรูปที่ 4.11



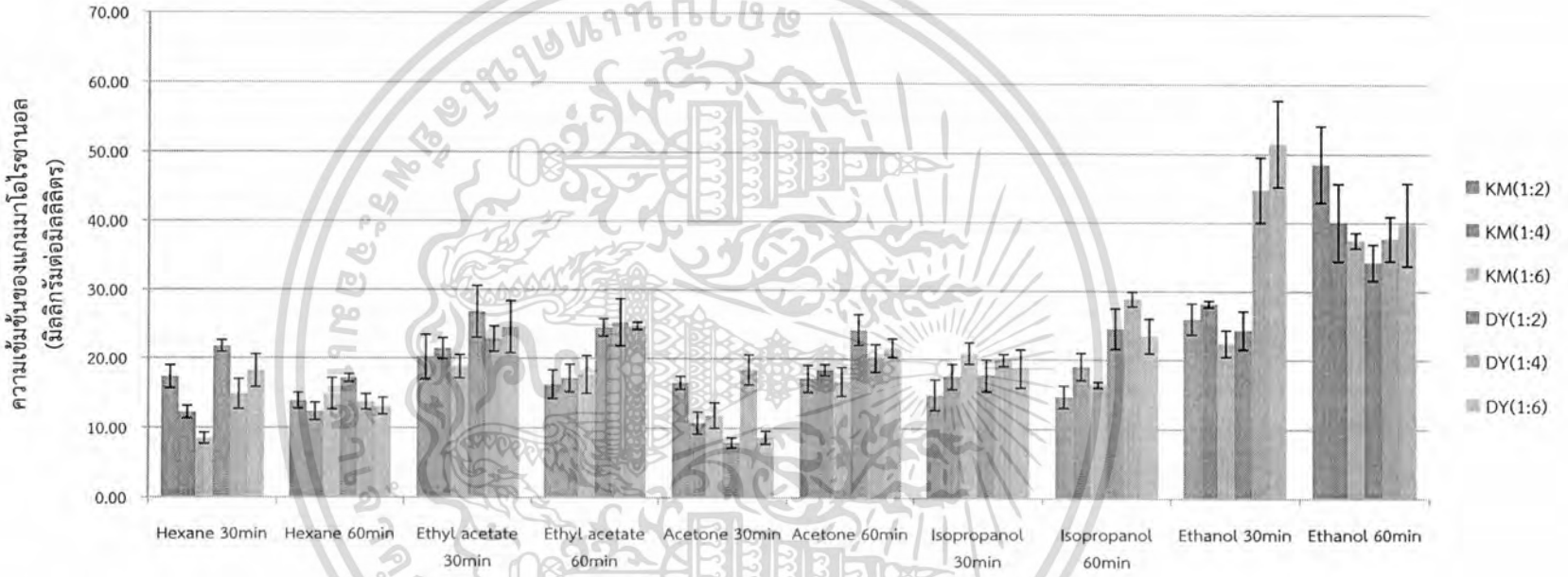

**รูปที่ 4.11** ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของแกมมาโอไรซานอลกับวิธีการสกัดและอัตราส่วนของตัวทำละลายที่สกัดโดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย ที่เวลาต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการศึกษาสภาวะการสกัดแกมมาโอไรซานอลในน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดรำข้าว 2 วิธีการสกัด คือ การหมักด้วยตัวทำละลาย และการสกัดแบบใช้คลื่นเสียงร่วม ที่ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 และ 60 นาที โดยใช้เฮกเซน เอทิลอะซิเตต อะซิโตน ไอโซโพรพานอล และเอทานอล เป็นตัวทำละลาย วิธีที่สามารถสกัดน้ำมันรำข้าวที่มีปริมาณของแกมมาโอไรซานอลออกมาได้มากที่สุดคือการใช้คลื่นเสียงร่วม ตัวทำละลายที่สามารถสกัดได้ปริมาณแกมมาโอไรซานอลในน้ำมันรำข้าวได้มากที่สุดคือ เอทานอล และเวลาที่ใช้ในการสกัดที่ดีที่สุดที่สามารถสกัดแกมมาโอไรซานอลในน้ำมันรำข้าวออกมาได้มากคือ 30 นาที และอัตราส่วนของตัวทำละลายที่สามารถสกัดแกมมาโอไรซานอลในน้ำมันรำข้าวได้ปริมาณมากที่สุดคือ 1:6 ดังแสดงในรูปที่ 4.12

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 4.12**ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของแกมมาโอไรซานอลกับวิธีการสกัดและอัตราส่วนของตัวทำละลายที่ได้จากตัวทำละลายต่างๆ โดยใช้เวลาในการสกัด 30 และ 60 นาที

## 4.5 การประเมินความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าว

ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารต้านอนุมูลอิสระในน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดด้วยวิธีการหมักตัวทำละลายและการใช้คลื่นเสียงร่วม แสดงในตารางที่ 4.7

**ตารางที่ 4.7** ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดโดยการหมักตัวทำละลายและการใช้คลื่นเสียงร่วม ที่ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 และ 60 นาที ในตัวทำละลายและอัตราส่วนต่างๆ

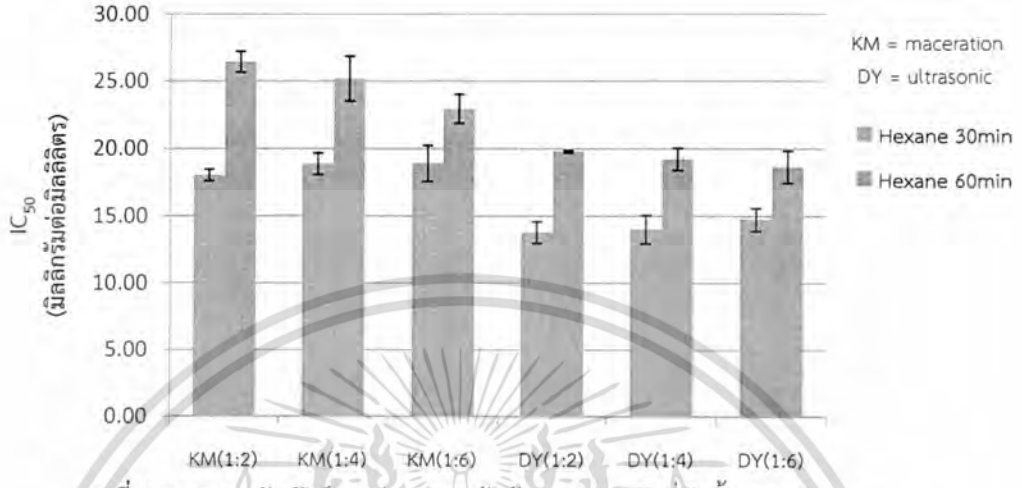
| วิธีการสกัด | เวลา (นาที) | อัตราส่วน (รำข้าวต่อตัวทำละลาย) | ความเข้มข้นของสารสกัดที่ยับยั้งอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Hexane | Ethyl acetate | Acetone | Isopropanol | Ethanol |
| หมักด้วยตัวทำละลาย | 30 | 1:2 | 18.04±0.42 i | 11.18±0.21 g | 6.96±0.70 cd | 9.87±0.49 ef | 3.59±0.25 b |
| | | 1:4 | 18.87±0.80 i | 10.58±0.77 fg | 9.61±0.71 ef | 9.59±0.22 ef | 4.09±0.18 b |
| | | 1:6 | 18.90±1.33 i | 10.08±0.58 efg | 9.24±0.38 e | 9.39±0.56 ef | 4.26±0.50 b |
| การใช้คลื่นเสียงร่วม | 30 | 1:2 | 13.79±0.81 h | 9.34±0.22 ef | 1.85±0.19 a | 7.90±0.65 d | 1.37±0.11 a |
| | | 1:4 | 14.02±1.06 h | 9.55±0.05 ef | 7.80±0.68 cd | 7.82±0.21 cd | 1.70±0.24 a |
| | | 1:6 | 14.74±0.84 h | 9.70±0.30 ef | 6.68±1.17 c | 8.03±1.54 e | 1.93±0.09 a |
| หมักด้วยตัวทำละลาย | 60 | 1:2 | 26.42±0.78 l | 10.91±1.54 hi | 11.85±0.78 i | 8.72±0.26 fg | 4.13±0.23 b |
| | | 1:4 | 25.18±1.66 l | 9.91±1.14 gh | 10.43±0.45 hi | 8.80±0.53 fg | 3.70±0.03 b |
| | | 1:6 | 22.95±1.07 k | 10.41±1.49 hi | 11.19±0.72 hi | 8.27±1.02 ef | 3.66±0.21 b |
| การใช้คลื่นเสียงร่วม | 60 | 1:2 | 19.79±0.09 j | 8.59±0.62 fg | 7.79±0.43 def | 6.37±0.48 cd | 1.21±0.09 a |
| | | 1:4 | 19.22±0.83 j | 7.44±1.33 cdef | 6.25±0.76 cd | 6.42±0.71 cd | 1.22±0.10 a |
| | | 1:6 | 18.65±1.20 j | 7.56±1.03 cdef | 6.82±1.41 cde | 5.98±0.39 c | 1.13±0.15 a |

หมายเหตุ :a, b, ... ตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละเวลาแสดงถึงค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของสารสกัดในน้ำมันรำข้าวที่ยับยั้งอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 ในสภาวะการสกัดต่างๆ ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test

จากการศึกษาความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวที่สกัดได้จากวิธี 2 วิธี พบว่า รำข้าวของวิธีการสกัดทั้ง 2 วิธี ด้วยตัวทำละลายเฮกเซนเป็นเวลา 30 นาที ที่อัตราส่วนรำข้าวต่อตัวทำละลายปริมาณมากขึ้น พบว่าความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระจะไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) และความเข้มข้นที่สามารถยับยั้งอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวที่สกัดด้วยวิธีการหมักด้วยเฮกเซนอย่างเดียวเป็นเวลา 60 นาที ที่อัตราส่วนรำข้าวต่อตัวทำละลาย 1:2 และ 1:4 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) แต่จะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ($P\leq 0.05$) กับอัตราส่วนรำข้าวต่อตัวทำละลาย 1:6 ซึ่งมีความเข้มข้นที่สามารถยับยั้งอิสระน้อยกว่าอัตราส่วน 1:2 และ 1:4 ส่วนความเข้มข้นที่สามารถยับยั้งอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวที่สกัดได้จากการใช้ตัวทำละลายเฮกเซนร่วมกับการใช้คลื่นเสียงเป็นเวลา 60 นาที อัตราส่วนรำข้าวต่อตัวทำละลายปริมาณมากขึ้น ความเข้มข้นที่สามารถยับยั้งอนุมูลอิสระไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) และ

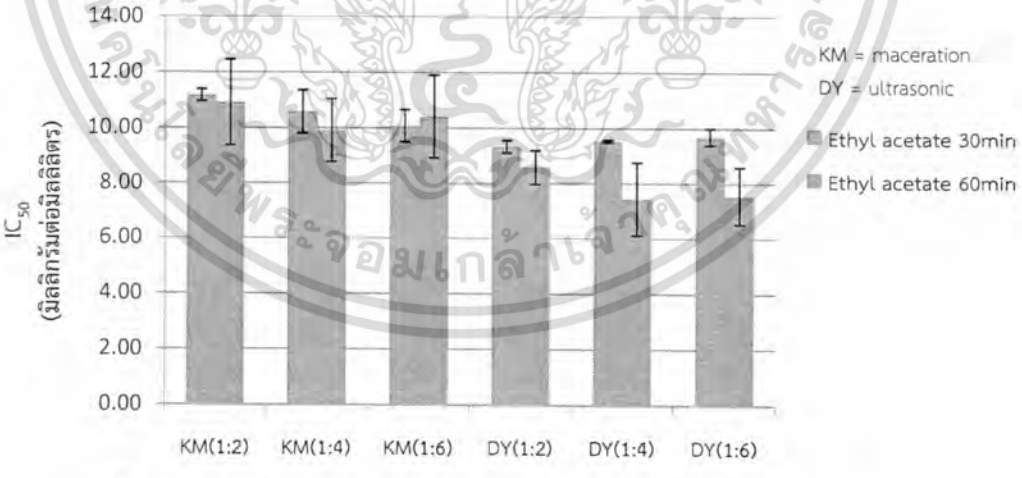
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเข้มข้นที่สามารถยับยั้งอนุมูลอิสระของรำข้าวที่สกัดได้โดยการใช้คลื่นเสียงร่วมจะมีความเข้มข้นที่สามารถยับยั้งอนุมูลอิสระได้น้อยกว่าวิธีการใช้ตัวทำละลายเพียงอย่างเดียวอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ดังแสดงในรูปที่ 4.13




**รูปที่ 4.13** ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดที่ยับยั้งอนุมูลอิสระกับวิธีการสกัดและอัตราส่วนของตัวทำละลายที่สกัดโดยใช้เฮกเซนเป็นตัวทำละลาย ที่เวลาต่างๆ

ความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวที่ได้จากวิธีการสกัด 2 วิธี ด้วยตัวทำละลายเอทิลอะซิเตตเป็นเวลา 30 นาทีและ 60 นาที เมื่ออัตราส่วนรำข้าวต่อตัวทำละลายปริมาณมากขึ้น ความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) และความเข้มข้นที่สามารถยับยั้งอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวจากวิธีการใช้คลื่นเสียงร่วมจะสามารถยับยั้งได้ดีกว่าน้ำมันรำข้าวจากวิธีหมักด้วยตัวทำละลาย ดังแสดงในรูปที่ 4.14

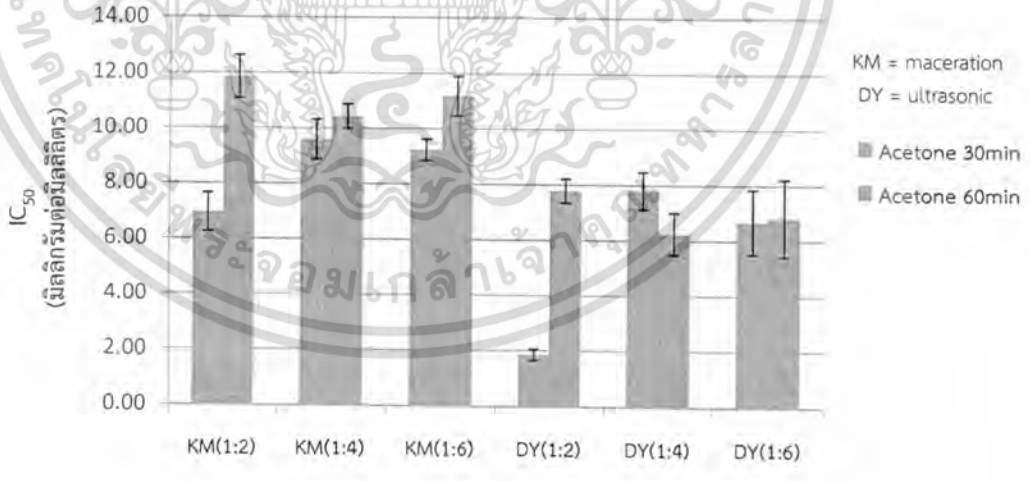



**รูปที่ 4.14** ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดที่ยับยั้งอนุมูลอิสระกับวิธีการสกัดและอัตราส่วนของตัวทำละลายที่สกัดโดยใช้เอทิลอะซิเตตเป็นตัวทำละลาย ที่เวลาต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

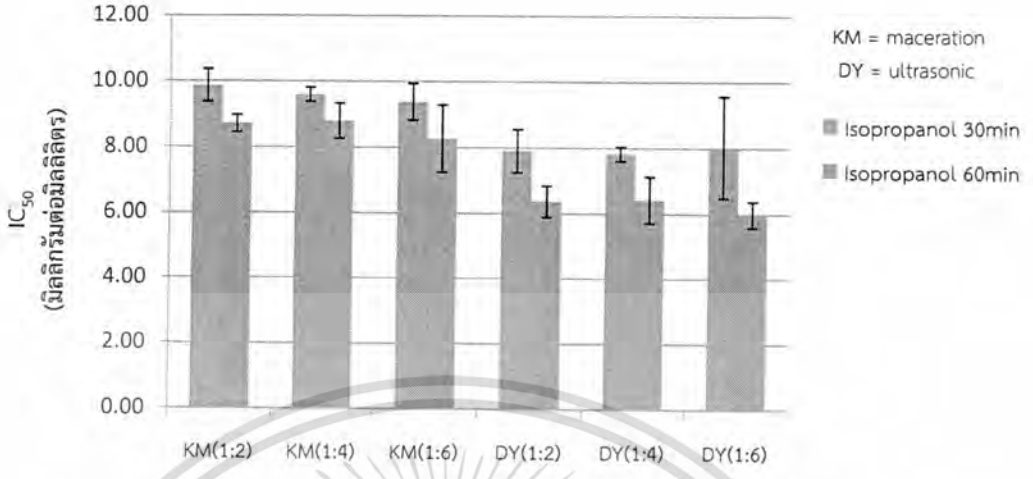
ความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวที่ได้จากวิธีการสกัด 2 วิธี ด้วยตัวทำละลายอะซิโตนเป็นเวลา 30 นาที เมื่ออัตราส่วนรำข้าวต่อตัวทำละลายปริมาณมากขึ้น ความเข้มข้นที่สามารถยับยั้งอนุมูลอิสระจะเพิ่มขึ้นไปด้วย ซึ่งความเข้มข้นที่สามารถยับยั้งอนุมูลอิสระที่อัตราส่วนรำข้าวต่อตัวทำละลาย 1:4 และ 1:6 จะไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) ส่วนความเข้มข้นที่สามารถยับยั้งอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวทั้ง 2 วิธีด้วยตัวทำละลายอะซิโตนเป็นเวลา 60 นาที เมื่ออัตราส่วนรำข้าวต่อตัวทำละลายปริมาณมากขึ้น ความเข้มข้นที่สามารถยับยั้งอนุมูลอิสระจะไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) ดังแสดงในรูปที่ 4.15

ความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวที่สกัดด้วยตัวทำละลายไอโซโพรพานอลเป็นเวลา 30 นาที และ 60 นาที เมื่ออัตราส่วนรำข้าวต่อตัวทำละลายปริมาณมากขึ้น ความเข้มข้นที่สามารถยับยั้งอนุมูลอิสระจะไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) ส่วนความเข้มข้นที่สามารถยับยั้งอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวที่สกัดด้วยตัวทำละลายไอโซโพรพานอลร่วมกับการใช้คลื่นเสียงเป็นเวลา 30 นาที ที่อัตราส่วนรำข้าวต่อตัวทำละลาย 1:2 และ 1:4 ความเข้มข้นที่สามารถยับยั้งอนุมูลอิสระจะไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) แต่จะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ($P\leq0.05$) กับอัตราส่วนรำข้าวต่อตัวทำละลาย 1:6 ซึ่งมีความเข้มข้นที่สามารถยับยั้งอิสระมากกว่าอัตราส่วน 1:2 และ 1:4 และความเข้มข้นที่สามารถยับยั้งอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวที่สกัดด้วยตัวทำละลายไอโซโพรพานอลร่วมกับการใช้คลื่นเสียงเป็นเวลา 60 นาที เมื่ออัตราส่วนรำข้าวต่อตัวทำละลายปริมาณมากขึ้น ความเข้มข้นที่สามารถยับยั้งอนุมูลอิสระจะไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) และความเข้มข้นที่สามารถยับยั้งอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวที่สกัดด้วยตัวทำละลายไอโซโพรพานอลร่วมกับการใช้คลื่นเสียงจะมีความเข้มข้นที่สามารถยับยั้งอนุมูลอิสระน้อยกว่าความเข้มข้นที่สามารถยับยั้งอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวที่สกัดด้วยตัวทำละลายอย่างเดียวอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$) ดังแสดงในรูปที่ 4.16



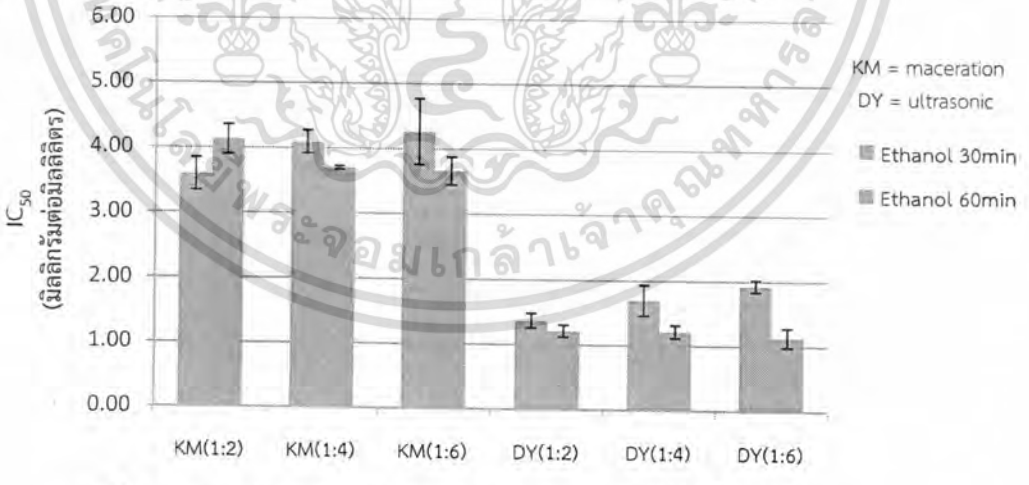

**รูปที่ 4.15** ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดที่ยับยั้งอนุมูลอิสระกับวิธีการสกัดและอัตราส่วนของตัวทำละลายที่สกัดโดยใช้อะซิโตนเป็นตัวทำละลาย ที่เวลาต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่** 4.16 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดที่ยับยั้งอนุมูลอิสระกับวิธีการสกัดและอัตราส่วนของตัวทำละลายที่สกัดโดยใช้ไอโซโพรพานอลเป็นตัวทำละลาย ที่เวลาต่างๆ

ความสามารถในการยับยั้งของน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดทั้ง 2 วิธี ด้วยตัวทำละลายเอทานอลเป็นเวลา 30 นาที และ 60 นาที เมื่ออัตราส่วนรำข้าวต่อตัวทำละลายปริมาณมากขึ้น ความเข้มข้นที่สามารถในการยับยั้ง จะไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) และความเข้มข้นที่สามารถยับยั้งอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดด้วยการใช้คลื่นเสียงรวมจะมีความสามารถยับยั้งอนุมูลอิสระน้อยกว่าวิธีการใช้ตัวทำละลายเพียงอย่างเดียวอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$)ดังแสดงรูปที่ 4.17

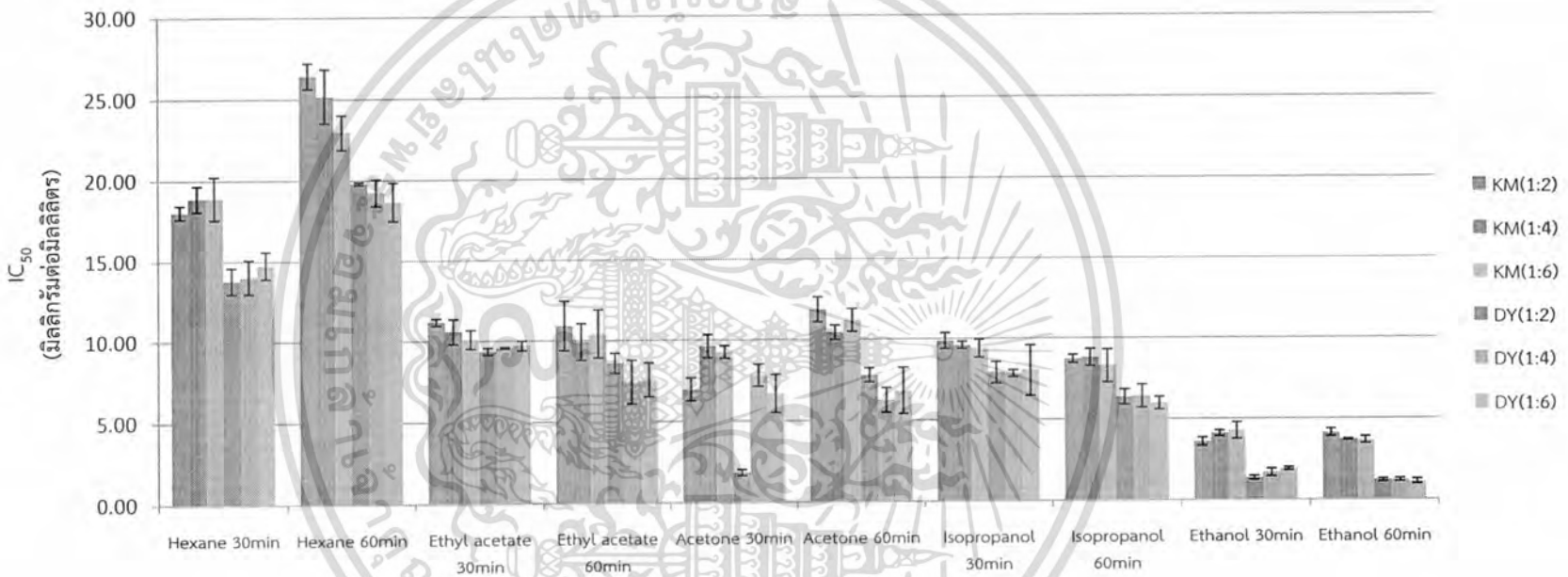



**รูปที่** 4.17 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดที่ยับยั้งอนุมูลอิสระกับวิธีการสกัดและอัตราส่วนของตัวทำละลายที่สกัดโดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย ที่เวลาต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวที่สกัดได้จากวิธี 2 วิธี คือ การหมักโดยใช้ตัวทำละลายอย่างเดียว และ การใช้คลื่นเสียงร่วม ที่ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 และ 60 นาที โดยใช้เฮกเซน เอทิลอะซิเตต อะซิโตน ไอโซโพรพานอล และเอทานอล เป็นตัวทำละลาย มีอัตราส่วนรำข้าวต่อตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัด 1:2, 1:4 และ 1:6 พบว่าน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการหมักด้วยตัวทำละลายอย่างเดียวมีค่าการยับยั้งอนุมูลอิสระได้ดีที่สุดคือ การสกัดด้วยเอทานอลเป็นเวลา 30 นาที อัตราส่วนรำข้าวต่อตัวทำละลายเอทานอล 1:2 ซึ่งจะให้มีค่าความสามารถยับยั้งอนุมูลอิสระ (IC50) เท่ากับ 3.59±0.25 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ส่วนน้ำมันรำข้าวที่สกัดจากการใช้คลื่นเสียงร่วมด้วยตัวทำละลายเอทานอลสกัดเป็นเวลา 60 นาที อัตราส่วนรำข้าวต่อตัวทำละลายเอทานอล 1:6 มีค่าความสามารถยับยั้งอนุมูลอิสระ (IC50) เท่ากับ 1.13±0.15 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร จากการทดสอบวิธีการสกัดรำข้าวต่อฤทธิ์ยับยั้งอนุมูลอิสระ พบว่า น้ำมันรำข้าวที่สกัดได้จากการใช้คลื่นเสียงด้วยตัวทำละลายเอทานอลเป็นเวลา 30 นาทีและ 60 นาที ให้ค่าการยับยั้งอนุมูลอิสระดีกว่าน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดด้วยการหมักอย่างมีนัยสำคัญ($P \leq 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 4.18 ความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระกับวิธีการสกัดและอัตราส่วนของตัวทำละลาย ที่ได้จากตัวทำละลายต่างๆโดยใช้เวลาในการสกัด 30 และ 60 นาที

จากการศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวที่สกัดได้ทั้ง 2 วิธี ด้วยตัวทำละลายเป็นเวลา 30 นาที และ 60 นาที พบว่าน้ำมันรำข้าวที่มีค่าการยับยั้งอนุมูลอิสระได้ดีที่สุดคือ น้ำมันรำข้าวที่สกัดจากวิธีการใช้คลื่นเสียงร่วมด้วยตัวทำละลายเอทานอลสกัดเป็นเวลา 60 นาที อัตราส่วนรำข้าวต่อตัวทำละลายเอทานอล 1:6 ซึ่งมีค่าความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระเท่ากับ 1.13±0.15 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05) ดังแสดงในตารางที่ 4.8

**ตารางที่ 4.8** เปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติของความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระที่ดีที่สุดของน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดที่ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 และ 60 นาที

| วิธีการสกัด | สภาวะในการสกัด | | | ความเข้มข้นของสารสกัดที่ยับยั้งอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) |
|---|---|---|---|---|
| | ตัวทำละลาย | อัตราส่วน (รำข้าวต่อตัวทำละลาย) | เวลา (นาที) | |
| การใช้คลื่นเสียงร่วม | เอทานอล | 1:2 | 30 | $1.3721^{c}$ |
| การใช้คลื่นเสียงร่วม | เอทานอล | 1:2 | 60 | $1.2142^{bc}$ |
| การใช้คลื่นเสียงร่วม | เอทานอล | 1:4 | 60 | $1.2158^{bc}$ |
| การใช้คลื่นเสียงร่วม | เอทานอล | 1:6 | 60 | $1.1301^{b}$ |
| BHT | | | | $0.1763^{a}$ |

หมายเหตุ :a, b,c ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของสารสกัดในน้ำมันรำข้าวที่ยับยั้งอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 ในสภาวะการสกัดต่างๆ ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test

ผลจากการศึกษาปริมาณแกมมาโอไรซานอลในน้ำมันรำข้าว เพื่อหาสภาวะที่สามารถสกัดให้ได้ความเข้มข้นของแกมมาโอไรซานอลในน้ำมันรำข้าวมาก พบว่า การสกัดโดยใช้คลื่นเสียงด้วยตัวทำละลายเอทานอลสามารถสกัดน้ำมันรำข้าวที่มีความเข้มข้นของแกมมาโอไรซานอลได้สูงที่สุด และตัวทำละลายที่สกัดน้ำมันรำข้าวที่ได้ปริมาณโอไรซานอลรองลงมาคือ ตัวทำละลายไอโซโพรพานอล ส่วนตัวทำละลายเฮกเซนจะมีความปริมาณแกมมาโอไรซานอลในน้ำมันน้อยที่สุด ซึ่งผลที่ได้ใกล้เคียงกับงานวิจัยของ ศลิษา (2546) ที่พบว่าในตัวทำละลายเฮกเซน เอทิลอะซิเตต ปริมาณแกมมาโอไรซานอลจะมีค่าน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณแกมมาโอไรซานอลที่สกัดด้วยวิธีดั้งเดิมและในตัวทำละลายเอทานอล และไอโซโพรพานอลที่ใช้ในการสกัดมีปริมาณแกมมาโอไรซานอลในรำข้าวมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณแกมมาโอไรซานอลที่ได้จากวิธีดั้งเดิม ซึ่งตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดคือปิโตรเลียมอีเทอร์ เป็นตัวทำละลายที่ไม่มีขั้ว ส่วนในตัวทำละลายเอทานอลมีสภาพความเป็นขั้วสูง ซึ่งในตัวอย่างรำข้าวที่ใช้ในการสกัดหากมีความชื้นปนอยู่และถ้าตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดเป็นตัวทำละลายไม่มีขั้ว ความสามารถในการเข้าไปสกัดสารก็จะลดลง เนื่องจากน้ำหรือความชื้นในรำข้าวจะไปกีดขวางการเข้าไปสัมผัสตัวทำละลายกับแกมมาโอไรซานอล ทำให้ไม่สามารถนำพาสารออกมาได้ ส่วนในกรณีตัวทำละลายเอทานอลและไอโซโพรพานอลที่มีสภาพขั้วสูงทำให้สามารถละลายเป็นเนื้อเดียวกันกับน้ำได้ ดังนั้นความชื้นของรำข้าวจึงไม่เป็นอุปสรรคต่อการสกัด ส่วนปัจจัยอื่นๆที่ส่งผลต่อปริมาณแกมมาโอไรซานอลในน้ำมันรำข้าว คือ ชนิดของข้าว การสีข้าว การเก็บรักษา การรักษาสภาพ และสภาวะที่ใช้ในการสกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.6 การประเมินคุณภาพของตำรับผลิตภัณฑ์

### 4.6.1 ประเมินคุณสมบัติทางกายภาพและเคมี

จากการพัฒนาตำรับโลชั่นผสมน้ำมันรำข้าวที่มีแกมมา-ออไรซานอลผสมอยู่ทั้งหมด 7 ตำรับ โลชั่นแต่ละตำรับมีลักษณะทางกายภาพและทางเคมี ดังตารางที่ 4.9

**ตารางที่** 4.9 ลักษณะทางกายภาพและเคมีของตำรับโลชั่นทั้ง 7 ตำรับ

| ตำรับ | การประเมิน | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | ลักษณะเนื้อ | สี | pH | ความรู้สึกเวลาทา | การแยกชั้น |
| 1 | เนื้อเนียน | ขาว | 6 | มันเกินไป รู้สึกเหนอะหนะ | แยกชั้น |
| 2 | เนื้อเนียน เหลวมาก | ขาว | 6 | เหนอะหนะเล็กน้อย | แยกชั้น |
| 3 | เนื้อเนียน หนืดเล็กน้อย | ขาว | 5.5 | ทาง่าย ซึมซาบดี | ไม่แยกชั้น |
| 4 | เนื้อเนียน เหลว | ขาว | 5.5 | ทาง่าย ซึมซาบดี รู้สึกชุ่มชื่น | ไม่แยกชั้น |
| 5 | เนื้อเนียน หนืดมาก | ขาว | 5 | ทายาก ซึมซาบช้า | ไม่แยกชั้น |
| 6 | เนื้อเนียน ค่อนข้างหนืด | ขาว | 5 | ทาง่าย ซึมซาบช้า | ไม่แยกชั้น |
| 7 | เนื้อเนียน ค่อนข้างเหลว | ขาว | 5 | ทาง่าย ซึมซาบไวไม่ เหนอะหนะ | ไม่แยกชั้น |

### 4.6.2 ประเมินความคงตัว

ผลการประเมินลักษณะทางกายภาพและเคมีหลังทำการศึกษาความคงตัวในสภาวะเร่งด้วยวิธีร้อนสลับเย็น (heating and cooling cycle) (ตารางที่ 4.10) โดยนำโลชั่นที่เตรียมไว้ใส่ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 48 ชั่งโมง เมื่อครบเวลานำมาใส่ตู้อบที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมงนับเป็น 1 รอบ ทำจนครบ 5 รอบ พบว่ามีตำรับที่ดีที่สุด 3 ตำรับคือ ตำรับที่ 3, 4 และ 7 เนื่องจากมีคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีที่เหมาะสมคือเนื้อโลชั่นมีลักษณะเนียน ไม่เป็นเม็ด มีความหนืดที่เหมาะสม ไม่เกิด creaming ไม่มีการแยกชั้นของเนื้อโลชั่น และ มีค่า pH 5.0-6.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 ลักษณะทางกายภาพและเคมีของตำรับโลชั่นทั้ง 7 ตำรับหลังทดสอบความคงตัวโดยวิธีร้อนสลับเย็น (Heating and cooling cycle)

| สูตร | การประเมิน | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | ลักษณะเนื้อ | สี | pH | Creaming | การแยกชั้น |
| 1 | เนื้อเนียน เหลวยิ่งขึ้น | ขาว | 6 | ไม่เกิด | แยกชั้น |
| 2 | เนื้อเนียน เหลวมาก | ขาว | 6 | ไม่เกิด | แยกชั้น |
| 3 | เนื้อเนียน หนืดเล็กน้อย | ขาว | 5.5 | ไม่เกิด | ไม่แยกชั้น |
| 5 | เนื้อเนียน หนืดมาก | ขาว | 5 | ไม่เกิด | แยกชั้น |
| 6 | เนื้อเนียน ค่อนข้างหนืด | ขาว | 5 | ไม่เกิด | ไม่แยกชั้น |
| 7 | เนื้อเนียน ค่อนข้างเหลว | ขาว | 5 | ไม่เกิด | ไม่แยกชั้น |

4.6.3 ประเมินคุณสมบัติทางชีวภาพ

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพของสารกันเสียที่ใช้ในตำรับโลชั่น ซึ่งสารกันเสียที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือ Methyl paraben, Ethyl paraben, Propyl paraben, Butyl paraben, Isobutyl paraben, 2-phenoxyethanol ทำหน้าที่ควบคุมไม่ให้จุลินทรีย์เจริญเติบโตอันเป็นสาเหตุให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของเนื้อโลชั่น โดยนำผลิตภัณฑ์โลชั่นตำรับที่ 3, 4 และ 7 มาปรับปริมาณแกมมา-ออไรซานอลที่ใส่ในแต่ละสูตรเป็น 0.5, 0.7 และ 1.0 และปริมาณของน้ำมันรำข้าวที่ใส่ในแต่ละสูตรเป็น 0.8, 1.0 และ 1.5 มาทำการตรวจสอบปริมาณเชื้อแบคทีเรียที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ด้วยวิธี Total plate count เป็นเวลา 3 อาทิตย์ ทำโดยการนำผลิตภัณฑ์มาเจือจาง และนำมาเกลี่ยให้ทั่วผิวหน้าอาหาร NA agar บ่มเชื้อนาน 24-28 ชั่วโมง นับจำนวนโคโลนีซึ่งจำนวนที่นับได้นั้นสามารถนำมาคำนวณหาโคโลนีเชื้อที่มีชีวิตรอด ดังตารางที่ 4.11 และตารางที่ 4.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11 โคโลนีเชื้อที่มีชีวิตรอดจากโลชั่นแกมมา-ออไรซานอล

| สูตร | ปริมาณแกมมา-ออไรซานอลในโลชั่น (g) | จำนวนเชื้อ(cfu/1ml)* | | |
|---|---|---|---|---|
| | | สัปดาห์ที่ 1 | สัปดาห์ที่ 2 | สัปดาห์ที่ 3 |
| 3 | 0.5 | < 30 | $8.90 \times 10^8$ | $2.39 \times 10^9$ |
| | 0.7 | < 30 | $9.80 \times 10^8$ | $2.49 \times 10^9$ |
| | 1.0 | < 30 | $7.70 \times 10^8$ | $1.38 \times 10^9$ |
| 4 | 0.5 | < 30 | $4.70 \times 10^8$ | $8.50 \times 10^8$ |
| | 0.7 | < 30 | $6.70 \times 10^8$ | $1.01 \times 10^9$ |
| | 1.0 | < 30 | $4.20 \times 10^8$ | $8.60 \times 10^8$ |
| 7 | 0.5 | < 30 | $6.30 \times 10^8$ | $1.74 \times 10^9$ |
| | 0.7 | < 30 | $8.70 \times 10^8$ | $2.27 \times 10^9$ |
| | 1.0 | < 30 | $5.00 \times 10^8$ | $1.83 \times 10^9$ |

หมายเหตุ *จำนวนความมีชีวิตเชื้อ = $n \times 10^n \times 10$

ตารางที่ 4.12โคโลนีเชื้อที่มีชีวิตรอด จากโลชั่นน้ำมันรำข้าว

| สูตร | ปริมาณน้ำมันรำข้าวในโลชั่น (g) | จำนวนเชื้อ(cfu/1ml)* | | |
|---|---|---|---|---|
| | | สัปดาห์ที่ 1 | สัปดาห์ที่ 2 | สัปดาห์ที่ 3 |
| 3 | 0.8 | < 30 | $8.20 \times 10^8$ | $1.22 \times 10^9$ |
| | 1.0 | < 30 | $8.90 \times 10^8$ | $1.58 \times 10^9$ |
| | 1.5 | < 30 | $9.10 \times 10^8$ | $1.09 \times 10^9$ |
| 4 | 0.8 | < 30 | $6.30 \times 10^8$ | $1.44 \times 10^9$ |
| | 1.0 | < 30 | $7.00 \times 10^8$ | $1.21 \times 10^9$ |
| | 1.5 | < 30 | $5.80 \times 10^8$ | $1.40 \times 10^9$ |
| 7 | 0.8 | < 30 | $8.30 \times 10^8$ | $1.66 \times 10^9$ |
| | 1.0 | < 30 | $7.70 \times 10^8$ | $1.48 \times 10^9$ |
| | 1.5 | < 30 | $1.06 \times 10^8$ | $2.23 \times 10^9$ |

หมายเหตุ *จำนวนความมีชีวิตเชื้อ = $n \times 10^n \times 10$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.7การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของโลชั่นด้วยวิธี DPPH scavenging assay

จากการวิจัยได้นำโลชั่นตำรับที่ 3, 4 และ 7 มาทำการวัดความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของโลชั่นที่ผสมแกมมา-ออไรซานอลและน้ำมันรำข้าว โดยใช้ปริมาณของแกมมา-ออไรซานอลที่ใส่ในแต่ละตำรับเป็น 0.5, 0.7 และ 1.0 กรัม และปริมาณของน้ำมันรำข้าวที่ใส่ในแต่ละตำรับเป็น 0.8, 1.0 และ 1.5 กรัม ทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH Scavenging assay จากการทดลอง พบว่า โลชั่นที่ผสมแกมม่า-ออไรซานอลมีค่าการต้านอนุมูลอิสระตั้งแต่ 12-61% ส่วนโลชั่นที่พัฒนาด้วยการผสมน้ำมันรำข้าวที่สกัดเองมีค่าการต้านอนุมูลอิสระตั้งแต่ 35-69% และโลชั่นตำรับ 7 มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระน้อยที่สุดจึงทำการพัฒนาโดยการเพิ่มฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากขึ้นเป็นตำรับที่ 8

ตารางที่ 4.13ผลการต้านอนุมูลอิสระของโลชั่นแกมมา-ออไรซานอล ด้วยวิธี DPPH Scavenging assay

| ตำรับ | ปริมาณแกมา-ออไรซานอลในโลชั่น (g) | ค่าการดูดกลืนแสง | การต้านอนุมูลอิสระ (% inhibition)* | การต้านอนุมูลอิสระของโลชั่นพื้นฐาน (% inhibition)* |
|---|---|---|---|---|
| 3 | 0.5 | 0.550 | 54.61 | 1.24 |
| 3 | 0.7 | 0.515 | 57.50 | 1.24 |
| 3 | 1.0 | 0.469 | 61.30 | 1.24 |
| 4 | 0.5 | 0.521 | 57.00 | 1.09 |
| 4 | 0.7 | 0.495 | 59.15 | 1.09 |
| 4 | 1.0 | 0.463 | 61.80 | 1.09 |
| 7 | 0.5 | 1.058 | 12.69 | 0.17 |
| 7 | 0.7 | 0.920 | 25.73 | 0.17 |
| 7 | 1.0 | 0.877 | 27.63 | 0.17 |

หมายเหตุ. *%inhibition = $[ (Abs_{control} - Abs_{sample})/Abs_{control} ] \times 100$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.14 ผลการต้านอนุมูลอิสระของโลชั่นน้ำมันรำข้าว ด้วยวิธี DPPH Scavenging assay

| ตำรับ | ปริมาณน้ำมันรำข้าวในโลชั่น (g) | ค่าการดูดกลืนแสง | การต้านอนุมูลอิสระ (% inhibition)* | การต้านอนุมูลอิสระของโลชั่นพื้น (% inhibition)* |
|---|---|---|---|---|
| 3 | 0.8 | 0.56 | 53.79 | 1.24 |
| 3 | 1.0 | 0.428 | 64.68 | 1.24 |
| 3 | 1.5 | 0.423 | 65.09 | 1.24 |
| 4 | 0.8 | 0.459 | 62.12 | 1.09 |
| 4 | 1.0 | 0.392 | 67.65 | 1.09 |
| 4 | 1.5 | 0.365 | 69.88 | 1.09 |
| 7 | 0.8 | 0.786 | 35.14 | 0.17 |
| 7 | 1.0 | 0.752 | 37.95 | 0.17 |
| 7 | 1.5 | 0.748 | 38.28 | 0.17 |

หมายเหตุ. *%inhibition = $[\ (Abs_{control} - Abs_{sample})/Abs_{control}\ ] \times 100$

ตารางที่ 4.15ผลการต้านอนุมูลอิสระของโลชั่นน้ำมันรำข้าว ด้วยวิธี DPPH Scavenging assay เมื่อพัฒนาเป็นตำรับที่ 8

| ปริมาณแกมมา-ออไรซานอลในโลชั่น (g) | การต้านอนมูลอิสระ (% Inhibition)* | |
|---|---|---|
| | ตำรับ 7 | ตำรับ 8 |
| 0.5 | 12.69 | 51.45 |
| 0.7 | 25.73 | 55.10 |
| 1.0 | 27.63 | 58.03 |

4.7 การทดสอบการระคายเคืองและทดสอบคุณสมบัติ ความปลอดภัยของสารสกัดสำหรับใช้เป็นส่วนประกอบทางเวชสำอาง

จากการทดสอบการระคายเคืองของผลิตภัณฑ์โลชั่นด้วยวิธีแบบเปิด โดยทำการทาโลชั่นทั้ง 3 ตำรับที่บริเวณท้องแขนของอาสาสมัครเป็นเวลา 2 ชั่วโมง เพื่อสังเกตอาการคันและผื่นแดง พบว่าในอาสาสมัคร 50 คน ไม่แสดงอาการระคายเคืองต่อโลชั่นทั้ง 3 ตำรับ และไม่พบการเป็นพิษต่อเซลล์ เซลล์ african green monkey kidney fibroblast

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.8การทดสอบความพึงพอใจ

งานวิจัยนี้ได้ทดสอบความพึงพอใจโดยใช้อาสาสมัคร 50 คน ทำแบบสอบถามประเมินความพึงพอใจของกลิ่นในผลิตภัณฑ์โลชั่น3 กลิ่นคือ กลิ่นข้าวหอมสุพรรณ, กลิ่น Riz และกลิ่น Flowery (ตารางที่ 4.16) และความพึงพอใจในตัวผลิตภัณฑ์โลชั่นตำรับที่ 3, 4 และ7 โดยพิจารณาจากสี, ความหนืด, ลักษณะเนื้อ, ความชุ่มชื่น และความพึงพอใจโดยรวม (ตารางที่ 4.18) มาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้วยโปรแกรมทางสถิติ SPSS version 17.0 เพื่อศึกษาว่าแต่ละปัจจัยมีอิทธิพลหรือไม่ต่อการเลือกตำรับโลชั่น ซึ่งดูได้จากตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนแสดงดังตารางที่ 4.16 และ 4.18

ตารางที่ 4.16 ความพึงพอใจของกลิ่นทั้ง 3 ในผลิตภัณฑ์โลชั่น

| | แหล่งความแปรปรวน | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| กลิ่นทั้ง 3 | ระหว่างกลุ่ม | 131.213 | 2 | 65.607 | 95.430 | 0.000* |
| | ภายในกลุ่ม | 101.060 | 147 | 0.687 | | |
| | รวม | 232.273 | 149 | | | |

หมายเหตุ *Sig. <0.05แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 4.17ความพึงพอใจของกลิ่นทั้ง 3 ในผลิตภัณฑ์โลชั่นโดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test

| กลิ่น | คงามพึงพอใจ |
|---|---|
| ข้าวหอมสุพรรณ | $2.0800^{c}$ |
| Riz | $3.6800^{b}$ |
| Flowery | $4.3000^{a}$ |

หมายเหตุ ตัวอักษรในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกัน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.17ผลการเปรียบเทียบความพึงพอใจของกลิ่นทั้ง 3 ชนิด คือกลิ่นข้าวหอมสุพรรณ, กลิ่นน้ำหอม Riz และกลิ่นน้ำหอม Flowery จากอาสาสมัคร 50 คน พบว่าทั้ง 3 กลิ่นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 จึงนำข้อมูลมาเปรียบเทียบความแตกต่างกันทางสถิติของทั้ง 3 กลิ่นโดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ตารางที่ 4.17) พบว่ากลิ่นที่อาสาสมัครพึงพอใจมากที่สุดคือ กลิ่น Flowery รองลงมาคือ กลิ่น Riz และกลิ่นข้าวหอมสุพรรณที่คะแนนความพึงพอใจ 4.3000, 3.6800และ 2.0800 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.18ความพึงพอใจของตำรับโลชั่นที่ 3, 4 และ 7

| ปัจจัยที่มีผลต่อความพึงพอใจ | แหล่งความแปรปรวน | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| สี | ระหว่างกลุ่ม | 0.973 | 2 | 0.487 | 0.961 | 0.385 |
| | ภายในกลุ่ม | 74.420 | 147 | 0.506 | | |
| | รวม | 75.393 | 149 | | | |
| ความหนืด | ระหว่างกลุ่ม | 6.880 | 2 | 3.440 | 4.089 | 0.019* |
| | ภายในกลุ่ม | 123.660 | 147 | 0.841 | | |
| | รวม | 130.540 | 149 | | | |
| ลักษณะเนื้อโลชั่น | ระหว่างกลุ่ม | 8.440 | 2 | 4.220 | 6.515 | 0.002* |
| | ภายในกลุ่ม | 95.220 | 147 | 0.648 | | |
| | รวม | 103.660 | 149 | | | |
| การซึมซาบลงสู่ผิว | ระหว่างกลุ่ม | 2.080 | 2 | 1.040 | 1.262 | 0.286 |
| | ภายในกลุ่ม | 121.180 | 147 | 0.824 | | |
| | รวม | 123.260 | 149 | | | |
| ความชุ่มชื่นบริเวณที่ทา | ระหว่างกลุ่ม | 1.000 | 2 | 0.500 | 0.886 | 0.415 |
| | ภายในกลุ่ม | 83.000 | 147 | 0.565 | | |
| | รวม | 84.000 | 149 | | | |
| รวม | ระหว่างกลุ่ม | 9.160 | 2 | 4.580 | 9.056 | 0.000* |
| | ภายในกลุ่ม | 74.340 | 147 | 0.506 | | |
| | รวม | 83.500 | 149 | | | |

หมายเหตุ *Sig. <0.05แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.19**ความพึงพอใจของตำรับโลชั่นที่ 3, 4 และ 7โดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test

| ตำหรับโลชั่น | ความหนืด | ลักษณะเนื้อโลชั่น | ความพึงพอใจโดยรวม |
|---|---|---|---|
| 3 | $3.1800^{b}$ | $3.3800^{b}$ | $3.3600^{b}$ |
| 4 | $3.3800^{b}$ | $3.6400^{b}$ | $3.8000^{a}$ |
| 7 | $3.7000^{a}$ | $3.9600^{a}$ | $3.9400^{a}$ |

**หมายเหตุ** ตัวอักษรในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกัน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.19 ผลการเปรียบเทียบความพึงพอใจของตำรับโลชั่นที่ 3, 4 และ7 ในแต่ละปัจจัย พบว่าปัจจัยเรื่องความหนืด, ลักษณะเนื้อโลชั่น และความพึงพอใจโดยรวมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แสดงว่าปัจจัยทั้ง 3 มีอิทธิพลหรือมีผลต่อการเลือกตำรับโลชั่น จากนั้นนำข้อมูลทั้งหมดมาเปรียบเทียบความแตกต่างกันทางสถิติโดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ตารางที่ 4.19)พบว่าตำรับที่อาสาสมัครให้คะแนนความพึงพอใจในปัจจัยเรื่องความหนืด, ลักษณะเนื้อโลชั่นและความพึงพอใจโดยรวมมากที่สุดคือตำรับ 7 ที่คะแนนความพึงพอใจ 3.700, 3.9600 และ3.9400 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 5
# สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ข้าวหอมสุพรรณที่นำมาใช้ในการทดลองมีความชื้นร้อยละ 7.99 เมื่อนำมาสกัดน้ำมันรำข้าวด้วยวิธีการสกัด 2 วิธี คือ การหมักด้วยตัวทำละลาย และ การใช้คลื่นเสียงร่วม ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 และ 60 นาที โดยใช้เฮกเซน เอทิลอะซิเตต อะซิโตน ไอโซโพรพานอล และเอทานอล เป็นตัวทำละลาย และมีอัตราส่วนรำข้าวต่อตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัด 1:2 1:4 และ 1:6 โดยน้ำหนัก พบว่าน้ำมันรำข้าวที่สกัดได้จากวิธีการใช้คลื่นเสียงร่วมมีปริมาณมาก ซึ่งสภาวะที่ให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวสูงที่สุด คือ การสกัดโดยใช้อะซิโตนเป็นตัวทำละลาย ที่อัตราส่วนรำข้าวต่อตัวทำละลายเป็น 1:4 โดยน้ำหนักเป็นเวลา 30 และ 60 นาที และที่สกัดโดยใช้ไอโซโพรพานอลเป็นตัวทำละลาย ที่อัตราส่วนรำข้าวต่อตัวทำละลายเป็น 1:2 โดยน้ำหนักเป็นเวลา 60 นาทีซึ่งทั้ง 3 สภาวะนี้ให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ ($P>0.05$) โดยปริมาณน้ำมันรำข้าวจะอยู่ในช่วง 0.23-0.25 กรัมต่อกรัมรำข้าว และมากกว่าน้ำมันรำข้าวที่สกัดได้จากการสกัดด้วยวิธีการหมักแบบธรรมดาซึ่งให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวสูงที่สุดที่ 0.21 กรัมต่อกรัมรำข้าว โดยใช้อะซิโตนเป็นตัวทำละลาย ที่อัตราส่วนรำข้าวต่อตัวทำละลายเป็น 1:2 โดยน้ำหนัก เป็นเวลา 60 นาที ปริมาณแกมมาโอไรซานอลที่สกัดได้จากวิธีการใช้คลื่นเสียงร่วมโดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย ที่อัตราส่วนรำข้าวต่อตัวทำละลายเป็น 1:6 โดยน้ำหนัก เป็นเวลา 30 นาทีจะให้ปริมาณแกมมาโอไรซานอล 51.46 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และวิธีการหมักแบบธรรมดาที่สกัดโดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย ที่อัตราส่วนรำข้าวต่อตัวทำละลายเป็น 1:2 โดยน้ำหนัก เป็นเวลา 60 นาทีจะให้ปริมาณแกมมาโอไรซานอล 48.50 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ไม่แตกต่างกันในทางสถิติ($P\leq0.05$) และเป็นสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันรำข้าวเพื่อให้มีปริมาณแกมมาโอไรซานอลสูงที่สุด น้ำมันรำข้าวที่สกัดได้จากวิธีการใช้คลื่นเสียงร่วมจะมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระได้ดีที่สุด เมื่อใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย ที่อัตราส่วนรำข้าวต่อตัวทำละลายเป็น 1:2 1:4 และ 1:6 โดยน้ำหนัก เป็นเวลา 60 นาที และที่อัตราส่วนรำข้าวต่อตัวทำละลายเป็น 1:2 โดยน้ำหนักเป็นเวลา 30 นาที ซึ่งสามารถต้านอนุมูลอิสระได้ไม่แตกต่างกันในทางสถิติ ($P>0.05$) และความเข้มข้นของสารสกัดที่ยับยั้งอนุมูลอิสระอยู่ในช่วง 1.13-1.37 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ซึ่งดีกว่าน้ำมันรำข้าวที่สกัดได้จากวิธีการหมักแบบธรรมดาซึ่งให้ค่าความเข้มข้นของสารสกัดที่ยับยั้งอนุมูลอิสระต่ำที่สุด โดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย ที่อัตราส่วนรำข้าวต่อตัวทำละลายเป็น 1:2 โดยน้ำหนัก เป็นเวลา 30 นาที

จากการศึกษาพัฒนาตำรับโลชั่นผสมแกมมา-ออไรซานอลและน้ำมันรำข้าว ทั้ง 7 ตำรับ พบว่าตำรับที่มีคุณสมบัติทางกายภาพเช่นลักษณะเนื้อโลชั่นความหนืดคุณสมบัติทางเคมีเช่นความเป็นกรด-ด่างหลังทดสอบความคงตัวที่ดีที่สุด คือ ตำรับ 3, 4 และ7 โดยมีลักษณะเนื้อเนียนละเอียด ซึมซาบไว ไม่รู้สึกเหนอะหนะ มีค่า pH อยู่ในช่วง 5.0-6.0 และไม่เกิดการแยกชั้นของโลชั่น

การศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของโลชั่นตำรับ 3, 4 และ 7 โดยวิธี DPPH scavenging assay เปรียบเทียบกับโลชั่นพื้นฐาน พบว่าตำรับ 3และ 4 ให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ใกล้เคียงกัน โดยตำรับ 4 ให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากที่สุด ส่วนตำรับ 7 นั้นให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระน้อยที่สุดเนื่องจากไม่มี Butylated hydroxytoluene ในตำรับ ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ จึงนำตำรับ 7 มาพัฒนาตำรับให้มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระดียิ่งขึ้นโดยเติม Butylated droxytoluene 0.1 g พบว่าหลังเติม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Butylated hydroxytoluene ตำรับ 7 ให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเพิ่มมากขึ้นและมีค่าใกล้เคียงกับตำรับ 3 และ 4

การศึกษาความพึงพอใจโดยใช้อาสาสมัคร 50 คนในการทำแบบสอบถามความพึงพอใจ พบว่า กลิ่นที่อาสาสมัครให้คะแนนความพึงพอใจมากที่สุดคือ กลิ่น Flowery รองลงมาคือ กลิ่น Riz และ กลิ่นข้าวหอมสุพรรณ ที่คะแนนความพึงพอใจ 4.3000, 3.6800 และ2.0800 ตามลำดับ ส่วนการศึกษาความพึงพอใจในตำรับโลชั่น 3, 4 และ7 พบว่าปัจจัยเรื่องความหนืด, ลักษณะเนื้อโลชั่น ความชุ่มชื้น และความพึงพอใจโดยรวมมีผลต่อการเลือกตำรับที่ดีที่สุด โดยตำรับที่อาสาสมัครให้คะแนนความพึงพอใจมากที่สุดคือตำรับ 7 ที่คะแนนเรื่องความหนืด 3.700 คะแนน, ลักษณะเนื้อโลชั่น 3.9600 คะแนน และความพึงพอใจโดยรวม 3.9400 คะแนน

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรมีการควบคุมคุณภาพของตัวอย่างรำข้าวที่นำมาใช้ให้มีความสดใหม่อยู่เสมอ โดยการนำตัวอย่างไปเก็บไว้ในที่ที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า -20 องศาเซลเซียส และไม่ควรเก็บไว้นาน หรือสกัดทันทีเมื่อได้ตัวอย่างรำข้าวมา เพื่อป้องกันการทำงานของเอนไซม์ในรำข้าวและชะลอการเกิดปฏิกิริยาต่างๆนอกจากนี้ยังควรป้องกันปัจจัยที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน เช่น แสง อากาศ เป็นต้น เพื่อไม่ให้เกิดกลิ่นหืนในตัวอย่าง

5.2.2 ควรมีการศึกษาการใช้ประโยชน์จากกากรำข้าวที่เหลือจากกระบวนการสกัดน้ำมันรำข้าว เช่น การศึกษากระบวนการสกัดซ้ำหรือนำไปแปรรูปเป็นอาหารสัตว์เพื่อใช้ในการผลิตอาหารเสริม ซึ่งจะเป็นการช่วยลดขั้นตอนและค่าใช้จ่ายในการกำจัดของเสีย รวมทั้งเป็นการใช้กากรำเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# เอกสารอ้างอิง


คมสัน หุตะแพทย์.2550. น้ำมันรำข้าว คุณค่าดั่งทอง. เกษตรกรรมธรรมชาติ. 4 : 28-36.

จารุณี เกษรพิกุล, สุรวัฒน์ ชะลอสันติสกุล. คู่มือปฏิบัติการจุลชีววิทยาสำหรับนักศึกษาวิทยาศาสตร์-การเกษตรมหาวิทยาลัยศิลปากร.

จีรเดช มโนสร้อย และคณะ. เทคโนโลยีทางเครื่องสำอาง. สถาบันวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

จุฬาลักษณ์ ทวีบุตร. 2551. การเพิ่มการสะสมแอนโทไซยานินในรากสะสมอาหารของกวาวเครือแดง (*Butea superba* Roxb.) ด้วยเอทีฟอนและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดกวาวเครือแดง. วิทยาศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืชมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

จุฑามาศ เจียรนัยกุลวานิช. (2555).จริงหรือไม่? มะหาดทำให้ขาวขึ้นได้. ภาควิชาเภสัชเคมี คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

เจนจิรา จิรัมย์, ประสงค์ สีหานาม. (2554).อนุมูลอิสระและสารต้านอนุมูลอิสระ : แหล่งที่มาและกลไกการเกิดปฏิกิริยา . *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏกาฬสินธุ์*.ปีที่ 1(1). 59-70.

ฉลวย ม่วงพรวน. (2555). การศึกษาผลการบริโภคผลิตภัณฑ์เสริมอาหารน้ำมันรำข้าว. ปทุมธานี : ปฐมสิทธิ์จำกัด.

ธัมม์ทิวัตถ์ นรารัตน์วันชัย. ความรู้เกี่ยวกับเครื่องสำอาง. สำนักวิชาเวชศาสตร์ชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพมหาวิทยาลัยมหิดล.

ธิดารัตน์ บุญรอด และคณะ. (2553). การพัฒนาตำรับเวชสำอางบำรุงผิวผสม Embelin. *วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย*. ปีที่ 2(2). 69-77.

ดวงใจ มาลัย และบุญทวี กุยยกานนท์ เบทส์. 2544. การประเมินคุณภาพของรำข้าวเจ้าเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร. วารสารโภชนาการ. 36(4) : 29-39.

ด้วงพุทธศุกร์. 2543.ไขมันและผลิตภัณฑ์จากไขมัน.เชียงใหม่.มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.หน้า 39, 128-146

นงเยาว์ ชูสุข. (2547). การพัฒนาตำรับโลชั่นบำรุงผิวที่มีส่วนผสมของน้ำมันหอมระเหยแพทชูลิ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิตสาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นัยนา บุญทวียุวัฒน์ และเรวดี จงวัฒน์. 2545. น้ำมันรำข้าว ทางเลือกเพื่อสุขภาพของคนไทย. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2529. วิทยาศาสตร์การอาหารของขมันและน้ำมัน.เชียงใหม่. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.หน้า 83-87.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2548. วิทยาศาสตร์การอาหารของไขมันและน้ำมัน.กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.

นพมาศ มนัสวรากุล.2545. การสำรวจปริมาณแกมมา-โอไรซานอลและวิตามินอีในข้าวไทยสายพันธุ์ต่างๆ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นฤมล นิมมานพิภักดิ์. 2546. การเตรียมและการประเมินของสารสกัดน้ำมันรำข้าวที่มีส่วนประกอบของแกมมาโอไรซานอล.วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต เภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

เนื้อทอง วนานุวัธ. 2537. ศักยภาพข้าวไทย : ทิศทางใหม่สู่อุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประพาส วีระแพทย์. 2531. ความรู้เรื่องข้าว. กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิช.

พันทิพา พงศ์เพียจันทร์, ธวัชชัย แถวถาทำ และดำเนิน กาละดี. 2547. ปริมาณแกมมา-โอไรซานอลในผลิตภัณฑ์จากพืชชนิดต่างๆ. วารสารเกษตร. 20(2) : 111-119.

ภัทราพร ผูกคล้าย และธัญญรัตน์เชื้อสะอาด. 2553. การศึกษาคุณสมบัติของสารต้านอนุมูลอิสระในพรอพอลิส. วิทยานิพนธ์ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

เมทนี ธาดานุกูลวัฒนา. (2554). การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางชะลอวัยที่มีส่วนผสมของสารสกัดดอกราชพฤกษ์. ปริญญานิพนธ์วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง.

มณฑิราอินทพิบูลย์ . การพัฒนาตำรับโลชั่นอาบูตินเพื่อลดความคล้ำของผิวในอาสาสมัคร. วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิตสาขาวิทยาศาสตร์ความงามและสุขภาพคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

มลศิริ วีโรทัย. 2545. เทคโนโลยีของผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ. กรุงเทพฯ : สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ.

มลฤดี เชาวรัตน์. 2540. รีเอสเทอริฟิเคชันของกรดไขมันอิสระในรำข้าวและไฮโดรไลซิสน้ำมันรำข้าว. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.หน้า 4-39.

ราชบัณฑิตยสถาน. 2525. พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ.2525. กรุงเทพฯ : อักษรเจริญทัศน์.

วราพรพงศ์ธรกุลพานิช. 2543. การวิเคราะห์เอกลักษณ์และปริมาณโทโคฟีรอลและโอไรซานอลในกระบวนการผลิตน้ำมันรำข้าว. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. หน้า 38, 50, 72-82.

วันชัย ศรีวิบูลย์ และคณะ. *สมุนไพรธรรมชาติที่นำมาใช้ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง*, ฉ.1 . กลุ่มควบคุมเครื่องสำอาง สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา

สายสนม ประดิษฐดวง, เนื้อทอง วรานุวัธ และมณี แสงเงิน. 2532. การนำไขรำข้าวมาใช้ประโยชน์. รายงานผลการวิจัยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สายสนม ประดิษฐดวง, เนื้อทอง วนานุวัธและรุ่งทิพย์ จูฑะมงคล.2534. การนำไขรำข้าวมาใช้ประโยชน์/สายสนม ประดิษฐดวง, เนื้อทอง วนานุวัธ, รุ่งทิพย์ จูฑะมงคล. กรุงเทพฯ : คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ. 2554. มหัศจรรย์นวัตกรรมข้าวไทย. กรุงเทพฯ : งานส่งเสริมภาพลักษณ์องค์กร สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สุวลี โล่วิรกรณ์. 2549. อาหารต้านอนุมูลอิสระกับสุขภาพ. ขอนแก่น : สำนักวิทยาบริการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

เสาวนีย์ กระสานติสุข , หทัยชนก รุณรงค์. (2549). การพัฒนาตำรับโลชั่นบำรุงผิว. ปริญญานิพนธ์เภสัชศาสตรบัณฑิต คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

สมวงษ์ ตระกูลรุ่ง. 2546. ยีนความหอมของข้าวหอมมะลิ.Lab Today. 9 : 66-69.

ศลิษา โชคเหมาะ. (2546). การพัฒนาวิธีวิเคราะห์ปริมาณแกมมาโอไรซานอลในรำข้าวและผลของปริมาณแกมมาโอไรซานอลต่อการเปลี่ยนแปลงค่ากรดของน้ำมันรำข้าว. วิทยาศาสตรมหาบัณฑิตเทคโนโลยีชีวเคมีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ภกญบุษบัน. ศิริธัญญารำข้าวก่ำไทย. ภาควิชาวิทยาศาสตร์เภสัชกรรม คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.ลักษณ์การ. (2553).การประเมินฤทธิ์ต้านการอักเสบของสารสกัดแกมม่า-โอไรซานอลจาก

อรุณศรี ปรีเปรม, ผดุงขวัญ จิตโรภาส และบังอร ศรีพานิชกุลชัย. 2548. รำข้าวที่มีคุณภาพ : คุณค่าต่อสุขภาพ. วารสารศูนย์บริการวิชาการ. 13(3) : 4-9.00

อิสระวัฒน์ ฤทธนพงศธร และเฉลิม เรืองวิริยะชัย. (2556).การแยกสารประกอบฟีนอลิคและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระจากผลสบู่ดำดิบ.*วารสารวิชาการVeridian E-Journal*. ปีที่ 6(3).887-902.

อรอนงค์ นัยวิกุล. 2534. ผลิตภัณฑ์จากข้าวและคุณค่าทางโภชนาการ. วารสารอุตสาหกรรมเกษตร. 2(2) : 109.

อรอนงค์ นัยวิกุล. 2544. ผลิตภัณฑ์ข้าวไทย:จากอดีตถึงปัจจุบันสู่อนาคต. อาหารและยา. 8(3), 69-74.

อรอนงค์ นัยวิกุล. 2547. ข้าว : วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อรอนงค์ นัยวิกุล และอรสิริ ทุติยภาค. 2542. ข้าว : ทิศทางสู่การส่งออก. อุตสาหกรรมเกษตร. 10(2) : 1-75.

การใช้โปรแกรม SPSS ในการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเพื่อการวิจัย. สืบค้นเมื่อ 15 มีนาคม 2557, จาก Joomlas.ru.ac.th/km/uthai/images/knowledge_sharing/KM_SPSS.pdf

โครงสร้างของผิวหนัง. แหล่งที่มา : http://www.tanenvy.com/3/sunless-tanning/how-does-spray-tanning-work, 30 มีนาคม 2557.

Adhikari, S. and Adhikari, J. 1986. Indian rice bran lecithin. Journal of the American Oil Chemists' Society. 63 : 1367-1369.

Barber, S. and Benedito de Barber, C. 1980. Rice : Production and utilization, Luh, B.S. (Ed.). New York: the AVI Publishing Company

Barber, S. and Benedito de Barber, C. 1974. Basic and applied research needs for optimizing utilization of rice bran as food and feed. Proceeding of the Rice By-Products Utilization International Conference. 4 : 1-99.

Barber, S., Bose, A.N., Kwon, T.W., Keneaster, K.K., Tortosa, E. and Yasumoto, K. 1974. Optimizing technologies of rice bran utilization 2. Proceedings of the Rice By-Products Utilization International Conferenes. 4 : 247-250.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Barber, S. and Benedito de Barber, C. 1985. Rice bran : An underutilized raw material. United Nation Industrial Development Organization (UNIDO) Publication.

Bonner, B., Warren, B. and Bucci L. 1990. Influence of ferulate supplementation on postexercise stress hormone levels after repeated exercise stress. The Journal of Applied Sport Science Research. 4 : 110.

Bucci, L.R., Blackman, G. and Defoyd, W. 1990. Effect of ferulate on strength and body composition of weightlifters. The Journal of Applied Sport Science Research. 4 : 110.

Chen, M.H. and Bergman, C.J. 2005. A rapid procedure for analysing rice bran tocopherol, tocotrienol and gamma-oryzanol contents. Journal of Food Composition and Analysis. 18 : 139–151.

Cheruvanky, R. 2003. Phytochemical products: rice bran. Phytochemical functional foods.

Choe, E. and Min, DB. 2006. Mechanisms and factors for edible oil oxidation. Food Science and Food Safety. 5 : 169–186.

Das, P.K., Chaudhuri, A., Kaimal, T.N.B. and Bhalerao, U.T. 1999. U.S. Patent No.5,869,708:Process for the isolation of oryzanols fiom crude dark acid oil (rice bran).

Das, P.K., Chaudhuri, A., Kairnal, T.N.B. and Bhalerao, U.T. 1998. Isolation of gamma-oryzanol through calcium ion induced precipitation of anionic micellar aggregates. Journal of Agriculture Food Chemistry. 46 : 3073-3080.

Diack, M. and Saska, M. 1994. Separation of vitamin E and gamma-oryzanol from rice bran oil by normal-phase chromatography. Journal of the American Oil Chemists' Society. 71 : 1211-1217.

Duan X., Zhang, W., Li, X. and Wang B. 2006. Evaluation of antioxidant property of extract and fractions obtained from a red alga, *Polysiphonia urceolata*. Food Chemistry. 95 : 37–43.

Evershed, R.P., Spooner, N., Prescott M.C. and Goad, L.J. 1988. Isolation and characterization of intact steryl ferulate from seeds. Journal of Chromatography. 440 : 23-35.

Fang, N.B., Yu, S.G. and Badger, T. M. 2003. Characterization of triterpene alcohol and sterol ferulates in rice bran using LC–MS/MS. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 51 : 3260–3267.

Ganesan P., Kumar C.S. and Bhaskar N. 2008. Antioxidant properties of methanol extract and its solvent fractions obtained from selected Indian red seaweeds. Bioresource Technology. 99 : 2717–2723.

Holla, K.S. and Press, R.R. 1987. Industrial hydrogenation of rice bran oil a substitute for Tallow. Journal of the American Oil Chemists' Society. 64 : 1334-1336.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Houston, D.F. 1972. Rice, Chemistry and Technology, Houston, D.F. (Ed.). Minnesota : American Association of Cereal Chemistry Inc.

Hu, W., Well, J.H., Shin, T. and Godber, J.S. 1996. Comparison of isopropanol and hexane for extraction of vitamin E and oryzanol from stabilized rice bran. Journal of the American Oil Chemists' Society. 73(12) : 1653-1656.

Imsanguan, P., Roaysubtawee, A., Borirak, R., Pongamphai, S., Douglas, S. and Douglas, P.L. 2008. Extraction of alpha-tocopherol and gamma-oryzanol from rice bran. LWT. 41 : 1417–1424.

Iqbal, J., Minhajuddin, M. and Beg Z.H. 2005. Hypolipidemic and antioxidant properties of tocotrienol rich fraction isolated from rice bran oil in experimentally induced hyperlipidemic rats. Food and Chemical Toxicology. 43 : 747–753

Juliano, O. 1985. Rice : Chemistry and Technology. Minnesota : American Association of Cereal Chemists.

Juliano, O. 1993. Rice in human nutrition. Rome : Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Kahlon, T.S., Chow, F.I., Chiu, M.M., Hudson, C.A. and Sayre, R.N. 1996. Cholesterol-lowering by rice bran and rice bran oil unsaponifiable matter in hamsters. Journal of Cereal Chemistry. 73 : 69–74.

Kaneko, R. and Tsuchiya, T. 1954. Compounds in rice bran and germ oils. Journal of the Chemical Society of Japan. 57 : 526.

Kaneko R. and Tsuchiya T. 1954. Proceedings of Industrial Research Institute of Tokyo. 49 : 142

Kim, C.J., Byun, S.M., Cheigh, H.S. and Kwon, T.W. 1987. Comparison of solvent extraction characteristics of rice bran pretreated by hot air drying steam cooking and extrusion. Journal of the American Oil Chemists' Society. 64(4) : 514-516.

Kitagishi, K. and Yamane, I. 1981. Heavy Metal Pollution in Soils in Japan. Tokyo: Japan Scientific Societies.

Kochhar, S.P. 2000. Stabilisation of frying oils with natural antioxidative components. European Journal of Lipid Science and Technology. 102 : 552-559

Kreuzer, H. 2000. Dividends from rice. Food Product Design, Weeks Publishing Company, USA Rice Foundation, Texas.

Krishna, S. et al. 2001. Bioavailability and preliminary clinical efficacy of intrarectal artesunate in Ghanaian children with moderate. malaria. Antimicrobial Agents and Chemotherapy. 45 : 509–516

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Larry, M.S. 1989. Stanols and sterol esters of ferulic and p-coumaric acids in wheat, corn, rye and triticale. Journal of Agriculture and Food Chemistry. 37 : 662-667.

Lichtenstein, A.H., Anaman, L.M., Carrasco, W., Gualtieri, L.J., Jenner, J.L., Ordoras, J.M., Nicolosi, R.J., Goldin, B.R. and Schafer, E.J. 1994. Rice bran oil consumption and plasma lipid levels in moderately hypercholesterolemic human. Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology. 14 : 549-556.

Lloyd, B.J., Siebenmorgen, T.J. and Beers, K.W. 2000. Effect of commercial processing on antioxidants in rice bran. Cereal Chemistry. 77(5) : 551-555.

Luh, B.S. 1991. Rice : Utilization, Volume II. New York : Springer Science and Business Media New York.

McCaskill, D.R. and Zhang F. 1999. Use of rice bran oil in foods. Food Technology. 53(2) : 50-53.

Molyneux, P. 2005. The use of the stable free radical diphenylpicryl-hydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant. Polymer chemistry.

Murase, Y. and Iishima, H. 1963. Clinical Studies of Oral Administration of Gamma oryzanol on Climacteric Complaints and Its Syndrome. Obstet Gynecol Practice. 12 : 147-149.

Nawar, W.W. 1996. Food chemistry, Fennema, O.R. (Ed.). New York : Marcel Dekker

Nesaretnam, K., Stephen, R., Dils, R., and Darbre, P. 1998. Tocotrienols inhibit the growth of human breast cancer cells irrespective of estrogen receptor status. Lipids. 33 : 461–469.

Nicolosi, R.J., Ausman, L.M. and Hegsted, D.M.,1991, Rice bran oil lower serumtotal and low-density lipoprotein cholesterol and Apo-B levels in nonhuman primates. Atheroclerosis. 88 : 133-142.

Nicolosi, R.J., Rogers, E.J., Ausman, L.M. and Orthoefer, F.T. 1993. Rice bran oil and its health benefits. in rice science & technology. 421.

Norton, R.A. 1995. Quantification of steryl ferulate and p-coumarate esters from corn and rice bran. Lipids. 30 : 269-274.

Orthoefer, F.T. 1996. Rice Bran Oil : Healthy Lipid Source. Food Technology. 50(12) : 62-64.

Patel, M. and Naik, S.N. 2004. Gamma-oryzanol fromrice bran oil – A review. Journal of Rcientific and Industrial Research. 63 : 569-578.

Raghuram, T., Brahamaji, C. and Rukmini, C. 1989. Studies on hypolipidemic effects of dietary rice bran oil in human subjects. Nutrition reports international. 39 : 889-895.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Rogers, E.J., Rice, S.M., Nicolosi, R.J., Carpenter, D.R., McClelland, C.A. and Romanczyk, Jr. 1993. Identification and quantitation of gamma–oryzanol components and simultaneous assessment of tocopherols in rice bran oil. Journal of the American Oil Chemists' Society. 70(3), 301 : 307.

Rong, N. Ausman, L.M. and Nicholosi, R.J. 1994. Rice bran oil decreases plasma LDL cholesterol by inhibitory dietary cholesterol absorption. The journal of the Federation of American Societies for Experimental Biology. 8 : A162.

Rong, N., Ausman, L.M. and Nicholosi, R.J. 1997. Oryzanol decreases cholesterol absorption and aortic fatty streaks in hamsters. Lipids. 32 : 303-309.

Rukmini, C. and Rughuram, T.C. 1991. Nutritional and biochemical aspects of the hypolipidemic action of rice bran oil.The Journal of the American College of Nutrition 10 : 593-601.

Salunkhe, D.K., Chavan, J.K., Adsule, R.N. and Kadam, S.S. 1992. World Oilseeds Chemistry Technology and Ultilization. New York : Van Nostrand Reinhold.

Sakurai, J. 1974. Utilization of Rice By-products in Japan. Proceedings of the Rice Byproducts Utilization International Conference. 4 : 101-113.

Sasaki, J., Takada, Y., Kusuda, M., Tanabe, Y., Matsunaga, A. and Arakawa, K. 1990. Effects of gamma- oryzanol on serum lipids and apolipoproteins in dyslipidemic schizophrenics receiving major tranquilizero. Clinical Therapeutics 12 : 263-268.

Saska, M. and Rossiter, G.J. 1998. Recovery of gamma-oryzanol from rice bran oil with silica - based continuous chromatography. Journal of the American Oil Chemists' society. 75(10) : 1421-1427.

Sayre, B. and Saunders, R. 1990. Rice bran and rice bran oil. Lipid Technology. 2 : 72-76.

Sayre R.N. and Saunder R.M. 1990. Cholesterol-lowering effects of rice bran and rice bran oil fractions in hypercholesterolemic hamsters. Cereal Chemistry. 69(5) : 485-489.

Seetharamaiah, G.S. and Chandrasekhara, N. 1989. Studies on hypocholesterolemic acitivity of rice bran oil. Atherosclerosis. 78 : 219-233.

Seetharamaiah, G.S. and Prabhakar, J.V. 1986. Oryzanol content of Indian rice bran oil and its extraction from soap stock. Journal of Food Science and Technology. 23 : 270-276.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Seetharamaiah, G.S., Krishnakantha, T.P. and Chandrasekhara, N. 1990. Influence of oryzanol on platelet aggregation in rats. Journal of Nutritional Science and Vitaminology. 36 : 291-297.

Seitz, L.M. 1989. Stanol and sterol esters of ferulic acid p-coumaric acids in wheat, corn, rye and triticale. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 37 : 662-667.

Sharma, R.D. and Rukmini, C. 1986. Rice bran oil and hypocholesterolemia in rats. Lipids. 21 : 715-717.

Sharma, R.D. and Rukmini, C. 1987. Hypocholesterolemic Activity of Unsaponifiable Matter of Rice Bran Oil. Journal of Medical Researh. 85 : 278-281.

Shin, T. and Godber J.S. 1994. Isolation of four tocopherols and four tocotrienols from a variety of natural sources by semi-preparative high-performance liquid chromatography. Journal of Chromatography A. 678(1) : 49–58.

Tadahisa, H. and Donald, A. 1991. Preventive effect of antioxidants on lipid peroxidation in the retina. Ophthalmic Research. 23 : 196-203.

Takei, T. 1974. Utilization of Defatted Rice Bran as Fish Soluble Adsorbent Material. Proceedings of the Rice By-Products Utilization International Conference. 4 : 155-170.

Tamagawa, M., Shimizo, Y., Takahashi, Y., Otaka.T., Kimura, S., Kadowaki, H., Uda, F. and Miwa, T. 1992. Carcinogenicity study of gamma-oryzanol in F344 rats. Food and Chemical Toxicology. 30 : 41-48.

Van Hoed, V., Depaemelaere, G., Vila A.J., Santiwattana, P., Verhe, R. and De G.W. 2006. Influence of chemical refining on the major and minor components of rice brain oil. Journal of the American Oil Chemists' Society. 83 : 315-21.

Wrenshall, C.L. 1974. Research on Rice Bran Utilization in Thailand. Proceedings of the Rice By-Products Utilization International Conference. 4 : 115-120.

Xu, Z. and Godber, J.S. 1999. Purification and identification of components of gamma-oryzanol in rice bran oil. Journal of Agriculture Food Chemistry. 47(7) : 2724-2728.

Xu, Z. and Godber, J.S. 2000. Comparison of supercritical fluid and solvent extraction methods in extracting Y-oryzanol from rice bran. Journal of the American Oil Chemists' Society. 77(5) : 547-551.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Xu, Z., Hua, N. and Godber, J.S. 2001. Antioxidant activity of tocopherols, tocotrienols, and gamma-oryzanol components from rice bran against cholesterol oxidation accelerated by 2,2'-azobis(2-methylpropionamidine) dihydrochloride. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 49 : 2077-2081.

YamazakiK, HashimotoA, KokusenyaY, MiyamotoT, SatoT. (1994). Chemical Pharmaceutical Bulletin.42(8).1663-5.

Zigoneanu, I.G., Williams, L., Xu, Z. and Sabliov C.M. 2008. Determination of antioxidant components in rice bran oil extracted by microwave-assisted method. Bioresource Technology. 99 : 4910–4918.

Zullaikah, S., Melwita, E. and Ju, Y.H. 2009. Isolation of oryzanol from crude rice bran oil.Bioresource Technology. 100 : 299-302.

[ONLINE].Available : http://www.brrd.in.th/rkb/varieties/index.php-file=content.php&id =19.htmค้นเมื่อ 8 เมษายน 2557

[ONLINE].Available : http://www.brrd.in.th/rkb/varieties/index.php-file=content.php&id =99.htmค้นเมื่อ 8 เมษายน 2557

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ก

## การสกัดแบบหมักตัวทำละลาย(Maceration)

1. การเตรียมตัวอย่าง

1.1 ชั่งรำข้าว 5 กรัม ใส่ลงในฟลาสก์ขนาด 250 มิลลิลิตร

1.2 เติมตัวทำละลายลงไปในอัตราส่วน 1:2 1:4 และ 1:6 โดยน้ำหนัก ดังนั้นจะเติมตัวทำละลายลงไปเป็น 10 20 และ 30 กรัมตามลำดับ

1.3 ปิดฟลาสก์ด้วยแผ่นฟอยล์ แล้วรัดด้วยหนังยางให้แน่น ก่อนนำไปไว้ในเครื่องเขย่า (Shaker)

2. การเก็บรักษาตัวอย่างระหว่างรอการระเหยตัวทำละลาย

หลังจากกรองแยกรำข้าวออกจากส่วนใสแล้ว จะนำส่วนใสที่ได้ไปเก็บไว้ในตู้หมักเย็นที่มีอุณหภูมิอยู่ในช่วงระหว่าง 1-4 องศาเซลเซียสและมืดสนิท เพื่อทำการระเหยตัวทำละลายต่อในขั้นตอนต่อไป

3. สภาวะที่ใช้ในการระเหยตัวทำละลายด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ(Evaporator)

อุณหภูมิที่ใช้ในการระเหยตัวทำละลาย(bath temperature)คือ 45 องศาเซลเซียสใช้ความเร็วรอบในการหมุนเป็น 120 รอบต่อนาที และควบคุมความดันดังนี้

3.1 ตัวอย่างที่ใช้เฮกเซน(Hexane)เป็นตัวทำละลาย จะใช้ความดันเป็น 360 มิลลิบาร์

3.2 ตัวอย่างที่ใช้เอทิลอะซิเตต(Ethyl acetae) เป็นตัวทำละลาย จะใช้ความดันเป็น 260 มิลลิบาร์

3.3 ตัวอย่างที่ใช้อะซิโตน(Acetone) เป็นตัวทำละลาย จะใช้ความดันเป็น 560 มิลลิบาร์

3.4 ตัวอย่างที่ใช้ไอโซโพรพานอล(Isopropanol) เป็นตัวทำละลาย จะใช้ความดันเป็น 150 มิลลิบาร์

3.5 ตัวอย่างที่ใช้เอทานอล(Ethanol) เป็นตัวทำละลาย จะใช้ความดันเป็น 200 มิลลิบาร์

4. การเก็บรักษาตัวอย่างระหว่างรอการทดสอบ

หลังจากระเหยตัวทำละลายเรียบร้อยแล้ว จะได้ส่วนของน้ำมันรำข้าวออกมา ซึ่งน้ำมันรำข้าวที่ได้นี้ จะนำไปเก็บไว้ในตู้หมักแข็งที่มีอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียสและมืดสนิท เพื่อชะลอการเกิดปฏิกิริยาต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ข

## การวัดปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลด้วยเครื่องHigh Performance Liquid Chromatography(HPLC)

1. การเตรียมเฟสเคลื่อนที่(Mobile phase)

อุปกรณ์ที่ใช้ในการเตรียมเฟสเคลื่อนที่นี้จะต้องล้างให้สะอาดก่อนนำไปใช้ หลังจากล้างเสร็จแล้ว ให้นำมาล้างด้วยน้ำกลั่น ก่อนนำไปล้างด้วยเอทานอลอีกครั้ง จากนั้นจะนำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสจนแห้งก่อนนำไปใช้

เฟสเคลื่อนที่(Mobile phase)ที่ใช้ประกอบเมทานอล ไอโซโพรพานอล และเอทิลอะซิเตต (HPLC grade)ในอัตราส่วน 47.5 : 40 : 12.5 ตามลำดับ เมื่อทำการเตรียมเฟสเคลื่อนที่ตามอัตราส่วนดังกล่าวแล้ว จะนำไปกรองผ่านแผ่นกรองขนาด 0.22 ไมโครเมตร จากนั้นจึงไปทำการสั่นสะเทือนด้วยคลื่นเสียง เพื่อไล่อากาศออกจากเฟสเคลื่อนที่

2. การเตรียมกราฟมาตรฐานแกมมาโอไรซานอล

ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานแกมมาโอไรซานอลที่ใช้ ได้แก่ 50 30 20 10 5 1 0.5 0.1 และ 0.05 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตรซึ่งมีวิธีการเตรียมดังนี้

2.1 เตรียมสารละลายมาตรฐานแกมมาโอไรซานอลความเข้มข้นเริ่มต้น 50 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

2.2นำสารละลายมาตรฐานแกมมาโอไรซานอลความเข้มข้นเริ่มต้น 50 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร มาทำการเจือจางให้ได้ระดับความเข้มข้นเท่ากับ 30 20 10 5 และ 1 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

2.3จากนั้นนำสารละลายมาตรฐานแกมมาโอไรซานอลความเข้มข้น 1 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร มาทำการเจือจางให้ได้ระดับความเข้มข้นเท่ากับ 0.5 0.1 และ 0.05 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

2.4นำสารละลายมาตรฐานแกมมาโอไรซานอลแต่ละความเข้มข้นมากรองผ่านหัวกรองตัวอย่างชนิด PTFEที่มีขนานรูพรุน 0.22 ไมโครเมตร

2.5ฉีดสารละลายมาตรฐานความเข้มข้นต่างๆ เข้าไปในเครื่อง HPLC

2.6 นำข้อมูลที่ได้ไปสร้างกราฟมาตรฐานระหว่างความเข้มข้นของแกมมาโอไรซานอลกับพื้นที่ใต้พีค

หมายเหตุ : จะใช้เฟสเคลื่อนที่ในการละลายสารมาตรฐานและการเจือจาง

3. การเตรียมตัวอย่าง

เตรียมตัวอย่างน้ำมันรำข้าวความเข้มข้น 30 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัม โดยละลายตัวอย่างในเฟสเคลื่อนที่ แล้วกรองผ่านหัวกรองตัวอย่างชนิดพีทีเอฟอี(PTFE)ที่มีขนานรูพรุน 0.22 ไมโครเมตรจากนั้นฉีดเข้าไปในเครื่อง HPLC แล้วนำข้อมูลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานแกมมาโอไรซานอล เพื่อหาปริมาณแกมมาโอไรซานอลในตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การคำนวณ

4.1 เตรียมสารละลายตัวอย่าง(stock solution) ที่ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร โดยชั่งสารตัวอย่าง 1 มิลลิกรัม ละลายในเฟสเคลื่อนที่ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ละลายจนได้สารละลายใส

4.2 เจือจางสารละลายตัวอย่างจาก 1 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ให้ได้ความเข้มข้น 30 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร โดย

$$C_1V_1 = C_2V_2$$

$$(1000\ \mu g/mL)(V_1) = (30\ \mu g/mL)(1\ mL)$$

$$V_1 = \frac{(30\ \mu g/mL)(1\ mL)}{(1000\ \mu g/mL)}$$

$$V_1 = 0.03\ mL$$

$$= 30\ \mu L$$

ดังนั้น จะต้องดูดสารละลายตัวอย่าง ที่ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร เป็นปริมาตร 30 ไมโครลิตร และเติม mobile phase เป็นปริมาตร 970 ไมโครลิตร จะได้สารละลายตัวอย่าง ที่ความเข้มข้น 30 ไมโครกรัม/มิลลิลิตรปริมาตร 1 มิลลิลิตรฉีดสารละลายตัวอย่าง ปริมาตร 20 ไมโครลิตร ในเครื่อง RP-HPLC หาพื้นที่ใต้พีค ทำ 3 ซ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ค

## การทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ

1. การเตรียมสารละลาย DPPH(2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl)

ความเข้มข้นของ DPPH ที่ใช้ คือ 0.35 มิลลิโมลาร์ มีวิธีเตรียมดังนี้

1.1 ชั่ง DPPH มา 0.0069 กรัม(6.9 มิลลิกรัม) ละลายในเอทานอล 50 มิลลิลิตร

1.2 ละลายด้วยเครื่องโซนิคเคท เป็นเวลา 30 นาที

1.3 กรองผ่านแผ่นกรองที่มีขนาดรูพรุน 0.45 ไมโครเมตร หรือใช้กระดาษกรองวอทแมน เบอร์ 1 ซ้อนกัน 3 ชั้น

1.4เก็บไว้ในตู้หมักเย็นที่มีอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสและมืดสนิท

หมายเหตุ : มวลโมเลกุลของ DPPH เท่ากับ 394.32

2. การเตรียมกราฟมาตรฐาน BHT(butylated hydroxytoluene)

ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานBHTที่ใช้ ได้แก่ $1.5625x10^{-2}$ $3.125 x10^{-2}$ $6.25 x10^{-2}$ 0.125 0.25 0.5 1 1.5 และ 2 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรซึ่งมีวิธีการเตรียมดังนี้

2.1 เตรียมสารละลายมาตรฐานแกมมาโอไรซานอลความเข้มข้นเริ่มต้น 2.0 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

2.2 นำสารละลายมาตรฐานแกมมาโอไรซานอลความเข้มข้นเริ่มต้น 2.0 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร มาทำการเจือจางให้ได้ระดับความเข้มข้นเท่ากับ 2 1.5 และ 1.0มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

2.3 จากนั้นนำสารละลายมาตรฐานแกมมาโอไรซานอลความเข้มข้น 1.0มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร มาทำการเจือจางต่อไปจนถึงระดับความเข้มข้นสุดท้าย

2.4 นำสารละลายมาตรฐานความเข้มข้นต่างๆ ใส่ลงในเพลท(96-well plate) หลุดละ 100 ไมโครลิตร จากนั้นเติมสารละลาย DPPH 0.35 มิลลิโมลาร์ หลุดละ 100 ไมโครลิตร

2.5 นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องไมโครเพลทรีดเดอร์(Microplate reader) ที่ความยาวคลื่น 492นาโนเมตร

2.6นำข้อมูลที่ได้ไปหาค่าความเข้มข้นของสารสกัดที่ยับยั้งอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50

3. การหาค่าความเข้มข้นของสารสกัดที่ยับยั้งอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 (IC50)

ในการวิเคราะห์หาค่าความเข้มข้นของสารสกัดที่ยับยั้งอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 จะใช้โปรแกรม Graphpad prism 5.0 ซึ่งมีวิธีการวิเคราะห์ดังนี้

3.1 เปิดโปรแกรม Graphpad prism 5.0

3.2เมื่อเปิดโปรแกรมจะมาหน้าต่าง “Welcome to Graphpad Prism” ขึ้นมา ให้ทำการตั้งค่าดังนี้

New table & graph : XY

Sample data : Start with an amply data table

Choose a graph : Points and connecting line

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Subcolumns for replicates or error values : Enter and plot a single Y value for each point

เมื่อตั้งค่าข้างตั้งเรียบร้อยแล้ว ให้กดที่ปุ่ม “Create”

3.3เมื่อกดที่ปุ่ม “Create” แล้ว จะปรากฏตาราง จากนั้นให้ทำการป้อนข้อมูลร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระของแต่ละความเข้มข้น โดยป้อนข้อมูลความเข้มข้นใส่ในคอลัมน์ X ให้ความเข้มข้นต่ำสุดอยู่ด้านบนสุดและความเข้นข้นสูงสุดอยู่ด้านล่าง และป้อนข้อมูลร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระของแต่ละซ้ำลงในคอลัมน์ เมื่อป้อนข้อมูลเรียบร้อยแล้ว ให้ใส่พิม “50” ต่อท้ายร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระของแต่ละซ้ำ

3.4เมื่อป้อนข้อมูลเรียบร้อยแล้ว ให้กดที่ปุ่ม “Analyze” จะมาหน้าต่าง “Analyze Data” ขึ้นมาจากนั้นคลิกเลือก “Fit spline/LOWESS”แล้วกดที่ปุ่ม “OK”

3.5 เมื่อกดที่ปุ่ม “OK” แล้วจะมาหน้าต่าง “Parameters : Fit Spline/LOWESS” ขึ้นมาให้ทำการตั้งค่าดังนี้

Method to create curve:Cubic spline

Number of segments : 1000

Standard curve calculations : Standard curve. X from Y.

เมื่อตั้งค่าข้างตั้งเรียบร้อยแล้ว ให้กดที่ปุ่ม “OK”

3.6จากนั้นให้ไปคลิกที่ “Interpolated X value” จะปรากฏค่าความเข้มข้นของสารสกัดที่ยับยั้งอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 ของแต่ละซ้ำออกมา

3.7นำค่าที่ได้ไปหาค่าเฉลี่ย เพื่อให้ได้ความเข้มข้นของสารสกัดที่ยับยั้งอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 ของแต่ละปัจจัยก่อนนำไปเปรียบเทียบทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

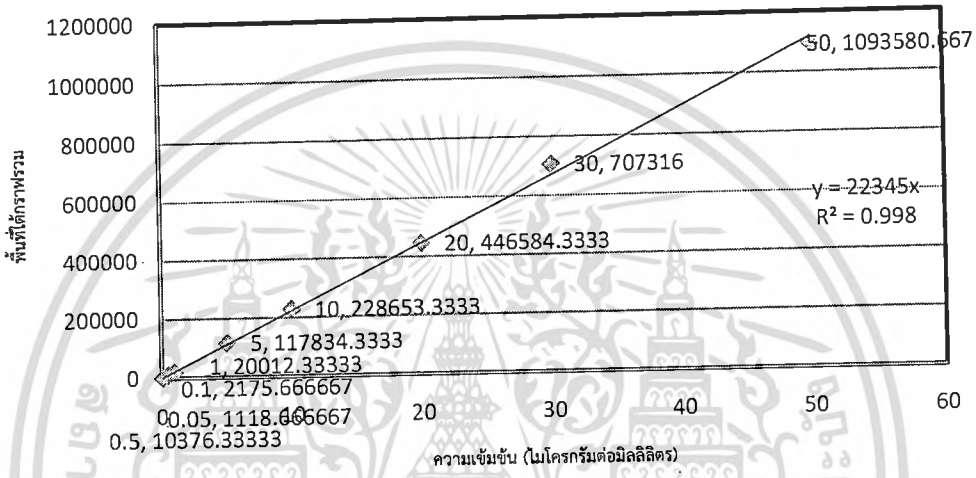
# ภาคผนวก ง

## กราฟมาตรฐาน

### กราฟมาตรฐานแกมมาโอไรซานอล

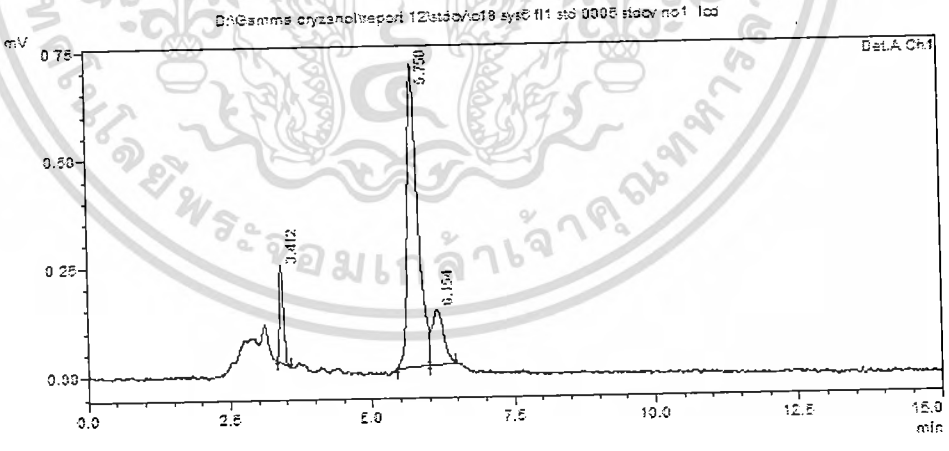
ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานแกมมาโอไรซานอลที่ใช้ ได้แก่ 50 30 20 10 5 1 0.5 0.1 และ 0.05 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตรได้กราฟมาตรฐานดังนี้

กราฟมาตรฐานแกมมาโอไรซานอล




1.1 สารละลายมาตรฐานแกมมาโอไรซานอลเข้มข้น 0.05 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

<Chromatogram>




1 Det.A Ch1/330nm

PeakTable

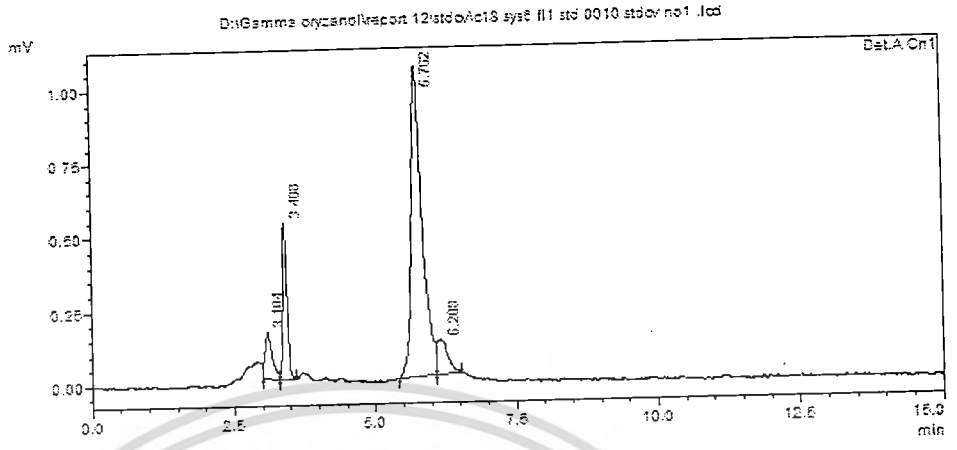
Detector A Ch1 330nm

| Peak# | Ret. Time | Area | Height | Area % | Height % |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 3.412 | 1136 | 123 | 5.535 | 21.288 |
| 2 | 5.750 | 9051 | 499 | 75.792 | 66.774 |
| 3 | 6.154 | 1756 | 125 | 14.685 | 11.938 |
| Total | | 11955 | 1045 | 100.000 | 100.000 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 สารละลายมาตรฐานแกมมาโอไรซานอลเข้มข้น 0.1 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

<Chromatogram>




1 Det.A Ch1/330nm

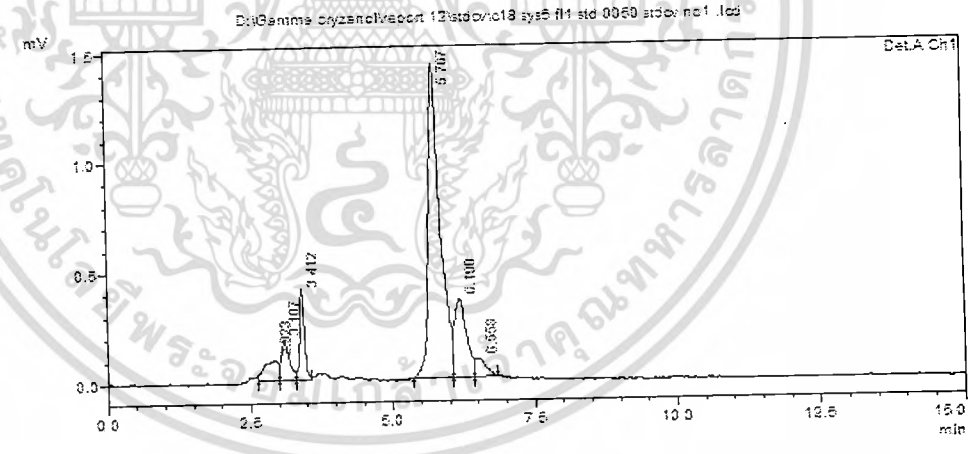
PeakTable

Detector A Ch1 330nm

| Peak# | Ret. Time | Area | Height | Area % | Height % |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 3.104 | 1374 | 158 | 6.784 | 8.560 |
| 2 | 3.408 | 2840 | 525 | 14.025 | 28.405 |
| 3 | 5.762 | 14482 | 1063 | 71.526 | 57.025 |
| 4 | 6.208 | 1552 | 111 | 7.665 | 6.009 |
| Total | | 20248 | 1847 | 100.000 | 100.000 |

1.3สารละลายมาตรฐานแกมมาโอไรซานอลเข้มข้น 0.5 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

<Chromatogram>




1 Det.A Ch1/330nm

PeakTable

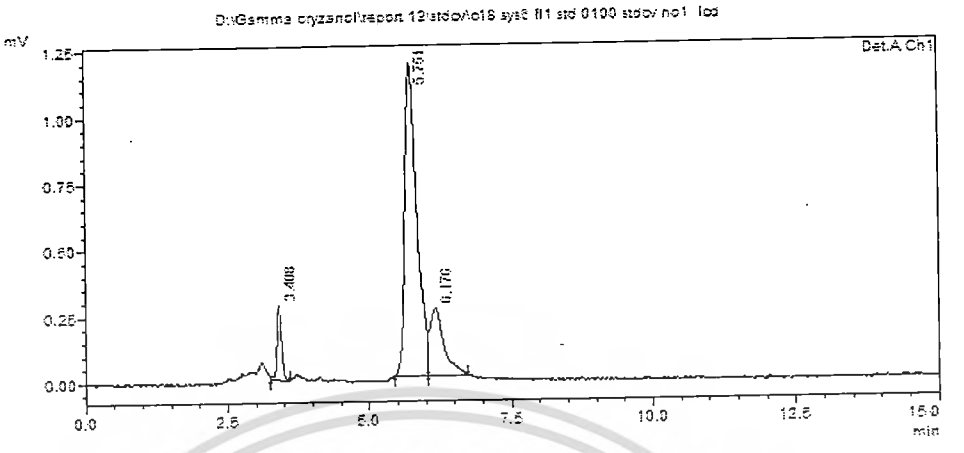
Detector A Ch1 330nm

| Peak# | Ret. Time | Area | Height | Area % | Height % |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2.923 | 1615 | 90 | 4.951 | 3.555 |
| 2 | 3.107 | 1744 | 181 | 5.346 | 7.152 |
| 3 | 3.412 | 2359 | 405 | 7.231 | 16.145 |
| 4 | 5.767 | 20685 | 1421 | 63.396 | 56.244 |
| 5 | 6.190 | 5190 | 350 | 15.908 | 13.835 |
| 6 | 6.559 | 1034 | 77 | 3.168 | 3.041 |
| Total | | 32625 | 2526 | 100.000 | 100.000 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 สารละลายมาตรฐานแกมมาโอไรซานอลเข้มข้น 1.0 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

<Chromatogram>




1 Det.A Ch1/330nm

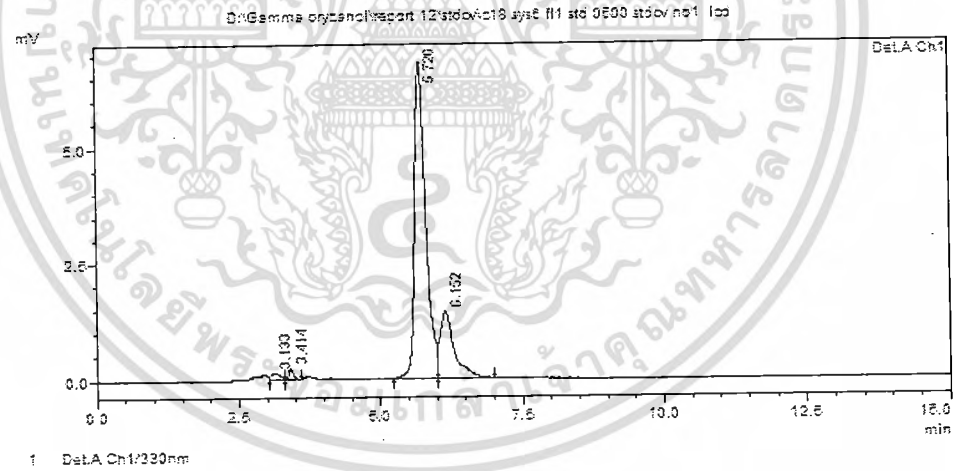
PeakTable

Detector A Ch1 330nm

| Peak# | Ret. Time | Area | Height | Area % | Height % |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 3.408 | 1546 | 279 | 6.622 | 16.265 |
| 2 | 5.751 | 17498 | 1178 | 74.948 | 68.664 |
| 3 | 6.176 | 4303 | 258 | 18.430 | 15.039 |
| Total | | 23347 | 1715 | 100.000 | 100.000 |

1.5 สารละลายมาตรฐานแกมมาโอไรซานอลเข้มข้น 5.0 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

<Chromatogram>




1 Det.A Ch1/330nm

PeakTable

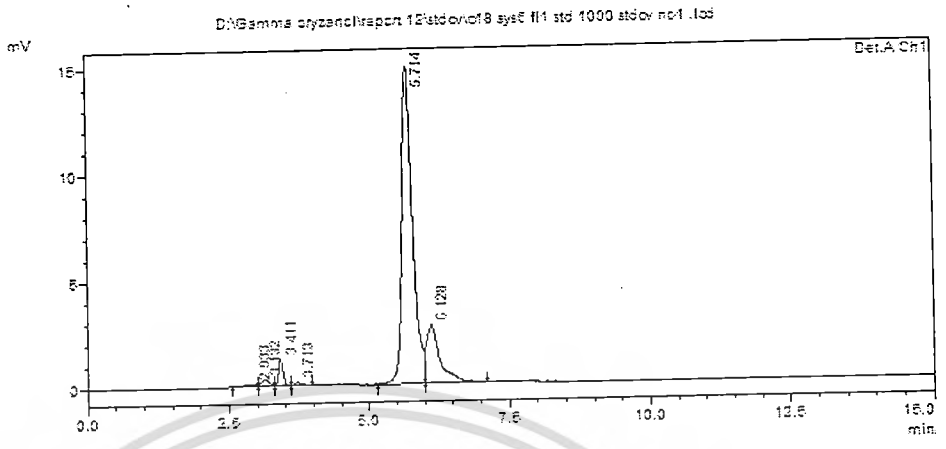
Detector A Ch1 330nm

| Peak# | Ret. Time | Area | Height | Area % | Height % |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 3.133 | 1613 | 148 | 1.338 | 1.726 |
| 2 | 3.414 | 1389 | 218 | 1.154 | 2.538 |
| 3 | 5.720 | 93103 | 6795 | 77.344 | 79.211 |
| 4 | 6.152 | 24377 | 1418 | 20.165 | 16.525 |
| Total | | 120482 | 8578 | 100.000 | 100.000 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 สารละลายมาตรฐานแกมมาโอไรซานอลเข้มข้น 10 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

**<Chromatogram>**




1 Det.A Ch1/330nm

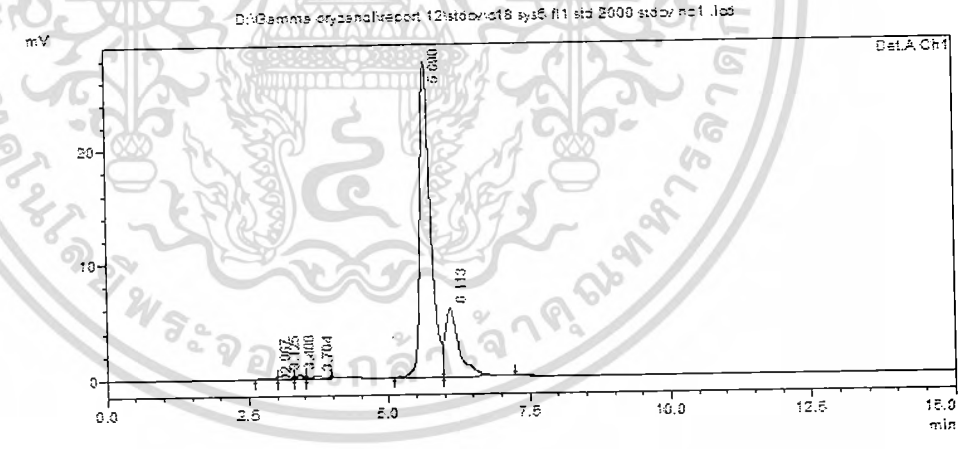
PeakTable

Detector A Ch1 330nm

| Peak# | Ret. Time | Area | Height | Area % | Height % |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2.993 | 1806 | 114 | 0.690 | 0.586 |
| 2 | 3.192 | 3475 | 336 | 1.328 | 1.736 |
| 3 | 3.411 | 7075 | 1260 | 2.704 | 6.474 |
| 4 | 3.713 | 1626 | 151 | 0.619 | 0.778 |
| 5 | 5.714 | 201524 | 14879 | 77.029 | 76.479 |
| 6 | 6.128 | 46120 | 2714 | 17.629 | 13.949 |
| Total | | 261630 | 19455 | 100.000 | 100.000 |

1.7 สารละลายมาตรฐานแกมมาโอไรซานอลเข้มข้น 20 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

**<Chromatogram>**




1 Det.A Ch1/330nm

PeakTable

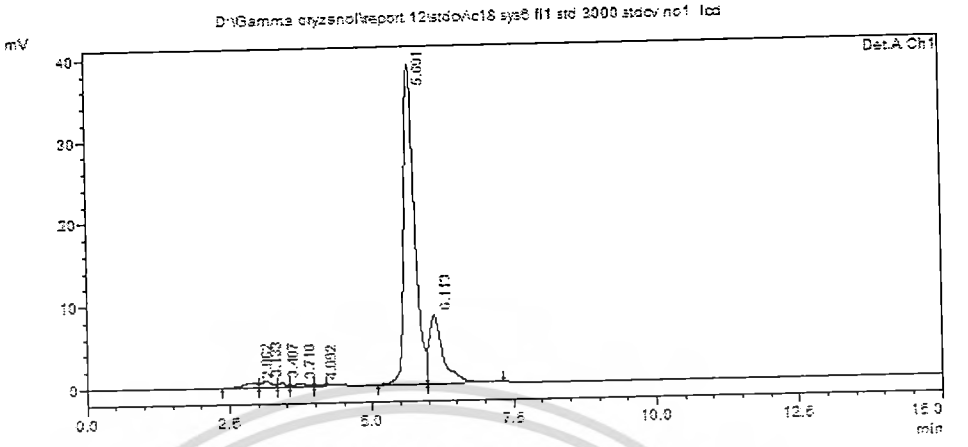
Detector A Ch1 330nm

| Peak# | Ret. Time | Area | Height | Area % | Height % |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2.967 | 2506 | 155 | 0.516 | 0.448 |
| 2 | 3.125 | 4264 | 377 | 0.878 | 1.089 |
| 3 | 3.400 | 2699 | 412 | 0.557 | 1.191 |
| 4 | 3.704 | 3481 | 271 | 0.716 | 0.784 |
| 5 | 5.690 | 373818 | 27494 | 76.942 | 79.382 |
| 6 | 6.113 | 99168 | 5847 | 20.411 | 16.921 |
| Total | | 485948 | 34557 | 100.000 | 100.000 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.8 สารละลายมาตรฐานแกมมาโอไรซานอลเข้มข้น 30 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

**<Chromatogram>**




1 Det.A Ch1/320nm

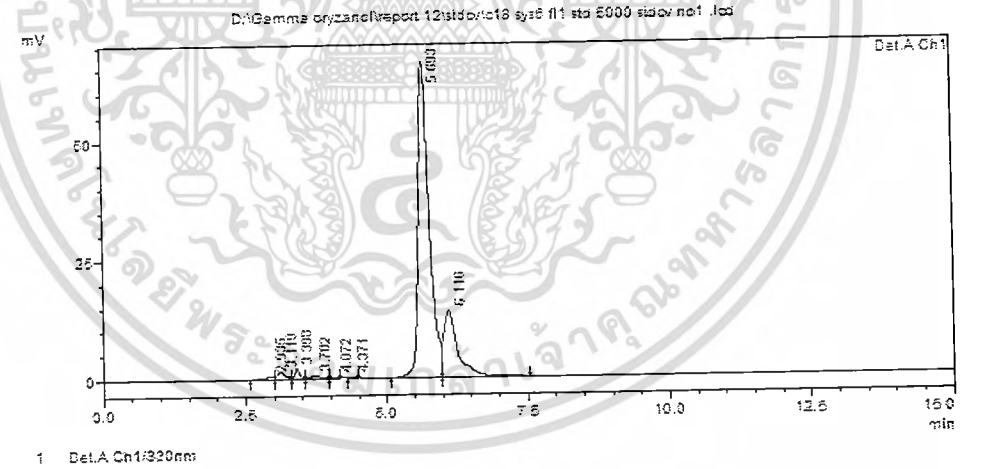
PeakTable

Detector A Ch1 330nm

| Peak# | Ret. Time | Area | Height | Area % | Height % |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 3.062 | 9971 | 510 | 1.432 | 1.033 |
| 2 | 3.138 | 9006 | 722 | 1.294 | 1.461 |
| 3 | 3.407 | 4021 | 554 | 0.578 | 1.122 |
| 4 | 3.710 | 5210 | 395 | 0.748 | 0.802 |
| 5 | 4.092 | 1169 | 106 | 0.168 | 0.215 |
| 6 | 5.694 | 525794 | 38815 | 75.521 | 78.611 |
| 7 | 6.113 | 141052 | 8273 | 20.260 | 16.756 |
| Total | | 696222 | 49376 | 100.000 | 100.000 |

1.9 สารละลายมาตรฐานแกมมาโอไรซานอลเข้มข้น 50 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

**<Chromatogram>**




1 Det.A Ch1/320nm

PeakTable

Detector A Ch1 330nm

| Peak# | Ret. Time | Area | Height | Area % | Height % |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2.995 | 7684 | 625 | 0.640 | 0.726 |
| 2 | 3.115 | 15229 | 1684 | 1.267 | 1.954 |
| 3 | 3.398 | 12898 | 2157 | 1.073 | 2.518 |
| 4 | 3.702 | 8944 | 708 | 0.744 | 0.825 |
| 5 | 4.072 | 2069 | 187 | 0.172 | 0.218 |
| 6 | 4.371 | 1647 | 185 | 0.137 | 0.216 |
| 7 | 5.693 | 915203 | 66281 | 76.158 | 77.285 |
| 8 | 6.116 | 236040 | 13934 | 19.808 | 16.247 |
| Total | | 1201723 | 85762 | 100.000 | 100.000 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก จ

## การคำนวณ

1. การคำนวณหาปริมาณน้ำมัน

ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่สกัดได้จะรายงานค่าโดยใช้หน่วยเป็นกรัมต่อกรัมรำข้าวซึ่งจะหาได้จากสมการดังนี้

$$\text{ปริมาณน้ำมันรำข้าว (w/w)} = \frac{\text{น้ำหนักของน้ำมันรำข้าวที่สกัดได้จากรำข้าว 5 กรัม}}{\text{น้ำหนักแห้งของรำข้าว 5 กรัม}}$$

2. การคำนวณหาปริมาณแกมมาโอไรซานอล

ปริมาณแกมมาโอไรซานอลในน้ำมันรำข้าวจะรายงานค่าโดยใช้หน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ซึ่งปริมาณแกมมาโอไรซานอลจะหาได้จากการนำพื้นที่ใต้พีคที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC มาแทนค่าลงในสมการต่อไปนี้

$$\text{แกมมาโอไรซานอล (mg/ml)} = \frac{\text{พื้นที่ใต้พีค}}{670.35}$$

3. การคำนวณหาร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระ

ร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าว จะถูกนำไปใช้ในการหาค่าความเข้มข้นของสารสกัดที่ยับยั้งอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 ซึ่งหาได้จากสมการต่อไปนี้

$$\text{การต้านอนุมูลอิสระ(\%)} = \frac{(A_{DPPH} - A_{Blank\ DPPH}) - (A_{Sample} - A_{Blank\ Sample})}{(A_{DPPH} - A_{Blank\ DPPH})} \times 100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ฉ

## การวิเคราะห์ค่าทางสถิติ

ทำการคำนวณค่าทางสถิติโดยใช้โปรแกรม SPSS 20.0 แบบ One-way ANOVA ตามวิธีของ Duncan การประเมินผลทางสถิตินั้น จะกำหนดตั้งสมมติฐาน ดังนี้

$H_0$ = อิทธพลของทุกปัจจัยไม่แตกต่างกัน

$H_1$ = มีอย่างน้อย 2 ปัจจัยที่แตกต่างกัน

จากนั้นพิจารณาจากค่านัยสำคัญ(Significance; sig.) ในตาราง ANOVA หากค่า sig. มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับค่านัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$) จะปฏิเสธ $H_0$และยอมรับ $H_1$คือ มีอย่างน้อย 2 ปัจจัยที่แตกต่างกัน และหากค่า sig. มีค่ามากกว่าค่านัยสำคัญทางสถิติ($p > 0.05$) จะยอมรับ $H_0$และปฏิเสธ $H_1$คือ อิทธพลของทุกปัจจัยไม่แตกต่างกัน

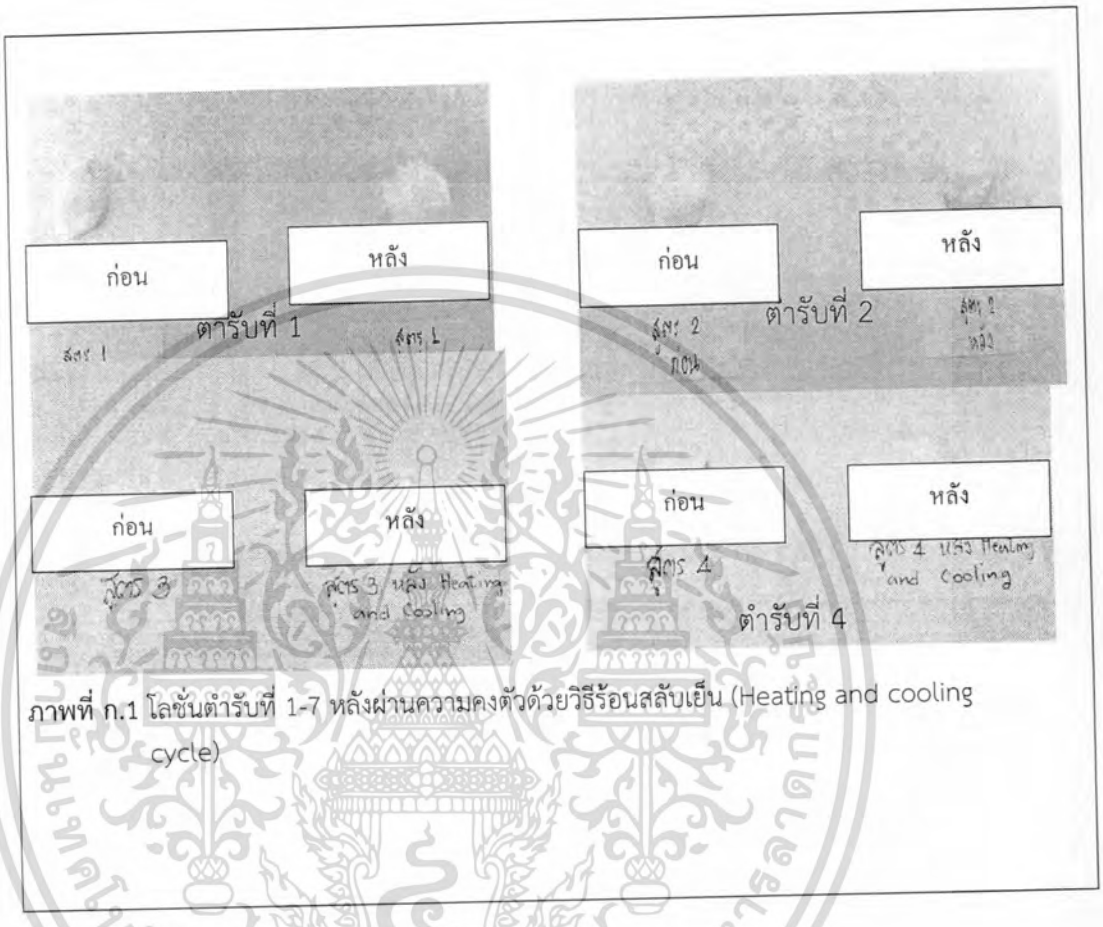
สำหรับตารางเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของปัจจัยจะใช้วิธี Duncan สรุปได้ดังนี้

Subset of alpha ($\alpha$)= 0.05 ช่องที่ 1 กำหนดอักษร a
ช่องที่ 2 กำหนดอักษร b
ช่องที่ 3 กำหนดอักษร c
ช่องที่ 4 กำหนดอักษร d
ช่องที่ 5 กำหนดอักษร e
ช่องที่ 6 กำหนดอักษร f
ช่องที่ 7 กำหนดอักษร g
ช่องที่ 8 กำหนดอักษร h
ช่องที่ 9 กำหนดอักษร i
ช่องที่ 10 กำหนดอักษร j
ช่องที่ 11 กำหนดอักษร k
ช่องที่ 12 กำหนดอักษร l
ช่องที่ 13 กำหนดอักษร m
ช่องที่ 14 กำหนดอักษร n

หากค่าของปัจจัยอยู่ในซับเซตเดียวกัน แสดงว่า ไม่มีความแตกต่างกัน และหากค่าของปัจจัยไม่อยู่ในซับเซตเดียวกัน แสดงว่า มีความแตกต่างกัน

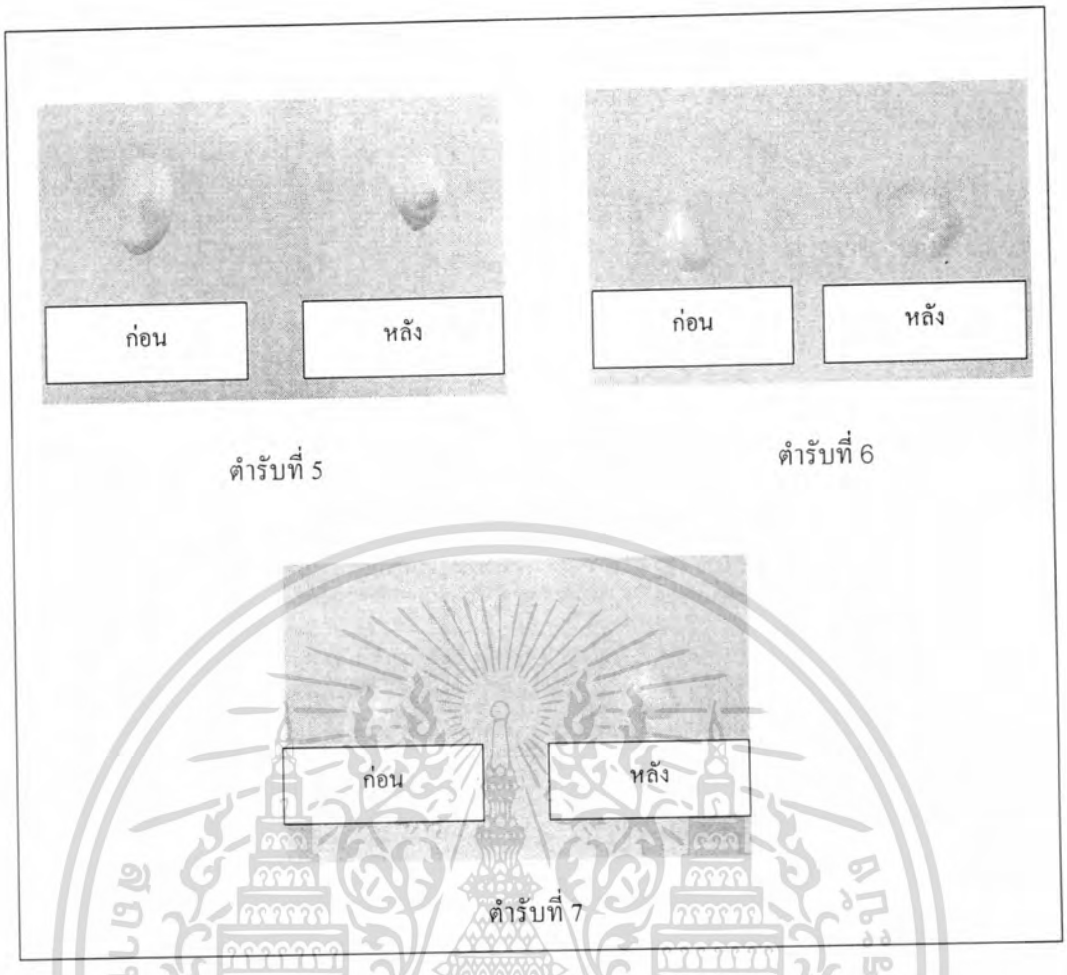
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ช
# ข้อมูลการทดสอบความคงตัวของตำรับโลชั่นวิธีร้อนสลับเย็น
# (Heating and cooling cycle)




**ภาพที่ ก.1** โลชั่นตำรับที่ 1-7 หลังผ่านความคงตัวด้วยวิธีร้อนสลับเย็น (Heating and cooling cycle)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**ภาพที่ ก.1** โลชั่นตำรับที่ 1-7 หลังผ่านความคงตัวด้วยวิธีร้อนสลับเย็น (Heating and cooling cycle) (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ซ
# ข้อมูลการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของโลชั่นด้วยวิธี DPPH Scavenging assay

**1. ข้อมูลค่าการดูดกลืนแสงของโลชั่นพื้นที่วัดด้วยเครื่องไมโครเพลทรีดเดอร์**

ตารางที่ ข.1 ค่าการดูดกลืนแสงของโลชั่นพื้นที่วัดด้วยเครื่องไมโครเพลทรีดเดอร์

| ตำรับ | ค่าการดูดกลืนแสง | การต้านอนุมูลอิสระ (% inhibition)* |
|---|---|---|
| 3 | 0.9765 | 1.24 |
| 4 | 0.9779 | 1.09 |
| 7 | 0.9841 | 0.17 |

หมายเหตุ. *%inhibition = [ $(Abs_{control} - Abs_{sample})/Abs_{control}$ ] × 100

$Abs_{control}$= 0.98875

**2. ข้อมูลค่าการดูดกลืนแสงของโลชั่นแกมมา-ออไรซานอลที่วัดด้วยเครื่องไมโครเพลทรีดเดอร์**

ตารางที่ ข.2 ค่าการดูดกลืนแสงของโลชั่นแกมมา-ออไรซานอลที่วัดด้วยเครื่องไมโครเพลทรีดเดอร์

| ตำรับ | ปริมาณแกมมา-ออไรซานอลในโลชั่น (g) | ค่าการดูดกลืนแสง | การต้านอนุมูลอิสระ (% inhibition)* |
|---|---|---|---|
| 3 | 0.5 | 0.550 | 54.61 |
| 3 | 0.7 | 0.515 | 57.50 |
| 3 | 1.0 | 0.469 | 61.30 |
| 4 | 0.5 | 0.521 | 57.00 |
| 4 | 0.7 | 0.495 | 59.15 |
| 4 | 1.0 | 0.463 | 61.80 |
| 7 | 0.5 | 1.058 | 12.69 |
| 7 | 0.7 | 0.920 | 25.73 |
| 7 | 1.0 | 0.877 | 27.63 |

หมายเหตุ. *%inhibition = [ $(Abs_{control} - Abs_{sample})/Abs_{control}$ ] × 100

$Abs_{control}$= 1.21188

**3. ข้อมูลค่าการดูดกลืนแสงของโลชั่นน้ำมันรำข้าวที่วัดด้วยเครื่องไมโครเพลทรีดเดอร์**

ตารางที่ ข.3 ค่าการดูดกลืนแสงของโลชั่นน้ำมันรำข้าวที่วัดด้วยเครื่องไมโครเพลทรีดเดอร์

| ตำรับ | ปริมาณน้ำมันรำข้าวในโลชั่น (g) | ค่าการดูดกลืนแสง | การต้านอนุมูลอิสระ (% inhibition)* |
|---|---|---|---|
| 3 | 0.8 | 0.56 | 53.79 |
| 3 | 1.0 | 0.428 | 64.68 |
| 3 | 1.5 | 0.423 | 65.09 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | | | |
|---|---|---|---|
| 4 | 0.8 | 0.459 | 62.12 |
| 4 | 1.0 | 0.392 | 67.65 |
| 4 | 1.5 | 0.365 | 69.88 |
| 7 | 0.8 | 0.786 | 35.14 |
| 7 | 1.0 | 0.752 | 37.95 |
| 7 | 1.5 | 0.748 | 38.28 |

หมายเหตุ. *%inhibition = [ $(Abs_{control} - Abs_{sample})/Abs_{control}$ ] × 100

$Abs_{control}$= 1.21188

**4. ข้อมูลค่าการดูดกลืนแสงของโลชั่นแกมมา-ออไรซานอลตำรับ 8 ที่วัดด้วยเครื่องไมโครเพลทรีดเดอร์**

ตารางที่ ข.4 ค่าการดูดกลืนแสงของโลชั่นน้ำมันรำข้าวที่วัดด้วยเครื่องไมโครเพลทรีดเดอร์

| ตำรับ | ปริมาณแกมา-ออไรซานอลในโลชั่น (g) | ค่าการดูดกลืนแสง | การต้านอนุมูลอิสระ (% inhibition)* |
|---|---|---|---|
| 8 | 0.5 | 0.480 | 51.45 |
| 8 | 0.7 | 0.444 | 55.10 |
| 8 | 1.0 | 0.415 | 58.03 |

หมายเหตุ. *%inhibition = [ $(Abs_{control} - Abs_{sample})/Abs_{control}$ ] × 100

$Abs_{control}$= 0.98875

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ญ

## แบบสอบถามความพงพอใจ

### ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับผู้ตอบแบบสอบถาม

ชื่อและนามสกุล.....เพศ ( )ชาย ( )หญิง อายุ..... ปี

ท่านเคยใช้ผลิตภัณฑ์ทาผิวหรือไม่ ( )เคย ( )ไม่เคย กรุณาระบุยี่ห้อ.....

ท่านเคยแพ้ผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางหรือไม่ ( )เคย ( )ไม่เคย กรุณาระบุยี่ห้อ.....

<u>คำชี้แจง 1</u> กรุณาทำเครื่องหมาย (X) ลงในช่องว่างที่จัดไว้ให้ที่ตรงตามระดับความพึงพอใจของท่านมากที่สุด

| กลิ่น | ระดับความพึงพอใจ | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | มากที่สุด (5) | มาก (4) | ปานกลาง (3) | น้อย (2) | น้อยที่สุด (1) |
| กลิ่นข้าวหอมสุพรรณ | | | | | |
| Riz | | | | | |
| Flowery | | | | | |

<u>คำชี้แจง 2</u> กรุณาเติมหมายเลข 1-5 เพื่อระบุความพึงพอใจลงในตาราง โดย

หมายเลข (1) หมายถึง น้อยที่สุด (2) หมายถึง น้อย

(3) หมายถึง ปานกลาง (4) หมายถึง มาก

(5) หมายถึง มากที่สุด

| ตำหรับ | ระดับความพึงพอใจ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | สี | ความหนืด | ลักษณะเนื้อครีม | การซึมซาบลงสู่ผิว | ความชุ่มชื้นของผิวบริเวณที่ทา | ความพึงพอใจโดยรวม |
| 3 | | | | | | |
| 4 | | | | | | |
| 7 | | | | | | |

ท่านคิดว่าผลิตภัณฑ์ตัวอย่างควรมีการปรับปรุงด้านใดบ้าง

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ฎ

## ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

1. ผลการศึกษาความพึงพอใจของกลิ่นทั้ง 3 ในผลิตภัณฑ์โลชั่น

Oneway

ANOVA

Smell

| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| Between Groups | 131.213 | 2 | 65.607 | 95.430 | .000 |
| Within Groups | 101.060 | 147 | .687 | | |
| Total | 232.273 | 149 | | | |

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

smell

Duncan[a]

| treatment | N | Subset for alpha = 0.05 | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 |
| กลิ่นข้าวหอมสุพรรณ | 50 | 2.0800 | | |
| Riz | 50 | | 3.6800 | |
| Flowery | 50 | | | 4.3000 |
| Sig. | | 1.000 | 1.000 | 1.000 |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 50.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ผลการศึกษาความพึงพอใจของตำรับโลชั่นที่ 3, 4 และ 7

Oneway

ANOVA

| | | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| color | Between Groups | .973 | 2 | .487 | .961 | .385 |
| | Within Groups | 74.420 | 147 | .506 | | |
| | Total | 75.393 | 149 | | | |
| viscosity | Between Groups | 6.880 | 2 | 3.440 | 4.089 | .019 |
| | Within Groups | 123.660 | 147 | .841 | | |
| | Total | 130.540 | 149 | | | |
| texture | Between Groups | 8.440 | 2 | 4.220 | 6.515 | .002 |
| | Within Groups | 95.220 | 147 | .648 | | |
| | Total | 103.660 | 149 | | | |
| Absorption | Between Groups | 2.080 | 2 | 1.040 | 1.262 | .286 |
| | Within Groups | 121.180 | 147 | .824 | | |
| | Total | 123.260 | 149 | | | |
| moisturize | Between Groups | 1.000 | 2 | .500 | .886 | .415 |
| | Within Groups | 83.000 | 147 | .565 | | |
| | Total | 84.000 | 149 | | | |
| total | Between Groups | 9.160 | 2 | 4.580 | 9.056 | .000 |
| | Within Groups | 74.340 | 147 | .506 | | |
| | Total | 83.500 | 149 | | | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

color

Duncan[a]

| treatment | N | Subset for alpha = 0.05 |
|---|---|---|
| | | 1 |
| สูตร3 | 50 | 3.7400 |
| สูตร4 | 50 | 3.7600 |
| สูตร7 | 50 | 3.9200 |
| Sig. | | .237 |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 50.000.

viscosity

Duncan[a]

| treatment | N | Subset for alpha = 0.05 | |
|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 |
| สูตร3 | 50 | 3.1800 | |
| สูตร4 | 50 | 3.3800 | 3.3800 |
| สูตร7 | 50 | | 3.7000 |
| Sig. | | .277 | .083 |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 50.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Texture of lotion

Duncan[a]

| treatment | N | Subset for alpha = 0.05 | |
|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 |
| สูตร3 | 50 | 3.3800 | |
| สูตร4 | 50 | 3.6400 | |
| สูตร7 | 50 | | 3.9600 |
| Sig. | | .108 | 1.000 |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 50.000.

Absorption

Duncan[a]

| treatment | N | Subset for alpha = 0.05 |
|---|---|---|
| | | 1 |
| สูตร3 | 50 | 3.3000 |
| สูตร4 | 50 | 3.5000 |
| สูตร7 | 50 | 3.5800 |
| Sig. | | .148 |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 50.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Moisturize**

Duncan[a]

| treatment | N | Subset for alpha = 0.05 |
|---|---|---|
| | | 1 |
| สูตร3 | 50 | 3.7000 |
| สูตร7 | 50 | 3.8000 |
| สูตร4 | 50 | 3.9000 |
| Sig. | | .213 |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 50.000.

**Total**

Duncan[a]

| treatment | N | Subset for alpha = 0.05 | |
|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 |
| สูตร3 | 50 | 3.3600 | |
| สูตร4 | 50 | | 3.8000 |
| สูตร7 | 50 | | 3.9400 |
| Sig. | | 1.000 | .327 |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 50.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ผลผลิตจากงานวิจัย (Output)

**บทความวิจัย**

1. Thawai, C., Sukonthamut, S., Ruen-ngam, D. 2014. Pretreatment processes of rice bran for increasing yield of γ-oryzanol in rice bran oil and its antioxidant activity. *Separation Science and Technology.* (Submit) (Impact factor = 1.2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Separation Science and Technology

# Submission Confirmation

Thank you for submitting your manuscript to *Separation Science and Technology*.

Manuscript ID: LSST-2014-8258

Title: Pretreatment processes of rice bran for increasing yield of γ-oryzanol in rice bran oil and its antioxidant activity

Authors: Ruen-ngam, Duangkamol

Date Submitted: 20-Oct-2014

Print Return to Dashboard

© Thomson Reuters | © ScholarOne, Inc , 2014. All Rights Reserved.
ScholarOne Manuscripts and ScholarOne are registered trademarks of ScholarOne, Inc.
ScholarOne Manuscripts Patents #7,257,787 and #7,263,655.

@ScholarOneNews | System Requirements | Privacy Statement | Terms of Use



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Separation Science and Technology

# Pretreatment processes of rice bran for increasing yield of γ-oryzanol in rice bran oil and its antioxidant activity

| | |
|---|---|
| Journal: | *Separation Science and Technology* |
| Manuscript ID: | Draft |
| Manuscript Type: | Original Article |
| Date Submitted by the Author: | n/a |
| Complete List of Authors: | Ruen-ngam, Duangkamol; King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Biology |
| Keywords: | oryzanol, rice bran oil, pretreatment, antioxidant |
| | |

SCHOLARONE
Manuscripts



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Pretreatment processes of rice bran for increasing yield of γ-oryzanol in rice bran oil and its antioxidant activity

Chitti Thawai[1], Sujitra Sukonthamut[2], Duangkamol Ruen-ngam[1]*

[1]Department of Biology Faculty of Science King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL) Bangkok 10520 Thailand

[2]Department of Statistics Faculty of Science King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL) Bangkok 10520 Thailand

*Corresponding author. Tel.: +662329-8000-99 ext 6262 Fax.: +66-2329-8427
E-mail address: krduangk@kmitl.ac.th (D. Ruen-ngam)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Abstract**

Six pretreatment processes took effect on an amount of rice bran oil, γ-oryzanol and its ABTS assay and DPPH scavenging from Khao Dok Mali, Thailand. Pretreatment processes with operating temperature were microwave (60-110°C), hot air (70-180°C), roasting (60-80°C), parboiling (70°C), autoclave (121°C) and enzyme treatment (50°C). The highest amount of oil was available from hot air heating (70°C) with 0.27 g/g of dried rice bran whereas amount of γ-oryzanol was available from the parboiling process with 9.8 mg/g of dried rice bran and γ-oryzanol concentration was calculated and got the highest value at 46.9 mg/ml oil by roasting process (60°C).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1. Introduction

Rice is well known as Thailand's industrial crop. The rice appears in the main dish especially in Asian country. There are many types of rice, one famous type which grows in the middle part of Thailand is Khao Dok Mali 105. Characteristics of Khao Dok Mali 105 are long shape with white color and smell like jasmine with sometime called jasmine rice. Khao Dok Mali is rich in nutrition (nutrient) such as protein, vitamins, ferrous and antioxidant compounds [1]. After milling process rice is divided into five parts; white rice, brown rice, broken-milled rice, rice husk and rice bran. The rice bran is by product from rice milling process of which around 10-12% contain large amount of fiber vitamins, minerals nutrition such as phenolics compound, vitamin E and its component; tocols, tocopherol, tocotrienol and γ-oryzanol [2]. A group of ferulic acid esters of phytosterols called γ-oryzanol is the main content of phytochemical in rice bran oil. The γ-oryzanol can relieve diseases for example; cholesterols, cancer, heart disease moreover perform to be antioxidant [3-5].

Previously rice bran was used as animal feed (Thanonkaew et al., 2012) and nowadays there are concerns about useful compounds contained therefore oil with contained antioxidant compounds has been extracted [5-11]. The oil extraction process has continuously developed starting with conventional extraction by using organic solvent [4], ohmic heating [12], hydrothermal treatment (sub-critical water) [13] and green technology by using pressurized carbon dioxide (SC-$CO_2$) [3, 14-16], however, some extraction methods were still limited with high toxin and cost therefore adaptation in extraction method is necessary. A huge amount of research investigated that although the method of heating pretreatment can enhance the extracted oil yield with the height containing of antioxidant but also consecutively stabilize rice bran oil [12, 17-22] moreover grain contains large amount of carbohydrate, hydrolysis pretreatment by enzyme was taken in advantage to get the high yield of oil with antioxidant compound [23-24]. However there is astonishment that few research regarding γ-oryzanol extraction and increase the extracted yield therefore this is possible to enhance the extracted yield from rice bran by such pretreatment methods.

This research will focus on finding out on the effect of pretreatment methods on the yield of oil and γ-oryzanol and also its antioxidant activity. The outcome from this research will be the information to renovate oil and γ-oryzanol extraction process.

## 2. Experimental



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

92 **2.1 Material of Rice bran**

93 Khao Dok Mali 105 was cultivated in Suphan Buri Province, Thailand. Rice was
94 milled by milling process then was kept in plastic bag and preserved in refrigerator at 4°C.

95 **2.2 Chemicals**

96 The standard of γ-oryzanol was available from Wako Pure Chemical Industries, Ltd,
97 Japan. CN5 HPLC column was bought from ACE®. The solvent for HPLC, methanol,
98 isopropanol, ethylacetate and hexane were purchased from Carlo Erba®. Hexane was
99 purchased from Marcon Fine Chemical™, USA, acetone from Fisher Science, UK, ethanol
100 from Fisher Science, UK, methanol from Avantor Performance Materials Inc., USA. Enzyme
101 of α-amylase was purchased from Sigma-Aldrich Co., USA, 1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl
102 (DPPH) from Sigma-Aldrich, Germany.

103 **2.3 Methods**

104 **2.3.1 Material preparation**

105 Raw material of rice bran is primary prepared and selected the size in the range of
106 150-300 μm by standard sieve (Endecotts Ltd, England) then applied with pretreatment
107 which was informed in following section and then continuously extracted the rice bran oil by
108 extraction method. Moisture content of the rice bran was measured and getting around
109 7.99±0.16%.

110 **2.3.2 Pretreatment Processes**

111 Pretreatment methods were adapted from Thanonkaew et al. [20] and Alrahmany et al.
112 [23]. The same amount of rice bran with weighed around 5 g was used for all treatments.
113 There are covering six pretreatment methods which are concluded in Table 1 and the detail of
114 each pretreatment method are 1) Heating by Microwave with different temperatures; 60, 90
115 and 110°C at frequency of 2450 MHz (Samsung, GE87Q-S, Thailand) for 3 minutes. The
116 higher operating temperature than 110°C with longer operating than 3 minutes can burn the
117 rice bran then turned to dark brown color therefore the limiting operating condition is 110°C
118 for 3 minutes. 2) Heating by Hot Air with different temperatures of 70°C, 100°C and 180°C
119 in oven (Memmert, UN110, Germany) with incubating time of 10 minutes. 3) Roasting by
120 domestic pan with diameter of 15 cm on hot plate (Gerhardt, Germany) with temperature of
121 60°C and 80°C for 3 minutes. 4) Parboiling by domestic cooking steamer with diameter of 30
122 cm with temperature of 75°C for 60 minutes. 5) Heating by autoclave with temperature of
123 121°C with pressure of 15 pound/inch$^2$ for 15 minutes. This condition is the same condition



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

of sterilization and enzyme inhibition. 6) Hydrolysis by α-amylase enzyme with concentration of 1375 unit/ml at optimum conditions for its activity by circulating rate of 180 rpm, incubating time of 120 minutes at 50°C.

**2.3.3 Extraction method**

This extraction step was done for all experiments after treating with pretreatment methods according to section 2.3.2. The extraction has conducted by using maceration method with the same condition according to Ruen-ngam et al. [25], the extraction condition which can achieve the highest amount of oil in the extract. The ratio of rice bran and solvent was selected at 1:4 (g/ml) with using hexane as solvent and the circulation rate was controlled at 200 rpm with shaking time of 60 minutes at 30°C. All extractions were done in 250 ml flask covered with aluminum foil for light protection. The residue in the extract was removed by filtration with No. 1 Whatman filter paper and the solvent was removed from rice bran oil under vacuum pressure by rotary evaporator. (Heidolph, Germany) then the residue rice bran oil was weighed by 4-digit weight machine. The rice bran oil was continuously tested its antioxidant activity according to DPPH radical scavenging activity and ABTS assay.

**2.3.4 HPLC Analysis**

Amount of γ-oryzanol in the extracted oil was measured by HPLC. The stationary phase was CN5 HPLC column with size of 250×4.6 mm. The mobile phase was the mixed solution of hexane:ethyl acetate:acetic acid with volume ratio of 97.3:1.8:0.9. The mobile phase was operated with isocratic flow with flow rate 0.5 ml/min. All extracted samples were analyzed with volume of 20 μl at wavelength of 330 nm. The data was reported by LC-solution software and the amount of γ-oryzanol was calculated based on the area under the peak of exacted known concentration of γ-oryzanol standard at the same retention time of γ-oryzanol standard around 27 minutes.

**2.3.5 Antioxidant Activity**

**1) DPPH radical scavenging activity**

The free radical scavenging assay was evaluated according to Alrahmany et al. [23] with some modification. Briefly, 100 μl of each extract or BHT standard was added into 100 μl of 0.5 mg/ml DPPH prepared in ethanol upon a 96-well plate. The mixtures were incubated at 30°C in the dark room for 30 minutes and then recorded absorbance at wavelength of 517 nm relative to control (as 100%) by microplate readers (iEMS Reader MF, Finland). Percentage radical scavenging or DPPH inhibition was calculated by equation (1);



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{DPPH inhibition (\%)} = \left(1-\left(\frac{\text{Abs}_{\text{sample}}}{\text{Abs}_{\text{control}}}\right)\right)\times 100 \quad (1)$$

when $\text{Abs}_{\text{control}}$ is absorbance of controlled sample and $\text{Abs}_{\text{sample}}$ is absorbance of tested sample.

The scavenging activity of BHT standard were prepared in the range of 6.25-100 g/l then measured its scavenging activity with the same method. The concentration of BHT at the same equivalent activity of extracted oil was calculated based on the correlation of percent radical scavenging and BHT concentration.

**2) ABTS Assay**

ABTS assay is used for antioxidant activity measurement. The $ABTS^+$ was generated through a chemical oxidation reaction with potassium persulfate [6]. The concentration of blue green solution of $ABTS^+$ radical solution was adjusted by ethanol to get desired absorbance range (0.1-0.8). To pipette 100 µl of extracted oil upon the 96-well plate and mixed with 100 µl of blue green solution of $ABTS^+$. The mixed solution was incubated in dark room at 30 °C for 5 min and then measured at wavelength of 734 nm by using ethanol as blank. Percentage of ABTS activity (%ABTS) was calculated according to equation (1) or otherwise results can be expressed in µg/ml Trolox equivalents (TE). The standard of Trolox was prepared and linear in the range of 100-800 µg/ml.

### 2.4 Statistic analysis

All experiments were done in triplicates then the means and standard deviation of amount of rice bran oil, γ-oryzanol and antioxidant activity of ABTS and DPPH were calculated. Statistic analysis was performed by SPSS version 22.0. Duncan's multiple range test was used to determine significant differences with analysis of variance 0.05 ($p<0.05$).

## 3. Results and Discussion

### 3.1 Effect of pretreatment processes on amount of rice bran oil

The amount of rice bran oil from each pretreatment process demonstrates in Figure 1; x-axis is pretreatment process and y-axis is amount of extracted oil in gram of rice bran oil per gram of dried rice bran. Amount of rice bran oil treated by microwave heating is at operating temperature of 60 and 90°C then significantly raised to the highest amount of extracted oil around 0.24 g/g at 110°C as shown in Figure 1 in grey color or in Figure 2. The statistic analysis is demonstrated in Table 2 that the heating temperature is no significant effect on the



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

amount of rice bran oil as shown in the same lowercase character in all heating temperatures. The microwave heating distorted and destroyed the original oil body membrane resulted to have large portions of cells contained a pool of oil and small granular material [17] therefore solvent easily pulled out such oil to the bulk solvent. However heat did not affect the amount of oil recovery even with reducing viscosity of the oil. Moreover at heating temperature of 110°C, the rice bran turned from pale yellow to dark brown color with rancid smell and bad oil quality (oxidative rancidity) because heat burned the bran that affected to change in color and there is still residual lipase activity in rice bran at 110°C resulted in high free fatty acid and γ-oryzanol and also gets the rancid smell [26].

Hot air heating is heating up the material to desired temperature by convection. Increasing operating temperature decreased amount of rice bran oil as demonstrates in Figure 1 or Figure 3. In this case, it contradicts with microwave heating; however, too high temperature around 180°C accelerates the reduction of moisture content at the outside surface resulted in the collapse of the material. However increasing temperature from 70-180°C had no significant effect on amount of extracted oil as shown the statistic analysis in Table 2, it might be that occurring of material collapsed resulted in solvent's difficulty to penetrate inside the material.

The rice bran was treated by roasting with different temperatures. The effect of roasting temperature shown in Figure 2 or Figure 4 results indicate that increasing roasting temperature from 60 to 80°C increases amount of rice bran oil however the result was not significantly different in both temperatures as got the statistical analysis in Table 2.

Among all pretreatment processes the highest amount of rice bran oil was around 0.27 g/g obtained from hot air heating at 70°C and the lowest was around 0.14 g/g available from roasting process at 60°C. It might be that heat from roasting process is applied directly to the surface of material and then moisture moves quickly from the surface results to make it collapse whereas the heat from air passes though the material then destroys the original oil body membrane and builds up pool of oil [17]. Moreover air might make the material swollen results to the solvent more easily passes through the material to take out of oil than collapsing the material. Microwave heating process was discovered to give lower amount of extracted oil than hot air heating at the same range of operating temperature (90 and 100°C) because microwave heating strongly lowered moisture content in the material then made the material more brittle and collapse [20]. The heating process operated with steam such as parboiling and autoclave heating demonstrated lower amount of extracted oil compared to dry heating process such as microwave heating and hot air heating whereas roasting process got lower



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

amount of oil than parboiling and autoclave heating processes that contradicted previous research [20] that operated under higher temperature around 150°C. The effect of operating temperature on mechanism in moving out of moisture might be the critical effect on the amount of extracted oil. Even through steam can penetrate through the material, it cannot increase the oil yield in extract. It might be that the steam with high pressure makes the material collapses and oil blocks inside moreover steam with pressure breaks bulk oil into small droplets then gets stuck with water inside the material resulting in difficulty to extract by non-polar solvent. Amount of oil from enzyme hydrolysis was in the same range of pretreatment by roasting and parboiling process because amylase can hydrolyze carbohydrate that make easily in oil extraction.

The highest amount of oil from each pretreatment process was continuously done for significant differences analysis between means as the results demonstrated in Table 2. The highest amount of rice bran oil from each pretreatment is not significant difference at $p<0.05$.

### 3.2 Effect of pretreatment processes on amount of γ-oryzanol

Oil product after pretreatment process mainly composes of group of γ-oryzanol. The amount of γ-oryzanol from each pretreatment process are demonstrated in the following section.

The effect of pretreatment process on amount of γ-oryzanol is presented in Figure 5, x-axis is pretreatment processes and primary y-axis shows amount of γ-oryzanol (mg/g dried rice bran) and secondary y-axis is also amount of γ-oryzanol concentration (mg/g rice bran oil). The amount of γ-oryzanol is in stack whereas γ-oryzanol concentration is in dot symbol. The highest amount of γ-oryzanol was available from parboiling process at 75°C and got around 9.76 mg/g dried rice bran whereas the highest amount of γ-oryzanol concentration was achieved from roasting process at temperature of 60°C with around 64.93 mg/ml. Roasting process accelerates removal of moisture from surface to bulk then makes the surface collapse resulting in trapped oil inside the material therefore got the highest amount of γ-oryzanol concentration. The highest amount of oil from each pretreatment process was continuously done for significant difference analysis between means as demonstrated in Table 2. The amount of γ-oryzanol obtained from microwave heating (90°C), hot air heating (70°C) and roasting (80°C) have no significant difference at $p<0.05$.

The effect of heating temperature of microwave on amount of γ-oryzanol is presented in on Figure 5, x-axis demonstrates operating temperature in the range from 60-110°C by



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

microwave heating process and primary y-axis shows amount of γ-oryzanol in dimension of milligram of γ-oryzanol per gram of dried rice bran and secondary y-axis is also the amount of γ-oryzanol but in dimension of concentration (mg per ml of rice bran oil). The heating temperature was increased from 60°C to 110°C, there was a little bit increase of γ-oryzanol concentration in oil which then dropped in range of 90 to 110°C; however, it got highest value around 35.2 mg/ml at 90°C. Because of high amount of extracted oil resulted in getting the lowest amount of γ-oryzanol concentration at 110°C. Amount of γ-oryzanol is almost stable when increasing the heating temperature from 60°C to 110°C as demonstrated its stability elsewhere [21, 26-28]. However heating temperature more than 120°C enhances degradation of γ-oryzanol as reported in elsewhere [21, 28]. Statistic analysis shows in Table 2 demonstrates that all experiments are significant difference. Moreover heating promotes fatty acid degradation that fatty acid is cleaved to free fatty acid and low molecular compounds such as oryzanol [26, 29]. Even though microwave is considered of the most energy-efficient type and a rapid method for bran stabilization, it still has limitation and necessary primary check of feasibility in each application [27].

The effect of hot air heating process on amount of γ-oryzanol is presents in Figure 5. Amount of γ-oryzanol decreases with increasing the operating temperature in the range from 70-180°C and achieves the highest around 9.3 mg/g dried rice bran at temperature of 70°C. Lipase is one type of enzyme exists in rice bran to promote rancidity by cleaving fatty acid to low molecular weight such as free fatty acid. The optimum temperature for lipase activity is around 60-70°C that raised the amount of low molecular weight compound that might be γ-oryzanol [27, 30] however at higher temperature of 100°C, few moisture inside the material resulted in no activity of enzyme therefore making it dropped down [26, 28]. Moreover the operating temperature at higher than 110°C promotes degradation of γ-oryzanol with higher rate proceeded to get the lowest value as shown at operating temperature of 180°C in Figure 3 [26]. Amount of γ-oryzanol concentration straightly achieved high at operating temperature of 180°C because of the lowest amount of extracted oil obtained. Statistic analysis is shown in Table 2, the operating temperature at 70°C, amount of γ-oryzanol is significantly higher value than other temperatures.

Amount of γ-oryzanol obtained is shown on Figure 5, x-axis is temperature scale in range from 60-80°C by roasting pretreatment. Amount of γ-oryzanol is going to the highest and reaches around 9.1 mg/g dries rice bran at 80°C because of existing of enzyme activity.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Statistic analysis is shown in Table 2 for both operating temperatures is no significantly difference.

### 3.3 Effect of pretreatment processes on antioxidant activity

Results of both antioxidant activities are exhibited in Figure 6 on y-axis, x-axis is pretreatment processes. The activity of DPPH scavenging in grey stack presents in higher percentage scavenging in roasting (60°C) and parboiling process when compared to other pretreatment processes shows that the trend of it antioxidant activity is the same trend as amount of γ-oryzanol concentration in Figure 2. Amount of BHT equivalent treated with DPPH scavenging is indicated in Table 2. The percentage of ABTS assay is also shown in Figure 3 in white stack. The trend of ABTS inhibition is not the same as the trend of γ-oryzanol concentration that might consecutively affect of polyphenol and vitamin E in the rice bran oil [20, 26]. The highest amount of oil from each pretreatment process was continuously done for hypothesis test for the differences between means and get results shown in Table 2.

## 4. Conclusions

This research was conducted and believed that pretreatment proceeds prior to extraction can affect the raw material resulting in increased amount of extracted compound (rice bran oil and γ-oryzanol). Heat and lipase activity took physical effect on the material and γ-oryzanol stability. The amount of oil was achieved the highest value from pretreatment by hot air heating at 70°C and amount of γ-oryzanol got the highest value by parboiling pretreatment process whereas γ-oryzanol concentration was obtained the highest value by roasting pretreatment process at 60°C. This research also demonstrated rice bran oil to act as free radical scavengers to inhibit DPPH activity and bleach ABTS.

## 5. Acknowledgements

This research was supported by faculty of science, King Mongkul's Institute of Technology Ladkrabang. The author thanks to Assoc. Prof. Prasert Pavasant from department of chemical engineering, Chulalongkorn University for inspiration.

## 6. References



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[1] Goufo, P.; Trindade, H. (2014). Rice antioxidants: phenolic acids, flavonoids, anthocyanins, proanthocyanidins, tocopherols, tocotrienols, γ-oryzanol, and phytic acid. Food Science & Nutrition, 2: 75-104.

[2] Zigoneanu, I.G.; Williams, L.; Xu, Z.; Sabliov, C.M. (2008) Determination of antioxidant components in rice bran oil extracted by microwave-assisted method. Bioresource Technol., 99: 4910-4918.

[3] Xu, Z.; Godber, J.S. (2000) Comparison of supercritical fluid and solvent extraction methods in extracting γ-oryzanol from rice bran. JAOCS, 77: 547-551.

[4] Patel, M.; Naik, S.N. (2004) Gamma-oryzanol from rice bran oil-A review. J. Sci. Ind. Res. India., 63: 569-578.

[5] Chan, K.W.; Khong, N.M.H.; Iqbal, S.; Ismail, M. (2013) Isolation and antioxidative properties of a phenolics-saponins rich fraction from defatted rice bran. J. Cereal Sci., 57: 480-485.

[6] Payet, B.; Sing, A.S.C.; Smadja, J. (2005) Assessment of antioxidant activity of cane brown sugars by ABTS and DPPH radical scavenging assays: determination of their polyphenolic and volatile constituents. J. Agr. Food Chem., 53: 10074–10079.

[7] Lerma-García, M.J.; Herrero-Martínez, J.M.; Simó-Alfonso, E.F.; Mendonça, C.R.B.; Ramis-Ramos, G. (2009) Review composition, industrial processing and applications of rice branc γ-oryzanol. Food Chem., 115: 389–404.

[8] Butsat, S.; Siriamornpun, S. (2010) Antioxidant capacities and phenolic compounds of the husk, bran and endosperm of Thai rice. Food Chemistry, 119: 606-613.

[9] Tuncel, N.B.; Yilmaz, N. (2011) Gamma-oryzanol content, phenolic acid profiles and antioxidantactivity of rice milling fractions. Eur. Food Res. Technol., 233: 577-585.

[10] Chakuton, K.; Puangpronpitag, D.; Nakornriab, M. (2012) Phytochemical content and antioxidant activity of colored and non-colored Thai rice cultivars. Asian Journal of plant science, 11: 285-293.

[11] Oliveira, R.; Oliveira, V.; Aracava, K.K.; da Costa Rodrigues, C.E. (2012) Effects of the extraction conditions on the yield and composition of rice bran oil extracted with Ethanol-A response surface approach. Food Bioprod. Process, 90: 22–31.

[12] Lakkakula, N.R.; Lima, M.; Walker, T. (2004) Rice bran stabilization and rice bran oil extraction using ohmic heating. Bioresource Technol., 92: 157–161.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[13] Pourali, P.; Asghari, F.S.; Yoshida, H. (2009) Review Sub-critical water treatment of rice bran to produce valuable materials. Food Chem., 115: 1–7.

[14] Imsanguan, P.; Roaysubtawee, A.; Borirak, R.; Pongamphai, S.; Douglas, S.; Douglas, P.L. (2008) Extraction of α-tocopherol and γ-oryzanol from rice bran. LWT-Food Sci Technol., 41: 1417–1424.

[15] Jesus, S.P.; Grimaldi, R.; Hense, H. (2010) Recovery of γ-oryzanol from rice bran oil byproduct using supercritical fluid extraction. J. of Supercri. Fluids, 55: 149–155.

[16] Tomita, K.; Machmudah, S.; Wahyudiono; Fukuzato, R.; Kanda, H.; Quitain, A.T.; Sasaki, M.; Goto, M. (2014). Extraction of rice bran oil by supercritical carbon dioxide and solubility consideration. Sep. Purif. Technol., 125: 319–325.

[17] Dickey, L.C.; Cooke, P.H.; Kurantz, M.J.; Mcaloon, A.; Parris, N.; Moreau, R.A. (2007) Using microwave heating and microscopy to estimate optimal corn germ oil yield with a bench-scale press. J. Am. Oil Chem. Soc., 84: 489–495.

[18] Loypimai, P.; Moonggarm, A.; Chottanom, P. (2009) Effects of ohmic heating on lipase activity, bioactive compounds and antioxidant activity of rice bran. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 3: 3642-3652.

[19] Nair, G.R.; Divya, V.R.; Prasannan, L.; Habeeba, V.; Prince, M.V.; Raghavan, G.S.V. (2012) Ohmic heating as a pre-treatment in solvent extraction of rice bran. Journal of Food Science and Technology, DOI 10.1007/s13197-012-0764-2 29

[20] Thanonkaew, A.; Wongyai, S.; McClementsand, D.J.; Decker, E.A. (2012). Effect of stabilization of rice bran by domestic heating on mechanical extraction yield, quality, and antioxidant properties of cold-pressed rice bran oil (Oryzasaltiva L.). LWT-Food Sci Technol., 48: 231-236.

[21] Kim, M.; Park, J.W.; Kim, J.Y.; Park, K.W.; Lee, S.; Jang, J.; Lee, J.H. (2013) Effects of heat treatment and visible light exposure on the oxidative stability of rice bran and of rice bran oil. Food Sci. Biotechnol., 22: 1223-1228.

[22] Pradeep, P.M.; Jayadeep, A.; Guha, M.; Singh, V. (2014). Hydrothermal and biotechnological treatments on nutraceutical content and antioxidant activity of rice bran. J. Cereal Sci., 60: 187-192.

[23] Alrahmany, R.; Avis, T.J.; Tsopmo, A. (2013) Treatment of oat bran with carbohydrases increases soluble phenolic acid content and influences antioxidant and antimicrobial activities. Food Res. Int., 52: 568–574.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[24] Fang, X.; Moreau, R.A.; 2014. Extraction and demulsification of oil from wheat germ, barley germ, and rice bran using an aqueous enzymatic method. J. Am. Oil Chem. Soc., 91: 1261–1268.

[25] Ruen-Ngam, D.; Thawai, C.; Nokkoul, R.; Sukonthamut, S. (2014). Gamma-oryzanol extraction from upland rice bran. International Journal of Bioscience, Biochemistry and Bioinformatics, 4: 252-255.

[26] Shin, T.; Godber, S.J.; Martin, D. E.; Wells, J.H. (1997) Hydrolytic stability and changes in E vitamers and oryzanol of extruded rice bran during storage. J. Food Sci., 62: 704-708.

[27] Malekian, F.; Rao, R.M.; Prinyawiwatkul, W.; Marshall, W.E.; Windhauser, M.; Ahmedna, M. (2000) Lipase and Lipoxygenase Activity, Functionality, And Nutrient Losses in Rice Bran During Storage, Louisiana State University Agricultural Center&Louisiana Agricultural Experiment Station, Louisiana.

[28] Khuwijitjaru, P.; Yuenyong, T.; Pongsawatmanit, R.; Adachi, S. (2009) Degradation kinetics of gamm-oryzanol in antioxidant-stripped rice bran oil during thermal oxidation. J. Oleo. Sci., 58: 491-497.

[29] Debnath, S.; Rastogi, N.K.; Krishna, G.A.G.; Lokesh, B.R. (2012) Effect of frying cycles on physical, chemical and heat transfer quality of rice bran oil during deep-fat frying of poori: An Indian traditional fried food. Food Bioprod. Process., 90: 249–256.

[30] Marshall, W.E.; Wadsworth, J.I. (1994) Rice Science and Technology, Marcel Dekker, New York.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Tables

**Table 1** Pretreatment processes with conditions

| Pretreatments | Conditions |
|---|---|
| 1. Microwave heating | 60, 90 and 110°C 3 minutes |
| 2. Hot air heating | 70, 100 and 180°C 10 minutes |
| 3. Roasting | 60 and 80°C 3 minutes, Domestic cooking pan with diameter 15 cm |
| 4. Parboiling | 75°C 60 minutes, domestic cooking steamer with diameter 30 cm |
| 5. Autoclave heating | 121°C 15 minutes |
| 6. Enzyme | 50°C 120 minutes |

**Table 2** Amount of oil product, γ-oryzanol content and antioxidant activity at each pretreatment condition

| Treatments | Rice bran oil (g/g) | γ-oryzanol (mg/g) | %ABTS | Torox (μg/ml) | %DPPH | BHT (mg/ml) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. Microwave heating | | | | | | |
| -60°C | $0.20^{a}$ | $8.94^{ab}$ | $71.1\pm7.3^{b}$ | 7.54 | $50.6\pm2.8$ | 3.60 |
| -90°C | $0.20^{aA}$ | $9.08^{aBC}$ | 71.6±4.9 | 7.58 | $50.8\pm3.2^{ab}$ | 3.61 |
| -110°C | $0.24^{a}$ | $8.82^{bA}$ | 63±4.2 | 6.74 | 50.3±2.1 | 3.58 |
| 2. Hot air heating | | | | | | |
| -70°C | $0.27^{bA}$ | $9.26^{bC}$ | $58.0\pm6.3^{a}$ | 6.24 | $49.6\pm2.8^{a}$ | 3.54 |
| -100°C | $0.23^{b}$ | $8.93^{a}$ | 57.5±2.4 | 6.19 | 49.5±1.2 | 3.54 |
| -180°C | $0.21^{b}$ | $8.82^{a}$ | 60.9±5.3 | 6.53 | 49.2±1.5 | 3.52 |
| 3. Roasting | | | | | | |
| -60°C | $0.14^{c}$ | $8.81^{a}$ | $68.9\pm4.9^{b}$ | 7.31 | 55.35±3.7 | 3.87 |
| -80°C | $0.17^{cA}$ | $9.10^{aC}$ | 65.7±0.9 | 7.00 | $54.14\pm0.3^{b}$ | 3.80 |
| 4. Parboiling | | | | | | |
| -70°C | $0.18^{A}$ | $9.76^{D}$ | $61.88\pm1.9^{ab}$ | 6.62 | $53.9\pm1.4^{b}$ | 3.83 |
| 5. Autoclave heating | | | | | | |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| -121°C | 0.20$^{A}$ | 8.86$^{B}$ | 67.7±4.4$^{b}$ | 7.20 | 54.7±1.5$^{ab}$ | 3.78 |
| 6. Enzyme -50°C | 0.18$^{A}$ | 8.31$^{E}$ | 71.0±0.8$^{b}$ | 7.53 | 53.0±3.5$^{c}$ | 3.73 |

Remarks: Values are means±standard deviation of triplicate. The same superscript of lowercase letter in column demonstrates no significantly difference in each pretreatment process at $p < 0.05$

The same superscript capital letter in the column demonstrates is no significantly difference of the highest value from each pretreatment at $p < 0.05$





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Figure Captions

**Figure 1** Rice bran oil recovery after treating with different pretreatment processes

**Figure 2** Amount of γ-oryzanol after different temperatures of microwave pretreatment

**Figure 3** Amount of γ-oryzanol after different temperatures of hot air pretreatment

**Figure 4** Amount of γ-oryzanol after different temperatures of roasting pretreatment

**Figure 5** Amount of γ-oryzanol after different pretreatment processes

**Figure 6** Antioxidant activity of extracted compound in rice bran oil after different pretreatment processes



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Figures

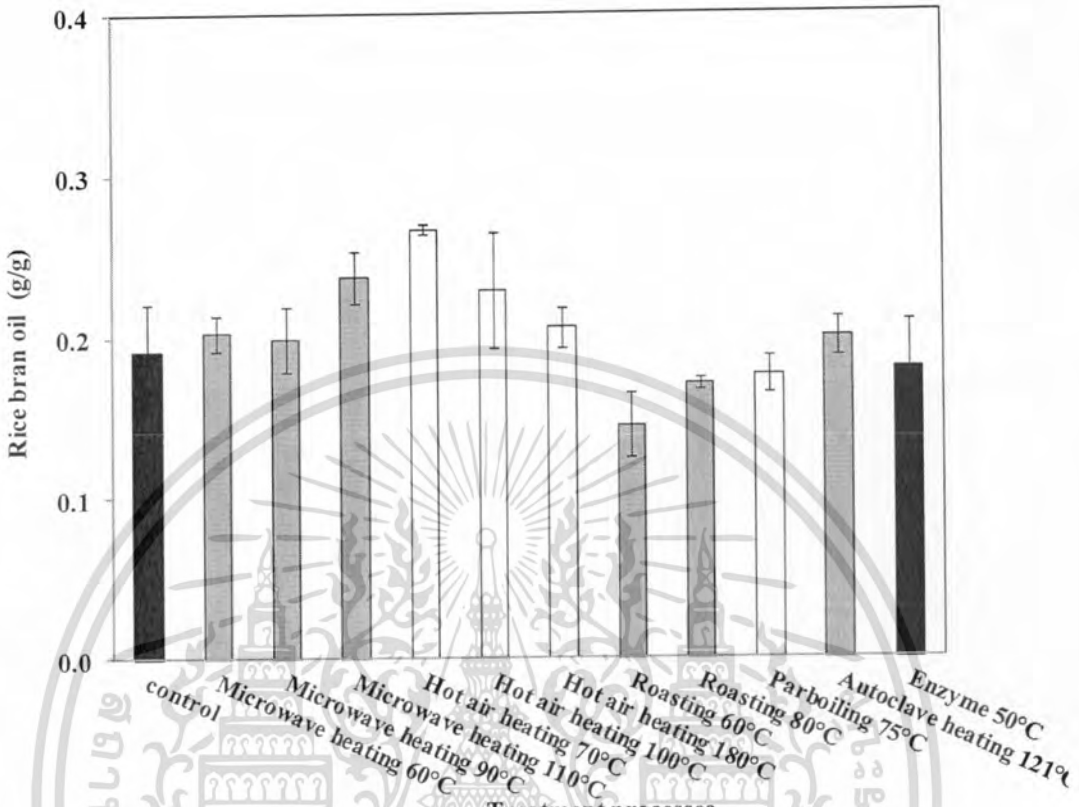



Figure 1





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

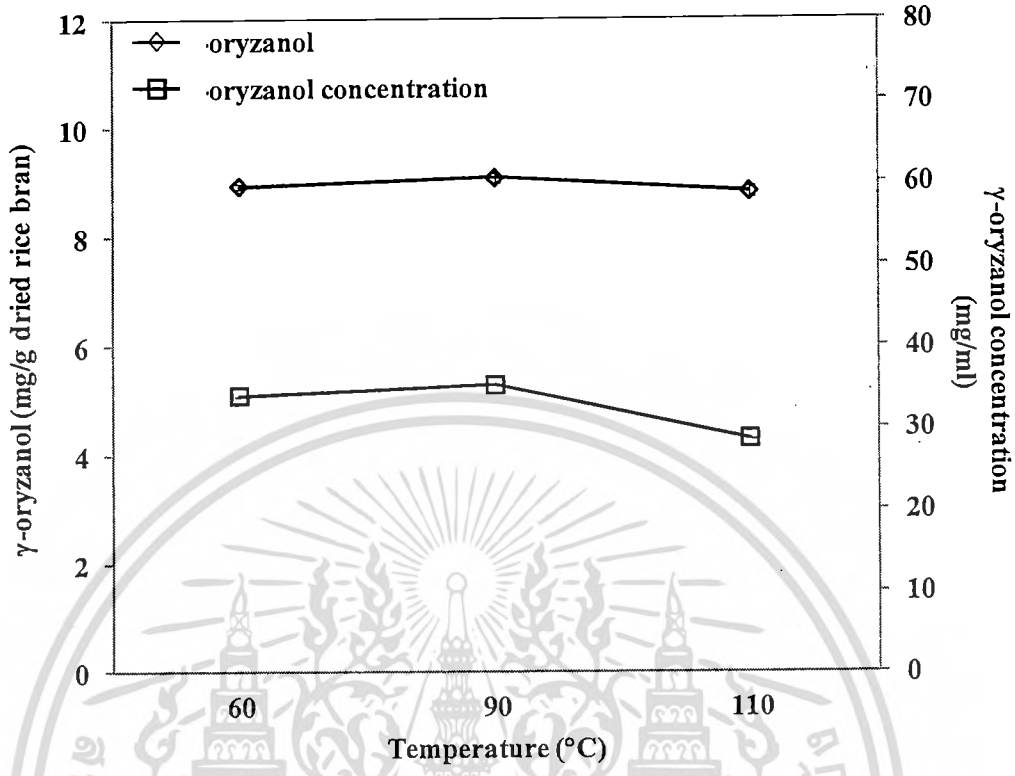



**Figure 2**



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

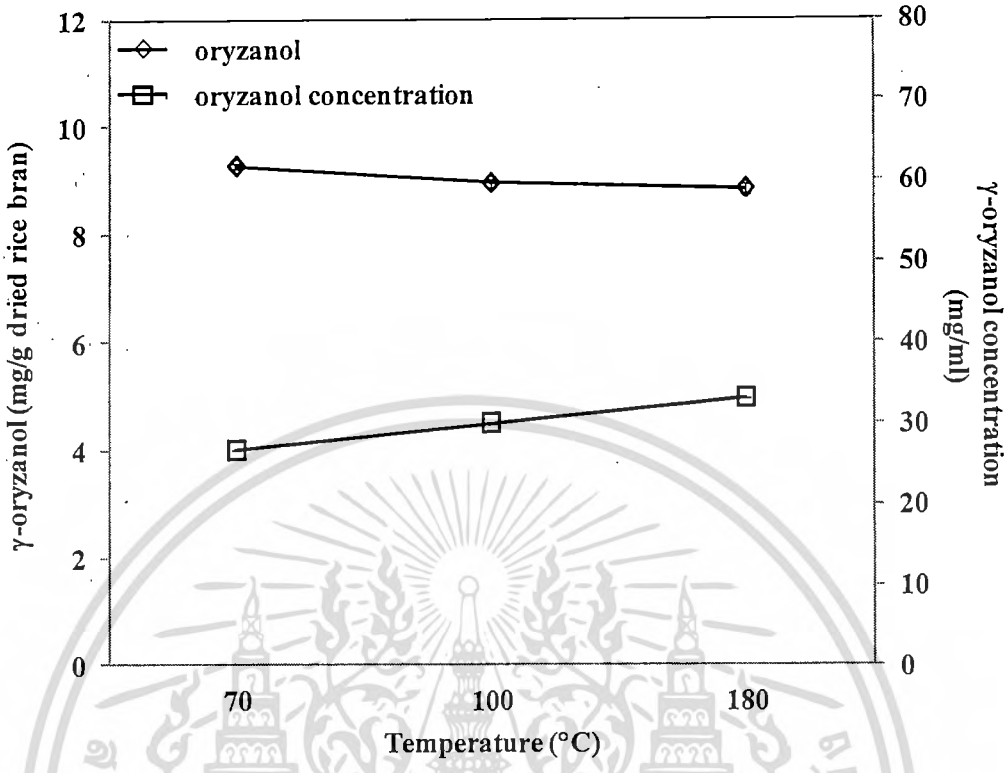



Figure 3





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

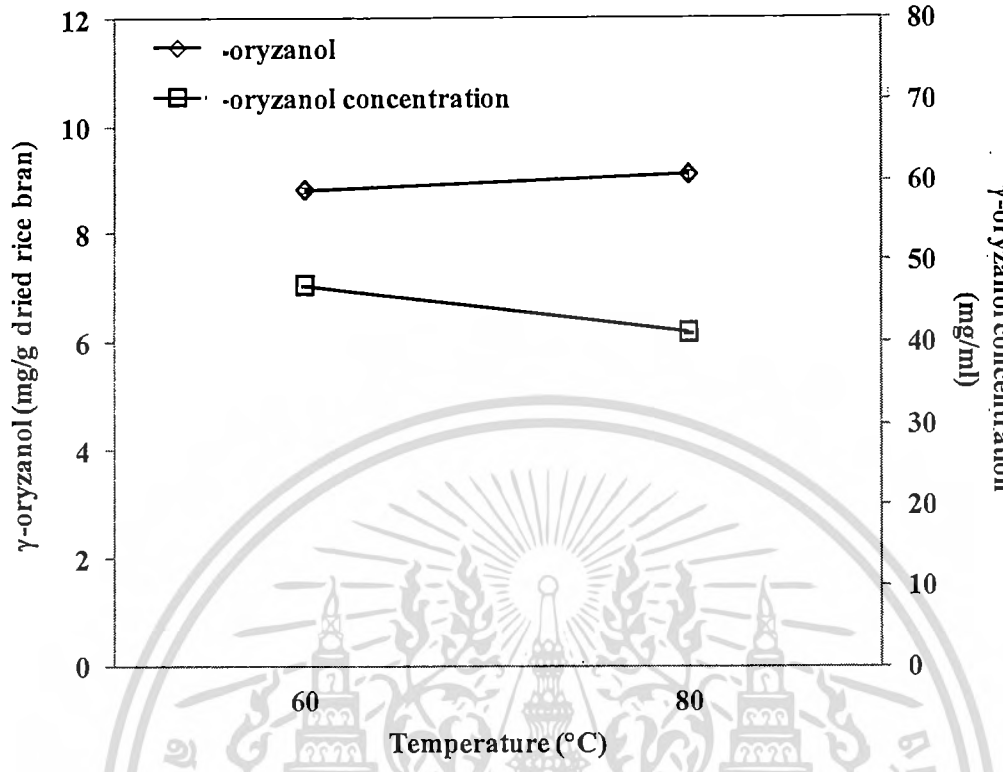



Figure 4



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

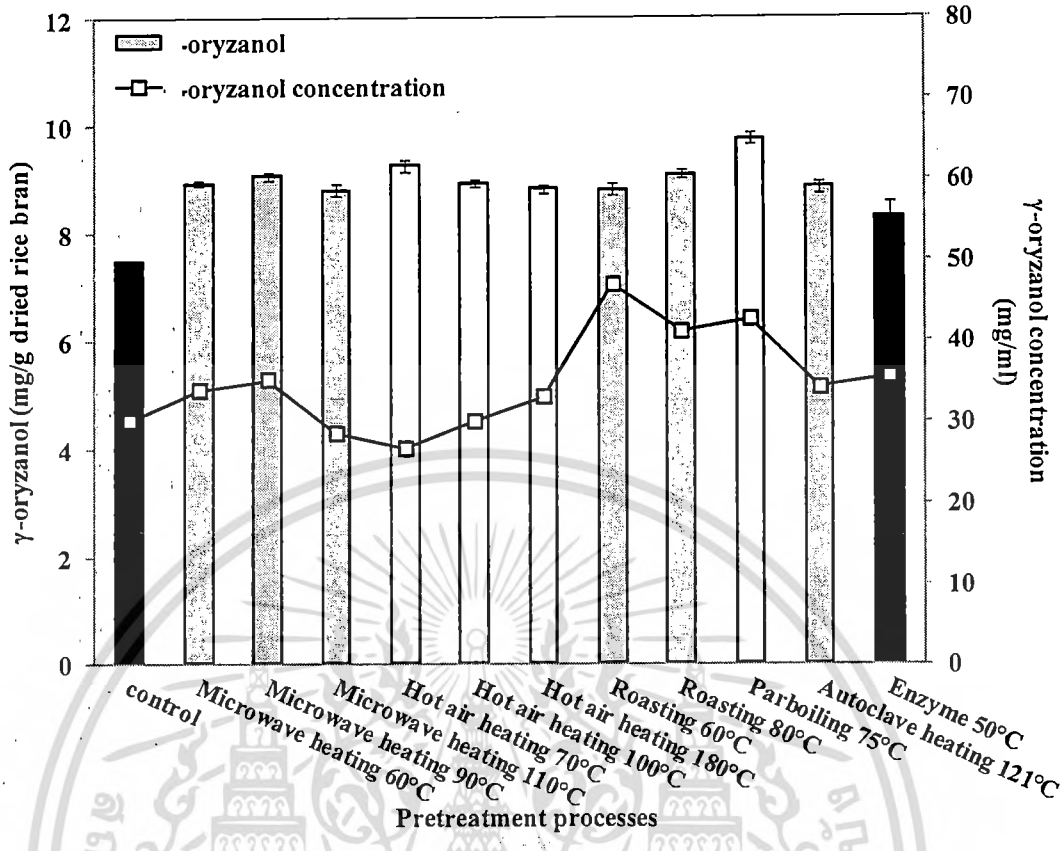



Figure 5





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

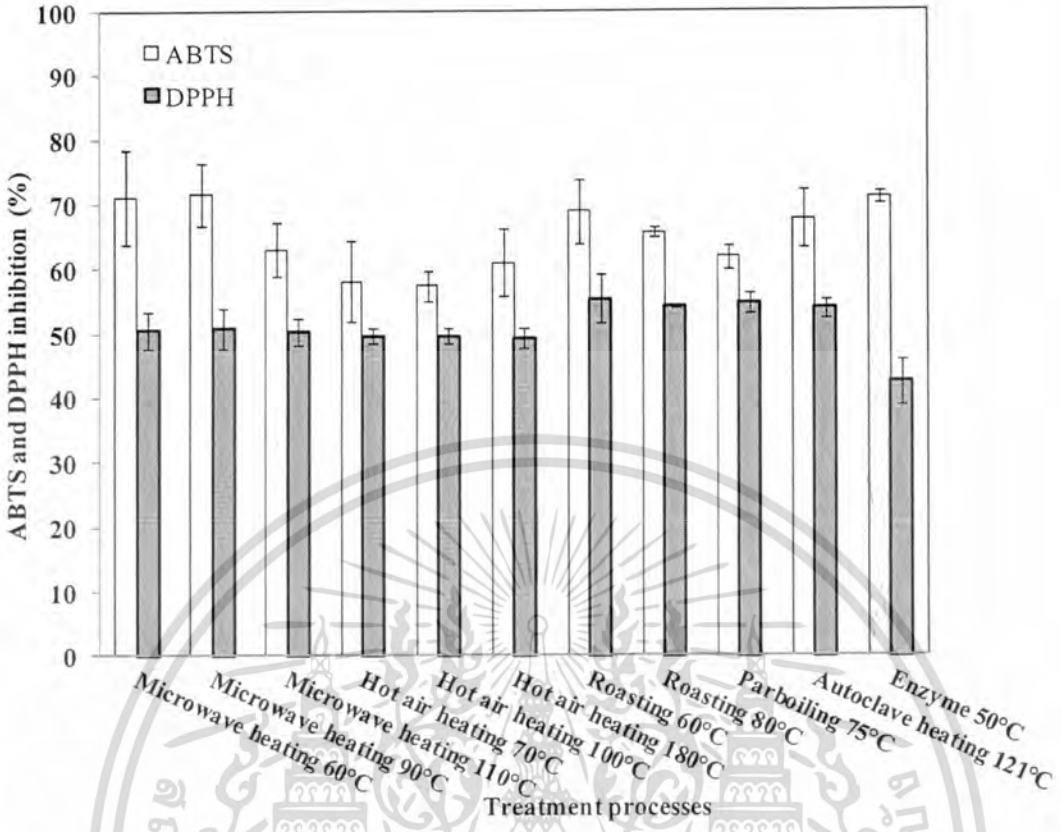



Figure 6





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้