วิจารณ์และสรุปผล

1. การประเมินองค์ประกอบของสารอาหารในมะขามและข้าว

การวิเคราะห์องค์ประกอบของสารอาหารในมะขาม ข้าวและรำข้าว พบว่าเนื้อมะขามประกอบด้วยสารอาหารซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นคาร์โบไฮเดรตและในมะขามชนิดหวาน พบมีน้ำตาลสูงกว่ามะขามเปรี้ยวมาก ขณะที่สารอาหารอื่นๆได้แก่ โปรตีน ไขมัน พบน้อยกว่าแป้งเมล็ด (kernel) มะขาม แต่มีไฟเบอร์และเถ้าสูงกว่า แป้งเมล็ดมะขาม ในเนื้อมะขามมีเกลือแร่ โปแตสเซียม สูงมาก และมีโซเดียม แมกนีเซียม แคลเซียม และฟอสฟอรัสสูง ส่วนแร่ธาตุอื่นๆ พบน้อย ขณะที่แป้งเมล็ดมะขาม มีเกลือแร่ต่างๆน้อย แป้งเมล็ดมะขามมีโปรตีน ไขมัน และเถ้าค่อนข้างสูง ดังนั้นแป้งเมล็ดมะขามอาจเป็นแหล่งอาหารที่น่าสนใจอีกชนิดหนึ่ง ที่อุดมทั้งแป้ง โปรตีน ไขมันและเกลือแร่ เมื่อเปรียบเทียบกับข้าว ซึ่งมีองค์ประกอบสารอาหารหลักเป็นแป้ง มีโปรตีนและไขมันน้อยกว่าแป้งเมล็ดมะขาม 2-3 เท่า ในข้าวมีไฟเบอร์น้อย มีส่วนประกอบของเกลือแร่ไม่สูงมาก ขณะที่ในรำข้าวพบมีโปรตีน ลิปิด ไฟเบอร์ และเกลือแร่ต่างๆ สูงกว่าข้าวสาร โดยเฉพาะไขมันในรำข้าวมีปริมาณสูงมาก เมื่อนำข้าวมาสีข้าว จะให้ปริมาณของข้าวสาร ปลายข้าวและรำข้าวใกล้เคียงกัน ข้าวส่วนใหญ่ที่ทดลองจะได้ปริมาณข้าวสารสูงกว่า 50% ได้ปลายข้าว 20-30% เป็นรำข้าว 15-20% ยกเว้นข้าวปทุมธานี 1 ให้ปริมาณข้าวสารน้อยกว่าพันธุ์อื่นๆ คือได้เพียง 36% ได้ปลายข้าวสูงถึง 43% อาจทำให้ขายไม่ได้ราคาดีนัก แต่ปลายข้าวอาจนำมาพัฒนาใช้ประโยชน์ในการพัฒนาแป้งข้าวได้ดี

2. องค์ประกอบกรดอินทรีย์ในเนื้อมะขาม

การวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดอินทรีย์ในมะขามเปรี้ยวและมะขามหวาน พบว่าในมะขามเปรี้ยว จะมีปริมาณของกรด tartaric ที่สูงมาก และสูงกว่ามากเทียบกับในมะขามชนิดหวาน ในขณะที่กรดอินทรีย์อื่นๆ ได้แก่ กรด oxalic malic citric succinic และ fumaric มีปริมาณต่างๆกัน กรดเหล่านี้มักจะพบปริมาณสูงในมะขามหวานมากกว่าในมะขามเปรี้ยว ดังนั้นความเป็นกรดสูงและความเปรี้ยวในมะขามพันธุ์เปรี้ยวอาจจะมาจากกรด tartaric ที่เป็นองค์ประกอบที่พบในปริมาณที่สูงมากในมะขามเปรี้ยวเป็นหลักสำคัญ

3. การประเมินคุณสมบัติทางเคมีกายภาพ ของผงแป้งข้าว รำข้าวและแป้งขาม

คุณสมบัติทางเคมีกายภาพ ได้แก่ สัญฐานวิทยา (morphology) การกระจายขนาดอนุภาค (particle size distribution) การพิสูจน์เอกลักษณ์ (Identification) ด้วยเครื่องมือ FT-IR spectroscopy และ FT-NIR spectroscopy ตลอดจนการวิเคราะห์ %loss on drying และ water content อัตราการไหล (flow rate) มุมการไหล (Angle of repose) ความหนาแน่นปรากฏ (Apparent density) รวมทั้ง Bulk density Tapped density และ %compressibility ของผงแป้งข้าวไทยพันธุ์ต่างๆ และแป้งข้าวที่ซื้อจากท้องตลาด เปรียบเทียบกับ รำข้าวและแป้งจากเมล็ด (kernel) มะขามสายพันธุ์ปลูกต่างๆ ได้ผลการวิเคราะห์ทาง morphology พบว่า แป้งข้าวที่เห็นจากภาพถ่ายด้วยกล้อง scanning electron microscope (SEM) มีอนุภาคของเมล็ดแป้งขนาดเล็ก 2-5 μm เกาะเป็นกลุ่ม อนุภาคแป้งมีหลายเหลี่ยม ส่วนรำข้าวทั้งเจ็ดสายพันธุ์ที่วิเคราะห์ พบอนุภาคที่มีขนาดและรูปร่างต่างๆหลายรูปแบบ ไม่สม่ำเสมอและจับกันเป็นก้อนหรือเป็นแผ่นบางๆ ซ้อนกัน มีขนาดตั้งแต่ 1 ถึง 20 μm และยังมีหยดของไขมันปนอยู่ ส่วนแป้งเมล็ดมะขาม มีลักษณะอนุภาคขนาด 3-5 μm ใกล้เคียงกับแป้งข้าวเจ้า แต่จะมีลักษณะกลมหรือรี เกาะกันเป็นกลุ่มใหญ่เช่นเดียวกัน การดูลักษณะการกระจายขนาดอนุภาค (particle size distribution) วิเคราะห์โดย เทคนิค Laser light scattering ของแป้งข้าว รำข้าว และแป้งเมล็ดมะขาม พบการกระจายอนุภาคไม่ใช่การกระจายปกติ (normal distribution) มีการกระจายแบบไม่สมมาตร (Asymmetry) พบทั้งแป้งข้าวเจ้าที่เตรียมขึ้นและแป้งข้าวเจ้าที่ซื้อจากท้องตลาด ไม่ต่างกันอาจเนื่องจากการเกาะกลุ่มของผงแป้งค่อนข้างแน่น และทำให้กระจายออกจากกันได้ยาก อย่างไรก็ดี ค่าขนาดเฉลี่ยของแป้งที่ซื้อจากท้องตลาด พบมีขนาดเล็กกว่า ข้าวสายพันธุ์ต่างๆที่เตรียมขึ้นเอง พบว่าขนาดของรำข้าวจะใหญ่กว่าแป้งข้าวและแป้งเมล็ดมะขาม

การพิสูจน์เอกลักษณ์ (Identification) ของแป้งข้าว รำข้าว และแป้งเมล็ดมะขาม ด้วยเครื่อง FT-IR spectroscopy และ FT-NIR spectroscopyพบว่าแป้งข้าวเจ้าที่เตรียมเองและที่ซื้อจากท้องตลาด มีลักษณะของพีคต่างๆ คล้ายกันมาก ซึ่งแสดงหมู่ฟังชั่นของ polysaccharide ของแป้ง amylose และ amylopectin และมีน้ำตาล glucose รูปแบบเช่นนี้สามารถใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงองค์ประกอบในแป้งข้าวได้ ส่วนในรำข้าวจะเห็นพีคที่แตกต่างที่ช่วง 1650-1745 cm^{-1} มีพีคของหมู่ฟังชั่นของสารประเภท oil ซึ่งมักพบในรำข้าว spectrum ของข้าวทุกสายพันธุ์ จะคล้ายกันมาก แต่รำข้าวหอมมะลิ 105 และ กข6 ไม่มี band ที่ 1711 cm^{-1} และมีความแตกต่างของความเข้มของ band ในช่วงที่มีความต่างกันของรำข้าวต่างสายพันธุ์ ซึ่งอาจนำมาใช้พิสูจน์เอกลักษณ์ของรำข้าวได้ การ

วิเคราะห์ด้วย FT-NIR spectroscopy ไม่มีความแตกต่างกันของรำข้าวทุกสายพันธุ์ที่ทดสอบ อย่างไรก็ดี รำข้าวหอมมะลิ105 มี spectrum ที่แยกออกจากกลุ่ม คล้ายกับที่พบในแป้งข้าวหอมมะลิ 105 ส่วนแป้งเมล็ดมะขาม พบ spectrum ของทั้ง FT-IR และ FT-NIR ของแป้งมะขามทุกสายพันธุ์ ไม่ต่างกัน แสดงพีคต่างๆ ของสาร polysaccharide ซึ่งพบมีสัดส่วนของ glucose : xylose : galactose ที่ประมาณ 3: 2: 1 ดังที่มีการศึกษามาแล้ว (Marathe *et al.*,2002) ในรำข้าวและแป้งเมล็ดมะขามมี band ของหมู่ C=O ที่ 1710-1750 cm^{-1} ซึ่งไม่พบในแป้งข้าวเจ้า ที่อาจเป็นสาร ester หรือ ketone ขณะที่แป้งข้าวเจ้าพบ band ของ C-O stretching ที่ 1200-1000 cm^{-1} ที่ ไม่พบมีในรำข้าว และแป้งเมล็ดมะขาม ที่เห็นได้ชัดเจน FT-NIR ของแป้งข้าว รำข้าวและแป้งเมล็ดมะขามมีลักษณะคล้ายกันมาก จะแตกต่างกันบ้างในปริมาณขององค์ประกอบต่างๆ เห็นความเข้มของการดูดกลืนของแสงที่แตกต่าง เห็นได้ชัดน้อยกว่า band ที่พบใน FT-IR spectrum การวิเคราะห์ %loss on drying และ water content พบว่าตัวอย่างแป้งข้าวที่เตรียมเอง มีปริมาณ water content สูงกว่าแป้งที่ซื้อจากท้องตลาด ซึ่งอาจมีผลต่อคุณสมบัติการไหลและความหนาแน่นของแป้งข้าวด้วย ปริมาณความชื้นของรำข้าวจะใกล้เคียงกับแป้งข้าว ส่วนแป้งเมล็ดมะขามมีความชื้นใกล้เคียงกับรำข้าว และต่ำกว่าแป้งข้าวเล็กน้อย

อัตราการไหล (flow rate) และมุมการไหล (Angle of repose) ของแป้งข้าวที่เตรียมไม่สามารถวัดได้ เพราะไม่ไหลผ่านรูเปิดของกรวยแก้ว วัดค่ามุมการไหลได้แต่มีค่าอยู่ในช่วงที่แสดงการไหลไม่ดี (ช่วง 51-63°) แป้งข้าว กข6 ซึ่งเป็นข้าวเหนียว มีค่ามุมการไหลได้ดีสุด ส่วนข้าวปทุมธานี1 มีค่าการไหลต่ำสุด ขณะที่แป้งข้าวที่ซื้อจากท้องตลาดมีการไหลที่ดีกว่า อาจเนื่องจากมีความชื้นต่ำกว่าแป้งข้าวที่เตรียมขึ้น ส่วนรำข้าวที่ทดสอบไม่สามารถวัดอัตราการไหลได้ มีค่ามุมการไหลที่ช่วง 52-58° แสดงว่ามีการไหลไม่ดี แป้งเมล็ดมะขามก็เช่นเดียวกัน วัดอัตราการไหลไม่ได้ และมีค่ามุมการไหลช่วง 51-55 ° แสดงว่ามีการไหลไม่ดี มุมการไหลที่สูงกว่า 50 ° แสดงถึงอัตราการไหลไม่ดี (USP 28; NF 23, 2005) อาจเกิดจากการเกาะกลุ่มของผงแป้งและมีความชื้นค่อนข้างสูง

การวัดความหนาแน่นของแป้งข้าว รำข้าวและแป้งเมล็ดมะขาม พบว่าแป้งข้าวมีความหนาแน่นปรากฏ (Apparent density) ใกล้เคียงกัน แป้งข้าวที่ซื้อจากท้องตลาดมีความหนาแน่นสูงกว่าแป้งที่เตรียมขึ้น รำข้าวมีความหนาแน่นอยู่ในช่วงต่ำกว่าแป้งข้าว ซึ่งมีความหนาแน่นใกล้เคียงกับแป้งเมล็ดมะขาม การวัดค่าของ bulk density tapped density และ %compressibility พบว่าแป้ง

ที่ซื้อจากท้องตลาด มีค่า %compressibility น้อยที่สุด ซึ่งแสดงถึงมีการไหลที่ดีกว่า สอดคล้องกับผลของค่าการไหลที่วิเคราะห์ได้ ส่วนรำข้าว %compressibility น้อย แสดงถึงมีการไหลไม่ดี เช่นเดียวกับแป้งเมล็ดมะขาม

4. การยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ของน้ำมะขาม

การทดสอบผลยับยั้งจุลินทรีย์ของน้ำสกัดมะขาม โดยวิธี agar diffusion test และ broth dilution test พบว่าน้ำมะขามมีผลสามารถยับยั้งแบคทีเรียแกรมบวก *Straphylococcus aureus* และแบคทีเรียแกรมลบ *Escherichia coli* โดยวิธี agar diffusion test พบ clear inhibition zone กว้างขึ้นเมื่อให้สารสกัดมะขามที่มีความเข้มข้นสูงขึ้น โดยเฉพาะมะขามพันธุ์เปรี้ยว และเชื้อ *S. aureus* จะไวต่อการถูกยับยั้งด้วยน้ำสกัดมะขามได้ดีกว่า *E. coli* ส่วนการทดสอบเพื่อหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่ยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย (MIC) และค่าต่ำสุดที่ฆ่าเชื้อแบคทีเรีย (MBC) ทดสอบโดยวิธี broth microdilution ได้ค่า MIC และ MBC ต่อเชื้อ *S. aureus* และ *E. coli* เท่ากับ 7.5% ถึง >30% สารสกัดมะขามพันธุ์เปรี้ยวและมะขามหวานขันตี มีคุณสมบัติยับยั้งแบคทีเรียอื่นๆ ได้แก่ *Micrococcus luteus* *Bacillus subtilis* นอกจากนี้ *Pseudomonas aeruginosa* ถูกยับยั้งได้โดยมะขามหวานขันตี สารสกัดน้ำมะขามมีคุณสมบัติที่สามารถยับยั้งแบคทีเรียบางชนิดได้ ในขณะที่ไม่มีผลยับยั้งเชื้อราสองชนิดที่ทดสอบ สารสกัด polysaccharide จากแป้งเมล็ดมะขามไม่มีผลต่อการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ (ไม่ได้แสดงผลไว้ในรายงาน) ซึ่งจะต่างจาก polysaccharide ของสารสกัดเปลือกทุเรียนที่มีคุณสมบัติยับยั้งแบคทีเรียหลายชนิดได้ดี(Pongsamart *et al.*, 2005; Pholdaeng and Pongsamart, 2010; Thunyakipisal *et al.*, 2010) แป้งเมล็ดมะขามเป็น polysaccharide พวก xyloglucan โครงสร้างไม่มี side chain sugar เช่นเดียวกับพวก polysaccharide ในเปลือกทุเรียน side chain sugar เหล่านี้อาจเป็นองค์ประกอบสำคัญที่ทำให้มีผลยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียได้

5. ฤทธิ์การระบาย (laxative) ของน้ำสกัดมะขาม

การทดสอบคุณสมบัติของน้ำสกัดมะขามในการระบายในหนูทดลอง (rats) โดยวิธี Gastrointestinal motility test (Vankatesen *et al.*, 2005)พบว่าน้ำมะขามให้ผล แสดงให้เห็นการเคลื่อนที่ของผงถ่านในลำไส้เล็กของหนูขาวที่ป้อนน้ำสกัดมะขามเคลื่อนที่ไปได้ไกลกว่ากลุ่มควบคุมที่ให้น้ำกลั่น ได้ผลคล้ายกับน้ำลูกพรุนเข้มข้นที่ขายในท้องตลาดอย่างแพร่หลาย ที่ใช้ดื่มช่วยการระบาย น้ำมะขามเข้มข้น 20% ให้ในขนาด 10 ml/kg body weight แสดงให้เห็นผลการ

เคลื่อนที่ของผงถ่านไปได้ไกลกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยยสำคัญทางสถิติ พบได้ผลดีในการเพิ่มระยะทางการเคลื่อนที่ของลำไส้เล็กในหนูขาว ทั้งมะขามชนิดเปรี้ยวและมะขามหวานทุกสายพันธุ์ น้ำสกัดมะขามทั้งที่ผ่านการกรองหยาบ และ centrifuge จนได้น้ำใส พบว่าให้ผลการระบายไม่ต่างกัน ซึ่งฤทธิ์การระบายอาจเกิดจากการกระตุ้นของปริมาณกรดในน้ำมะขาม จากการทดลองใช้กรดอินทรีย์ ได้แก่ กรด tartaric oxalic และ citric ในการทดลองพบว่า กรด tartaric และ กรด citric ให้ผลกระตุ้นการระบายได้ดี ดังนั้นผลการระบายของน้ำมะขาม อาจเป็นผลกระตุ้นของกรด tartaric และ กรด citric ที่พบมากในน้ำมะขาม

6. องค์ประกอบและคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดเปลือกเมล็ดมะขาม

เป็นที่ทราบกันว่าสารประกอบ ponolic compounds มีคุณสมบัติในการกำจัดอนุมูลอิสระและเป็น antioxidant (Velioglu *et al.*, 1998) จึงทำการวิเคราะห์องค์ประกอบ phenolic compounds และประเมินความสัมพันธ์กับคุณสมบัติการเป็น antioxidant ของสารสกัดเปลือกเมล็ดมะขามพันธุ์ต่างๆ สาร phenolic compound ที่พบ (ตารางที่24) ประกอบด้วย total phenol พบมีสูงสุดในสารสกัดเปลือกเมล็ดมะขามพันธุ์ขันตีและสีทองเบา ตามด้วยพันธุ์เปรี้ยวยักษ์ สีทองหนักและศรีชมภู ตามลำดับ ส่วน tannin ในสารสกัดเปลือกเมล็ดมะขามพบมีปริมาณสูงสุด ในพันธุ์เปรี้ยวยักษ์และสีทองเบา ขณะที่ proanthocyanidin พบสูงสุดในสารสกัดเปลือกเมล็ดมะขามพันธุ์ขันตีและสีทองเบา ตามด้วยพันธุ์เปรี้ยวยักษ์และสีทองหนัก ส่วนพันธุ์ศรีชมภู พบมีต่ำสุด องค์ประกอบเหล่านี้มีความสำคัญเป็นผลให้สารสกัดเปลือกเมล็ดมะขามมีคุณสมบัติที่ดีในการต้าน lipid peroxidation กำจัดอนุมูลอิสระ และ reducing power ของสารสกัดเปลือกเมล็ดมะขามพันธุ์สีทองเบา ขันตี และเปรี้ยวยักษ์

การเกิด lipid peroxidation สามารถไป inactivate องค์ประกอบต่างๆ ในเซลล์ มีบทบาทสำคัญต่อการเกิด oxidative stress ในระบบอวัยวะต่างๆในร่างกาย สารพิษที่เกิดขึ้นจากการเกิดปฏิกิริยาเหล่านี้ สามารถไปทำลายโมเลกุลต่างๆ ของสิ่งมีชีวิต และ DNA ทั้งในบริเวณและที่อยู่ห่างไกลจากที่เกิดปฏิกิริยา (Esterbauer, 1996; Box and Maccubbin, 1997) จึงทำการวิเคราะห์ผลของ anti-lipid peroxidation ของสารสกัดเปลือกเมล็ดมะขาม โดยการวัดความสามารถในการยับยั้งการเกิด lipid peroxidation ของไข่แดง (egg yolk) วัด end product ของปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในรูปของสาร reactive substance ของ thiobarbituric acid โดยใช้ positive control คือ วิตามินซี พบว่าสาร

สกัดเปลือกเมล็ดมะขามสีทองเบา ขนาด 500 μg/ml ให้ผลเป็น anti-lipid peroxidation สูงสุด ให้ %inhibition 98.34±1.44% (รูปที่19) ตามด้วยเปลือกเมล็ดมะขามขันตี (81.13±0.99%) ขณะที่ reference antioxidant vitamin ให้ที่ 87.75±2.17%

การกำจัดอนุมูลอิสระ hydroxyl radicals ซึ่งเป็นอนุมูลอิสระที่ reactive ที่สุดและพบมากเกิดขึ้นในกระบวนการ metabolism ของเซลล์ต่างๆในร่างกาย (Waling, 1975) การวิเคราะห์การกำจัดอนุมูลอิสระ hydroxyl radicals ของสารสกัดเปลือกเมล็ดมะขาม พบว่าสารสกัดเปลือกเมล็ดมะขามสีทองเบา ให้ผลกำจัดอนุมูลอิสระ hydroxyl radicals สูงสุด ตามด้วยพันธุ์เปรี้ยวยักษ์ ดังรูปที่ 20 (% scavenging activity เท่ากับ 77.54± 4.48 และ 76.47± 1.42 ตามลำดับ) ที่สารสกัดเข้มข้น 500 μg/ml) แต่อย่างไรก็ดี ผลที่ได้จะต่ำกว่า positive control ของสาร BHA (เท่ากับ 94± 0.54% ที่ความเข้มข้นเพียง 10 μg/ml)

การกำจัดอนุมูลอิสระ DPPH เป็นอีกวิธีของการวัด free radicals scavenging activity ของสารสกัดเปลือกเมล็ดมะขาม โดยการใช้สาร stable free-radical คือ DPPH ซึ่งเป็นสารที่มีสีม่วงเข้ม มีคุณสมบัติของ absorption maximum ที่ 515 nm สีม่วงเข้มจะจางลง เมื่อมีสาร antioxidant ทำให้ค่า absorbance ลดลง แสดงคุณสมบัติของการกำจัดสาร free radicals การลดค่า absorbance ได้อย่างรวดเร็ว แสดงถึงความแรงมากขึ้นของ antioxidant activity ของสารที่ทดสอบ สารสกัดเปลือกเมล็ดมะขามที่ความเข้มข้น 200 μg/ml ขึ้นไปจะให้ค่าค่อนข้างคงที่ไม่เพิ่มมากเท่าระยะเริ่มต้นที่ใช้ความเข้มข้นต่ำกว่า 100 μg/ml (รูปที่ 22) สารสกัดเปลือกเมล็ดมะขามสายพันธุ์ต่างๆที่ 500 μg/ml ให้ค่า %scavenging activity ที่ 70.10±1.92 ถึง 81.84±2.95% ใกล้เคียงกับวิตามันซี (ที่ 82.18± 2.61% ในความเข้มข้น 500 μg/ml)

คุณสมบัติ reducing power ของสารสกัดเปลือกเมล็ดมะขามพันธุ์เปรี้ยวยักษ์และสีทองเบาเกิดขึ้นอย่างขึ้นรวดเร็ว (รูปที่ 18) กว่าสายพันธุ์อื่นๆ ที่ทดสอบและมีค่าสูงมาก ที่ความเข้มข้น 100 μg/ml และสูงกว่า สาร reference anti-oxidant BHA และวิตามินซี ดังผลการทดลองในรูปที่ 18 การมี reducing power ของสารสกัดอาจเกิดจากความสามารถ hydrogen-donating ability ของสารเหล่านั้น (Shimada *et al.*, 1992) ผลที่ได้สอดคล้องกับปริมาณ tannin content ในสารสกัดเปลือกเมล็ดมะขามทั้งสองสายพันธุ์ (ตารางที่ 24)

ความสามารถในการกำจัด hydrogen peroxide ของสารสกัดเปลือกเมล็ดมะขามพันธุ์เปรี้ยว ยักษ์และขันตี พบว่ามีค่าสูงสุดที่ความเข้มข้น 200 mg/ml ที่มีค่ารองลงมาคือ พันธุ์ศรีชมภู สีทองเบา และสีทองหนัก (รูปที่ 21) ตามลำดับ

ผลของ antioxidant ของสารสกัด แสดงด้วยค่า EC_{50} เป็นค่าความเข้มข้น (µg/ml) ของสารสกัดที่มี antioxidant activity 50% หรือมีค่า absorbance ที่ 0.5 จากการวิเคราะห์ reducing power ค่า EC_{50} ต่ำแสดงถึงความมีคุณสมบัติสูงของ antioxidant ของสารเหล่านั้น สารสกัดเปลือกเมล็ดมะขามพันธุ์สีทองเบา มีความแรงสูงสุด ยับยั้ง lipid peroxidation และ กำจัดอนุมูลอิสระ hydroxyl radicals มีค่า EC_{50} ที่ 62.19±7.13 µg/ml และ 62.23± 9.36 µg/ml ตามลำดับ (ตารางที่ 25)ขณะที่การยับยั้ง lipid peroxidation ของวิตามินซี มีค่า 263.93±8.03 µg/ml สารสกัดเปลือกเมล็ดมะขามพันธุ์ขันตี มีประสิทธิภาพกำจัด อนุมูลอิสระ DPPH สูงที่สุด มีค่า EC_{50} ที่ 70.10± 1.75 µg/ml ขณะที่วิตามินซี มีค่า EC_{50} ที่ 138.29±5.54 µg/ml สารสกัดเปลือกมะขามเปรี้ยวยักษ์ และสีทองเบาให้ผลเป็น reducing power ดีที่สุด มีค่า EC_{50} ต่ำกว่า positive control ทั้งวิตามินซี และ BHA ในขณะที่สารสกัดเปลือกเมล็ดมะขามสายพันธุ์อื่นๆ มี reducing power ต่ำมาก วัดค่า EC_{50} ไม่ได้ สารสกัดเปลือกเมล็ดมะขามพันธุ์ขันตี สีทองเบาและเปรี้ยวยักษ์มีปริมาณของ total phenol สูง ซึ่งสอดคล้องกับการมีคุณสมบัติเป็นสาร potent antioxidant จากการวิเคราะห์ด้วย DPPH free radical scavenging Anti-lipid peroxidation Hydroxyl radical scavenging และ Reducing power assay ตามลำดับ

ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่า สารสกัดเปลือกเมล็ดมะขาม มีคุณสมบัติของ antioxidant activity มะขามต่างสายพันธุ์ให้ค่า antioxidant property ที่แตกต่างกัน ทั้งนี้อาจเนื่องจาก มีสาร phenolic compounds ที่แตกต่างกันในสารสกัดเปลือกเมล็ดมะขาม สารสกัดเปลือกเมล็ดมะขาม มีคุณสมบัติเป็น antioxidant ที่น่าสนใจ เปลือกเมล็ดมะขามซึ่งเป็นสิ่งเหลือทิ้ง มีศักยภาพเป็นแหล่งของ natural antioxidant ที่อาจนำมาพัฒนาเป็นอาหารเพื่อสุขภาพได้

7. การเตรียมผลิตภัณฑ์ใช้ภายนอกจากสารสกัดเปลือกเมล็ดมะขาม และประสิทธิภาพฤทธิ์ Anti-lipid peroxidation ของผลิตภัณฑ์

ผลิตภัณฑ์ที่เตรียมขึ้นประกอบด้วย ผลิตภัณฑ์ gel base (PG gel) และผลิตภัณฑ์เจลที่เติมสารสกัดเปลือกเมล็ดมะขามคือ TSCE-PG gel พบว่าผลิตภัณฑ์มีคุณลักษณะที่น่าพอใจ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 23 และตารางที่ 26 สารสกัดเปลือกเมล็ดมะขามเมื่อผสมลงใน PG gel base มีผลทำให้

ความหนืดของผลิตภัณฑ์เจลลดลง แต่อย่างไรก็ดี เมื่อตั้งผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิห้อง จะทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้น และมีพฤติกรรมการไหล เป็นรูปแบบ pseudoplastic flow (รูปที่ 24) สารสกัดเปลือกเมล็ดมะขามไม่มีผลต่อพฤติกรรมการไหลของ PG gel สารสกัดเปลือกเมล็ดมะขามสายพันธุ์สีทองเบา (TI-STB/P) ซึ่งให้ผลฤทธิ์ต้าน lipid peroxidation ได้สูง ได้ผลดีกว่า vitamin C (control) จากการทดลองครั้งนี้ เมื่อนำมาเตรียมเป็นผลิตภัณฑ์เจล แล้วยังสามารถให้ผลต้าน lipid peroxidation ได้ อย่างไรก็ดี ประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ ในการ inhibit lipid peroxidation จะลดลง เมื่อได้รับความร้อน จากการเก็บที่อุณหภูมิ 45 °C (รูปที่ 25) สารสกัดเปลือกเมล็ดมะขาม สามารถนำมาเตรียมเป็นผลิตภัณฑ์เจล ที่มีคุณสมบัติ Anti-lipid peroxidation ใช้ภายนอกได้ แต่การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ ต้องระวังไม่เก็บในที่ร้อนจัดเป็นเวลานาน ซึ่งจะทำลายคุณสมบัติ Anti-lipid peroxidation และต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์