บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญ

ปัจจุบันผู้บริโภคมีความตื่นตัวในการรักษาสุขภาพตนเองมากขึ้นจึงได้มีความสนใจและการทำผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพขึ้น ทั้งเพื่ออุปโภคและบริโภค การใช้พืชสมุนไพรในการผลิตผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพจึงเป็นทางเลือกหนึ่งของผู้บริโภคซึ่งนับวันจะมีมากขึ้นโดยเฉพาะในระดับชุมชนที่มีการนำพืชสมุนไพรพื้นบ้านมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ประจำท้องถิ่นนั้นๆ ซึ่งเป็นโครงการที่รัฐบาลผลักดันเพื่อต้องการสร้างงานสร้างอาชีพให้กับชุมชน และเพื่อสานต่อภูมิปัญญาท้องถิ่นให้คงอยู่ตลอดไป

การนำสมุนไพรชนิดต่างๆมาใช้ประโยชน์หลากหลาย ทั้งยา ผลิตภัณฑ์เสริมอาหารและเครื่องสำอาง โดยเฉพาะเครื่องสำอางประเภทครีมก็เป็นหนึ่งในผลิตภัณฑ์ที่มีการนำสารสกัดจากสมุนไพรมาประยุกต์เพื่อเป็นส่วนประกอบอย่างแพร่หลายทั้งใน และต่างประเทศ โดยเฉพาะครีมเพื่อผิวขาว ซึ่งมีสารช่วยลดความเข้มของสีผิวโดยออกฤทธิ์ต้านเอนไซน์ไทโรซิเนส ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่เร่งปฏิกิริยาในการสร้างเม็ดสีเมลานินซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้ผิวคล้ำ เกิดฝ้า กระ หรือริ้วรอยหมองคล้ำ อันเนื่องมาจากรังสีอัลตราไวโอเลตเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้การพัฒนาผลิตภัณฑ์ทำให้ผิวขาวจากสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติได้รับความสนใจเพิ่มมากขึ้นด้วย สารทำให้ผิวขาวหลายชนิดมักมีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันและ/หรือมีฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส จึงส่งผลให้การสร้างเมลานินในผิวหนังลดลงและผิวพรรณขาวสดใสขึ้นกว่าเดิม สารสกัดที่ทำให้ผิวขาวและมีที่มาจากธรรมชาติ ได้แก่ สารสกัดเปลือกสน สารสกัดเมล็ดองุ่น สารสกัดเมล็ดลำไย สารสกัดเมล็ดลิ้นจี่ สารสกัดรังไหม สารสกัดใบหม่อน สารสกัดแก่นมะหาด สารสกัดผลมะขามป้อม และสารสกัดรากชะเอมเทศ เป็นต้น สารสกัดเหล่านี้มีศักยภาพสูงในการนำไปเป็นส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ทำให้ผิวขาว

แนวทางหนึ่งในการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากมะหาด คือ การพัฒนาผลิตภัณฑ์ทาผิวและทำความสะอาดผิวจากมะหาด เนื่องจากสรรพช่วยบำรุงผิวพรรณ มะหาดจึงเป็นหัวข้อวิจัยที่น่าสนใจที่จะพัฒนาผลิตภัณฑ์เป็นผลิตภัณฑ์ทาผิวและทำความสะอาดผิว และทั้งนี้ทางคณะผู้วิจัยได้เล็งเห็นถึงความสำคัญและปัญหาการใช้ประโยชน์ของมะหาดดังกล่าว จึงมีความสนใจที่เข้าไปมีส่วนร่วมในการวิจัยและการถ่ายทอดเทคโนโลยีให้กับเกษตรกรและช่วยผลักดันในการใช้ประโยชน์จากพืชสมุนไพรพื้นบ้านเพื่อพัฒนาให้เป็นสินค้าและยกระดับคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้เป็นได้มาตรฐานคุณภาพ ซึ่งจะเป็นการส่งเสริมเศรษฐกิจและสร้างความเข้มแข็งให้กับชุมชนต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. สกัดสารสกัดหยาบจากแก่นมะหาดด้วยตัวทำละลาย 2 ชนิด ได้แก่ โพพิลีน ไกลคอล และเอทานอล
2. ทดสอบกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระและสารประกอบฟีนอลรวม

3. พัฒนาตำรับสูตรเครื่องสำอางสำหรับทำให้ผิวขาวจากสารสกัดแก่นมะหาด
4. ศึกษาความคงสภาพและประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้

ขอบเขตการวิจัย

1. เพื่อศึกษาวิธีการสกัดสารต้านอนุมูลอิสระจากสารสกัดแก่นมะหาด
2. พัฒนาตำรับผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางที่ทำให้ผิวขาวจากสารสกัดมะหาดได้แก่ ครีมอาบน้ำ สครับขัดผิวและโลชันทาผิว
3. ตรวจสอบสมบัติทางเคมีและความคงตัวของผลิตภัณฑ์

สมมติฐานการวิจัย

คาดว่าสารสกัดหยาบที่สกัดได้จากแก่นมะหาด น่าจะมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระและยับยั้งเอนไซม์ไทโรสิเนส ซึ่งเมื่อนำมาพัฒนาในสูตรตำรับเครื่องสำอางจะทำให้ผิวขาวขึ้น

นิยามศัพท์

มะหาด (*Artocarpus lakoocha* Roxb.) เป็นต้นไม้ยืนต้นในวงศ์ Moraceae พบมากในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สารสกัดจากแก่นมะหาดมีฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสในระดับหลอดทดลอง และมีฤทธิ์ลดการสร้างเมลานินในมนุษย์

สกัดอย่างหยาบ (crude extract) หมายถึง สิ่งที่สกัดออกมาจากสมุนไพรโดยใช้น้ำยาสกัดหรือตัวทาละลาย (solvent) สารสกัดอย่างหยาบนี้เป็นของผสมขององค์ประกอบทางเคมีของสมุนไพรซึ่งมีทั้งองค์ประกอบที่มีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา (pharmacologically active constituents) ซึ่งมักเรียกว่า สารสาคัญ (active constituents) สมุนไพรเพื่อผิวขาว (Herbal Whitenning) (whitening agents) เพื่อทำให้ผิวหนังบริเวณที่ได้รับสารชนิดนี้มีความขาวขึ้นหรือทำให้สีผิวอ่อนลง

เมลานิน (Melanin) หมายถึง เม็ดสีที่ทำหน้าที่สร้างจากเซลล์ผิวหนังที่เรียกว่า เมลาโนไซต์ (melanocyte)

อนุมูลอิสระ (Free radicals) คือ โมเลกุลหรืออิออนที่มีอิเล็กตรอนโดดเดี่ยว อยู่รอบนอกและมีอายุสั้นมากประมาณ 1 หรือ 10^{-3}-10^{-10} วินาที จึงจัดว่าเป็นโมเลกุลที่ไม่เสถียรและว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยสามารถตรวจวัด

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถพัฒนาตำรับสูตรเครื่องสำอางให้กับกลุ่มผู้ใช้ได้อย่างปลอดภัยและได้สูตรตำรับทั้งหมด 3 สูตรในการทำให้ผิวขาว ได้แก่ ครีมอาบน้ำ สครับขัดผิวและโลชันทาผิว
2. สามารถตีพิมพ์ตีพิมพ์เผยแพร่ผลงานทางวิชาการ
3. ใช้เป็นต้นแบบการผลิตและพัฒนาตำรับสูตรเครื่องสำอางชนิดอื่น
4. สามารถถ่ายทอดเทคโนโลยีลงสู่ชุมชนแม่บ้านกลุ่มเกษตรกรท้องถิ่น

บทที่ 2
แนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

พฤกษเคมีของแก่นมะหาด

มะหาด เป็นพันธุ์ไม้มงคลพระราชทานประจำจังหวัดกาฬสินธุ์ เป็นพันธุ์ไม้ที่สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ พระบรมราชินีนาถ ได้พระราชทานให้กับผู้ว่าราชการจังหวัดของจังหวัดกาฬสินธุ์ เพื่อให้นำไปปลูกเป็นสิริมงคลแก่จังหวัด และเป็นการรณรงค์ให้ประชาชนปลูกต้นมะหาดในโครงการปลูกป่าถาวรเฉลิมพระเกียรติ เนื่องในวโรกาสที่พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวทรงครองสิริราชสมบัติครบ 50 ปี เป็นไม้ยืนต้นในวงศ์ Moraceae ต้นกำเนิดจากภูมิภาคเอเชียใต้ นิยมปลูกเอาไว้ใช้ประโยชน์ทุกส่วนของต้น สามารถเจริญเติบโตได้ในดินทราย ดินร่วนปนทราย ดินร่วน และ ดินเหนียว มีความทนทานต่อความแห้งแล้งได้ดีมาก ชอบบริเวณที่มีความชื้นสูงและแสงแดดเข้าถึงได้น้อย มักขึ้นกระจายตามป่าดิบทั่วไป

ชื่อภาษาอังกฤษ Lakoocha Monkey jack
ชื่อวิทยาศาสตร์ *Artocarpus lacucha*
ชื่ออื่น กาแย ขนุนป่า ตาแป ตาแปง มะหาดใบใหญ่ หาดหนุน หาด

ในแต่ละภูมิภาค มะหาดจะมีชื่อเรียกต่างๆ กันกล่าวคือ ภาคเหนือเรียก "หาดหนุน" ในจังหวัดเชียงใหม่เรียก "ปวกหาด" ภาคกลางเรียก "หาด" ทางภาคใต้เรียก "มะหาด" ในจังหวัดตรังเรียก "มะหาดใบใหญ่" และตั้งแต่จังหวัดนราธิวาสถึงประเทศมาเลเซีย เรียก "กาแย ตะแป ตะแปง" มะหาดเป็นยืนต้นขนาดกลางถึงใหญ่ ลำต้นตั้งตรง ความสูง 15-20 เมตร เปลือกสีน้ำตาลไหม้เป็นลายแตกละเอียด มีส่วนยอดเป็นพุ่มหนาและทึบ

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ใบไม้เป็นใบเดี่ยว ขนาดวงรีจนถึงรูปไข่ กว้าง 5-20 เซนติเมตร ยาว 10-30 เซนติเมตร ที่ขอบใบมีริ้วขึ้นโดยรอบ มีขนขึ้นทั้ง 2 ด้านของใบ

ดอกจะออกในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนเมษายน และกลายเป็นผลในเดือนมีนาคมถึงเดือนพฤษภาคม ลักษณะดอกจะมีสีขาวอมเหลืองมีขนาดเล็ก

ผลมีสีเขียว เมื่อสุกจะมีสีเหลือง รัศมีจากจุดศูนย์กลางยาว 2.5-5 เซนติเมตร รูปร่างกลมแป้นใหญ่ มีทรงบิ้วเบี้ยวเป็นบางลูก เปลือกนอกผิวขรุขระ เนื้อผลค่อนข้างนุ่ม แต่ละผลมีเมล็ด 1 เมล็ด รูปทรงรี ต้นมะหาดที่สามารถนำมาใช้ผลประโยชน์ได้นั้นจะต้องมีอายุไม่ต่ำกว่า 5 ปี

ประโยชน์ทางทางสมุนไพร

แก่น ใช้แก่นมะหาดสับเป็นชิ้นเล็ก ๆ ต้มเคี่ยวกับน้ำจนเกิดฟอง ช้อนฟองออก กรองกับผ้าขาวบาง พักสะเด็ดน้ำ แล้วนำมาตากให้แห้งหรือย่างกับไฟ นำมาบดจะได้ผงสีเหลืองเรียกว่า "ปวกหาด" ใช้ผงประมาณ 3-4 กรัมหรือ 1-2 ช้อนชา ผสมกับน้ำสุกที่เย็นแล้ว สามารถผสมน้ำมะนาวลงไปด้วย รับประทานก่อนอาหารเช้า หลังปวดหาดไปแล้ว 2 ชั่วโมง ให้รับประทานดีเกลือตาม เพื่อถ่ายตัวพยาธิออกมา สามารถทานแก้อาการท้องผูก, ท้องอืด, ท้องเฟ้อได้หรือนำผงปวกหาดมาละลายกับน้ำ ทาแก้ผื่นคัน

ราก ใช้ลดอาการไข้ แก้กระษัยเส้นเอ็น ขับถ่ายถ่ายพยาธิ แก้พิษร้อน

เปลือก ใช้ลดอาการไข้

สารสกัด ลดอาการผมร่วง กระตุ้นการงอกของเส้นผม แก้โรคเริม ช่วยทำให้โรคผิวหนังค่อย ๆ หายไป ลดความคล้ำของเม็ดสีผิว

ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดรอยหมองคล้ำ

หนึ่งในปัญหาที่ชาวเอเชียหลีกเลี่ยงไม่ได้คือ การเกิดรอยหมองคล้ำ เช่น ฝ้าและจุดด่างดำบนใบหน้า ซึ่งเป็นเหตุจากการทำงานของเม็ดสีที่มากกว่าปกติ อันเป็นผลมาจากการเผชิญกับมลภาวะที่เกิดขึ้นจากสารอนุมูลอิสระ การเปลี่ยนแปลงของฮอร์โมน การทานหรือทายาบางชนิด การสมานแผลหลังจากการผิวถูกทำลาย แสงแดด รวมทั้งปัจจัยกระตุ้นในด้านต่างๆ ซึ่งทำให้เพิ่มการผลิตของเม็ดสีจนปรากฏบนผิวในรูปของจุดสีน้ำตาล และทำให้แลดูหมองคล้ำ สีผิวไม่สม่ำเสมอ โดยสามารถแบ่งสาเหตุของการเกิดรอยหมองคล้ำ ดังนี้

1. สาเหตุเกิดจากภายใน เช่น กรรมพันธุ์ เชื้อชาติ การเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อ ระดับฮอร์โมนในร่างกาย กระบวนการเผาผลาญภายในร่างกาย เช่น กระบวนการออกซิเดชัน และการอักเสบภายในเซลล์ผิว

2. สาเหตุเกิดจากภายนอก เช่น แสงแดด รังสียูวี มลพิษ ความเครียด การสูบบุหรี่ อาหารที่รับประทาน การดูแลผิวที่ไม่ดีพอ แพ้เครื่องสำอาง การอักเสบระคายเคืองของผิว เป็นต้น สาเหตุเหล่านี้จะก่อให้เกิดปัญหาผิวเสื่อม ผิวหมองคล้ำ และริ้วรอย ขึ้นได้ง่าย ตัวอย่างเช่น แสงแดดเป็นสาเหตุทำให้เกิด รอยหมองคล้ำ สีผิวไม่สม่ำเสมอ ซึ่งรังสีอัลตราไวโอเลตจะมีผลต่อกระบวนการชีวสังเคราะห์ของเมลานินใน 3 ขั้นตอน คือ พลังงานจากรังสีอัลตราไวโอเลตจะออกซิไดส์ให้ไทโรซีน (tyrosine) เปลี่ยนไปเป็นโดปา (DOPA ; Dihydroxyphenylalanine) ซึ่งจะมีผลต่อการทำงานของเอนไซม์ไทโรซิเนส (tyrosinase) ปริมาณของหมู่ซัลไฟดิล (sulfhydryl group) ในหนังกำพร้าลดลงเมื่อได้รับรังสีอัลตราไวโอเลตส่งผลให้กระบวนการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไทโรซิเนสตามธรรมชาติหมดไป และอุณหภูมิของผิวหนังจะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อได้รับรังสีอัลตราไวโอเลต ซึ่งอุณหภูมิที่สูงขึ้นนี้จะไปเร่งการสังเคราะห์เมลานินโดยตรง ซึ่งจะเร่งให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของเอนไซม์ไทโรซิเนส และเพิ่มออกซิเดชันที่หมู่ซัลไฟดิล

ผลิตภัณฑ์ทำให้ผิวขาวมักใช้สารเคมีที่มีฤทธิ์รบกวนการสร้างเมลานิน เช่น สารทำให้ผิวขาว (whitening agents) เพื่อทำให้ผิวหนังบริเวณที่ได้รับสารชนิดนี้มีความขาวขึ้นหรือทำให้สีผิวอ่อนลง ตัวอย่างสารเคมีที่รบกวนการสร้างเมลานิน ได้แก่ สารประกอบของปรอท (mercury compounds) เช่น เกลือของสารประกอบเฟนนิล เมอร์คิวริก (phenyl mercuric salt) สารประกอบเมอคิวริก คลอไรด์ (mercuric chloride) และสารประกอบแอโมเนียเต็ด เมอคิวรี (ammoniated mercury) สารประกอบเหล่านี้มีฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส ทั้งนี้สารประกอบของปรอทจัดเป็นสารอันตรายที่ทำให้เกิดอาการแพ้ ผื่นแดง ผิวบาง และเกิดรอยดำ บนใบหน้า ทั้งนี้อาจทำให้เกิดการสะสมพิษของปรอทซึ่งเป็นโลหะหนักอันตราย ทางเดินปัสสาวะอักเสบ และไตอักเสบ เป็นต้น ทั้งนี้กระทรวงสาธารณสุขได้ประกาศห้ามใช้สารประกอบของปรอทเป็นส่วนผสมในเครื่องสำอาง ไฮโดรควิโนน (hydroquinone) หรือ เบนซิน-1,4-ไดออล (benzene-1,4-diol) เป็นสารที่รบกวนการสร้างเมลานิน โดยยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ ไทโรซิเนส แต่ทำให้เกิดการแพ้ ระคายเคือง จุดด่างขาว ผิวไวต่อแสง ผิวแดงและคล้ำดำในที่สุด หรืออาจเกิดฝ้าอย่างถาวร นอกจากนี้ยังก่อให้เกิดการกลายพันธุ์ในแบคทีเรียซาโมเนล (*Salmonella*) และเป็นพิษต่อเซลล์ด้วย (cytotoxic)

ดังนั้นกระทรวงสาธารณสุขจึงประกาศห้ามใช้สารชนิดนี้ในเครื่องสำอาง ในปัจจุบันมีการนำสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติหลายชนิดมาใช้เป็นส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ทำให้ผิวขาว ได้แก่ อาร์บูตินหรือไฮโดรควิโนน-บีตา-กลูโคพิราโนไซด์ (hydroquinone - β - glucopyranoside) ซึ่งพบได้มากในใบของแคนเบรี บลูเบอรีและวิตามินซี และสารอนุพันธ์ เช่น แมกนีเซียม แอสคอบิล ฟอสเฟต (magnesium ascorbyl phosphate) และกรดโคจิก (kojic acid) ซึ่งได้จากการหมักข้าวชนิดหนึ่งเพื่อทำเหล้าสาเกของชาวญี่ปุ่น สารชนิดนี้มีผลรบกวนการสร้างเมลานินและมีฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน (antioxidant) อย่างไรก็ตามพบว่ามีรายงานการทำให้เกิดอาการระคายเคือง ผื่นแพ้ หรือผิวหนังอักเสบ ได้บ้าง ต่อมาได้มีการพัฒนากรดโคจิก ให้มีความคงตัวต่อแสงแดดและออกซิเจนในอากาศ โดยปรับปรุงโครงสร้างทางเคมีของกรดโคจิกให้กลายเป็นสารประกอบโคจิก ไดปาล์มิเตต (kojic dipalmitate) ซึ่งมีความคงตัวสูงขึ้น นอกจากนี้ยังพบสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติจากพืชอีกหลายชนิดมีฤทธิ์ทำให้ผิวขาว เช่น สารสกัดมัลเบอรี (mulberry extract) และสารสกัดลิโคไลค์ (licorice extract) เป็นต้น สารที่ออกฤทธิ์ลอกเคราทิน (keratolytic action) จัดเป็นสารทำให้ผิวขาวชนิดหนึ่งที่ช่วยลอกผิวหนังสีคล้ำชั้นบนสุดออกไป ทำให้สีผิวดูขาวและสดใสขึ้น สารในกลุ่มนี้ได้แก่ กรดวิตามินเอ (retinoic acid หรือ tretinoin) สารชนิดนี้มีฤทธิ์ระคายเคืองผิวหนัง และทำให้ผิวหนังบางลง อย่างไรก็ตามกรดวิตามินเอมีผลทำให้ทารกในครรภ์พิการได้อย่างถาวร ดังนั้นกระทรวงสาธารณสุขจึงประกาศห้ามใช้สารชนิดนี้ในเครื่องสำอาง แต่ยังอนุญาตให้ใช้เป็นส่วนผสมในยาทาภายนอกและยารับประทานสำหรับรักษาสิว ทั้งนี้ต้องใช้ในความดูแลของแพทย์ กรดผลไม้ (alpha-hydroxy acids, AHAs) เป็นกรดอ่อนที่พบได้ในผลไม้ชนิดต่าง ๆ โดยเฉพาะผลไม้ที่มีรสเปรี้ยว เช่น มะนาวมีกรดซิตริก (citric acid) แอปเปิลมีกรดมาลิก (malic acid) อ้อยมีกรดไกลโคลิก (glycolic acid) และในมะขามมีกรดตาร์ทาริก (tartaric acid) เป็นต้น อย่างไรก็ตามเนื่องจากสารทำให้ผิวขาวหลายชนิด ทำให้เกิดอันตรายต่อผิวพรรณและร่างกาย ดังนั้นผู้บริโภคจึงควรมีความรู้และความเข้าใจว่า ไม่มีผลิตภัณฑ์ใดที่สามารถปรับเปลี่ยนสีผิวให้ขาวใสกว่าสีผิวเดิมตามธรรมชาติของแต่ละบุคคลได้

ปัจจุบันการศึกษาวิจัยในเรื่องนี้อยู่ในขั้นตอนการทดลองพัฒนา ตลอดจนศึกษาถึงประสิทธิภาพและความคงตัวเมื่ออยู่ในสูตรตำรับต่าง ๆ เปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นที่เหมาะสมสำหรับใช้ในผลิตภัณฑ์ รวมถึงวิธีการสกัดสารที่ทำให้ผิวขาวจากธรรมชาติให้มีความบริสุทธิ์และมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

สารสำคัญในแก่นมะหาด

1. สารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) คือ สารประกอบที่สามารถลดหรือชะลออัตราการเร่งของปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารที่เกิดออกซิไดซ์ได้เอง (Auto-oxidation) การเกิดออกซิเดชันแบบออโตออกซิเดชันจะทำให้เกิดสารประกอบแอลดีไฮด์ (aldehydes) และ คีโตน (Ketones) ขึ้น (นิตยา ศรีวิภาสถิตย์และสุกานดา สิบพันทา, 2549 ; วัลยา เนาวรัตน์วัฒนา และพัชรี บุญศรี ,2542)

กลไกของการต้านสารต้านอนุมูลอิสระ มีหลายกลไกดังนี้

1. การขนย้ายออกซิเจนออกไป
2. การ Scavenge พวก ROS (Reactive oxygen species) ต่างๆ รวมถึงสารต้นตอของมัน
3. การยับยั้งการสร้าง ROS
4. การเข้าจับกับเหล็กซึ่งป้องกันการสร้าง ROS ในรูปอื่น ๆ
5. การส่งเสริมระบบการทำงานของการต้านอนุมูลอิสระภายในร่างกาย (Endogenous antioxidant defenses) จะใช้กลไกใดนั้นขึ้นอยู่กับว่าอนุมูลอิสระชนิดใด สร้างขึ้นมาได้อย่างไร ที่ไหน และมีผลอะไร สารต้านอนุมูลอิสระถูกจำแนกตามแหล่งกำเนิด 2 ประเภท คือสารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์และสารต้านอนุมูลอิสระธรรมชาติ สารต้านอนุมูลอิสระเหล่านี้จะทำลายอนุมูลอิสระโดยการจับกับอนุมูลอิสระลดการเกิดปฏิกิริยา ณ จุดตั้งต้นหรือยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ การหาขีดความสามารถในการเป็นตัวต้านอนุมูลอิสระของสารต้านอนุมูลอิสระ ส่วนใหญ่ ทำโดยอาศัยหลักการในภาพที่ 2 นั่นคือ ขั้นแรกจะเป็นการสร้างอนุมูลอิสระขึ้นมาก่อนแล้วจึงเติมสารต้านอนุมูลอิสระลงไป จากนั้นทำการตรวจวัดหาอนุมูลอิส ที่เหลือหลังจากการเกิดปฏิกิริยา ซึ่งหลักการนี้สามารถนำไปใช้ได้อย่างหลากหลายขึ้นอยู่กับการเลือกชนิดของตัวกำเนิดอนุมูลอิสระ และชนิดของตัวตรวจวัดอนุมูลอิสระ (โอภา วัชระคุปต์, 2549)

2. สารที่ทำให้ผิวขาว

กระบวนการที่ทำให้ผิวขาว

เมลานิน (Melanin) หรือเม็ดสีสร้างจากเซลล์ผิวหนังที่เรียกว่าเมลาโนไซต์ (melanocyte) เป็นเซลล์ที่เจริญมาจากเซลล์ระบบประสาทซึ่งแทรกตัวอยู่ในชั้นหนังกำพร้าส่วนล่างสุด โดยเซลล์เมลาโนไซต์หนึ่งเซลล์จะแตกแขนงเป็นร่างแหเล็กๆ ยื่นไปสัมผัสเซลล์ผิวหนังประมาณ 35 เซลล์ เมลาโนไซต์จะสร้างสารเมลานินบรรจุในแคปซูลเรียกว่าเมลาโนโซม เมื่อสร้างเสร็จจะส่งไปตามร่างแหเข้าสู่เซลล์ผิวหนัง เมลานินสามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิด

1. ยูเมลานิน (Eumelanin) เป็นเซลล์เม็ดสีเข้ม เพราะมีเมลานินบรรจุอยู่ในแคปซูลมาก
2. ฟีโอเมลานิน (Pheomelanin) เป็นเซลล์สีเหลืองหรือแดง เพราะมีเมลานินน้อย

ฉะนั้นคนผิวขาว ผมแดง จึงมีฟีโอเมลานินมาก ส่วนคนผิวเข้ม ผมดำ จึงมียูเมลานินมาก ยังมีปัจจัยอื่นๆ ที่ทำให้คนผิวดำแตกต่างจากคนผิวขาว ผิวเหลือง คือคนผิวเข้มจะมีการสร้างเมลาโนโซมขนาดใหญ่กว่า มีจำนวนมากกว่า จึงทำให้สร้างเมลานินได้มากกว่า รวมถึงเมลาโนโซมถูกทำลายช้ากว่าคนผิวขาวด้วยแต่สีผิวของคนเราไม่ได้ขึ้นอยู่กับเมลานินเพียงอย่างเดียว ยังขึ้นอยู่กับเส้นเลือดและสารบางชนิด เช่น เบตาแคโรทีนที่ทำให้ผิวเหลือง นอกจากนี้ผิวหนังทั่วร่างกายของเราก็ยังมีการกระจายตัวของเม็ดสีไม่สม่ำเสมอ อาทิ พบเซลล์เม็ดสีมากบริเวณ หน้า หัวนม อวัยวะเพศ

เมลานินมีกลไกออกฤทธิ์ป้องกันแสงหลายประการ ได้แก่

1. ทำหน้าที่เหมือนแผ่นกรองแสง
2. ช่วยกระจายแสง เช่น แสงที่มีความยาวคลื่นสั้นอย่างแสงสีม่วงฟ้าที่เมื่อกระทบผิวหนังจะถูกหักเหออกไป
3. ดูดซับรังสีอัลตราไวโอเลตและแสงที่เห็นด้วยตาเปล่า แล้วกระจายออกเป็นความร้อน
4. ทำหน้าที่จับอนุมูลอิสระ

กระบวนการสร้างเม็ดสี

การผลิตเม็ดสีเมลานินเป็นผลจาก 2 ปัจจัยหลัก ดังนี้

1. รังสี UV เป็นปัจจัยสำคัญที่กระตุ้นให้มีการสร้างเมลานินและสิ่งแวดล้อมจะมีผลต่อปัจจัยนี้
2. พันธุกรรม เป็นตัวที่กำหนดสีผิวของแต่ละเชื้อชาติ

รังสี UV สามารถกระตุ้นให้เกิดการสร้างเม็ดสีเมลานินได้ 2 วิธี

1) กระตุ้นเซลล์เมลาโนไซต์โดยตรง

รังสี UV จะไปกระตุ้นเซลล์เมลาโนไซต์โดยตรง ให้มีการสร้างเม็ดสีเมลานิน โดยจะกระตุ้นให้เอนซ์ไทโรสิเนสทำงานมากขึ้น ผลที่ได้คือ เมลานินมากด้วย

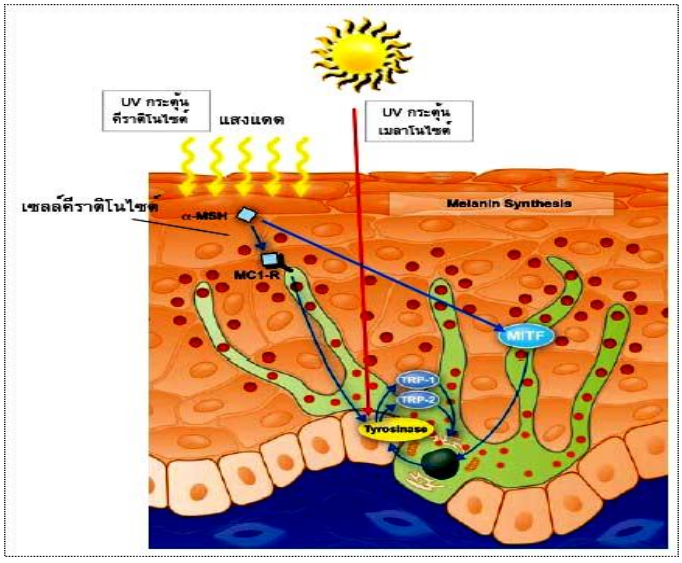
2) กระตุ้น Keratinocyte

รังสีอัลตราไวโอเลตจะไปกระตุ้นเซลล์คีราติโนไซต์ให้หลั่งสารหลายตัวออกมา สารตัวที่สำคัญคือฮอร์โมนที่หลั่งจากต่อมใต้สมองส่วนกลาง คือ เมลาโนไซท์ สติมูเลติง ฮอร์โมน (melanocyte stimulating hormone เรียกย่อว่า α-MSH) สร้างจากเซลล์เมลาโนไซท์ (melanotropic cell) รังสีอัลตราไวโอเลตจะไปกระตุ้นเมลาโนไซท์ สติมูเลติง ฮอร์โมน ซึ่งตัวนี้จะไปกระตุ้นการสร้างเมลานิน

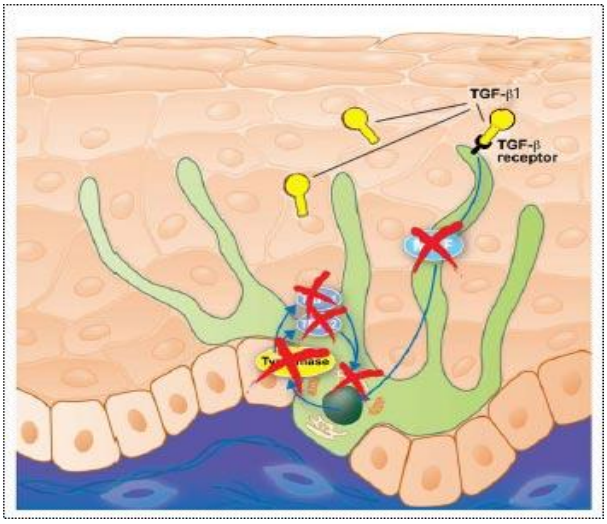
นักวิทยาศาสตร์เชื่อกันว่า Microphtalmia-associated transcription factor (MITF) เป็นหน่วยหนึ่งทางพันธุกรรมที่ควบคุมเซลล์เมลาโนไซต์ ให้ทำงานดังนี้

1. ให้สร้างเม็ดสีเมลานิน
2. แบ่งตัวเพิ่มจำนวน และ
3. วงจรชีวิตของเซลล์ จากการศึกษาวิจัยพบว่า Transforming Growth Factor - β1 (TGF-β1) ซึ่งปกติแล้วสารตัวนี้มีบทบาทเกี่ยวข้องกับกระบวนการแบ่งตัวของเซลล์ การปรับและ

พัฒนาตัวเองของเซลล์ให้โตขึ้น แต่จากงานวิจัยล่าสุดพบว่า TGF-β1 สามารถยับยั้งการสร้างเม็ดสีเมลานินได้ด้วย



ภาพที่ 2.1 การผลิตเม็ดสีเมลานินโดยการกระตุ้นด้วยรังสี UV
ที่มา : http://www.brecosmeticlab.com/newslet/54/03_mar/02_betawhite.html

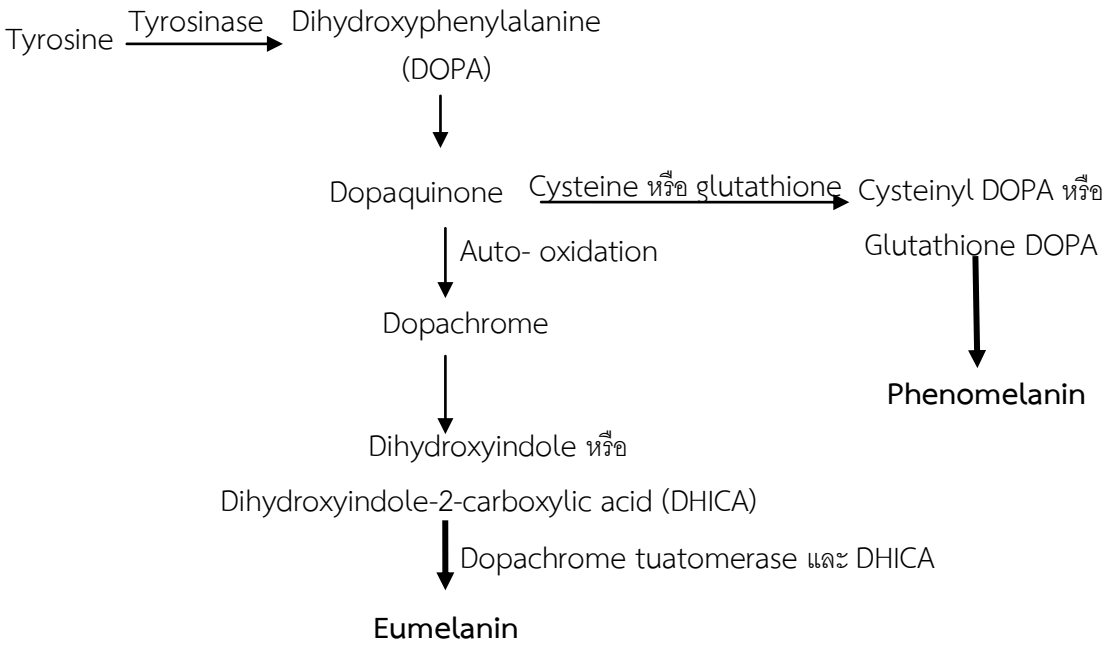


ภาพที่ 2.2 การสร้างเม็ดสีจากพันธุกรรม
ที่มา : http://www.brecosmeticlab.com/newslet/54/03_mar/02_betawhite.html

จากภาพที่ 2.2 จะเห็นว่า TGF-β1 (เป็นตัวควบคุมที่พบในธรรมชาติ โดยจะไปยับยั้งการสร้างเมลานิน) จะไปจับกับ TGF-β receptor ที่ผนังของเซลล์เมลาโนไซต์ ผลจากการจับตัวกันนี้จะไปกระตุ้นกลไกภายในเซลล์เมลาโนไซต์ ให้ลดการสร้างเม็ดสีเมลานินลง โดย

1. ลดการทำงานของเอ็นไซม์ไทโรสิเนส
2. ลดการผลิต MITF ด้วย

การลดการทำงานของ MITF และนอกจากนี้ยังมีหลักฐานว่า การควบคุมการสังเคราะห์เมลานินนี้ เกิดขึ้นที่ระดับเซลล์คีราติโนไซต์ และ TGF-β1 ก็มีผลที่ระดับนี้ด้วยเช่นกัน เมื่อผิวหนังถูกรังสี UV จะกระตุ้นให้มีการสร้างเม็ดสีเมลานินเกิดขึ้น ทั้งที่ระดับเซลล์เมลาโนไซต์และผ่านทางเซลล์คีราติโนไซต์ ทำให้เกิดเม็ดสีเมลานินจำนวนมากขึ้นมา จากนั้น เซลล์คีราติโนไซต์จะหลั่งสาร TGF-β1 ออกมาเพื่อหยุดการสร้างเมลานิน ทั้งหมดนี้เป็นกลไกในการควบคุมตามธรรมชาติ โดย TGF-β1 จะไปจับกับ TGF-β receptor แล้วก็จะเกิดกระบวนการกระบวนการสร้างเมลานินจะใช้ไทโรซีน (เป็นกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายมนุษย์) เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์เมลานิน ดังแผนภาพแสดงดังภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 แผนภาพกระบวนการชีวสังเคราะห์ของเมลานิน (pheomelanin และ eumelanin)
ที่มา : ดัดแปลงจาก บุปผาชาติ พดด้วง และมณีรัตน์ มีพลอย, 2549

นอกจากแสงแดดจะเป็นสาเหตุของรอยหมองคล้ำแล้ว ยังมีสาเหตุที่มาจากฮอร์โมน ซึ่งมักพบในสตรีมีครรภ์หรือสตรีที่รับประทานยาคุมกำเนิดบางชนิดยารับประทานบางชนิดก็เป็นตัวกระตุ้นให้เกิดฝ้าได้ เช่น ไดเฟนนิลไฮแดนดทอิน (diphenylhydantoin) เป็นยากันชัก รอยด่างดำบางชนิด

เกิดจากการใช้เครื่องสำอาง (pigmented cosmetic dermatitis) ซึ่งจะทำให้ผู้ป่วยมีผื่นคันสีดำปนแดง และอาจมีอาการอักเสบร่วมด้วย นอกจากนี้ยังมีความเชื่อว่าพันธุกรรมและภาวะทุพโภชนาการอาจเป็นสาเหตุของฝ้าได้ ความผิดปกติของสีผิวชนิดเข้มขึ้นมีสาเหตุมาจากจำนวนเมลานินมากผิดปกติ การกระจายของเมลานินในชั้นหนังแท้ การสะสมของสารบางชนิดในผิวหนัง เช่น โลหะหนัก ยาบางชนิด หรือพอไพริน (porphyrin) ที่ทำให้เมลาโนไซต์สร้างเมลานินมากขึ้น และความผิดปกติจากการหนาตัวของหนังกำพร้า ทำให้การผ่านของแสงและการกระจายของแสงเปลี่ยนแปลงไป รวมทั้งมีการดูดซับแสง (absorption) เพิ่มมากขึ้นด้วย

สารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติชนิดอื่นๆ ที่ทำให้ผิวขาว

1. กรดโคจิก (Kojic acid)

กรดโคจิกเป็นสารที่สร้างจากเชื้อรา Aspergillus oryzae ออกฤทธิ์ไปกดการทำงานของเอนไซม์ไทโรสิเนส จากการใช้พบว่าปรับสีผิวได้น้อย และมีรายงานการแพ้ครีมชนิดนี้ประปราย ปกติใช้กรดโคจิกความเข้มข้นร้อยละ 1-4 ข้อควรระวังคือ ครีมชนิดนี้มีรายงานว่าก่อความระคายเคืองสูงและทำให้เกิดผิวหนังอักเสบระคายเคืองจากการแพ้สัมผัส (irritant contact dermatitis) มีการศึกษาเปรียบเทียบครีมทาฝ้าสูตรที่ประกอบด้วยกรดไกลโคลิกและกรดโคจิก (glycolic acid/ kojic acid) และกรดไกลดคลิกและสารประกอบไฮโดรควิโนน (glycolic acid/hydroquinone (HQ)) พบว่า ไม่มีความแตกต่างของประสิทธิภาพระหว่างกรดโคจิกและสารประกอบไฮโดรควิโนนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ครีมสูตรที่ประกอบด้วยกรดโคจิกอย่างเดียวจะก่อความระคายเคืองมากกว่า เพื่อลดการระคายเคืองจากกรดโคจิก จึงมีการผสมสเตียรอยด์ จากการศึกษาเปรียบเทียบการรักษาฝ้าระหว่าสูตรตำรับที่ผสมระหว่าง 2% ไฮโดรควิโนน 10% กรดไกลโคลิกและ 2% กรดโคจิก (2% HQ +10% glycolic acid + 2% kojic acid) และ สูตรตำรับที่ประกอบด้วย 2% ไฮโดรควิโนนและ 10% กรดไกลโคลิก (2% HQ +10% glycolic acid) โดยให้ผู้เป็นฝ้าทาครีมสูตรแรกที่ครึ่งหนึ่งของใบหน้า ส่วนอีกครึ่งหนึ่งให้ทาครีมสูตรหลังที่ไม่มีส่วนประกอบของกรดโคจิก 2% ผลการรักษาพบว่า ผู้ป่วยทุกคนฝ้าจางลงทั้ง 2 ซีกของใบหน้า

2. อาร์บูติน (Arbutin)

อาร์บูตินเป็นสารประกอบไฮโดรควิโนนที่จับตัวกับน้ำตาลกลูโคส ซึ่งจะไปยับยั้งการสร้างเม็ดสีโดยการออกฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรสิเนส แต่จะไม่ทำลายเซลล์สร้างเม็ดสี เนื่องจากอาร์บูตินไม่ถูกไฮโดรไลส์ (hydrolyse) ให้เกิดเป็นสารประกอบไฮโดรควิโนน ดังนั้นฤทธิ์ยับยั้งการสร้างเม็ดสีจึงไม่ได้เกิดจากสารประกอบไฮโดรควิโนน แรกเริ่ม อาร์บูตินเป็นสารสกัดธรรมชาติจากพืช bearberry พบในสูตรยาโบราณของญี่ปุ่น มีประสิทธิภาพน้อยกว่าสารประกอบไฮโดรควิโนน (ยาทารักษาฝ้าตัวหลักที่ใช้กันแพร่หลาย) 100 เท่า ยังไม่มีรายงานว่าต้องใช้อาร์บูตินความเข้มข้นเท่าไรในการทาลบรอยดำ บริษัทเครื่องสำอางบางแห่งรายงานว่าใช้ อาร์บูตินความเข้มข้นร้อยละ 1 มีประสิทธิภาพทำให้ผิวสีจางลง อย่างไรก็ตาม มีรายงานหลายรายงานแสดงว่า อาร์บูตินมีประสิทธิภาพน้อยกว่ากรดโคจิกในการรักษาภาวะผิวสีเข้ม (hyperpigmentation) และยังมีรายงานว่าการรักษาฝ้าด้วยอาร์บูตินร้อยละ 3-7 ได้ผลดี แต่ส่วนใหญ่เป็นรายงานจากบริษัทเครื่องสำอาง ในการทดลองรักษาจริง

พบว่าประสิทธิภาพค่อนข้างต่ำ นอกจากนั้นยังพบว่าอาร์บูตินในสารสกัดจาก *Mitracarpus scaber*, *Morus bombycis* (mulberry), *Morus alba* (white mulberry) และ *Broussonetia papyrifera* (paper mulberry) จากการศึกษาพบว่า α-arbutin ออกฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรสิเนสได้มากกว่าอาร์บูติน จึงเริ่มนิยมใช้ α-arbutin ในครีมทาให้ผิวขาวแทนการใช้อาร์บูติน

3. วิตามินซีและอนุพันธ์ (L-ascorbic acid)

วิตามินซีและอนุพันธ์ ใช้กันอย่างแพร่หลายในเครื่องสำอางที่ทำให้ผิวขาว กลไกการออกฤทธิ์ของวิตามินซี และอนุพันธ์ ออกฤทธิ์โดยเป็น reducing agents ของ melanin intermediates และกั้น oxidative chain reaction จาก tyrosine/dihydroxyphenylalanine (DOPA) ไปสู่ melanin ที่หลายตำแหน่ง วิตามินซีเป็น antioxidant ที่ดี แต่จะถูก oxidized ได้ง่ายเมื่อถูกแสง ทำให้ความสามารถในการยับยั้งการสร้างเม็ดสีเมลานินลดลงไปด้วย จึงมีการพัฒนาอนุพันธุ์ของวิตามินซีให้มีฤทธิ์เทียบเท่ากับมันคือ มีความสามารถทำให้ผิวขาวขึ้น และแพร่ผ่านผิวหนังได้ แต่มีความคงตัว

4. Magnesium ascorbyl phosphate (MAP)

แมกนีเซียม แอสคอบิล ฟอสเฟต เป็นอนุพันธ์ของวิตามินซีที่มีความคงตัว ในรูปครีมความเข้มข้นร้อยละ 10 พบว่า MAP กดการสร้างเม็ดสีเมลานิน มีรายงานว่าผู้ป่วย 19 ราย จาก 34 รายที่เป็นฝ้าและขี้แมลงวัน (solar lentigines) เมื่อทา MAP มีรอยดำจางลงอย่างมี นัยสำคัญทางสถิติ ยังพบว่า MAP ป้องกันผิวบาดเจ็บจากรังสี UV-B ซึ่งการออกฤทธิ์ในกรณีหลังนี้ น่าจะมาจากการที่ MAP เปลี่ยนเป็น ascorbic acid ในญี่ปุ่นมีการศึกษาผู้ป่วย 110 ราย พบว่ารอยผิวสีเข้ม (hyperpigmentation) ลดลงร้อยละ 25 หลังทาครีมให้ความชุ่มชื้นที่มี 3% MAP เป็นเวลานาน 6 เดือน

5. **สารสกัดชะเอม (Licorice extract)**

สารสกัดจากชะเอมสารออกฤทธิ์หลัก คือ glabridin มีงานวิจัยแสดงว่า glabridin ลดการสร้างเม็ดสีเมลานินโดยยับยั้งการทำงานของ tyrosinase ของเซลล์สร้างเม็ดสี แต่จะไม่เป็นพิษต่อเซลล์สร้างเม็ดสี ยังพบว่าการทา 0.5% glabridin ลดการเกิดผิวสีเข้มหลังได้รับรังสี UV-B และลดอาการผิวไหม้แดง (erythema). นอกจากนั้น glabridin ยังมีฤทธิ์ต้านอักเสบเนื่องจากยับยั้งการผลิต superoxide anion และยับยั้งการออกฤทธิ์ของ cyclooxygenase มีรายงานว่ายา สูตรผสม 0.4% licorice extract +0.05% betamethasone + 0.05% retinoic acid มีประสิทธิภาพในการรักษาฝ้า นอกจากนั้น ในสารสกัดชะเอมยังพบ glabrene, isoliquiritigenin, licuraside, isoliquiritin และ licochalcone A ซึ่งล้วนยับยั้ง tyrosinase ได้. สำหรับ liquiritin ไม่มีผลต่อ tyrosinase แต่ก็ทำให้สีผิวจากกระบวนการอื่น มีการใช้ครีม 20% liquiritin ทารักษาฝ้านาน 4 สัปดาห์ พบว่าได้ผล

6. กรดผลไม้ (Alpha hydroxyl acid, AHA)

กรดผลไม้ใช้ในครีมทาให้ผิวขาว เช่น glycolic acid (พบมากในอ้อย) lactic acid (พบมากในนมเปรี้ยว) malic acid (พบมากใน แอปเปิล) citric acid (พบมากในผลไม้ที่มีรสเปรี้ยว, citrus fruits) และ tartaric acid (พบมากในองุ่น) พบว่า lactic acid มีประสิทธิภาพมากที่สุด AHA ออกฤทธิ์โดย เป็น chelating agent ที่สามารถไปดึงแคลเซียมอิออนจากเซลล์ผิวหนัง เนื่องจากโครงสร้างของผิวหนังเป็นลักษณะเซลล์บุผิว (epithelium cell) ที่ยึดติดกันแน่น มีการยึดเกาะ

ระหว่างเซลล์โดยโมเลกุลที่เรียกว่า cadherin (เป็น transmembrane glycoprotein) ซึ่งการทำหน้าที่ของ cadherin ขึ้นกับแคลเซียมอิออน. ดังนั้น เมื่อระดับแคลเซียมอิออนลดลง ทำให้เซลล์ผิวหนังแยกตัวตรงรอยต่อของ stratum granulosum และ stratum corneum จึงเร่งการหลุดลอกของเซลล์ที่ผิวชั้นนอกออกได้เร็วขึ้น ใช้ในความเข้มข้นร้อยละ 5-20

7. N-acetyl-4-cysteaminylphenol (NAC)

N-acetyl-4-cysteaminylphenol เป็น phenolic thioether ที่นำมาใช้เป็นสาร ฟอกสี (depigmenting agent) ชนิดใหม่ เชื่อว่ามีความคงตัวสูงกว่า HQ และระคายผิวน้อยกว่า และยังพบว่า N-acetylcysteine (NAC) มีประสิทธิภาพในการป้องกันการกดภูมิต้านทานที่เกิดจากรังสียูวี (UVB-induced immunosuppression) และเพิ่มระดับของ glutathione ในเซลล์ เนื่องจาก glutathione เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ จึงมีงานวิจัยเพื่อใช้ NAC ในแง่ป้องกันการแก่

8. Flavonoids

Flavonoids สามารถแบ่ง bioflavonoids เป็น flavones, flavonols, isoflavones และ flavanones การศึกษาผลต่อการ oxidation ของ L-DOPA ใน flavonoids หลายตัว พบว่ากลุ่ม isoflavones ที่รวมถึง glycitein, daidzein และ genistein มีฤทธิ์ยับยั้ง ไทโรซิเนส เพียงเล็กน้อย แต่พบว่า 6, 7, 4'- trihydroxyisoflavone มีฤทธิ์ยับยั้งไทโรซิเนส สูงกว่ากรดโคจิก ส่วนกลุ่ม flavanones เช่น hesperidin, eriodictyol และ naringenin มีสูตรโครงสร้างคล้าย HQ

9. Hesperidin

Hesperidin เป็น bioflavonoid ที่พบในเปลือกและเยื่อผลไม้รสเปรี้ยว (citrus fruits) พบว่า hesperidin สามารถยับยั้งการสร้างเม็ดสีโดยไม่เป็นอันตรายต่อเซลล์ ยังพบว่าสารตัวนี้ป้องกันการบาดเจ็บของไฟโบรบลาสท์ และคอลลาเจนที่เกิดจากการได้รับรังสียูวีเอ

10. Niacinamide

Niacinamide เป็น biologically active form ของ niacin (vitamin B3) พบในรากพืชหลายชนิดและยีสต์ มีงานวิจัยพบว่า niacinamide ยับยั้งการส่งผ่าน melanosomes จากเซลล์สร้างเม็ดสี (mela-nocytes) ไปยังเซลล์ผิวหนัง (keratinocyte) มีการศึกษาทางคลินิกพบว่าการทา niacinamide ทำให้รอยโรคผิวหนังสีเข้มจางลงได้

11. Polyphenols

Polyphenols เป็นกลุ่มของสารประกอบที่ออกฤทธิ์ antioxidant ซึ่งพบในพืชหลายชนิด พบว่าสารสกัด polyphenol หลายตัวจากพืช ยับยั้งการสร้างเม็ดสีได้ พบสาร proanthocyanidins หรือ procyanidins ซึ่งเป็น polyphenols ในไวน์แดง, น้ำ cranberry และเมล็ดองุ่น ส่วน ellagic acid เป็น polyphenol อีกตัวที่พบในผักและผลไม้ พบว่าสารสกัดเปลือกทับทิมที่มี 90% ellagic acid ยับยั้ง ไทโรซิเนส ของเห็ดในหลอดทดลอง

12. Ellagic acid

Ellagic acid เป็นสารประกอบโพลิฟีนอล (polyphenol) ที่พบในธรรมชาติ มีฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส โดยจับกับทองแดง มีการทดลองประสิทธิภาพของครีม ellagic acid ในการป้องกัน UV-induced pigmentation พบว่าได้ผลร้อยละ 86 ครีมตัวนี้มีวางขายในญี่ปุ่น. มีงานวิจัยในไทยพบว่าในเมล็ดลำไย มีสารต้านอนุมูลอิสระในกลุ่ม polyphenol และ bioflavonoids ค่อนข้าง

สูง และสารสำคัญ ตัวหนึ่งของการสกัดแยกเมล็ดลำไย คือ ellagic acid ซึ่งมีคุณสมบัติป้องกันมะเร็ง (anticarcinogenic agent) และป้องกันการกลายพันธุ์ (antimutagenic agent) และทำให้ผิวขาว

13. สารสกัดจากปอสา (paper mulberry extract)

สารสกัดจากปอ มีสารสำคัญ คือ kazinol F ซึ่งยับยั้งเอนไซม์ tyrosinase ที่มีประสิทธิภาพ พบว่า kazinol F มีความแรงมากกว่ากรดโคจิก, วิตามินซี และ HQ ในการยับยั้งเอนไซม์ tyrosinase และมีคุณสมบัติ ในการขจัดอนุมูลอิสระ ทำให้ผิวขาวจึงมีการนำมาใช้ในทารักษาฝ้า-กระ มีงานวิจัยเปรียบเทียบฤทธิ์การยับยั้งเอนไซม์ ไทโรซิเนส ของ paper mulberry เทียบกับกรดโคจิก และ HQ พบว่า IC50 (คือ ความเข้มข้นที่ออกฤทธิ์ยับยั้งฤทธิ์ของ tyrosinase ร้อยละ 50) ของ paper mulberry คือร้อยละ 0.396, ของ HQ คือร้อยละ 5.5 และของ kojic acid คือร้อยละ 10.0 มีการทดลองทำ patch test โดยใช้ 1% paper mulberry extract ไม่พบการระคายเคืองที่ 24 และ 28 ชั่วโมง

14. สารสกัดจากใบหม่อน (Mulberry, *Morus alba*)

สารสกัดจากใบหม่อน มีงานวิจัยแสดงว่าสารสกัดจากใบหม่อนแห้งออกฤทธิ์ยับยั้ง tyrosinase ได้ สามารถสกัด phenolic flavonoids หลายตัว เช่น gallic acid และ quercetin และกรดไขมัน เช่น linoleic acid และ palmitic acid จากใบหม่อน. สารหลักที่ออกฤทธิ์ยับยั้งไทโรซิเนส ทำให้มีการสร้างเม็ดสีน้อยลงคือ mulberroside F (moracin M-6, 3'-di-O-beta-D-glucopyranoside)

15. สารสกัดจากว่านหางจระเข้ (Aloesin)

สารสกัดจากว่านหางจระเข้เป็นสารสกัดจากว่านหางจระเข้ยับยั้งเอนไซม์ ไทโรซิเนส ได้มีการทดลองทาสาร aloesin บนท้องแขนที่ฉายรังสียูวี พบว่าสามารถกดการสร้างเม็ดสีได้ และมีงานวิจัยแสดงว่า aloesin เสริมฤทธิ์ arbutin ในด้านการยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส

16. สารสกัดจากใบโสม (Ginseng)

จากรายงานการศึกษาพบว่าในสารสกัดจากใบโสมสด (*Panax ginseng*) มีสาร p-coumaric acid ซึ่งยับยั้งการสร้างเม็ดสีได้

17. สารสกัดจากใบแปะก๊วย (Gingko)

สารสกัดจากใบแปะก๊วยมี flavone glycosides ที่ส่วนใหญ่คือ quercetin และอนุพันธ์ของ kaempferol สารเหล่านี้ยับยั้ง tyrosinase โดยการจับกับทองแดง

18. สารสกัดจากรก (placental extract)

มีการใช้สารสกัดจากรกมาทำเครื่องสำอางและสบู่ โดยหวังผลทำให้ผิวสีจางลง มีงานวิจัยผลของสาร สกัดจากรกต่อการสร้างเม็ดสี พบว่าสารสกัดจากรกยับยั้งกระบวนการ การสร้างเม็ดสีของ SK30 melanoma cells โดยการยับยั้งการสร้างเอนไซม์ไทโรสิเนส แต่ไม่ยับยั้งการเจริญเติบโตของ SK30 melanoma cells ยังต้องมีการวิจัยเพื่อหาสารออกฤทธิ์ต่อไป

19. สารสกัดจากใบพืชกลุ่ม Arctostaphylos

Arctostaphylos patula และ *Arctostaphylos viscida* ยับยั้งเอนไซม์ไทโรสิเนส ทำให้ไม่มีการสร้างเม็ดสีเมลานินจากโดปาโครม (dopachrome) และยังมีฤทธิ์คล้ายเอนไซม์ซูเปอร์

ออกไซด์ ไดมิวเทส (superoxide dismutase) แต่ยังไม่ทราบความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารสกัดจากใบของพืชชนิดนี้ที่จะนำมารักษาความผิดปกติที่มีผิวสีเข้ม

20. สารสกัดจาก Rumex (rumex extract)

สารสกัดจาก Rumex เป็นสารสกัดจากพืช 4 ชนิด ได้แก่ *Rumex occidentalis*, *Rumex maritimus*, *Rumex pseudonateonstus* และ *Rumex stenophyllus* กลไกในการทำให้ผิวขาวขึ้นเกิดจากการยับยั้งเอนไซม์ไทโรซีเนส การศึกษาผลของสารสกัดจาก rumex โดยเปรียบเทียบกับกรดโคจิก ไฮโดรควิโนนและอาร์บูติน พบว่า ความสามารถยับยั้งเอนไซม์โรสิเนสของสารสกัดจาก rumex มีค่าใกล้เคียงกับกรดโคจิก แต่ฤทธิ์ในการยับยั้งสูงกว่าไฮโดรควิโนนและสารอาร์บูติน ในทุกความเข้มข้น

21. สารสกัดจากชาเขียว (green tea extract)

พบว่าชาเขียวมีส่วนประกอบของ polyphenols ซึ่งเป็น bioflavonoids ในปริมาณสูง สารตัวนี้มีฤทธิ์ antioxidant ในชาเขียวมี polyphenols ชนิดเฉพาะที่รู้จักกันทั่วไปในชื่อ catechins ซึ่งมีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระสูง Catechins ตัวที่ออกฤทธิ์สูงสุดในชาเขียวคือ epigallocatechin gallate (EGCG) ส่วน catechins ตัวอื่นๆที่พบได้ในชาเขียวคือ epigallocatechin (EGC), epicatechin 3-gallate (ECG) และ epicatechin (EC) นอกจากนั้น polyphenols ในชาเขียวยังมีฤทธิ์ต้านอักเสบ และต้านมะเร็ง พบว่าส่วนประกอบของชาเขียว โดยเฉพาะ EGCG ทำให้เม็ดเลือดขาวไม่มาสะสมในผิวหนังเมื่อถูกแสงยูวีบี

การสกัด (Extraction)

การสกัดเป็นกระบวนการที่ใช้แยกสารที่ต้องการแยกออกจากของผสมหรือสารละลาย โดยใช้ตัวทำละลาย และวิธีการทำงานที่เหมาะสม ถ้าตัวถูกละลายที่ต้องการสกัดอยู่ในสารตัวอย่างที่เป็นของแข็งสามารถทำการสกัดด้วยตัวทำละลายของเหลวได้ ซึ่งเรียกวิธีการสกัดนี้ว่า Solid-liquid extraction การสกัดจะได้ผลดีหรือไม่ขึ้นอยู่กับการละลายของตัวถูกละลายในตัวสกัด หรือตัวทำละลายของเหลว และระยะเวลาที่ใช้ในการสกัดขึ้นอยู่กับลักษณะของตัวถูกละลายที่อยู่ในสารตัวอย่างของแข็ง ถ้าตัวถูกละลายเพียงดูดซับที่ผิวของของแข็ง การสกัดก็จะใช้เวลาน้อย แต่ถ้าตัวถูกละลายอยู่ภายในโครงร่างของของแข็งก็ต้องใช้เวลามากกว่า และถ้าการแพร่ของตัวทำละลายสู่ภายในโครงร่างของของแข็ง เกิดได้ช้ามากจำเป็นต้องบดของแข็งให้มีขนาดเล็กลงก่อนทำการสกัด เพื่อช่วยลดระยะเวลาในการสกัดให้สั้นลง การสกัดของแข็งหรือการทำ Solid-liquid extraction สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการสกัดสารทางชีววิทยา สารอินทรีย์ ตลอดจนเกลือของสารอนินทรีย์

วิธีการสกัดของแข็งสามารถทำได้ 2 วิธี คือ

1. การสกัดด้วยตัวทำละลาย (Solvent extraction)

ถ้าตัวถูกละลายอยู่ในสารตัวอย่างของแข็งเพียงแค่ดูดซับที่ผิว และการละลายของตัวถูกละลายในตัวสกัดมีค่าสูง การสกัดสามารถทำได้โดยเติมตัวสกัด หรือตัวทำละลายลงไปในสารตัวอย่างภายใ บีกเกอร์ หรือขวดรูปชมพู่ จากนั้นคนด้วยเครื่องคน (Magnetic stirrer) หรือใช้เครื่องเขย่า

(Shaker) จนกระทั่งตัวถูกละลายละลายในตัวสกัดหมดแล้ว ให้ใช้วิธีการกรองเอาของแข็งออกจากสารละลายจะสามารถแยกตัวถูกละลายออกจากสารตัวอย่างของแข็งได้

2. การสกัดด้วยเครื่องซอกเล็ต (Soxhlet extrator)

ถ้าตัวถูกละลายเป็นสารประกอบอินทรีย์ หรือสารทางชีววิทยา ซึ่งเป็นสารประกอบที่มีการละลาย ในตัวสกัดต่ำ หรือการสกัดจะสมบูรณ์ได้ต้องใช้เวลานาน จำเป็นต้องใช้เทคนิคการสกัดด้วยเครื่องซอกเล็ต โดยบรรจุของแข็งที่ต้องการสกัดลงในกรวยกระดาษ (Soxhlet thimble) แล้วใส่ในหลอดแก้ว ตัวสกัดคือตัวทำละลายอินทรีย์ที่ระเหยกลายเป็นไอได้บรรจุอยู่ในขวดก้นกลม โดยการให้ความร้อนแก่ตัวสกัดในขวดก้นกลมจะทำให้ตัวสกัดระเหยกลายเป็นไอผ่านหลอดแก้วไปยังตัวควบแน่น เมื่อตัวสกัดถูกควบแน่นกลายเป็นของเหลวจะไหลตกลงมาบนของแข็งที่ต้องการสกัด เมื่อตัวสกัดถูกสะสมในหลอดแก้วมากเพียงพอ จะเกิดกาลักน้ำดูดของเหลวให้ไหลกลับมายังขวดก้นกลม สารที่ถูกสกัดออกมากับตัวสกัด และสะสมในขวดก้นกลม ส่วนตัวสกัดจะถูกความร้อนทำให้กลายเป็นไอแล้วควบแน่นมาใช้ใหม่ได้อีกอย่างต่อเนื่อง

สารสกัดแก่นมะหาด

มะหาด มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Artocarpus lakoocha* Roxb. เป็นต้นไม้ยืนต้นในวงศ์ Moraceae พบมากในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ชาวบ้านนิยมนำแก่นมาต้มกับน้ำ และนำสิ่งที่สกัดได้มาทำให้เป็นผงแห้ง เรียกว่า “ปวกหาด”สารสกัดจากแก่นมะหาดมีฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส ในหลอดทดลอง และมีฤทธิ์ลดการสร้างเมลานินในมนุษย์ สารสำคัญในสารสกัดแก่นมะหาด คือ สารออกซิเรสเวอราทรอล (oxyresveratrol) ทั้งนี้การเตรียมสารสกัดในรูปแบบอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำ (oil-in-water emulsion) จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการออกฤทธิ์ให้ดีขึ้น ดังนั้นสารสกัดแก่นมะหาดจึงมีศักยภาพในการนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ทำให้ผิวขาวได้ดี

สารสกัดสมุนไพรแก่นมะหาด (*Artocarpus lakoocha* Roxb.) มีการศึกษาการใช้สารสกัด 5 % ทราน –2, 4, 3', 5'- เตตราไฮดรอกซี สติลบีน (trans-2, 4, 3', 5'-tetrahydroxystilbene) จากสมุนไพรแก่นมะหาดในการรักษาฝ้า ได้ผลดีไม่แตกต่างจากยาทา 2 % ไฮโดรควิโนน และพบผลข้างเคียงเล็กน้อย

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กนกภรณ์ พยาฆรินทรังกูร (2548) ค้นหาสารที่มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันจากพืชสมุนไพรไทย จำนวน 40 ชนิดโดยทดสอบฤทธิ์เบื้องต้นในการต้านอนุมูลอิสระดีพีพีเอช (DPPH ย่อมาจาก 2,2-Diphenyl-1-(2,4,6,-trinitrophenyl) hydrazyl) ซึ่งเป็นอนุมูลอิสระที่เสถียร พบว่า สารสกัดรากต้นพีพวนน้อย (*Uvaria rufa*) ชั้นไดคลอโรมีเทนและในชั้นบิวทานอล แสดงฤทธิ์ที่ดี ดังนั้น จึงเลือกนำมาศึกษาต่อไป โดยการแยกองค์ประกอบทางเคมีด้วยวิธีทางโครมาโทกราฟิก แยกสารได้ทั้งหมด 15 ชนิด ในส่วนของสิ่งสกัดไดคลอโรมีเทนพบสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ 6 ชนิด ในส่วนของสารสกัดรากต้นพีพวนชั้นบิวทานอล พบสารในกลุ่มแอลคาลอยด์ 7 ชนิด ทำการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

ของสารสกัดชั้นไดคลอโรมีเทนและชั้นบิวทานอล 3 วิธี ได้แก่ การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระดีพีพีเอช การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระซุปแปอร์ออกไซด์ (superoxide) และการทดสอบฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แซนทีน ออกซิเดส จากผลการศึกษาพบว่า สาร 2,5-ไดไฮดรอกซี-6,7-ไดเมทรอกซี ฟราโวน ในชั้นบิวทานอล (dimethoxy flavanone 2,5-dihydroxy-6,7-dimethoxy flavanone) มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระดีพีพีเอชและซูเปอร์ออกซิเดส ดีที่สุดโดยมีค่า IC_{50} = 0.16 และ 1.03 mg/mL ตามลำดับ ในส่วนของฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แซนทีน ออกซิเดส ไม่มีสารใดแสดงฤทธิ์ที่ดี

คณะเภสัชศาสตร์ จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย (2550) พัฒนาสูตรตำรับสมุนไพรไทยจากแก่นมะหาด จากการศึกษาพบว่า สารสกัดจากแก่นมะหาด ลดความเข้มของเม็ดสีเมลานินในผิวหนัง มีผลทำให้ผิวขาวได้ ปลอดภัยและไม่ทำให้ระคายเคืองผิว ทั้งนี้เนื่องมาจากสารสกัดจากแก่นมะหาดมีสารสำคัญคือ สารออกซิเรสเวอราทรอล (2,4,3",5" - tetrahydroxystibene) ซึ่งสารนี้สามารถออกฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรสิเนส และจากการศึกษาในอาสาสมัครจำนวน 4 คน โดยทาสารสกัดจากแก่นมะหาดที่แขนวันละ 2 ครั้ง เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และทำการวัดค่าความเข้มของสีผิวด้วยเครื่องแมกซามิเตอร์ (Mexameter) พบว่าแขนที่ทาด้วยสารสกัดจากแก่นมะหาดมีแนวโน้มให้ค่าความเข้มของสีผิวลดลง นอกจากนี้ ยังไม่มีอาการแพ้หรือระคายเคือง ผู้วิจัยได้ศึกษาในอาสาสมัครจำนวนมากขึ้น คือ 60 คน ในระยะเวลา 12 สัปดาห์ โดยแบ่งอาสาสมัครออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 20 คน เป็นเพศหญิง อายุ 20–48 ปี มีสภาพผิวหนังปกติ จากการทาสารสกัดที่ต้นแขนของอาสาสมัครวันละ 2 ครั้ง เช้า-เย็น เปรียบเทียบกับอาสาสมัครที่ทาด้วยสารสกัดจากชะเอมและกรดโคจิก ผลการทดลองพบว่ากลุ่มอาสาสมัครที่ทาด้วยสารสกัดจากมะหาด จะมีผิวขาวขึ้นเรื่อย ๆ ความขาวของสีผิวจะเห็นผลในระยะเวลาเพียง 4 สัปดาห์ และจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ อย่างมีนัยสำคัญตามระยะเวลาที่ทำการทดลอง นอกจากนี้ ยังไม่พบอาการแพ้หรือระคายเคืองผิวแต่อย่างใด ในขณะที่กรดโคจิกให้ผลในการทำให้ผิวขาวในระยะเวลาที่นานกว่า 8 สัปดาห์

จุไรรัตน์ รัตนพันธ์ (2547) ทดสอบฤทธิ์ต้านออกซิเดชันเบื้องต้นในพืชสมุนไพรไทยโดยทดสอบกับ2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) ซึ่งเป็นอนุมูลอิสระที่มีความเสถียร พบว่าสารสกัดชั้นไดคลอโรมีเทนและสารสกัดชั้นเอธิลอะซิเตตของลำต้นชะลู *(Alyxia reinwardtii)* มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันที่ดี จากนั้นจึงนำส่วนของสารสกัดเหล่านี้มาศึกษา พบว่า สาร zhebeiresinol มีฤทธิ์ตานอนุมูลอิสระ โดยทำการทดสอบทั้งหมด 3 วิธี คือ วิธีทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPHวิธีทดสอบฤทธิ์เกี่ยวเนื่องกับเอนไซม์ xanthine oxidase) และวิธีการทดสอบการยับยั้งการเกิดออกซิเดชันในไขมัน จากผลการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH พบว่าสาร 7 (IC_{50}) =0.19 mM) แสดงฤทธิ์สูงสุด ตามด้วยสาร 6 (IC_{50} = 0.31 mM) สาร 2 (IC_{50} = 0.61 mM)สาร 5 (IC_{50} = 3.17 mM) และสาร 4 (IC_{50} = 71.05 mM) ในขณะที่สาร 1, 3 และ 8แสดงฤทธิ์ที่ต่ำ (IC_{50} > 100 mM) ส่วนฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ superoxide พบว่าสาร 2(IC_{50} = 4.55 mM) สาร 6 (IC_{50} = 4.51 mM) และสาร 7 (IC_{50} = 3.38 mM) แสดงฤทธิ์ที่ดี ในขณะที่สาร 1 และ 8 ไม่แสดงฤทธิ์ (IC_{50} > 100 mM) อย่างไรก็ตามสารทั้งหมดไม่แสดงฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ xanthine oxidase จากผลการทดสอบ

การยับยั้งการเกิดออกซิเดชันในไขมัน พบว่าสาร 6 และ 7 แสดงฤทธิ์ที่สูง (IC_{50} = 3.31 และ 2.08 mMตามลำดับ) ขณะที่สาร 1, 2, 3, และ 4 แสดงฤทธิ์ปานกลางโดยมี IC_{50} = 67.64, 69.07,67.45, และ 58.13 mM ตามลำดับ

จำเนียร โสมณวัฒน์ นุสรณ์ แถลงศรี และสายใจ ดีพลงาม (2550) ทำการศึกษากลุ่มสารที่มีฤทธิ์ยับยั้งการสร้างเมลานินและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากใบกระดังงาจีน โดยนำสารสกัดจากใบกระดังงาจีนในชั้นเฮกเซน เอธิลอะซีเตตและเมธานอล มาทดสอบฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ผลการศึกษาสารสกัดหยาบชั้นที่แสดงฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส คือสารสกัดชั้นเอธิลอะซีเตต (%tyrosinase inhibition 24.37±13.62) สารสกัดชั้นเมธานอล แสดงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH โดยมี %DPPH inhibition 46.57±1.38 จากนั้นนำสารสกัดชั้นเอธิลอะซีเตตและเมธานอล ไปแยกให้เป็นส่วนสกัดด้วยคอลัมน์ โครมาโตกราฟี และทำการทดสอบฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH พบว่า ส่วนสกัด AHM 2, 6 และ 7 แสดงฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสดี โดยมี %tyrosinase inhibition ดังนี้คือ 37.50±1.85, 40.15±4.81 และ 43.60±7.49 ตามลำดับ และแสดง %DPPH inhibition ดังนี้คือ 31.95±1.36, 21.48±8.89 และ 40.54±1.18 ตามลำดับ จากนั้นแยกส่วนสกัด AHM 2, 6 และ 7 ต่อ และทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพ พบว่าส่วนสกัดย่อย AHM 7-1 แสดงฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสได้ดีที่สุด (%tyrosinase inhibition 29.58±3.57) ส่วนสกัดย่อย AHM 6-4 แสดงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ได้ดีที่สุด (%tyrosinase inhibition 79.01±7.45) จากนั้นศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของ AHM 6-4 และ 7-1 ด้วย TLC พ่นด้วยน้ำยา dragendorff, vanillin - sulfuric acid และ ferric chloride พบว่าให้ผลบวกกับ ferric chloride ทำให้ทราบเบื้องต้นว่า AHM 6-4 และ 7-1 ประกอบด้วยสารกลุ่มฟีนอล

พรสุข จิตรถเวช (2548) ศึกษาประเมินฤทธิ์ของสารสกัดที่ได้จากตัวทำละลายต่างชนิดกันจากผลมะขามป้อมที่ปลูกในประเทศไทย ในการมีฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน ฤทธิ์ต้านคอลลาจิเนส และฤทธิ์ต้านไทโรซิเนส โดยนำผงแห้งของสารสกัดมะขามป้อมจากการพ่นแห้งมาสกัดโดยตรงด้วยตัวทำละลาย 3 ชนิดที่มีสภาพขั้วต่างๆ กัน ได้แก่ เอธิลอะซิเตต อะซิโตน และเอธานอล โดยใช้เครื่องสกัดซอกเลต ผลแห้งของสารสกัดมะขามป้อมที่เหลือจากการสกัดด้วยเอธิลอะซิเตต ถูกนำมาสกัดอย่างต่อเนื่องด้วยอะซิโตน และต่อด้วยเอธานอลได้สารสกัดอะซิโตน (อย่างต่อเนื่อง) และสารสกัดเอธานอล (อย่างต่อเนื่อง) ตามลำดับ สารสกัดทั้ง 5 ส่วน, สารสกัดมะขามป้อมจากการพ่นแห้งและสารสกัดมะขามป้อมทางการค้าถูกนำมาประเมินฤทธิ์ต้านออกซิเดชันจากคุณสมบัติการให้ไฮโดรเจนอะตอมและการยับยั้งอนุมูลอิสระไฮดรอกซิลแม้ว่าสารสกัดอะซีโตน (โดยตรง) เอธานอล (โดยตรง) เอธานอล (อย่างต่อเนื่อง) อะซิโตน (อย่างต่อเนื่อง) และสารสกลัดมะขามป้อมพ่นแห้ง IC_{50} 4.43, 4.62, 4.63, 5.00 และ 6.29 mg/mL ตามลำดับ มีฤทธิ์ในการให้ไฮโดรเจนอะตอมแก่อนุมูลอิสระดีพีพีเอชน้อยกว่าอีจีซีจี วิตามินซีและโทรรอกซ์แต่ก็ยังมีฤทธิ์สูงกว่าสารสกัดมะขามป้อมทางการค้า IC_{50} 6.87 mg/mL ส่วนสารสกัดเอธิลอะซิเตตมีฤทธิ์ในการให้ไฮโดรเจนอะตอมต่ำที่สุด โดยแสดงค่า IC_{50} สูงที่สุดเท่ากับ 7.74 mg/mL สำหรับฤทธิ์ในการยับยั้งอนุมูลอิสระไฮดรอกซิลนั้นสารสกัดอะซิโตน (อย่างต่อเนื่อง) IC_{50} 0.88 mg/mL มีฤทธิ์ในการยับยั้งสูงที่สุดและใกล้เคียงกับโทรรอกซ์ IC_{50} 0.92

mg/mL ในขณะที่สารสกลัดจากมะขามป้อมพ่นแห้ง IC_{50} 1.12 mg/mL และอีจีซีจี IC_{50} 1.19 mg/mL ให้ฤทธิ์น้อยกว่าสารสองชนิดแรกแต่ยังคงมีฤทธิ์มากกว่าสารสกัดมะขามป้อมทางการค้า IC_{50} 1.62 mg/mL และสารสกัดอะซิโตน (โดยตรง) พบว่าสารสกัดมะขามป้อมทั้งหมดที่ความเข้มข้นต่ำมีฤทธิ์ในการกระตุ้นการเกิดออกซิเดชันต่อการสลายตัวของดีออกซิไรโบส แต่อย่างไรก็ตามพบว่าฤทธิ์ในการกระตุ้นออกซิเดชันนี้ลดลงเมื่อใช้ความเข้มข้นของสารสกัดสูงขึ้นและพบว่าสารสกัดอะซิโตน (อย่างต่อเนื่อง) ไม่มีฤทธิ์ในการกระตุ้นออกซิเดชันที่ความเข้มข้นสูงกว่า 1 mg/mL ในขณะที่สารสกัดมะขามป้อมอื่นๆ และ อีจีซีจี ยังคงแสดงฤทธิ์กระตุ้นออกซิเดชันพบว่าทั้งสารสกัดเอธานอล และสารสกัดอะซิโตน มีฤทธิ์ต้านคอลลาจิเนสมากกว่าสารสกัดมะขามป้อมอื่นๆ ในขณะที่สารสกัดมะขามป้อมทางการค้ามีฤทธิ์ต้านคอลลาจิเนสต่ำที่สุด ฤทธิ์ต้านไทโรซิเนสของสารสกัดมะขามป้อมในการป้องกันการสร้างเมลานิน พบว่าสารสกัดเอธิลอะซิเตตให้ฤทธิ์ในการยับยั้งไทโรซิเนสมากที่สุดซึ่งส่งผลให้สารสกัดโดยตรงของทั้งอะซิโตนและเอธานอลมีฤทธิ์ยับยั้งไทโรซิเนสมากกว่าสารสกัดอย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้พบว่าสารสกัดมะขามป้อมทั้งหมดมีความคงตัวดีในการยับยั้งอนุมูลอิสระดีพีพีเอชในช่วงการเก็บที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 9 เดือน จากข้อมูลการศึกษานี้บอกได้ว่ามะขามป้อมที่ปลูกในประเทศไทยสามารถช่วยป้องกันผิวหนังจาการทำลายของอนุมูลอิสระ ทั้งยังป้องกันผิวหนังจากเอนไซม์คอลลาจิเนสและเอนไซม์ไทโรซิเนส ดังนั้นด้วยคุณสมบัติมากมายของสารสกัดมะขามป้อม สารสกัดมะขามป้อมจึงเป็นประโยชน์มากต่อการนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางและอุตสาหกรรมอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องต่อสุขภาพ

เสาวนีย์ เหลืองธนะผล (2545) ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารแอนติออกซิแดนท์จาก เปลือกเมล็ดมะขาม (*Tamarindus indica* L.) โดยการศึกษาเปรียบเทียบระหว่าง การสกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวดและการสกัดด้วยตัวทำละลายของเหลว สำหรับการสกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวดทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการ สกัดได้แก่ ผลของตัวทำละลายร่วม (เอธานอล) อุณหภูมิ (35-80 องศาเซลเซียส) ความดัน (10-30 เมกะปาสคาล) และอัตราส่วนระหว่างเอธานอลต่อคาร์บอนไดออกไซด์ (ร้อยละ 5-10 โดยปริมาตร) ส่วนการสกัดด้วยตัวทำละลายของเหลวได้ศึกษาวิธีการ สกัดด้วยเครื่องซอกเล็ตที่สภาวะสุญญากาศ และการสกัดด้วยตัวทำละลายที่สภาวะบรรยากาศในการสกัดด้วยตัวทำละลายที่สภาวะบรรยากาศได้ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการ สกัดคืออุณหภูมิและชนิดของตัวทำละลาย ผลการศึกษาพบว่าสารแอนติออกซิแดนท์ที่สกัดได้จากเปลือกเมล็ดมะขาม ส่วนใหญ่คือ (-)-Epicatechin การสกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวดร่วมกับเอธานอลให้ผลการสกัดดีกว่าการสกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวดเพียงอย่าง เดียว และเมื่อเพิ่มอุณหภูมิหรือความดันที่ใช้ในการสกัดสามารถสกัดสาร (-)-Epicatechin ได้น้อยลง สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดคืออุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ความดัน 10 เมกะปาสคาล และอัตราส่วนระหว่างเอธานอลต่อ คาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับร้อยละ 10 โดยปริมาตร ได้ปริมาณสาร (-)-Epicatechin เท่ากับ 12.75 มิลลิกรัม/ 100 กรัมน้ำหนักแห้งของเปลือกเมล็ดมะขาม ผลการสกัดด้วยตัวทำละลายของเหลวพบว่าการสกัดด้วยเอธานอลที่อุณหภูมิห้อง สามารถสกัดสาร (-)-Epicatechin ออกมาได้สูงที่สุดเท่ากับ 120.79 มิลลิกรัม/ 100 กรัมน้ำหนักแห้งของเปลือกเมล็ดมะขาม แต่สารสกัดที่ได้จากการสกัดด้วย เอธานอลที่อุณหภูมิห้องมีสารอื่นปนเปื้อนอยู่มากเมื่อ

เปรียบเทียบกับสารสกัดที่ ได้จากการสกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวดร่วมกับเอธานอล แต่อย่างไรก็ตาม การสกัดด้วยตัวทำละลายของเหลวสามารถสกัดสาร (-)-Epicatechin ได้สูงกว่าการสกัด ด้วยคาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวดร่วมกับเอธานอลถึง 10 เท่า นอกจากนี้ยังพบว่า สารสกัดที่ได้จากการสกัดด้วยเอธานอลที่อุณหภูมิห้องมีความสามารถในการต้าน ปฏิกิริยาออกซิเดชันในน้ำมันหมูได้ดีที่สุด

ฐานิสร โรจนดิลก (2544) เปรียบเทียบประสิทธิผลและความระคายเคืองต่อผิวของผลิตภัณฑ์ทำให้ผิวขาวที่มีจำหน่ายในประเทศไทย จำนวน 6 ผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์สำหรับใช้กับใบหน้าและลำตัวอย่างละ 3 ผลิตภัณฑ์ การวิจัยในส่วนแรกเป็นการศึกษาประสิทธิผลของผลิตภัณฑ์สำหรับใบหน้า (ผลิตภัณฑ์ A B และ C) เปรียบเทียบกับการไม่ได้ทาในอาสาสมัครเพศหญิงสุขภาพดี 12 คน โดยอาสาสมัครแต่ละคนจะทาผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 บริษัทบนบริเวณต่าง ๆ ของหน้าแขนท่อนปลาย (forearm) ทั้งแขนซ้ายและขวา ตามลำดับการทาแบบละตินแสควร์ ซึ่งจะทาวันละสองครั้งติดต่อกันทุกวัน เป็นเวลา 12 สัปดาห์ จากนั้นทำการวัดปริมาณเมลานิน (melaninvalue) และปริมาณการเกิดผิวหนังแดง (erythema value) โดยใช้เครื่องมือ MEXAMETERMX ทุก ๆ สัปดาห์ ผลิตภัณฑ์ A มีสารสำคัญ คือ สารสกัดจากชะเอมเทศ 5%ผลิตภัณฑ์ B มีสารสำคัญ คือ สารสกัดจากรากหม่อน 0.001% และสารสกัดจากสคูทีลาเรียไบคาเลนซิส (*Scutellaria baicalensis*) 0.01% และกรดคาพริโลอิลซาลิซัยลิก(capryloyl salicylic acid) 0.3% ขณะที่ผลิตภัณฑ์ C มีสารสำคัญ คือ วิตามินบีสาม(vitamin B_3) 1% นอกจากนี้ทั้งสามผลิตภัณฑ์ต่างก็มีสารกรองรังสีอัตราไวโอเลตผสมอยู่ด้วยจำนวนหนึ่งเพื่อช่วยป้องกันแสงแดด ผลการทดลองพบว่าผลิตภัณฑ์ทั้งสาม ต่างก็มีประสิทธิผลในการลดปริมาณเมลานินได้เท่าๆ กัน เมื่อเทียบกับบริเวณที่ไม่ได้ทา($P<0.05$) โดยพบนัยสำคัญได้ตั้งแต่สัปดาห์ที่สองของการทาเป็นต้นไป และยังพบว่าทั้งสามผลิตภัณฑ์ต่างก็มีคุณสมบัติในการช่วยลดปริมาณการเกิดผิวหนังแดงได้บ้าง ซึ่งอาจเป็นผลเนื่องมาจากคุณสมบัติป้องกันแสงแดดของสารกรองรังสีในตำรับ จากนั้นจึงทำการศึกษาผลิตภัณฑ์ทำให้ผิวขาวสำหรับลำตัว 3 ผลิตภัณฑ์ โดยใช้ขั้นตอนการทดลองเหมือนเดิม แต่ใช้อาสาสมัครคนละชุด ผลิตภัณฑ์ E มีสารสำคัญคือกรดแล็กติค (lactic acid) 8% ผลิตภัณฑ์ F มีสารสำคัญคือ สารสกัดจากชะเอมเทศ 0.5%ส่วนผลิตภัณฑ์ G มีสารสำคัญคือ วิตามินบีสาม (vitamin B(,3)) 1% และสารสกัดจากผลไม้0.1% นอกจากนี้ ผลิตภัณฑ์ทั้งสามต่างก็มีสารกรองรังสีอัลตราไวโอเลตชนิดเดียวกันผสมอยู่ด้วยผลการทดลองพบว่า ผลิตภัณฑ์ E F และ G สามารถลดปริมาณเมลานินได้อย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเทียบกับบริเวณที่ไม่ได้ทา ($P < 0.05$) แต่ระยะเวลาที่ใช้ทาก่อนเกิดประสิทธิผลจะนานขึ้น (ประมาณ 3-5 สัปดาห์) นอกจากนี้ ผลิตภัณฑ์สำหรับลำตัวทั้งสามชนิดไม่พบว่ามีคุณสมบัติช่วยลดการเกิดผิวหนังแดงแต่อย่างใด โดยค่าปริมาณการเกิดผิวหนังแดงของตำแหน่งที่ทาผลิตภัณฑ์ E F และ G ไม่แตกต่างจากตำแหน่งที่ไม่ได้ทา ($P>0.05$) ในทุกสัปดาห์ ทั้งนี้อาจมีสาเหตุจากการควบคุมการทดลองที่เข้มงวดขึ้นเพื่อหลีกเลี่ยงไม่ให้อาสาสมัครสัมผัสกับแสงแดดที่อาจระคายเคืองผิวระหว่างการทดลอง โดยสรุปแล้วผลิตภัณฑ์ที่ศึกษาทั้ง 6 ชนิดต่างก็มีประสิทธิผลในการลดประมาณเมลานินในผิวหนังอาสาสมัคร อย่างไรก็ตามผู้บริโภคควรได้รับทราบว่าประสิทธิผลดังกล่าวได้จากการวัดด้วยเครื่องมือพิเศษที่มีความไวสูง ซึ่งถ้าใช้สายตาคนปกติจะตรวจวัดประสิทธิผลได้ยากและมีความไม่แน่นอนขึ้นกับจิตใจหรือความรู้สึกของผู้ประเมินอีกด้วย

นันทนัช มหัทธนโภไคย (2546) ทำการเตรียมและประเมินฤทธิ์ของสารสกัดและครีมจากสารสกัดมะขามป้อม จากการสกัดผลแห้งของมะขามป้อมโดยใช้ตัวทำละลายหลายชนิดที่มีสภาพขั้วต่าง ๆ กันได้สารสกัดแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ สารสกัดจากเฮกเซน สารสกัดจากเอธิวแอซีเตต และสารสกัดจากเมธานอล โดยส่วนที่มีปริมาณสารสกัดมากที่สุดคือ สารสกัดจากเอธิวแอซีเตตเมื่อนำสารสกัดทั้ง 3 ส่วนไปทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระพบว่า สารสกัดทั้ง 3 ส่วนมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ โดยส่วนของสารสกัดที่มีฤทธิ์มากที่สุดคือสารสกัดจากเอธิลแอซีเตตดังนั้นในการทดลองครั้งนี้จึงเลือกสารสกัดส่วนนี้มาใช้ในการศึกษาความคงตัวของสารสกัด รวมทั้งนำมาตั้งตำรับเป็นครีมสารสกัดมะขามป้อม จากการวิเคราะห์หาสารสำคัญของสารสกัดโดยใช้วิธีรงควัตถุผิวบาง พบว่าในสารสกัดมะขามป้อมมี สารที่ชื่อ gallic acid เป็นองค์ประกอบ ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จะเลือกใช้ gallic acid เป็นสารมาตรฐานในการประเมินความคงตัวของสารสกัด สำหรับผลการศึกษาความคงตัวของสารสกัดซึ่งถูกเก็บไว้ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ได้แก่ 4, 30 และ 45(+,ฐ)C เป็นเวลา 3 เดือนพบว่า สารสกัดมะขามป้อมสามารถเก็บไว้ที่อุณหภูมิทั่วไปในภาชนะที่ปิดสนิทและกันแสงได้ในการศึกษาความคงตัวทางกายภาพของครีมสารสกัดมะขามป้อม พบว่าครีมสารสกัดมะขามป้อมควรบรรจุในภาชนะที่ปิดสนิทและเก็บไว้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 45 ^{o}C ผลการประเมินประสิทธิภาพทางคลินิกของครีม พบว่าตำรับครีมที่มีความเข้มข้นของสารสกัด เป็นปริมาณ 3 % โดยน้ำหนัก จะมีผลทำให้ผิวขาวขึ้นเมื่อเทียบกับการใช้ครีมพื้น ผลที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้ สามารถเป็นแนวทาง ในการพัฒนาสารสกัดจากมะขามป้อมและเพิ่มศักยภาพของการใช้สมุนไพรที่มีในประเทศไทย

ธัญลักษณ์ เมืองมั่น (2548) การศึกษาทางระบาดวิทยาพบว่าสารต้านอนุมูลอิสระที่มีอยู่ในผักและผลไม้มีคุณสมบัติในการลดโอกาสเสี่ยงที่จะเกิดโรคเรื้อรังและโรคที่เกิดจากความเสื่อมของอวัยวะต่างๆ ได้ โดยสมมุติฐานเกี่ยวกับพยาธิวิทยาของโรคเหล่านั้นเชื่อว่าเกิดจากการที่อนุมูลอิสระทำลายโมเลกุลของสารพันธุกรรม (ดีเอ็นเอ) โปรตีน ไขมัน และ สารโมเลกุลเล็กอื่นๆในเซลล์ของร่างกาย ปัจจุบันได้มีการศึกษาถึงคุณสมบัติของสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติโดยเฉพาะสารที่ได้จากพืชเพื่อใช้ในการรักษาและป้องกันการเกิดโรคเรื้อรังต่างๆ เพิ่มมากขึ้น แต่จำนวนการศึกษาทางวิทยาศาสตร์เพื่อบอกถึงคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระของผักพื้นบ้านในประเทศไทยยังมีน้อยมาก ผักเชียงดาเป็นพืชพื้นบ้านของประเทศไทยที่นิยมปลูกในแถบภาคเหนือของประเทศ มีการศึกษาพบว่าผักเชียงดามีสารที่ออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระหลายชนิดดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือ เพื่อประเมินฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผักเชียงดาในรูปแบบการเตรียมต่างๆ กันรวมทั้งศึกษาผลต่อการป้องกันการแตกตัวของเม็ดเลือดแดงและการเสียหายของดีเอ็นเอ ผักเชียงดาถูกเตรียมด้วยวิธีการ 4 แบบ ได้แก่ น้ำคั้นผักสด ส่วนที่ได้จากการสกัดด้วยน้ำ สกัดด้วยเอทานอลที่ความเข้มข้นร้อยละ 50 และ ที่ความเข้มข้นร้อยละ 95 การทดสอบคุณสมบัติการจับอนุมูลอิสระเพื่อป้องกันการทำลายสารชีวโมเลกุลใช้วิธี DPPH assay, deoxyribose assay, hemolysis assay, และ comet assay จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าน้ำคั้นผักสดมีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ และป้องกันการแตกตัวของเม็ดเลือดแดงและการเสียหายของดีเอ็นเอสูงสุดรวมทั้งมีปริมาณของวิตามินอี และเบต้าแคโรทีนสูงที่สุดด้วย ส่วนสารสกัดด้วยเอทานอลที่ความเข้มข้นร้อยละ 50มีปริมาณของสารประกอบฟินอลิกสูงสุด และสารสกัดด้วยเอทานอลที่ความเข้มข้นร้อยละ 95 มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารประกอบฟิ

นอลิกต่ำสุด การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าผักเชียงดาในรูปแบบของผักสดที่ไม่ผ่านขบวนการแปรรูปมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระได้ดีและยังมีปริมาณวิตามินที่มีคุณสมบัติที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระสูงอีกด้วย

พวงรัตน์ ภักดีโชติ และคณะ (2546) ทำการวิจัยตรวจสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในผักตำลึงและบัวบก โดยใช้วิธี 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) และกำจัดสารอนุมูลอิสระที่ถูกกระตุ้นให้สร้างขึ้นภายในเซลล์แมกโครเฟจโดยวิธี dichlorofulorescein (DCF) พบว่าสารสกัดตำลึงและบัวบกมีฤทธิ์กำจัดอนุมูลอิสระ DPPH โดยค่า EC_{50} เท่ากับ 164.78±5.63 และ 172.33±9.13 ไมโครกรัม/มล. ตามลำดับ ซึ่งมีฤทธิ์น้อยกว่าวิตามินซีและ trolox ประมาณ 100 เท่า นอกจากนี้ในสารสกัดจากผักตำลึงและบัวบกความเข้มข้น 100 300 ไมโครกรัม/มล. และ tiron 10 30 ไมโครกรัม/มล. สามารถกำจัดสารอนุมูลอิสระที่ถูกกระตุ้นให้สร้างขึ้นภายในเซลล์แมกโครเฟจได้อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

สุเขตร์ ศรีบุญเรือ (2548) ศึกษาองค์ประกอบเคมีและการออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหอมระเหยและสารสกัดจากใบหนาดใหญ่และใบแร้งสาบกา โดยการศึกษาโครงสร้างใช้แก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปคโตรเมตรี การทดสอบการออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยทดสอบด้วยวิธี 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) พบว่า สารสกัดจากพืชทั้ง 2 ชนิดให้ผลการออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระต่ำในขณะที่น้ำมันหอมระเหยไม่ออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

A. Abdul Hamid และคณะ (2002) ทำการศึกษาลักษณะการออกฤทธิ์ antioxidative ของส่วนสารสกัดจาก *Centella asiatica (L)* Urban จากส่วนใบ ก้าน และราก โดยใช้ตัวทำละลาย 3 ชนิด คือ ethanol น้ำ และ light petroleum ether เป็นตัวสกัด ใช้ระบบแบบจำลอง linoleic acid และ thiobarbituric acid test จากการทดลองพบว่าทุกส่วนของ *Centella asiatica* ที่ทำการสกัดด้วยตัวทำละลาย ethanol ออกฤทธิ์ antioxidative สูงกว่าที่ใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย ส่วน light petroleum ether แสดงฤทธิ์เล็กน้อย และเมื่อเพิ่มความเข้มข้นจาก 1000-3000 ppm พบว่าที่ความเข้มข้น 3000 ppm ขึ้นไปส่วนสกัด *Centella asiatica* ในชั้นสารสกัด ethanol ไม่ต่างจาก α -tocopherol ซึ่งรากให้ฤทธิ์มากที่สุด และการสกัดในชั้น ethanol ให้ฤทธิ์ antioxidative ได้สูงสุดที่อุณหภูมิ 50 ^{0}C และค่า pHปกติ

Uma P., Cheng Hwee M., and Theanmalar M., Food Chemistry. (2008) ทำการการศึกษาคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระจากเปลือกเงาะ พบว่าได้ร้อยละของผลิตภัณฑ์ในชั้นเอทานอล (% yield) เท่ากับ 18 ผลจากการทดลองฤทธิ์การยับยั้งสารอนุมูลอิสระ DPPH ที่ลดลงไป 50 % (IC_{50}) โดยเปรียบเทียบกับสารสกัดจากเมล็ดองุ่นทางการค้าและวิตามินซี พบว่าสารสกัดชั้นเอทานอลให้ผลการยับยั้งสูงกว่าสารสกัดในชั้นน้ำ ในขณะที่การทดสอบฤทธิ์การต้านทานสารอนุมูลอิสระ galvinoxyl และ สารอนุมูลอิสระ ABTS ให้ผลการยับยั้งไปในทางเดียวกันกับการทดสอบการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH และทำการหาปริมาณสารประกอบฟีนอลได้ 762 ±10 mg GAE / g สารสกัด

บทที่ 3
ระเบียบวิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 วัตถุดิบที่ใช้

แก่นมะหาด

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์สารเคมี

3.2.1 เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง รุ่น BP221S จากบริษัท ไซแอนติฟิค ประเทศเยอรมัน

3.2.2 เครื่องวัดความหนืด (Viscometer) ยี่ห้อ BROOKFIELD PROGRAMMABLE รุ่น DV-II ประเทศเยอรมันนี

3.2.3 เครื่องพีเอชมิเตอร์ (pH-METER) ยี่ห้อ SCHOTT Instrument รุ่น Lab 850 ประเทศเยอรมนี

3.2.4 เตาความร้อน (Hot plate) รุ่น IKA C-MAG HS7 ประเทศเยอรมนี

3.2.5 ตู้เย็น (refrigerator) ยี่ห้อ SUNYO รุ่น SR-S7 ประเทศญี่ปุ่น

3.2.6 เครื่องปั่นเหวี่ยง (Centrifuge) ยี่ห้อ IKA® รุ่น RW 20 digital ประเทศเยอรมนี

3.2.7 เครื่อง UV-visible Spectrophotometer ยี่ห้อ HITACHI. รุ่น U-I500 ประเทศญี่ปุ่น

3.2.8 ตู้อบ (Hot air oven) ยี่ห้อ Memmert ประเทศเยอรมนี

3.2.9 เครื่องปั่นผสมความเร็วสูง (Homogenizer) ยี่ห้อ IKA รุ่น RW 20 digital ประเทศเยอรมนี

3.2.10 กรวยกรอง (funnel)

3.2.11 บีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 500 250 50 และ 25 มิลลิตร

3.2.12 ปิเปต (Pipette)

3.2.13 แท่งแก้วสำหรับคนสาร (Stirring rod)

3.2.14 หลอดหยดสารละลาย (Dropper)

3.2.15 ขวดปรับปริมาตร (Volumetric flask)

3.2.16 ช้อนตักสาร (Spatula)

3.2.17 หลอดทดสอบ (Test tubes)

3.3 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

สารเคมีที่ใช้ในการทดลองในสูตรตำรับ ; Cosmetic grade นำเข้าบริษัท วันรัต (หน่ำเซียน) จำกัด

3.3.1 Wax C (Cetyl alcohol) , เกรดเครื่องสำอาง (Cosmetic grade) ,ประเทศเยอรมนี

3.3.2 Glycerin เกรดเครื่องสำอาง, ยี่ห้อ ASK ประเทศญี่ปุ่น

3.3.3 Triethanolamine, บ.Guangzhou Baochu Chemical Co., Ltd. ประเทศจีน

3.3.4 Cremophor® A6 (Ceteareth-6 and Stearyl Alcohol), ประเทศจีน

3.3.5 Cremophor® A25 (Ceteareth-25), ประเทศจีน

3.3.6 Silicone 345 (Cyclomethicone)

3.3.7 Vitamin E Acetate (Tocopheryl Acetate)

3.3.8 Unigerm G-2 (Propylene Glycol and Diazolidinyl Urea and Methylparaben and Propylparaben)

3.3.9 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl; DPPH Lot#STBC1252V นำเข้าบริษัท Sigma Aldrich, ประเทศเยอรมันนี

3.3.10 Ascorbic acid นำเข้าบริษัท Riedel-de Haen, ประเทศเยอรมันนี

3.3.11 95 % Ethanol AR grade; Merck, ประเทศเยอรมันนี

3.3.12 1,1′-Diphenyl-2-picrylhydrazyl; DPPH AR grade; Fluka, ประเทศสหรัฐอเมริกา

3.3.13 6-Hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acis; Trolox HPLC grade; Fluka, ประเทศสหรัฐอเมริกา

3.3.14 2,2′-Azinobis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid); ABTS ,AR grade; Fluka, USA, ประเทศสหรัฐอเมริกา

3.3.15 DL-α-tocopherol; Vitamin E AR grade; Fluka, ประเทศสหรัฐอเมริกา

3.3.16 Potassium persulphate; $K_2S_2O_4$ AR grade; BDH; ประเทศเยอรมันนี

3.4 วิธีการทดลอง

1. ศึกษาค้นคว้าข้อมูล

ค้นคว้าข้อมูล**และ**จัดประชุมระหว่างอาจารย์ ผู้ช่วยวิจัย และวิสาหกิจชุมชนที่ร่วมโครงการ เพื่อวางแผนการดำเนินงานวิจัย

2. การสกัดสารต้านอนุมูลอิสระจากแก่นมะหาด

2.1 การเตรียมสารสกัดจากมะหาด

ชั่งน้ำหนักให้ได้ประมาณ 2 กิโลกรัม จากนั้นนำมาแช่ในตัวทำละลาย ที่เตรียมไว้โดยแช่ตามลำดับความมีขั้วจากขั้วน้อยไปขั้วมาก ดังนี้ คือ โพรพิลีน ไกลคอลและเอทานอล

2.2 ศึกษาการตั้งสูตรตำรับจากสารสกัดมะหาด

ตั้งสูตรตำรับ3 ตำรับจากสารสกัดแก่นมะหาด ได้แก่ โลชันทาผิว สครับขัดผิวและครีมอาบน้ำ

(1) สูตรตำรับ โดยมีขั้นตอนการเตรียมครีม ดังนี้

ก. การเตรียมวัฏภาคน้ำมัน

หลอมองค์ประกอบส่วนที่เป็นไขมันของแข็งบนหม้ออังไอน้ำ เติมน้ำมันส่วนที่เป็นของเหลวอื่นๆ แล้ว ทำให้ร้อนจนถึงอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส

ข. การเตรียมวัฏภาคน้ำ

ละลายสารเพิ่มความหนืดและสารให้ความชุ่มชื้นต่างๆ ในน้ำ เติมสารกันเสีย และน้ำส่วนที่เหลือ ทำให้ร้อนบนหม้ออังไอน้ำ จนถึงอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส

ค. การทำให้เกิดอิมัลชัน

เติมวัฏภาคน้ำมันลงในวัฏภาคน้ำ พร้อมทั้งคนจนเกิดเนื้อครีมขึ้น

2.3 การทดสอบความคงตัวของสูตรตำรับครีม

(1) การทดสอบความคงตัวแบบเร่ง (Accelerated Storage test)

- การเร่งด้วยอุณหภูมิ (heating – cooling cycle)

โดยการเก็บผลิตภัณฑ์ที่เตรียมเสร็จ แบ่งใส่ขวดแก้วทึบแสง ปิดฝาในตู้เย็น 4 °C นาน 48 ชั่วโมง จากนั้นเข้าตู้อบที่ 45 °C อีก 48 ชั่วโมง นับเป็น 1 รอบ ทดสอบ 6 - 8 รอบ ทำการบันทึกผล ความหนืด สี กลิ่น การแยกชั้น พีเอช

- การเร่งโดยแสง

โดยการนำผลิตภัณฑ์แต่ละตำรับที่เตรียมเสร็จใส่ขวดแก้วใส นำไปวางในสภาพต่างๆ นาน 1 เดือน

ขวดที่ 1 นำไปตากแดด

ขวดที่ 2 เก็บในสภาพอุณหภูมิห้องและพ้นแสง

ขวดที่ 3 ตั้งไว้ริมหน้าต่าง

(2) การทดสอบความคงตัวที่อุณหภูมิคงที่

โดยนำผลิตภัณฑ์ที่เตรียมเสร็จ แบ่งใส่ขวดแก้วปิดฝาตำรับละ 3 ขวด เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 °C 4 5 °C และอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 1 เดือน แล้วบันทึกผล

2.4 การวิเคราะห์หา Total Phenolic Compounds (Durkee, A.B. และคณะ, 1977)

1) การเตรียมสารละลายมาตรฐานแกลลิก (Gallic acid)

เตรียมสารละลายมาตรฐานแกลลิก ที่ความเข้มข้น 0.02, 0.04, 0.06, 0.08 และ 0.10 mg/mL

2) สารเตรียมสารละลายตัวอย่าง

สารเตรียมสารละลายตัวอย่างเพื่อวัดการดูดกลืนแสงใส่สารละลาย Folin – Ciocalteau reagent (1:10) โดยเตรียมใหม่ลงในสารละลายตัวอย่าง ตามด้วยสารละลาย 7.5 % โซเดียมคาร์บอเนต รอจนเกิดสี นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance) 765 นาโนเมตร

2.5 การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธีดีพีพีเอช (DPPH Scavenging method โดยดัดแปลงจากวิธีของ Papadimitriou, V. และคณะ, 2006)

1) นำครีมตัวอย่าง 0.10 กรัม ใส่ลงในหลอดทดลอง เติมเมทานอล จำนวน 9 มิลลิลิตร ผสมด้วยVortex mixer จนเป็นเนื้อเดียวกัน

2) เติมสารละลาย**ดีพีพีเอช** ความเข้มข้น 0.40 mg/mL จำนวน 1 มิลลิลิตร ผสมด้วย Vortex mixer จนเป็นเนื้อเดียวกัน เก็บไว้ในที่มืด 20 นาที

3) นำไปเหวี่ยงที่ 1,100 rpm เป็นเวลา10 นาที เพื่อให้ใส

4) ปรับค่า absorbance ที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร ให้เท่ากับศูนย์ ด้วยเมทานอล แล้ววัดค่า absorbance ของสารละลาย**ดีพีพีเอช** ซึ่งเตรียมจากสารละลาย**ดีพีพีเอช** ความเข้มข้น 0.40 mg/mL จำนวน 1 มิลลิลิตร เติมในเมทานอล 9 มิลลิลิตร ค่าที่วัดได้เรียกว่า A_{DPPH} วัดค่า absorbance ของสารละลายในแต่ละหลอด ค่าที่วัดได้เรียกว่า $A_{Extract}$

5) คำนวณหาค่า % inhibition ตามสูตร

$$\% \text{ inhibition} = \frac{A_{DPPH} - A_{Extract}}{A_{DPPH}} \times 100$$

การตั้งตำรับสูตรเครื่องสำอาง

สูตรครีมตำรับสครับขัดผิว

1. เตรียมครีมสุตรพื้นฐาน

2. ปรับความเข้มข้นของปริมาณผงมะหาดในตำรับครีมเบสที่เตรียมไว้ ตามความเข้มข้น คือ 1%, 2% 3% 4% และ 5% (% น้ำหนัก/น้ำหนัก)

3. ตำรับครีมเบสที่จะใช้คือ

ตาราง 3.1 สูตรครีมตำรับสครับขัดผิว

สาร	ชื่อเคมี (INCI Name)	% w/w
วัฏภาคน้ำ (water phase)		
Aqua	Distilled water	55.0
Glycerin	Glycerin	4.0
สารสกัดมะหาด	-	2.0
วัฏภาคน้ำมัน (oil phase)		
Cremophor® A6	Ceteareth-6(and) Stearyl Alcohol	2.0
Cremophor® A25	Ceteareth-25	1.0
G.M.S.		3.0
Wax C	Cetyl alcohol	1.0
Lexol EHP	Ethylhexyl Palmitate	14.50
Nikko MM		1.00
Silicone 345	Cyclomethicone	2.0
White oil	Minerol oil	14.50
Unigerm G-2	Propylene Glycol and Diazolidinyl Urea and Methylparaben and Propylparaben	0.3
Fragrance	-	-

การตั้งตำรับสูตรโลชัน

ตาราง 3.2 สูตรตำรับโลชันมะหาด 2% w/w

สาร	ชื่อเคมี (INCI Name)	% w/w
Aqua	Distilled water	Diluent
EDTA 2 Na	Disodium EDTA	0.2
DHDH Hydantoin	DHDH Hydantoin	0.6
Sodium stearoyl glutamate	Sodium stearoyl glutamate	0.2
สารสกัดมะหาด		5%
วัฏภาคน้ำมัน (oil phase)		
Sodium polycrylate	Sodium polycrylate	1.0
Dicarprylyl ether	Dicarprylyl ether	3.0
Minerol oil	Minerol oil	4.0
Propylene glycol	Propylene glycol	4.0
Fragrance	-	

การตั้งตำรับสูตรครีมอาบน้ำ

ตารางที่ 3.3 สูตรตำรับครีมอาบน้ำมะหาด 2% w/w

สาร	ชื่อเคมี (INCI Name)	% w/w
Aqua	Distilled water	73.8
SLS	Sodium Laureth Sulfate	15.0
EDTA 2 Na	Disodium EDTA	0.2
DHDH Hydantoin	DHDH Hydantoin	0.5
Lauamind® C	Cocamide DEA	2.5
Finquat® CP	Quaternium-75	5.0
Propylene glycol	Propylene glycol	3.0

ที่มา : ดัดแปลงจาก สูตรตำรับนวดตัวของ บ. วันรัต (ทั้ง 3 สูตรตำรับ)

บทที่ 4
ผลการทดลอง

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดจากแก่นมะหาด เพื่อนำมาตั้งตำรับสูตรเครื่องสำอาง ทำการทดลองสกัดสารจากแก่นมะหาด ด้วยวิธีการหมักด้วยเอทานอล และตัวทำละลายโพรพิลีน ไกลคอล โดยชั่งน้ำหนักแก่นมะหาดบดละเอียด แช่ด้วยเอทานอลให้ท่วมผงแก่นมะหาด ทิ้งไว้อย่างน้อย 3 วัน กรองสารละลายเอทานอล ผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1 แยกส่วนกาก (residue) นำกากไปสกัดด้วยเอทานอลต่ออีก 3 รอบ จากนั้น นำไประเหยด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ ซึ่งจะได้สารสกัดหยาบจากเอทานอล (crude ethanol) ในขณะที่สารสกัดแก่นมะหาดที่สกัดด้วยโพรพิลิน ไกลคอล ทำเช่นเดียวกับการสกัดแก่นมะหาดด้วยเอทานอล

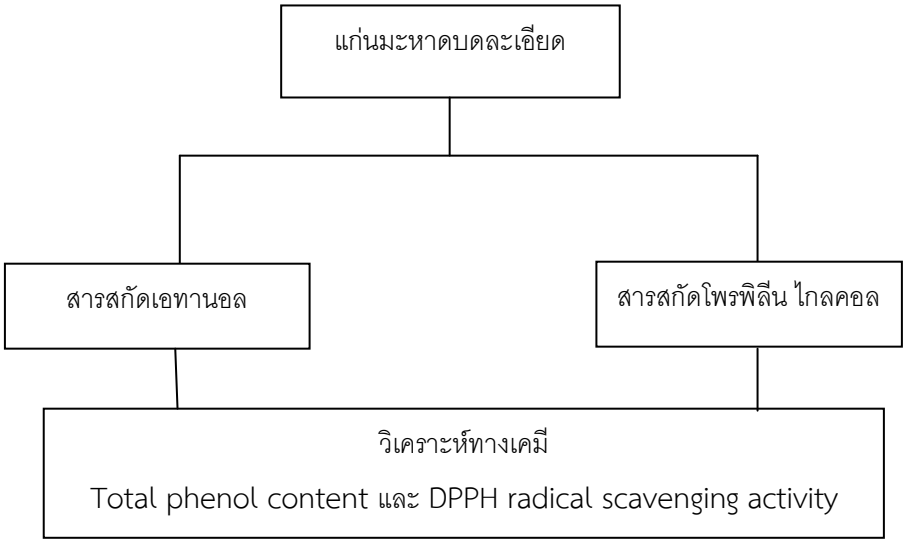
การสกัดสารสกัดหยาบจากแก่นมะหาด

จากการสกัดสารจากแก่นมะหาดแหงบด โดยวิธีการหมักด้วยตัวทำละลาย (maceration) ด้วยตัวทำละลายตาง2 ชนิด คือ 99 % เอทานอลและโพรพิลีน ไกลคอล คำนวณหาคารอยละของผลผลิต (% yield) ที่ได้ของสารสกัดหยาบแตละชนิด แสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงลักษณะทางกายภาพและ % yield ของสารสกัดหยาบจากแก่นมะหาด

การสกัด	น้ำหนักสารสกัดหยาบ (กรัม)	% Yield	ลักษณะทางกายภาพ
1.น้ำหนักแก่นมะหาดแห้งในสารละลายเอทานอล 2000 กรัม	223.03	11.15	ของแข็ง สีน้ำตาลเข้ม
2.น้ำหนักแก่นมะหาดแห้งในสารละลายโพพิลีน ไกลคอล 2000 กรัม	250.00	12.50	ของเหลวข้นเหนียว สีน้ำตาลเข้ม

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการสกัดสารจากแก่นมะหาดแห้ง บดละเอียด ด้วยตัวทำละลาย 2 ชนิด ได้แก่ การสกัดสารสกัดหยาบจากแก่นมะหาดโดยแช่ (maceration) ในตัวทำละลายเอทานอลและโพรพิลีน ไกลคอล พบว่า เมื่อนำสารสกัดที่ได้จากเอทานอลได้น้ำหนักคิดเป็นร้อยละ 11.15 (% น้ำหนัก/น้ำหนัก) ในขณะที่สารสกัดในโพรพิลีน ไกลคอล ลักษณะทางกายภาพเป็นของเหลวข้นเหนียว สีน้ำตาลเข้ม คิดเป็นร้อยละ 12.50 (% น้ำหนัก/น้ำหนัก)



ภาพที่ 4.1 แผนภาพการสกัดแก่นมะหาดด้วยตัวทำละลาย 2 ชนิดได้แก่ เอทานอลและโพรพิลีน ไกลคอล

การทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระจากวสารสกัดแก่นมะหาดชั้นเอทานอลและโพรพิลีน ไกลคอล ด้วยเทคนิค DPPH Scavenging

ตารางที่ 4.2 แสดงปริมาณ **DPPH radical scavenging activity** ของสารสกัดหยาบแก่นมะหาด สครับขัดผิว ครีมอาบน้ำและโลชันชั้นเอทานอล และโพรพิลีน ไกลคอล

Crude Extract	IC_{50} (µg/ml)
สารละลายมาตรฐานวิตามินซี	10.603 ± 0.18
สารสกัดแก่นมะหาดชั้นโพรพิลีน ไกลคอล	0.87 ± 0.05
สารสกัดแก่นมะหาดชั้นเอทานอล	2.04 ± 0.43

ผลการทดลองแสดงอยู่ในรูป ค่าเฉลี่ย ± S.D. ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

วิธี DPPH ใช้ในการวัดค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ โดยใช้หลักการ DPPH เป็นอนุมูลอิสระที่มีความคงตัว และดูดกลืนแสงได้ดีที่ความยาวคลื่น 517 nm เมื่อผสมอนุมูลอิสระ $DPPH^{\cdot}$ และสารสกัดแก่นมะหาดชั้นเอทานอลและสารสกัดแก่นมะหาดชั้นโพรพิลีน ไกลคอล ที่มีสารประกอบฟีนอลเป็นส่วนประกอบ หมู่ไฮดรอกซีที่เกาะอยู่บริเวณหมู่ -R ของ aromatic ring ใน

โครงสร้างสารประกอบฟีนอลสามารถจับกับอิเล็กตรอนโดดเดี่ยวของอนุมูลอิสระ $DPPH^{\bullet}$ ได้ เมื่ออนุมูลอิสระ $DPPH^{\bullet}$ ได้รับโปรตอนก็จะเปลี่ยนจากสีม่วงเป็นสีเหลือง ส่งผลให้ค่าการดูดกลืนแสงลดลง แล้วคำนวณหาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเป็นร้อยละการยับยั้งและคำนวณค่า IC_{50} จากสมการเส้นตรงของกราฟระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดแก่นมะหาดในเอทานอลและโพรพิลีน ไกลคอล และสารมาตรฐานกับร้อยละของการยับยั้งอนุมูลอิสระ การคำนวณหาค่าความเข้มข้นของสารต้านอนุมูลอิสระที่นำมาทดสอบสามารถยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของอนุมูลอิสระ DPPH ได้ 50% (IC_{50}) ทำได้โดยคำนวณจากสมการเส้นตรงของกราฟระหว่างเปอร์เซ็นต์ของการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH กับความเข้มข้นของสารต้านอนุมูลอิสระ เพื่อหาความเข้มข้นของสารต้านอนุมูลอิสระที่สามารถยับยั้งการเกิดออกซิเดชันได้ 50% (ทิพรัตน์ หงส์ภัทรคีรี, 2548; Choavanalikit, 2004)

จากงานวิจัยนี้ได้นำส่วนสารสกัดแก่นมะหาดชั้นเอทานอลและสารสกัดแก่นมะหาดชั้นโพรพิลีน ไกลคอล มาทำการทดสอบการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระกับสารละลาย DPPH ด้วยเทคนิค Scavenging โดยทำการเปรียบเทียบกับสารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์วิตามินซี พบว่า สารสกัดแก่นมะหาดชั้นโพรพิลีน ไกลคอล มีความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH สูงกว่าสารสกัดแก่นมะหาดในชั้นเอทานอล ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากสารประกอบฟีโนลิกที่เป็นสารสำคัญในแก่นมะหาด คือ ออกซิเรสเวอราโทล ที่สกัดได้จากแก่นมะหาดละลายในตัวทำละลายโพรพิลีน ไกลคอลมากกว่าในเอทานอล

เมื่อนำค่า IC_{50} ของสารสกัดสารสกัดแก่นมะหาดชั้นเอทานอลและสารสกัดแก่นมะหาดชั้นโพรพิลีน ไกลคอล ที่ได้มาเปรียบเทียบกับสารมาตรฐานวิตามินซี พบว่าประสิทธิภาพในการกำจัดสารอนุมูลอิสระของสารสกัดแก่นมะหาดชั้นโพรพิลีน ไกลคอล และสารสกัดแก่นมะหาดชั้นเอทานอล มีประสิทธิภาพสูงกว่าวิตามินซี 12.19 และ 5.20 เท่า ตามลำดับ

เมื่อนำข้อมูลมาทำการพลอตกราฟหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารมาตรฐานวิตามินซีกับร้อยละของการยับยั้งอนุมูลอิสระ ได้กราฟเป็นเส้นตรง มีค่าเบี่ยงเบน $R^2 = 0.9972$ เมื่อทำการหาค่า IC_{50} โดยการคำนวณได้จากสมการ $y = 4.5776x + 0.3222$ ดังนั้นพบหาจะค่า IC_{50} ได้เท่ากับ 10.603 µg/mL

และจากการทดลองในลักษณะเช่นเดียวกัน แต่เปลี่ยนจากสารมาตรฐานวิตามินซี เป็นสารสกัดแก่นมะหาดในชั้นเอทานอลและชั้นโพรพิลีน ไกลคอล ซึ่งได้ค่า IC_{50} 2.04 ± 0.43 และ 0.87 ± 0.05 µg/mL ตามลำดับ

การหาปริมาณสารประกอบฟีนอลรวม(Total Phenolic Compound) จากสารสกัดแก่นมะหาดชั้นโพรพิลีน ไกลคอลและในชั้นเอทานอล

ผลการหาปริมาณสารประกอบฟีนอลรวมในสารสกัดแก่นมะหาดชั้นโพรพิลีน ไกลคอลและในชั้นเอทานอล โดยใช้สารละลายมาตรฐานแกลิก (gallic acid) เป็นสารมาตรฐาน แล้วทำการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นของสารละลายแกลลิกที่ความยาวคลื่น 728 นาโนเมตร

การหาปริมาณ Total Phenolic Compound

ตารางที่ 4.3 ปริมาณฟีนอลโดยรวม (Total phenol content) ของสารสกัดหยาบแก่นมะหาด สครับขัดผิว ครีมอาบน้ำและโลชันชั้นเอทานอล และโพรพิลีน ไกลคอล

Crude extract	Total Phenol Content (mg GAE/g sample)
สารสกัดแก่นมะหาดชั้นโพรพิลีน ไกลคอล	836.04 ± 0.21
สารสกัดแก่นมะหาดชั้นเอทานอล	590.08 ± 0.50

จากการวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลรวม (Total Phenolic compound) จาก สารสกัดหยาบแก่นมะหาดชั้นเอทานอล และสารสกัดหยาบแก่นมะหาดชั้นเอโพรพิลีน ไกลคอล พบว่า สารสกัดหยาบของสารสกัดหยาบแก่นมะหาดชั้นโพรพิลีน ไกลคอลและชั้นเอทานอลมีปริมาณสารประกอบฟีนอลรวม 836.04 ± 0.21 และ 590.083 ± 0.50 mg GAE/g extract ตามลำดับ

ผลการทดสอบความคงตัวของผลิตภัณฑ์

สูตรตำรับครีมพื้น

สูตรตำรับสครับมะหาด 2 w/w

ครีมอาบน้ำมะหาด

ครีมอาบน้ำมะหาดสกัดด้วยโพรพิลีน ไกลคอล 2% w/w

สูตรตำรับครีมพื้นฐาน

สูตรตำรับโลชั่นทาผิวมะหาด

ภาพที่ 4.2 ตำรับสูตรครีมพื้นและตำรับสูตรครับผิว โลชันและครีมอาบน้ำ

33

ตารางที่ 4.4 สมบัติทางกายภาพของตำรับ สครับผิว ภายหลังการทดสอบความคงตัวสูตรในสภาวะต่างๆ ได้แก่ ในตู้เย็น (อุณหภูมิ 4 ℃) ในที่มืด ริมหน้าต่าง และสลับร้อน-เย็น

สภาวะ	สัปดาห์ที่	คุณสมบัติ						
		การแยกชั้น	สี	กลิ่น	ความเข้ากัน	การตกตะกอน	ความหนืด (cPs)	pH
อุณหภูมิ 4 °C	0	ไม่แยกชั้น	สีน้ำตาล - เหลือง	กลิ่นอ่อน	M	-	3005	6.78
	2	ไม่แยกชั้น	สีน้ำตาล - เหลือง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	2988	6.82
	4	ไม่แยกชั้น	สีน้ำตาล - เหลือง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	3118	6.85
	6	ไม่แยกชั้น	สีน้ำตาล - เหลือง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	2799	6.95
	8	ไม่แยกชั้น	สีน้ำตาล - เหลือง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	3000	6.79
	10	ไม่แยกชั้น	สีน้ำตาล - เหลือง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	2896	6.82
	12	ไม่แยกชั้น	สีน้ำตาล - เหลือง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	2998	6.82
ในที่มืด	0	ไม่แยกชั้น	สีน้ำตาล-เหลือง	กลิ่นอ่อน	M	-	3200	6.92
	2	ไม่แยกชั้น	สีน้ำตาล - เหลือง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	3057	6.87
	4	ไม่แยกชั้น	สีน้ำตาล - เหลือง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	3145	7.01
	6	ไม่แยกชั้น	สีน้ำตาล - เหลือง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	3209	6.70
	8	ไม่แยกชั้น	สีน้ำตาล - เหลือง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	2995	6.82
	10	ไม่แยกชั้น	สีน้ำตาล - เหลือง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	3025	6.66
	12	ไม่แยกชั้น	สีน้ำตาล - เหลือง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	3248	6.40
บริเวณริมหน้าต่าง	0	ไม่แยกชั้น	สีน้ำตาล-เหลือง	กลิ่นอ่อน	M	-	2995	6.55
	2	ไม่แยกชั้น	สีน้ำตาล - เหลือง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	3125	6.47

น้ำ

สภาวะ	สัปดาห์ที่	คุณสมบัติ						
		การแยกชั้น	สี	กลิ่น	ความเข้ากัน	การตกตะกอน	ความหนืด (cPs)	pH
บริเวณริมหน้าต่าง	4	ไม่แยกชั้น	สีน้ำตาล - เหลือง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	3028	6.55
	6	ไม่แยกชั้น	สีน้ำตาล - เหลือง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	2973	6.62
	8	ไม่แยกชั้น	สีน้ำตาล - เหลือง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	3005	6.38
	10	ไม่แยกชั้น	สีน้ำตาล - เหลือง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	3028	6.38
	12	ไม่แยกชั้น	สีน้ำตาล - เหลือง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	2980	6.25
สลับร้อน-เย็น	0	ไม่แยกชั้น	สีน้ำตาลอมเหลือง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	3065	5.55
	2	ไม่แยกชั้น	สีน้ำตาลอมเหลือง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	3100	5.56
	4	ไม่แยกชั้น	สีน้ำตาลอมเหลือง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	3005	5.55
	6	ไม่แยกชั้น	สีน้ำตาลอมเหลือง	กลิ่นอ่อน	M	-	2998	5.55
	8	ไม่แยกชั้น	สีน้ำตาลอมเหลือง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	3003	5.55
	10	ไม่แยกชั้น	สีน้ำตาลอมเหลือง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	3018	5.46
	12	ไม่แยกชั้น	สีน้ำตาลอมเหลือง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	3000	5.45

หมายเหตุ ความเข้ากัน : Miscible (M), Immiscible (I), การตกตะตอน : - ไม่ตกตะกอน, + ตกตะกอน

จากการทดสอบความคงตัวโดยศึกษาสมบัติเคมีกายภาพของผลิตภัณฑ์สครับขัดผิวครีมพื้นมีความคงตัวดีเนื้อครีมละเอียดมีสีขาวขุ่น ขณะทามีความสม่ำเสมอของเนื้อครีมกระจายตัวได้ดี เกลี่ยได้ง่าย สามารถซึมสู่ผิวและเพิ่มความชุ่มชื่นให้แก่ผิวได้เป็นเวลานาน มี pH ประมาณ 6.55 ซึ่งเป็นค่าที่ใกล้เคียงกับ pH ของผิวหนัง สามารถใช้กับผิวหนังได้ ซึ่งผิวหนังมี pH ประมาณ 4-6 (พิมพร ลีลาพรพิสิฐ, 2540) เมื่อนำสูตรครีมพื้นที่มีสมบัติทางกายภาพที่ดีที่สุดมาทำการเติมผงมะหาด 2 % w/w ของครีม

จากนั้นนำผงแก่นมะหาดที่ผ่านการร่อนขนาด 100 เมซ นำมาผสมในผลิตภัณฑ์ ในสภาวะต่างๆ เพื่อทดสอบความคงตัวของผลิตภัณฑ์ ซึ่ง 4 สภาวะดังกล่าว ได้แก่ วางไว้ในตู้เย็น ในที่มืด วางไว้ริมหน้าต่าง และสลับร้อน-เย็น พบว่า ลักษณะของเนื้อครีมขัดผิว การแยกชั้น สี กลิ่น ความข่นใส ความเข้ากัน และการตกตะกอน ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง ส่วนค่าพีเอชและค่าความหนืดของสูตรตำรับผลิตภัณฑ์สครับขัดผิวหลังการทดสอบค่าความคงตัว มีค่าลดลงเกือบทุกสภาวะ ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากสารต่างๆ เกิดการรวมตัวเข้ากันเป็นอย่างดี และการใช้สภาวะเร่ง Heating-Cooling Cycle ทำการทดสอบทั้งหมด 6 รอบ ผลปรากฏว่า เนื้อครีมไม่เกิดการแยกชั้นและตกตะกอน เนื้อครีมมีลักษณะเรียบเนียน สีของเนื้อครีมมีลักษณะสม่ำเสมอ

36

ตารางที่ 4.5 สมบัติทางกายภาพของครีมอาบน้ำที่มีส่วนผสมของสกัดแก่นมะหาดชั้นเอทานอล ภายหลังการทดสอบความคงตัวสูตรในสภาวะต่างๆ ในตู้เย็น ในที่มืด ริมหน้าต่าง และสลับร้อน-เย็น

สภาวะ	สัปดาห์ที่	คุณสมบัติ						
		การแยกชั้น	สี	กลิ่น	ความเข้ากัน	การตกตะกอน	ความหนืด (cPs)	pH
อุณหภูมิ 4 °C	0	ไม่แยกชั้น	สีน้ำตาล - เหลือง	กลิ่นอ่อน	M	-	2680	6.33
	2	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	2607	6.56
	4	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	2652	6.50
	6	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	2592	6.57
	8	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	2645	6.38
	10	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	2551	6.24
	12	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	2515	6.10
ในที่มืด	0	ไม่แยกชั้น	สีน้ำตาล-เหลือง	กลิ่นอ่อน	M	-	2664	6.50
	2	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	2645	6.52
	4	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	2548	6.51
	6	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	2480	6.50
	8	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	2599	6.48
	10	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	2547	6.54
	12	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	2499	6.52
บริเวณริมหน้าต่าง	0	ไม่แยกชั้น	สีน้ำตาล-เหลือง	กลิ่นอ่อน	M	-	3000	6.53
	2	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	3105	6.50

ตารางที่ 4.5 สมบัติทางกายภาพของครีมอาบน้ำที่มีส่วนผสมของสกัดแก่นมะหาดชั้นเอทานอล ภายหลังการทดสอบความคงตัวสูตรในสภาวะต่างๆ ในตู้เย็น ในที่มืด ริมหน้าต่าง และสลับร้อน-เย็น (ต่อ)

สภาวะ	สัปดาห์ที่	คุณสมบัติ						
		การแยกชั้น	สี	กลิ่น	ความเข้ากัน	การตกตะกอน	ความหนืด (cPs)	pH
	4	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	3008	6.48
	6	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	3013	6.52
	8	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	3001	6.54
	10	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	3018	6.40
	12	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	3100	6.20
สลับร้อน-เย็น	0	ไม่แยกชั้น	สีน้ำตาล-เหลือง	กลิ่นอ่อน	M	-	3000	6.48
	2	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	3105	6.51
	4	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	3008	6.52
	6	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	3013	6.50
	8	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	3001	6.54
	10	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	3018	6.51
	12	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	3100	6.48

หมายเหตุ ความเข้ากัน : Miscible (M), Immiscible (I), การตกตะตอน : - ไม่ตกตะกอน, + ตกตะกอน

ตารางที่ 4.6 สมบัติทางกายภาพของครีมอาบน้ำที่มีส่วนผสมของสกัดแก่นมะหาดชั้นโพรพิลีน ไกลคอล ภายหลังการทดสอบความคงตัวสูตรในสภาวะต่างๆ ได้แก่ วางในตู้เย็น (**อุณหภูมิ 4** °C) ในที่มืด ริมหน้าต่าง และ สลับร้อน-เย็น

สภาวะ	สัปดาห์ที่	คุณสมบัติ						
		การแยกชั้น	สี	กลิ่น	ความเข้ากัน	การตกตะกอน	ความหนืด (cPs)	pH
อุณหภูมิ 4 °C	0	ไม่แยกชั้น	สีเหลืองอ่อน	กลิ่นอ่อน	M	-	2680	6.33
	2	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	2607	6.56
	4	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	2652	6.50
	6	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	2592	6.57
	8	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	2645	6.38
	10	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	2551	6.24
	12	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	2515	6.10
ในที่มืด	0	ไม่แยกชั้น	สีเหลืองอ่อน	กลิ่นอ่อน	M	-	2664	6.50
	2	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	2645	6.52
	4	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	2548	6.51
	6	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	2480	6.50
	8	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	2599	6.48
	10	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	2547	6.54
	12	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	2499	6.52
บริเวณริมหน้าต่าง	0	ไม่แยกชั้น	สีเหลืองอ่อน	กลิ่นอ่อน	M	-	3000	6.53
	2	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	3105	6.50

ตาราง 4.6 สมบัติทางกายภาพของครีมอาบน้ำที่มีส่วนผสมของสกัดแก่นมะหาดชั้นโพรพิลีน ไกลคอล ภายหลังการทดสอบความคงตัวสูตรในสภาวะต่างๆ ได้แก่ วางในตู้เย็น (**อุณหภูมิ 4** °C) ในที่มืด ริมหน้าต่าง และ สลับร้อน-เย็น **(ต่อ)**

สภาวะ	สัปดาห์ที่	คุณสมบัติ						
		การแยกชั้น	สี	กลิ่น	ความเข้ากัน	การตกตะกอน	ความหนืด (cPs)	pH
	4	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	3008	6.48
	6	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	3013	6.52
	8	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	3001	6.54
	10	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	3018	6.40
	12	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	3100	6.20
สลับร้อน-เย็น	0	ไม่แยกชั้น	สีเหลืองอ่อน	กลิ่นอ่อน	M	-	3000	6.48
	2	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	3105	6.51
	4	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	3008	6.52
	6	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	3013	6.50
	8	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	3001	6.54
	10	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	3018	6.51
	12	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	3100	6.48

หมายเหตุ ความเข้ากัน : Miscible (M), Immiscible (I), การตกตะตอน : - ไม่ตกตะกอน, + ตกตะกอน

จากการทดสอบสมบัติทางกายของครีมพื้นสูตรตำรับครีมอาบน้ำ พบว่า ครีมพื้นมีความคงตัวดี เนื้อครีมละเอียดมีสีขาวขุ่น ขณะทามีความสม่ำเสมอของเนื้อครีมกระจายตัวได้ดี เกลี่ยได้ง่าย ฟองนุ่ม ล้างออกง่าย เมื่อนำสูตรครีมพื้นที่มีสมบัติทางกายภาพที่ดีที่สุดมาทำการเติมสารสกัดแก่นมะหาดชั้นเอทานอลและสารสกัดแก่นมะหาดชั้นโพรพิลีน ไกลคอล ที่มีความเข้มข้นประมาณ 5% ของครีมอาบน้ำโดยมีองค์ประกอบของส่วนผสม ดังแดงในตารางที่ 4.5 และ 4.6

ตารางที่ 4.7 สมบัติทางกายภาพของโลชันที่มีส่วนผสมของสกัดแก่นมะหาดชั้นเอทานอล ภายหลังการทดสอบความคงตัวสูตรในสภาวะต่างๆ วางในตู้เย็น (**อุณหภูมิ 4** °C) ในที่มืด ริมหน้าต่าง และ สลับร้อน-เย็น

สภาวะ	สัปดาห์ที่	คุณสมบัติ						
		การแยกชั้น	สี	กลิ่น	ความเข้ากัน	การตกตะกอน	ความหนืด (cPs)	pH
อุณหภูมิ 4 °C	0	ไม่แยกชั้น	สีเหลืองอ่อน	กลิ่นอ่อน	M	-	2680	6.33
	2	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	2607	6.56
	4	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	2652	6.50
	6	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	2592	6.57
	8	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	2645	6.38
	10	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	2551	6.24
	12	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	2515	6.10
ในที่มืด	0	ไม่แยกชั้น	สีเหลืองอ่อน	กลิ่นอ่อน	M	-	2664	6.50
	2	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	2645	6.52
	4	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	2548	6.51
	6	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	2480	6.50
	8	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	2599	6.48
	10	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	2547	6.54
	12	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	2499	6.52
บริเวณริมหน้าต่าง	0	ไม่แยกชั้น	สีเหลืองอ่อน	กลิ่นอ่อน	M	-	3000	6.53
	2	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	3105	6.50

ตาราง 4.7 สมบัติทางกายภาพของโลชันที่มีส่วนผสมของสกัดแก่นมะหาดชั้นเอทานอล ภายหลังการทดสอบความคงตัวสูตรในสภาวะต่างๆ วางในตู้เย็น (**อุณหภูมิ 4** °C) ในที่มืด ริมหน้าต่าง และ สลับร้อน-เย็น **(ต่อ)**

	สัปดาห์ที่	**คุณสมบัติ**						
		การแยกชั้น	**สี**	**กลิ่น**	**ความเข้ากัน**	**การตกตะกอน**	**ความหนืด (cPs)**	**pH**
บริเวณริมหน้าต่าง	4	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	3008	6.48
	6	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	3013	6.52
	8	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	3001	6.54
	10	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	3018	6.40
	12	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	3100	6.20
สลับร้อน-เย็น	0	ไม่แยกชั้น	สีเหลืองอ่อน	กลิ่นอ่อน	M	-	3000	6.48
	2	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	3105	6.51
	4	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	3008	6.52
	6	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	3013	6.50
	8	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	3001	6.54
	10	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	3018	6.51
	12	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	3100	6.48

หมายเหตุ ความเข้ากัน : Miscible (M), Immiscible (I), การตกตะตอน : - ไม่ตกตะกอน, + ตกตะกอน

43

ตารางที่ 4.8 สมบัติทางกายภาพของโลชันที่มีส่วนผสมของสกัดแก่นมะหาดชั้นโพรพิลีน ไกลคอลส ภายหลังการทดสอบความคงตัวสูตรในสภาวะต่างๆ วางในตู้เย็น (**อุณหภูมิ 4** °C) ในที่มืด ริมหน้าต่าง และ สลับร้อน-เย็น

สภาวะ	สัปดาห์ที่	คุณสมบัติ						
		การแยกชั้น	สี	กลิ่น	ความเข้ากัน	การตกตะกอน	ความหนืด (cPs)	pH
อุณหภูมิ 4 °C	0	ไม่แยกชั้น	สีเหลืองอ่อน	กลิ่นอ่อน	M	-	3301	6.75
	2	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	3340	6.65
	4	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	3407	6.56
	6	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	3345	6.58
	8	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	3412	6.48
	10	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	3289	7.02
	12	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	3254	7.02
ในที่มืด	0	ไม่แยกชั้น	สีเหลืองอ่อน	กลิ่นอ่อน	M	-	3455	6.55
	2	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	3399	6.56
	4	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	3460	6.54
	6	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	3508	6.53
	8	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	3477	6.55
	10	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	3390	6.40
	12	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	3255	6.78
บริเวณริมหน้าต่าง	0	ไม่แยกชั้น	สีเหลืองอ่อน	กลิ่นอ่อน	M	-	3508	7.15
	2	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	3499	7.15

44

ตารางที่ 4.8 สมบัติทางกายภาพของโลชันที่มีส่วนผสมของสกัดแก่นมะหาดชั้นโพรพิลีน ไกลคอลส ภายหลังการทดสอบความคงตัวสูตรในสภาวะต่างๆ วางในตู้เย็น (**อุณหภูมิ 4** °C) ในที่มืด ริมหน้าต่าง และ สลับร้อน-เย็น (ต่อ)

		การแยกชั้น	**สี**	**กลิ่น**	**ความเข้ากัน**	**การตกตะกอน**	**ความหนืด (cPs)**	**pH**
บริเวณริมหน้าต่าง	4	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	3490	6.99
	6	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	3508	7.01
	8	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	3446	6.85
	10	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	3345	6.88
	12	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	3345	6.61
สลับร้อน-เย็น	0	ไม่แยกชั้น	สีเหลืองอ่อน	กลิ่นอ่อน	M	-	3340	6.57
	2	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	3407	6.87
	4	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	3350	6.75
	6	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	3297	6.75
	8	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	3300	6.57
	10	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	3256	6.53
	12	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	M	-	3241	6.21

หมายเหตุ ความเข้ากัน : Miscible (M), Immiscible (I), การตกตะตอน : - ไม่ตกตะกอน, + ตกตะกอน

จากการทดสอบความคงตัวของผลิตภัณฑ์ของโลชันที่มีส่วนผสมของสารสกัดแก่นมะหาดชั้นโพรพิลีน ไกลคอล และชั้นเอทานอล เนื้อเครีมละเอียด มีความนุ่มลื่น กระจายตัวได้ง่ายบนผิว ความหนืดมีการเปลี่ยนแปลงลดลง ทั้งนี้เนื่องจากอิมัลชันเป็นระบบที่ไม่คงตัวทางเทอร์โมไดนามิกส์ (Thermodynamically unstable system) ซึ่งพบว่าความหนืดมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาภายหลังการเตรียม การเก็บอิมัลชันไว้นานจะทำให้ขาดของอนุภาคใหญ่ขึ้น ผลการเปลี่ยนแปลงของพีเอช ไม่ส่งผลต่อลักษณะทางกายภาพของโลชัน ดังตารางที่ 4.7และ 4.8

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัยและอภิปรายผล

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันและหาปริมาณสารประกอบฟีนอลรวมของสารสกัดแก่นมะหาดที่สกัดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ 2 ชนิด ได้แก่ โพรพิลีน ไกลคอล และเอทานอล โดยใช้วิธีการทดสอบความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันดังนี้ การหาความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระด้วยเทคนิคสคาเวนกิงด้วยดีพีพีและการหาปริมาณสารประกอบฟีนอล ซึ่งผลการทดลองสรุปได้ดังนี้

5.1 การทดลองสกัดสารต้านอนุมูลอิสระที่สกัดด้วยตัวทำละลาย 2 ชนิด ได้แก่ โพรพิลีน ไกลคอล และเอทานอล คิดเป็น % ผลผลิต (% yield) ของสารสกัดแก่นมะหาดที่สกัดด้วยโพรพิลีน ไกลคอลและสกัดด้วยเอทานอลได้ผลผลิตร้อยละ 11.15 และ 4.0 ตามลำดับ

5.2 วิธีการทดสอบความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน พบว่า การทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสารสกัดหยาบมีแนวโน้มเป็นไปในทางเดียวกัน กล่าวคือ การทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPD assay คำนวณหาค่าความเข้มข้นของสารต้านอนุมูลอิสระที่นำมาทดสอบสามารถยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของอนุมูลอิสระ DPPH ได้ 50% (IC_{50}) ทำได้โดยคำนวณจากสมการเส้นตรงของกราฟระหว่างเปอร์เซ็นต์ของการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH กับความเข้มข้นของสารต้านอนุมูลอิสระ เพื่อหาความเข้มข้นของสารต้านอนุมูลอิสระที่สามารถยับยั้งการเกิดออกซิเดชันได้ 50% (ทิพรัตน์ หงส์ภัทรคีรี, 2548; Choavanalikit, 2004)

1) จากการทดลอง พบว่า สารสกัดจากแก่นมะหาดชั้นโพรพิลีน ไกลคอลและชั้นเอทานอล พบว่า ความเข้มข้นที่สามารถยับยั้งอนุมูลอิสระดีพีพีเอชได้ที่ 50 % เท่ากับ 0.87±0.05 และ 2.04±0.43 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร และยังพบว่าสารสกัดจากแก่นมะหาดชั้นโพรพิลีน ไกลคอลและชั้นเอทานอล มีประสิทธิภาพในการยับยั้งอนุมูลอิสระสูงกว่าวิตามินซี 12.19 และ 5.20 เท่า ตามลำดับ

2) จากการวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลรวม (Total Phenolic compound) จากสารสกัดหยาบแก่นมะหาด พบว่า สารสกัดหยาบของสารสกัดหยาบแก่นมะหาดชั้นโพรพิลีน ไกลคอลและชั้นเอทานอล ปริมาณสารประกอบฟีนอลรวมเท่ากับ 836.04±3.55และ 590.08 ± 9.24 mg mg GAE/g extract ตามลำดับ

5.3 จากการพัฒนาตำรับสูตรเครื่องสำอางทั้ง 3 สูตร พบว่า ได้สูตรตำรับที่มีความคงตัวทางกายภาพดี เนื้อครีมไม่เปลี่ยนแปลง กระจายตัวได้ง่ายบนผิว การทดสอบความคงตัวที่สภาวะต่างๆ พบว่าค่าความหนืดมีแนวโน้มลดลง ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากอิมัลชันเป็นระบบที่ไม่คงตัวทางเทอร์โมไดนามิกส์ (Thermodynamically unstable system) ซึ่งพบว่าความหนืดมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาภายหลังการเตรียม การเก็บอิมัลชันไว้นานจะทำให้ขาดของอนุภาคใหญ่ขึ้น ผลการเปลี่ยนแปลงของพีเอช ไม่ส่งผลต่อลักษณะทางกายภาพของสูตรตำรับ (พืมพร ลีลาพรพิสิฐ, 2540)

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรทำการวิเคราะห์การยับยั้งเม็ดสีเมลานินด้วยวิธีไทโรสิเนส (Tyrosinase activity)

2. ควรมีการประเมินแบบสอบถามในการทดสอบความพึงพอใจของอาสาสมัคร โดยใช้แบบสอบถามความพึงพอใจ ได้แก่ ความชอบโดยรวม ความชอบด้านสี กลิ่น ความหนืด ความเหนอะหนะบนผิว การแผ่กระจายบนผิว ความเรียบเนียน และความรู้สึกร้อนบนผิวหนัง โดยใช้มาตรวัดเป็น Scale มีค่าตั้งแต่ 0-10 คะแนน มีเกณฑ์ในการคิดค่าความพึงพอใจเป็นระดับคะแนนเฉลี่ย ต่อตำรับ

3. ควรมีการทดสอบการแพ้ การระคายเคืองจากการใช้ผลิตภัณฑ์

4. ควรเปรียบเทียบเอกลักษณ์ของแก่นมะหาดและการหาปริมาณสารสำคัญด้วย standard marker หรือ HPLC เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาต่อไป

บรรณานุกรม

บรรณานุกรมภาษาไทย

กนกภรณ์ พยาฆรินทรังกูร. (2548).**สารต้านออกซิเดชันจากรากต้นพืพวนน้อย.** วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต. วิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยีชีวภาพ).จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. บัณฑิตวิทยาลัย.

จุไรรัตน์ รัตนพันธ์ (2547). **ฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของสารสกัดจากลำต้นชะลูด**. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต. วิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยีชีวภาพ). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. บัณฑิตวิทยาลัย.

ฐานิสร โรจนดิลก (2544). **การเปรียบเทียบประสิทธิผลของโลชันทำให้ผิวขาวในอาสาสมัคร** วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต. เภสัชศาสตร์ (เภสัชกรรม).จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. บัณฑิตวิทยาลัย.

ทิพรัตน์ หงส์ภัทรคีรี. (2548). **รายงานวิจัย เรื่องการศึกษาและพัฒนาคุณสมบัติในกำจัดอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์ไวน์ผลไม้โดยใช้สมุนไพรและเครื่องเทศ**.กรมโรงงานอุตสาหกรรม. กระทรวงอุตสาหกรรม.

ธัญลักษณ์ เมืองมั่น. (2548). **การศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากผักเชียงดาต่อการป้องกันการแตกตัวของเม็ดเลือดแดงและการเสียหายของดีเอ็นเอในเซลล์เม็ดเลือดขาวมนุษย์ชนิด TK6** วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต. วิทยาศาสตร์ (โภชนศาสตร์). มหาวิทยาลัยมหิดล. บัณฑิตวิทยาลัย.67 หน้า.

นันทนัช มหัทธนโภไคย.(2546). **การเตรียมและการประเมินครีมสารสกัดมะขามป้อม**.วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต. เภสัชศาสตร์ (เภสัชการ).มหาวิทยาลัยมหิดล. บัณฑิตวิทยาลัย.

นิตยา ศรีวิภาสถิตย์ และสุกานดา สิบพันทา.(2549). **การศึกษาสารต้านอนุมูลอิสระและผลิตภัณฑ์โลชั่นจากมะเขือเทศ.** ภาคนิพนธ์ปริญญาตรีวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต.กรุงเทพฯ.

ปวิชนันท์ รักษ์สัจ.(2546). **การสกัดสารแอนติออกซิแดนท์จากเปลือกถั่วเขียว.** สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พรสุข จิตรถเวช. (2548). **ฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน ฤทธิ์ต้านคอลลาจิเนส และฤทธิ์ต้านไทโรซิเนสของสารสกัดมะขามป้อมที่ปลูกในประเทศไทยสำหรับใช้ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง**.วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต. เภสัชศาสตร์ (เทคโนโลยีเภสัชกรรม).จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย บัณฑิตวิทยาลัย

เสาวนีย์ เหลืองธนะผล. (2545). **การศึกษาการสกัดสารแอนติออกซิแดนท์จากเปลือกเมล็ดมะขาม วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต.** วิศวกรรมศาสตร์ (วิศวกรรมเคมี). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. บัณฑิตวิทยาลัย

วัลยา เนาวรัตน์วัฒนา และพัชรี บุญศรี. (2542). **โปรออกซิแดนท์: อีกโฉมหน้าของแอนติออกซิ-แดนท์.** วารสารวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 53(3),196-198.

โอภา วัชระคุปต์. 2549. **สารต้านอนุมูลอิสระ.** พิมพ์ครั้งที่ 2. บริษัทนิวไทยมิตรการพิมพ์ (1996) จำกัด.

ภาษาต่างประเทศ

Chaovanalikit, A. 2004. Anthocyanins, total phenolics, and antioxidant capacity of bluehoneysuckles. **In Abstracts and A CD articles of The 30th Congress on Science and Techonology of Thailand**, October 19-21, 2004. Impact Exhibition and Convention Center, Muang Thang Thani, Bangkok, Thailand.

Uma P., Cheng Hwee M. and Theanmalar M. 2008. **Rind of the rambutan, *Nephelium lappaceum*, a potential source of natural antioxidants**. Food Chem.; 109: 54-63.