บทที่ 2
แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 สละ

จังหวัดจันทบุรีเป็นเมืองที่อุดมสมบูรณ์ด้วยทรัพยากรธรรมชาติทั้งในดิน และในน้ำมีสภาพภูมิประเทศและภูมิอากาศที่เอื้ออำนวยต่อการทำการเกษตรโดยเฉพาะการเพาะปลูกผลไม้ ซึ่งผลไม้ที่ขึ้นชื่อของจังหวัดมีหลายชนิด เช่น ทุเรียน เงาะ มังคุด ลำไย และผลไม้ที่ขึ้นชื่ออีกชนิดก็คือ สละ โดยในหลายพื้นที่ของจังหวัดจันทบุรีมีการปลูกสละจำนวนมาก (สำนักงานเกษตรจังหวัดจันทบุรี, 2556)

ภาพที่ 2.1 ลักษณะของต้นสละและผลของสละ

สละจัดอยู่ในวงศ์ Arecaceae ซึ่งมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Salaccazalacca*และชื่อสามัญว่า Sala ผลของสละนั้นมีลักษณะเป็นทรงยาวรี ผลอ่อนสีน้ำตาล เปลือกเป็นเกล็ดซ้อนกัน ผลแก่เป็นสีแดงอมน้ำตาล บนผลมีขนแข็ง สั้น คล้ายหนาม ดังภาพที่ 2.1 ลักษณะของผลสละที่ต่างจากผลระกำคือมีเมล็ดเล็กกว่าและเป็นสีน้ำตาลเข้มกว่า เนื้อสละเป็นสีเหลืองอ่อน ส่วนเนื้อระกำเป็นสีเหลืองอมส้ม สละมีกลิ่นหอมที่เป็นเอกลักษณ์ ซึ่งสละนั้นจะมีลักษณะต้นเป็นทรงพุ่มคล้ายระกำ โดยทั่วไปสละสามารถปลูกได้ดีเกือบทุกสภาพพื้นที่ แต่พื้นที่ที่เหมาะสมควรมีความลาดเอียงไม่เกินร้อยละ 15 ไม่มีน้ำท่วมขัง ลักษณะดินควรเป็นดินร่วนปนทรายหรือดินร่วนปนเหนียวที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง ระบายน้ำดี มีชั้นดินลึกไม่น้อยกว่า 1 เมตร ระดับน้ำใต้ดินลึกมากกว่า 50 เซนติเมตร มีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ระหว่าง 5.0-6.5 อุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 20-40 องศาเซลเซียส มีปริมาณน้ำฝนไม่น้อยกว่า 1,500

มิลลิเมตรต่อปี และการกระจายตัวของฝนดี มีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยอยู่ระหว่างร้อยละ 60-70 มีแหล่งน้ำเพียงพอตลอดช่วงฤดูแล้ง น้ำควรสะอาดไม่มีสารอินทรีย์และอนินทรีย์ที่เป็นพิษปนเปื้อน (กรมวิชาการเกษตร, 2555) โดยสละนั้นมีสรรพคุณหลายอย่าง เช่น ช่วยแก้อาการกระหายน้ำ ช่วยบำรุงสมองเสริมสร้างความจำช่วยบำรุงกระดูกและฟันให้แข็งแรงช่วยบำรุงเลือดช่วยลดไขมันในเส้นเลือดช่วยบำรุงและรักษาสายตา ช่วยลดความเสี่ยงของการเกิดโรคมะเร็งช่วยป้องกันอาการหวัดบรรเทาอาการไอ เป็นต้น (ทวีทอง หงษ์วิวัฒน์และคณะ, 2556) สำหรับสายพันธุ์ของสละที่นิยมปลูกในประเทศไทยมีอยู่หลายสายพันธุ์ (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2556) เช่น

สละพันธุ์เนินวง เป็นพันธุ์สละที่นิยมปลูกมากที่สุด โดยมีขนาดตะโพกหรือลำต้นเล็กกว่าระกำ บริเวณกาบใบมีสีน้ำตาลทอง ปลายใบยาว หนามของยอดที่ยังไม่คลี่มีสีขาว ผลมีรูปร่างยาวหัวท้ายเรียวคล้ายกระสวย หนามผลยาว อ่อนนิ่ม ปลายหนามงอนไปทางท้ายผล เนื้อมีสีเหลืองนวลคล้ายน้ำผึ้ง หนานุ่ม รสชาติหวานหรือหวานอมเปรี้ยว รับประทานแล้วรู้สึกชุ่มคอ กลิ่นหอม เมล็ดเล็ก

สละพันธุ์หม้อ ขนาดตะโพกหรือลำต้นเล็ก และใบมีสีเข้มกว่าพันธุ์เนินวง ข้อทางใบถี่สั้น หนามยาวเล็กและอ่อนกว่าพันธุ์เนินวง ช่อดอกยาว ติดผลง่ายกว่าพันธุ์เนินวง ผลคล้ายระกำ เปลือกผลสีแดงเข้มเนื้อสีน้ำตาลมีลาย เนื้อหนาแต่ไม่แน่น รสชาติหวาน มีกลิ่นเฉพาะ เมล็ดเล็ก ทนต่อสภาพแสงแดดจัดได้ดีกว่าพันธุ์เนินวง

สละพันธุ์สุมาลี เป็นพันธุ์ใหม่ ลักษณะลำต้นคล้ายระกำ ทางใบยาวมีสีเขียวอมเหลือง ใบใหญ่กว้างและปลายใบสั้นกว่าพันธุ์เนินวง หนามของยอดอ่อนที่ยังไม่คลี่มีสีส้มอ่อน คานดอกยาว ช่อดอกใหญ่ ติดผลง่าย ผลมีรูปร่างป้อมสั้น สีเนื้อคล้ายระกำ เนื้อหนากว่าระกำ แต่บางกว่าพันธุ์เนินวง รสชาติหวานมีกลิ่นเฉพาะ เจริญเติบโตเร็วและทนต่อสภาพแสงแดดจัดได้ดีกว่าพันธุ์เนินวง

โดยสละพันธุ์เนินวงและพันธุ์สุมาลีนั้นได้มีการนิยมปลูกอย่างมากในจังหวัดจันทบุรีซึ่งผลผลิตของสละนั้นสามารถสร้างรายได้ให้กับเกษตรกรจันทบุรีเป็นอย่างมากเนื่องจากมีผลผลิตตลอดปี (สำนักงานเกษตรจังหวัดจันทบุรี, 2556) รวมทั้งสละนั้นยังสามารถนำไปเป็นผลิตภัณฑ์แปรรูปได้ ซึ่งจะช่วยยืดอายุการเก็บรักษารวมทั้งเป็นแนวทางที่ช่วยเพิ่มมูลค่าสละได้เป็นอย่างดี โดยผลิตภัณฑ์แปรรูปของสละนั้นมีหลายอย่างเช่น สละกวน น้ำสละ และโดยเฉพาะ สละลอยแก้วที่นิยมรับประทานกันจำนวนมาก (ปฐมา ไพโรจน์ศักดิ์ และปุณณมี สัจจกมล, 2554) แต่จากการแปรรูปนั้นยังเหลือเปลือกและเมล็ดของสละที่เป็นขยะชีวมวลซึ่งจะทำให้มีขยะชีวมวลที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นการหาทางใช้ประโยชน์จากเปลือกและเมล็ดของสละ ซึ่งนอกจากจะลดขยะชีวมวลแล้วยังอาจเพิ่มรายได้ให้เกษตรกรผู้ผลิตสละได้อีกด้วย ซึ่งจากการรายงานการวิจัยของ Mayureeและคณะ (2013) พบว่าสารสกัดจากเปลือกของสละสายพันธุ์สุมาลีที่เก็บตัวอย่างจากจังหวัดเชียงรายโดยสกัดด้วยเอทิลอะซิเตทมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูง ($DPPH_{IC50}$= 2.932±0.030ไมโครกรัม/มิลลิลิตร, $ABTS_{IC50}$ = 7.933±0.049 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร, $FRAP_{EC}$= 7844.44±40.734) และจากรายงานการวิจัยพบว่าสารสกัดจากเมล็ด

ของสละ ซึ่งใช้เอทานอลในการสกัดพบว่ามีปริมาณ flavonoid เท่ากับ 163.99 ± 6.58 มิลลิกรัมเทียบเท่าสารมาตรฐานรูติน/100 กรัมสารสกัดและพบว่ามีปริมาณสารประกอบฟีนอลเท่ากับ 277.24± 2.68 มิลลิกรัมเทียบเท่าสารมาตรฐานกรดแกลลิค/100 กรัมสารสกัด (FarhanaBinti Mohamed Wazir, 2012) นอกจากนี้เนื้อของสละที่นิยมรับประทานนั้น ล้วนมีสรรพคุณมากมาย โดยเฉพาะมีสารต้านอนุมูลอิสระเช่นเดียวกับในเปลือกและเมล็ดของสละ โดยได้มีรายงานการวิจัยที่พบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากสารสกัดของสละ เช่น

Sitti และคณะ (2009) ได้ศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและพฤกษเคมีในตัวอย่างสละ 4 สายพันธุ์ในรัฐซาบาห์ ประเทศมาเลเซีย ที่สกัดด้วยเมทานอล โดยวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ FRAP พบว่ามีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูง(922.5 ± 32.3 มิลลิกรัม เทียบเท่าสารมาตรฐานวิตามินซี/100 กรัมสารสกัดและ 113.3 ± 1.60 ไมโครโมลาร์เฟอรัสซัลเฟต/กรัมสารสกัดตามลำดับ) อีกทั้งได้ตรวจสอบปริมาณฟีนอลรวมและฟลาโวนอยด์โดยใช้ spectrophotometry พบว่ามีปริมาณฟีนอลและฟลาโวนอยด์สูงเช่นกัน (15.0 มิลลิกรัม เทียบเท่าสารมาตรฐานกรดแกลลิค/กรัมสารสกัดและ 7.1 มิลลิกรัมเทียบเท่าสารมาตรฐานกรดแกลลิค/กรัมสารสกัด) และยังได้มีการตรวจสอบปริมาณวิตามินซีพบว่ามีปริมาณวิตามินซีที่อยู่ในระดับปานกลาง (1.28 มิลลิกรัม/100 กรัมสารสกัด)

นอกจากนี้ SzePhengOng และคณะ (2010) ได้ศึกษาผลของการสกัดสารประกอบฟีนอลจากตัวอย่างสละในตัวทำละลายได้แก่ เมทานอลเอทานอลอะซีโตนและน้ำกลั่น โดยตัวทำละลายมีความเข้มข้นในช่วงร้อยละ35 – ร้อยละ 97โดยปริมาตรที่อุณหภูมิ 25-55 องศาเซลเซียลโดยเวลาในการสกัด 2-4 ชั่วโมง และอัตราส่วนของตัวทำละลาย 1 : 10 – 1 : 100 พบว่าตัวทำละลายในส่วนผสมน้ำกับอะซีโตน-กรดไฮโดรคลอริกเป็นตัวทำละลายที่ดีที่สุดในการสกัด อัตราส่วน 1 : 100 ทำให้ได้ปริมาณสารประกอบฟีนอล42.6 ± 0.6 เทียบเท่าสารมาตรฐานกรดแกลลิค/กรัมสารสกัดแห้ง ซึ่งในการทดสอบนี้แสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นตัวทำละลายและอุณหภูมิเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลของการต้านอนุมูลอิสระ

สละเป็นผลไม้รสชาติเปรี้ยวอมหวานที่ปลูกกันมากในพื้นที่ภาคตะวันออกโดยเฉพาะอย่างยิ่งจังหวัดจันทบุรี ซึ่งมีพื้นที่ในการปลูกสละมากเป็นอันดับหนึ่งของประเทศโดยพื้นที่ในการปลูกสละของจังหวัดจันทบุรีในปี 2556 มีถึง 11,208.00 ไร่ โดยเพิ่มขึ้นถึงสามเท่าจากปี 2543 ที่มีเพียง 3,569.00 ไร่ (สำนักงานเกษตรจังหวัดจันทบุรี, 2556) จากสถิติดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าเกษตรกรในพื้นที่จังหวัดจันทบุรีมีความนิยมในการปลูกสละมากขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องจากระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวสั้นกว่าผลไม้เศรษฐกิจชนิดอื่น โดยสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้หลังการปลูกเพียงสามปี และสละยังเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีราคาดี มีหลากหลายสายพันธุ์ และที่นิยมปลูกมีด้วยกัน 3 สายพันธุ์ คือ สละสุมาลี สละเนินวง และสละหม้อ โดยสละเนินวงเป็นพันธุ์ที่นิยมปลูกกันมากที่สุด นอกจากนี้สละยังมีแนวโน้ม

ความต้องการในตลาดโลกเพิ่มสูงขึ้น จึงมีแนวโน้มที่เกษตรกรจะปลูกสละมากยิ่งขึ้นในหลายจังหวัด (บ้านเมือง, 2557;ผู้จัดการออนไลน์, 2559) จากรายงานการวิจัยของ Gorinstein และคณะ (2009) เกี่ยวกับการเปรียบเทียบปริมาณสารอาหารจำพวก เส้นใย โปรตีน คาร์โบไฮเดรตและไขมัน ในผลของสละและผลของกีวี พบว่าในผลของสละมีปริมาณสารอาหารที่น้อยกว่าผลของกีวี และเมื่อทดสอบด้วยวิธี DPPH ผลของสละมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงใกล้เคียงกับผลของกีวี นอกจากนี้ยังพบว่าสละสุมาลีมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ดีกว่าสละพันธุ์เนินวง (Gorinstein *et al*., 2009) และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณสารพอลิฟีนอลและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระระหว่างสละ (*Salcca edulis* Reinw) กับมังคุด (*Gacinia mangostana*) พบว่าผลของสละมีปริมาณสารพอลิฟีนอลและฤทธิ์ที่สูงกว่ามังคุดอย่างมีนัยสำคัญ (Leontowicz *et al*., 2006; Haruenkit *et al*., 2007) นอกจากนี้ในผลของสละพบว่ามีสารเบตา-แคโรทีน และวิตามินอี เป็นองค์ประกอบอยู่ด้วย โดยพบว่าปริมาณสารเบตา-แคโรทีนในสละสูงกว่าผลไม้อื่นหลายชนิดเช่น แอปเปิ้ล ส้มโอ ฝรั่ง องุ่น กล้วยหอม และกล้วยน้ำว้า เป็นต้น (Charoensiri *et al*., 2009) กลิ่นในผลของสละพบว่าเป็นสารในกลุ่มกรดคาร์บอกซิลิกและเมทิลเอสเทอร์ (Wijaya *et al*., 2005) ซึ่งน้ำมันหอมระเหยเหล่านี้จะมีปริมาณที่เปลี่ยนแปลงไปตามระยะเวลาในการเจริญเติบโตของสละ (Suhardi *et al*., 2002) ในปี 2007 Priyatno และคณะ สามารถแยกสารอินทรีย์บริสุทธิ์สองชนิดได้จากผลของสละซึ่งหนึ่งในนั้นมีฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดโรคเก๊าท์ซึ่งก็คือ Xanthine Oxidase ได้ (Priyatno *et al*., 2007) สำหรับเปลือกและเมล็ดของสละ มีรายงานการวิจัยที่ค่อนข้างน้อยกว่าผลของสละมาก โดยมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้เปลือกสละในด้านเครื่องสำอางซึ่งก็คืองานวิจัยของ Kanlayavattanakul และคณะ (2013) ที่ศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของเปลือกสละ (*Salcca edulis*) สายพันธุ์สุมาลี โดยพบว่าสารสกัดเปลือกสละสุมาลี มีองค์ประกอบของสารต้านอนุมูลอิสระที่มีประสิทธิภาพสูงใกล้เคียงวิตามินซี และไม่มีความเป็นพิษต่อเซลล์ปกติของมนุษย์ (NHF cell) และยังพบสารออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระหลายชนิดในเปลือกของสละ เช่น Chlorogenic acid, Gallic acid, Caffeic acid และ Quercetin เป็นต้น โดยมีปริมาณของ Chlorogenic acid สูงกว่าสารอื่น (Kanlayavattanakul *et al*., 2013) สำหรับเมล็ดของสละ (*Salacca edulis* Reinw.) เมื่อสกัดด้วยเอทานอลพบว่ามีสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ ฟีนอลิก และกรดแอสคอบิก แต่มีปริมาณที่น้อยกว่าในเมล็ดลำไยและเมล็ดจันทน์เทศ (Wazir, 2012) แต่อย่างไรก็ตามยังไม่มีรายงานวิจัยการศึกษาเกี่ยวกับเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการนำไปประยุกต์ใช้ในเป็นเครื่องสำอาง อาทิ การตรวจกิจกรรมเอนไซม์ Superoxide dismutase ฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส ฯลฯ คณะผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพของเปลือกและเมล็ดของสละ ทั้งในส่วนของสารโมเลกุลเล็กที่ได้จากการสกัดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ และส่วนที่เป็นสารโมเลกุลใหญ่อย่างเช่นโปรตีนที่สกัดโดยใช้บัฟเฟอร์เพื่อประเมินความเป็นไปได้ในการนำสารสกัดทั้งสองส่วนนี้ไปพัฒนาเป็นวัตถุดิบในการผลิตเครื่องสำอางเพิ่มมูลค่า

ให้กับสละได้อีกทางหนึ่ง โดยฤทธิ์ทางชีวภาพที่เกี่ยวข้องกับเครื่องสำอางที่คณะผู้วิจัยสนใจศึกษานั้น ได้แก่ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ กิจกรรมเอนไซม์ Superoxide dismutase ฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส

2.2 อนุมูลอิสระและสารต้านอนุมูลอิสระ

อนุมูลอิสระ คือ อะตอมหรือโมเลกุลที่มีอิเล็คตรอนไม่เป็นคู่ อยู่ในวงอิเล็คตรอนวงนอกสุด (outer orbital) เนื่องจากการมีอิเล็กตรอนที่โดดเดี่ยว (unpaired electron) อยู่ในวงโคจรของโมเลกุลทำให้ไม่เสถียร ทำให้อนุมูลอิสระเป็นสารที่มีความไวในการเข้าทำปฏิกิริยาทางเคมีกับสารอื่นสูงมาก โดยอนุมูลอิสระจะไปแย่งจับหรือดึงเอาอิเล็กตรอนจากโมเลกุลหรืออะตอมสารที่อยู่ข้างเคียงเพื่อให้ตัวมันเสถียร โมเลกุลที่อยู่ข้างเคียงที่สูญเสียหรือรับอิเล็กตรอนจะกลายเป็นอนุมูลอิสระชนิดใหม่ ซึ่งอนุมูลอิสระที่เกิดมาใหม่นี้จะไปทำปฏิกิริยากับสารโมเลกุลอื่นต่อไป เกิดเป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ (chain reaction)ต่อกันไปเรื่อยๆโดยที่อนุมูลอิสระก็มีสมบัติเหมือนสารทั่ว ๆไปตรงที่ความสามารถในการเข้าทำปฏิกิริยากับสารอื่นสามารถเปลี่ยนแปลงได้ตามอุณหภูมิ ความเป็นกรดด่าง (pH) และความชื้น เป็นต้น (บังอร วงศ์รักษ์ และศศิลักษณ์ ปิยะสุวรรณ์,2549) อนุมูลอิสระมีทั้งที่อยู่ในสภาวะที่เป็นกลางทางไฟฟ้า และอนุมูลในสภาวะที่มีประจุไฟฟ้า โดยมีทั้งประจุบวกและประจุลบ สัญลักษณ์ทางเคมีของอนุมูลอิสระ คือ อิเล็กตรอนเดี่ยวของอนุมูลอิสระจะแสดงด้วยจุดในตำแหน่งข้างบนของสัญลักษณ์ทางเคมี เช่น อนุมูล $R^{\bullet}$ แทนอะตอมหรือโมเลกุลของอนุมูลอิสระที่ไม่จำเพาะเจาะจงซึ่งอนุมูลอิสระมีทั้งที่เป็นประจุบวก($R^{+\bullet}$) ประจุลบ ($R^{-\bullet}$) และเป็นกลาง เช่น อนุมูล pyridinyl($NAD^{+\bullet}$) อนุมูล superoxide ($O2^{-\bullet}$) อนุมูล peroxyl ($ROO^{\bullet}$)เป็นต้น ซึ่งอนุมูลอิสระที่มีความสำคัญในทางชีวภาพ เช่นhydroxyl radical($HO^{\bullet}$), superoxide($O_2^{-\bullet}$), peroxyl($RO_2^{\bullet}$), alkoxyl($RO^{\bullet}$)เป็นต้นโดยปกติสารเหล่านี้เกิดขึ้นโดยปฏิกิริยาในร่างกายอยู่แล้ว โดยเฉพาะเวลามีธาตุเหล็ก ทองแดง แมงกานีส โคบอลต์ โครเมียม นิเกิล อยู่เป็นจำนวนน้อยๆ มักเกิดเป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ และร่างกายก็จะมีระบบของสารต้านอนุมูลอิสระขจัดออกไป(อรวรรณ กิ่งเกษมศรี, 2555)แต่ถ้าร่างกายได้รับสารอนุมูลอิสระจากภายนอกมากเกินไป ตัวอย่างเช่น ได้รับจากอาหารบางชนิด จากขบวนการประกอบอาหาร เช่น การย่างเนื้อสัตว์ที่มีส่วนประกอบของไขมันสูง การนำน้ำมันที่ใช้ทอดอาหารที่อุณหภูมิสูงๆ มาใช้อีก หรือจากสิ่งแวดล้อม เช่น แสงอาทิตย์ซึ่งมีรังสีอัลตราไวโอเลตการแผ่รังสี (radiation) รังสีเอ็กซเรย์ หรือจากมลพิษ เช่น ควันบุหรี่ ก๊าซจากท่อไอเสียรถยนต์ ถ้าสารเหล่านี้มีมากกว่าความสามารถของสารต้านอนุมูลอิสระในร่างกายจะขจัดหมด หรือในภาวะที่จำนวนของสารต้านอนุมูลอิสระในร่างกายลดลง เช่น ผู้สูงอายุ ก็จะทำให้มีสารอนุมูลอิสระและสารที่ไม่ใช่อนุมูลอิสระ เช่น ไฮโดเจนเพอออกไซด์ ซึ่งมีออกซิเจนเป็นศูนย์กลางเช่นกัน โดยรวมเรียกว่า reactive oxygen species (ROS) มากเกินไปก่อให้เกิดอันตรายได้สารอนุมูลอิสระที่มากเกินไปนั้นจะเป็นอันตรายต่อไขมัน โปรตีน หน่วยสารพันธุกรรม DNA และคาร์โบไฮเดรต ทำให้เพิ่มอัตราการเสี่ยงต่อการเป็นโรคหลายชนิด เช่น โรคหลอดเลือด โรคมะเร็งบางชนิด โรคความจำเสื่อม โรคไขข้ออักเสบเป็นต้นรวมทั้ง

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

อนุมูลอิสระยังเป็นตัวเหนี่ยวนำให้เพิ่มการสร้างเมลานินซึ่งจะมีผลทำให้มีมีสีผิวคล้ำเกิดฝ้า และริ้วรอยต่าง ๆ (นุตติยาวีระวัธนชัย และระวิวรรณ แก้วอมตวงศ์, 2555)

ปฏิกิริยาการเกิดอนุมูลอิสระจัดเป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ (free radical chain reaction) ซึ่งมีกลไกในการเกิดปฏิกิริยา 3 ขั้นตอน คือ

1) ขั้นอินนิทิเอชัน (initiation step)

ปฏิกิริยากิริยาการเกิดอนุมูลอิสระในเซลล์ มักเกิดขึ้นจากปฏิกิริยาการสลายพันธะด้วยน้ำ (hydrolysis) แสง (photolysis) รังสี (radiolysis) หรือปฏิกิริยารีดอกซ์(redox reaction) นอกจากนี้ยังมีเอนไซม์อื่นๆ อีกหลายชนิดที่ทำให้เกิดอนุมูลอิสระขึ้นในเซลล์รวมถึงโมเลกุลที่มีความไวสูงในการทำปฏิกิริยา เช่น nitric oxide (NO) และ singlet oxygen($^1O_2$) ซึ่งหมายถึงออกซิเจนในสถานะที่ถูกกระตุ้น (excited state) สิ่งเหล่านี้ล้วนทำให้เกิดขั้นตอนอินนิทิเอชันของปฏิกิริยาการเกิดอนุมูลอิสระ ดังเช่นสมการที่ 1

$$RH \longrightarrow R^{\bullet} \qquad \text{สมการ 1}$$

2) ขั้นพรอพาเกชัน (propagationstep)

อนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นในขั้นตอนอินนิทิเอชันจะดำเนินปฏิกิริยาต่อไปในขั้นตอนพรอพาเกชัน โดยเกิดปฏิกิริยาขึ้น 2 ทาง คือ โดยการดึงเอาอะตอมไฮโดรเจนจากโมเลกุลข้างเคียง หรือโดยการทำปฏิกิริยากับโมเลกุลออกซิเจนที่อยู่ในสถานะพื้นทำให้ได้อนุมูลอิสระตัวใหม่ ดังสมการที่ 2 – 4

$$RH + R^{1\bullet} \rightleftharpoons R^{\bullet} + R^1H \qquad \text{สมการ 2}$$

$$R^{\bullet} + {}^3O_2 \rightleftharpoons ROO^{\bullet} \qquad \text{สมการ 3}$$

$$ROO^{\bullet} + RH \rightleftharpoons ROOH + R^{\bullet} \qquad \text{สมการ 4}$$

3) ขั้นเทอร์มิเนชัน (termination step)

ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่อนุมูลอิสระที่เกิดขึ้น 2 อนุมูลมารวมกันได้เป็นสารที่มีความเสถียร จึงเป็นการหยุดปฏิกิริยาลูกโซ่ของการเกิดอนุมูลอิสระ ดังสมการที่ 5 และ 6

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏราไพพรรณี

$$ROO^{\bullet} + ROO^{\bullet} \rightleftharpoons ROOR + O_2 \qquad \text{สมการ 5}$$

$$ROO^{\bullet} + R^{\bullet} \rightleftharpoons ROOR \qquad \text{สมการ 6}$$

สำหรับสารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidants) นั้นเป็นความสามารถของสารที่ยับยั้งการทำงานของอนุมูลอิสระ (Free radicals) ซึ่งอนุมูลอิสระเป็นสารที่ไม่เสถียรว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมีเนื่องจากเป็นสารที่มีอิเล็กตรอนโดดเดี่ยว (Unpair electron) ในอะตอมหรือโมเลกุล (บุหรัน, 2556) โดยอนุมูลอิสระนี้จะเข้าแย่งจับอิเล็กตรอนจากสารอื่น เช่น สารที่เป็นองค์ประกอบของเซลล์

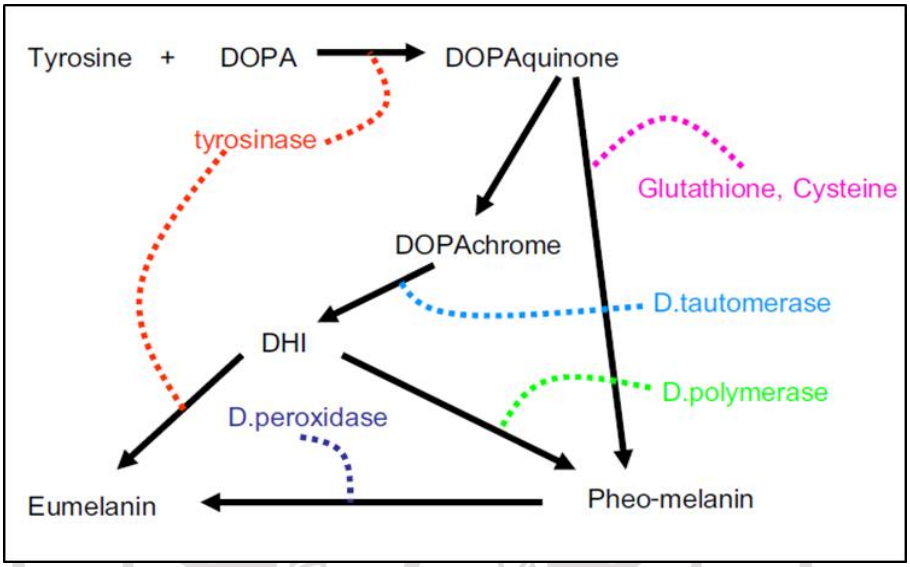
และสารชีวโมเลกุล อาทิ โปรตีน ลิพิด คาร์โบไฮเดรต สารพันธุกรรม และคอลลาเจน เป็นสาเหตุทำให้เซลล์ของสิ่งมีชีวิตถูกทำลายก่อให้เกิดความผิดปกติของร่างกาย และเป็นสาเหตุของโรคหัวใจขาดเลือด (Coronary heart disease) โรคความจำเสื่อม (Alzheimer's disease) โรคข้ออักเสบ (Arthritis) โรคชรา (Aging) โรคภูมิแพ้ (Allergies) และโดยเฉพาะอย่างยิ่งโรคมะเร็ง (Cancer) (Ames *et al*., 1993) ดังนั้นเพื่อกำจัดอนุมูลอิสระสาเหตุของโรคร้ายต่าง ๆ นักวิทยาศาสตร์จึงพยายามค้นหาแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระในธรรมชาติที่มีประสิทธิภาพเพื่อเข้ามาเป็นอีกทางเลือกหนึ่งของการต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งสารต้านอนุมูลอิสระแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ สารต้านอนุมูลอิสระที่ไม่ใช่เอนไซม์ เช่น กลูทาไทออน (Glutathione) กรด ลิโพอิก (Lipoic acid) เซอรูโลพลาสมิน (Ceruloplasmin) แอลบูมิ (Albumin) ทรานส์เฟอริน (Transferrin) แฮพโทกลอบิน (Haptoglobin) บิลิรูบิน (Bilirubin)กรดยูริก (Uric Acid) ซิสทิน (Cysteine) และฮีโมเพกซิน (Hemopexin) และสารต้านอนุมูลอิสระที่เป็นเอนไซม์ เช่น ซุปเปอร์ออกไซด์ ดิสมิวเทส (Superoxide Dismutase: SOD) คะทะเลส (Catalase: CAT) กลูทาไทออนเพอร์ออกซิเดส (Glutathione Peroxidase: GPX) กลูทาไทออนรีดักเทส (Glutathione Reductase: GR) กลูทาไทออนทรานส์เฟอเรส (Glutathione S- Transferase: GST) โดยหนึ่งในเอนไซม์ที่คณะผู้วิจัยสนใจตรวจวัดกิจกรรมคือ ซุปเปอร์ออกไซด์ ดิสมิวเทส ซึ่งทำหน้าที่ในการเปลี่ยนอนุมูลอิสระซุปเปอร์ออกไซด์ให้กลายเป็นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (hydrogen peroxide, H_2O_2) และจะถูกเปลี่ยนไปเป็นออกซิเจน (O_2) และน้ำ (H_2O) ด้วยเอนไซม์ Catalase และ Glutathione peroxidase ซุปเปอร์ออกไซด์ ดิสมิวเทส นี้ทำหน้าที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระและต่อต้านการอักเสบให้แก่เซลล์ในร่างกาย ลดการเกิดริ้วรอย และการเหี่ยวย่นของผิว จึงมีการนำเอนไซม์ชนิดนี้มาเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ที่ต่อต้านริ้วรอย เนื่องจากมีคุณสมบัติเด่นช่วยในเรื่องสีผิวไม่สม่ำเสมอ และลดจุดด่างดำ ปัจจุบันยังไม่มีการรายงานวิจัยที่เกี่ยวกับเอนไซม์ซุปเปอร์ออกไซด์ ดิสมิวเทสในสละแต่ได้มีรายงานวิจัยพบสารสกัดจากพืชที่มีเอนไซม์ซุปเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเทส แล้วหลายชนิด เช่น เหง้าว่านชักมดลูก (Boonmee *et al*., 2011) เมล่อน (Carillon *et al*., 2012) หนอนตายอยาก (*Stemona tuberosa*) (Niyomploy et al., 2014)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

2.3 เอนไซม์ไทโรซิเนสและการยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส

เอนไซม์ไทโรซิเนส (tyrosinase) เป็นเอนไซม์โมโนออกซิจิเนส โดยมีทองแดงเป็นองค์ประกอบในโมเลกุล (copper monooxygenase enzyme) เอนไซม์นี้พบได้ทั่วไปในธรรมชาติทั้งในพืชเชื้อราแมลง และสัตว์โดยในคนพบเอนไซม์ไทโรซิเนสในเมลาโนโซม (melanosome) ซึ่งเป็นโครงสร้างสีน้ำตาลที่ถูกสร้างขึ้นโดยเซลล์เมลาโนไซต์ (melanocyte) บริเวณชั้นล่างสุดของหนังกำพร้า ซึ่งเป็นเอนไซม์ชนิดหนึ่งในกระบวนการสร้างเม็ดสี (melanogenesis) ซึ่งกระบวนการนี้ทำให้ผิวหนังมีสีหมองคล้ำลง โดยเอนไซม์ไทโรซิเนสนี้จะเร่งปฏิกิริยาในขั้นตอนเริ่มต้นของกระบวนการคือ

เร่งปฏิกิริยาของ L-Tyrosine และ 3,4-Dihydroxy-L-phenylalanine (L-DOPA) ให้เป็น DOPAquinoneนอกจากนี้ในกระบวนการสร้างเม็ดสียังมีเอนไซม์ชนิดอื่น ๆ ทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาในกระบวนการนี้ด้วย (สาวิตรี ตาสุติน, 2550) แสดงดังภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 กลไกการสร้างเม็ดสีเมลานิน

ที่มา: สาวิตรี ตาสุติน (2550)

สำหรับฤทธิ์การยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส (Tyrosinase inhibitory activity) นั้นเกี่ยวข้องกับการทำงานของเอนไซม์ไทโรซิเนสซึ่งมีหน้าที่สำคัญในกระบวนการสร้างเม็ดสีเมลานิน โดยเอนไซม์นี้จะเปลี่ยนสารตั้งต้นไทโรซีน (Tyrosine) ไปเป็นสารโดปา (DOPA: 3,4-dihydroxyphenylalanine) แล้วเปลี่ยนต่อไปเป็นโดปาควิโนน (Dopaquinone) ซึ่งสารโดปาควิโนนนี้หากอยู่ในภาวะที่ขาดสารซีสเตอีน (Cysteine) จะถูกเปลี่ยนไปเป็นโดปาอะโครม (Dopa achrome) และถูกเปลี่ยนต่อไปเป็นเม็ดสีดำของยูเมลานิน (Eumelanins) ตามลำดับ ซึ่งหากสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไทโรซิเนสก็จะนำไปสู่การยับยั้งการเกิดเม็ดสีดำทำให้ผิวขาวได้ ดังนั้นงานวิจัยโดยส่วนใหญ่ที่ศึกษาเกี่ยวกับการนำสมุนไพรไปใช้ในเครื่องสำอางจึงนิยมศึกษาสารที่มีฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสเพื่อนำไปสู่การพัฒนาเป็นสารช่วยให้ผิวขาว สารป้องกันการหมองคล้ำของอาหารประเภทพืชผักผลไม้ โดยฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสนี้ถูกตรวจพบในธรรมชาติทั้งจากพืชและสัตว์ หลายชนิด อาทิ ไหมเซริซิน (สุพัตรา, 2555) กระดังงาจีน (นุตติยา และระวิวรรณ, 2555) พญายา ลูกเดือย (สุพัตรา และคณะ, 2556)

เหง้าว่านสาวหลง (กล่าวขวัญ และคณะ, 2553) ใบลองกอง (ขวัญจิต, 2558) นอกจากนี้ยังรายงานว่าสกัดจากธรรมชาติหลายชนิดมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระฤทธิ์รวมทั้งยังมีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสด้วย เช่น

สรัลรัตน์ พ่วงบริสุทธิ์ และคณะ (2553) ได้ศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ และการยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของผงโปรตีนจากไหมพันธุ์โนนฤาษีที่เตรียมโดยการสกัด 3 วิธี ได้แก่ การสกัดด้วยเอนไซม์โปรทีเอส การสกัดด้วยความดันสูง และการสกัดด้วยโซเดียมคาร์บอเนต โดยในการทดสอบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH พบว่ามีค่า IC_{50} เท่ากับ 10.13±1.44, 20.28±0.83 และ 35.87± 0.002มิลลิกรัม/มิลลิลิตรตามลำดับ และผลการทดสอบการยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสของผงโปรตีนจากไหมพันธุ์โนนฤาษีด้วยวิธี Dopachrome methodเทียบกับสารละลายมาตรฐานกรดโคจิกและวิตามินซี พบว่ามีค่า IC_{50} เท่ากับ 9.99±0.61, 1.42±0.17 และ 4.58±0.38มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ตามลำดับ

กล่าวขวัญศรีสุข และคณะ (2554) ได้ศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมุลอิสระ ปริมาณสารประกอบฟีนอลรวม และฤทธิ์ต้านเอนไซม์ไทโรซิเนสของเหง้าว่านสาวหลงที่สกัดด้วยเฮกเซนเอทิลอะซิเตท และน้ำ พบว่าเมื่อทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธีDPPH โดยตัวอย่างที่สกัดเอทิลอะซิเตทพบว่ามีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุดและเมื่อหาปริมาณสารประกอบฟีนอลรวมโดยวิธี Folin-Ciocalteuพบว่าสารสกัดเอทิลอะซิเตทมีปริมาณสารประกอบฟีนอลรวมสูงที่สุดเช่นกัน นอกจากนี้ยังได้ศึกษาฤทธิ์ต้านเอนไซม์ไทโรซิเนส โดยใช้วิธีตรวจสอบปฏิกิริยาการเปลี่ยน L-Dopaไปเป็นโดปาโครม (Dopachrome)ซึ่งเป็นกระบวนการชีวสังเคราะห์เม็ดสีเมลานินในจานหลุม พบว่าตัวอย่างที่สกัดเฮกเซนแสดงฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสที่ดีที่สุด

จันทิมาหอมกลบ และคณะ (2554) ได้ศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสของผลมะขามป้อมทั้ง 4 แหล่งในประเทศไทยได้แก่ จังหวัดกาญจนบุรี บุรีรัมย์ ประจวบคีรีขันธ์ และมหาสารคามที่สกัดด้วยเอทิลอะซิเทต จากการตรวจสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH พบว่ามีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ IC_{50} เท่ากับ 0.025±0.002, 0.037±0.002, 0.030±0.001 และ 0.032±0.001มิลลิกรัม/มิลลิลิตรตามลำดับ และจากการทดสอบมีฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสด้วยวิธี Modified Dopachromeโดยเทียบกับสารมาตรฐาน วิตามินซี และกรดโคจิก พบว่าสารสกัดตัวอย่างมีค่า IC_{50} เท่ากับ 0.403±0.055, 0.293±0.051, 0.710±0.026 และ 0.151±0.072มิลลิกรัม/มิลลิลิตรตามลำดับ

รวมทั้งได้มีรายงานการวิจัยที่ได้ศึกษาฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสของสารจากสกัดธรรมชาติโดยใช้วิธี Dopachrome method เช่น

บุปผาชาติ พตด้วง และมณีรัตน์ มีพลอย(2554) ได้ศึกษาสารสกัดเอทานอลของเถาสิรินธรวัลลี ซึ่งแสดงฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสมีค่า IC_{50} = 0.08มิลลิกรัม/มิลลิลิตร เมื่อเทียบกับสารมาตรฐานกรดโคจิก มีค่า IC_{50} = 0.0023มิลลิกรัม/มิลลิลิตร

มนสิชาขวัญเอกพันธุ์ และคณะ(2552) ได้ศึกษาสารสกัดเถาชะเอมไทยที่สกัดด้วยตัวทำละลายเมทานอลเข้มข้นร้อยละ 80 โดยปริมาตร และเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 80 โดยปริมาตรพบว่ามีฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสโดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 11.77 ± 1.18 และ 11.77 ± 1.19 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร

สาวิตรี ตาสุติน (2550) ได้ศึกษาการสกัดสารจากพืชสมุนไพร 7 ชนิด ได้แก่ ดอกกรรณิการ์ ดอกคำแสด ดอกคำฝอย ดอกลีลาวดี ดอกดาวเรือง หัวแครอท ผลฟักทอง และชะเอมเทศ ในทดสอบฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส โดยสกัดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ 7 ชนิด ได้แก่ เมทานอล เอทานอล คลอโรฟอร์มเอทิลอะซิเตต ปิโตรเลียม อีเทอร์ เฮกเซนและไดคลอโรมีเทน พบว่าเมทานอลเป็นตัวทำละลายที่ให้ปริมาณสารสกัดหยาบมากที่สุด และจากการทดสอบฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสพบว่ามีเพียงสารสกัดจากดอกคำแสดและชะเอมเทศที่มีฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส โดยมีร้อยละการยับยั้งเท่ากับ 15.32และ 86.09ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามยังไม่มีรายงานเกี่ยวกับการศึกษาฤทธิ์นี้ในเปลือกและเมล็ดสละ ซึ่งหากตรวจพบฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสในเปลือกและเมล็ดของสละจะนำไปสู่การประยุกต์ใช้เป็นส่วนผสมในเครื่องสำอางที่เป็นผลิตภัณฑ์เพื่อช่วยให้ผิวขาวในลำดับต่อไป

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางที่นิยมกันมากในปัจจุบันคือการนำสารสกัดจากธรรมชาติเข้ามาเป็นส่วนผสมในเครื่องสำอาง ตัวอย่างเช่น การพัฒนาตำรับโลชั่นจากซีริซิน (เสาวนีย์ และหทัยชนก, 2549) ซึ่งเป็นสารสกัดโปรตีนที่ได้จากกระบวนการสาวไหมซึ่งละลายอยู่ในส่วนของน้ำ ซีริซินนี้มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ สามารถยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส ต้านเชื้อแบคทีเรีย และป้องกันรังสีอุลตราไวโอเลต โดยการพัฒนามีการใช้สารสกัดซีริซินผงผสมลงในตำรับโลชั่น ประเมินความคงตัว คุณสมบัติทางกายภาพ และทางเคมี และประเมินการใช้โลชั่นโดยการทาที่ท้องแขนของอาสาสมัคร ตลอดระยะเวลา 5 สัปดาห์ พบว่าฤทธิ์ในการช่วยลดริ้วรอยโดยเครื่องวัดสภาพผิว พบว่า 50% มีริ้วรอยลดลง และ 92.8% ผิวมีความชุมชื้นเพิ่มขึ้น การพัฒนาครีมทาผิวจากสารสกัดเปลือกสีเสียดเทศที่มีฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไทโรซิเนส (ศศมล และฉัตร, 2554) โดยครีมทาผิวหน้าที่พัฒนาขึ้นมีค่า pH เท่ากับ 8 มีสีขาวอมชมพูอ่อน ไม่มี กลิ่น ลักษณะสัมผัสนุ่ม ทดสอบด้วยวิธี patch test ไม่เกิดการแพ้ เมื่อนำ ไปให้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน พบว่ากลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจในคุณภาพของครีมร้อยละ 87 การพัฒนาผลิตภัณฑ์ประทินผิวจากมะขาม (ศศิธร และคณะ, 2554) ได้แก่ สบู่ก้อนมะขาม สบู่เหลวมะขาม และโลชั่นมะขาม โดยนำสารสกัดน้ำของเนื้อมะขามเปียกมาใช้ในการเตรียมผลิตภัณฑ์ ซึ่งพบว่า เนื้อมะขามเปียกที่ละลายน้ำเมื่อเก็บไว้ในตู้เย็นอุณหภูมิ 10-12 องศาเซลเซียส สามารถเก็บได้เป็นระยะเวลาไม่น้อยกว่า 1 ปี ผลิตภัณฑ์สบู่มะขามมี คุณสมบัติความเป็น

กรดด่างอยู่ระหว่าง 8-10 มีปริมาณฟองมากพอ ร้อยละของคลอไรด์ไม่เกิน 0.8 ร้อยละของไขมันทั้งหมดไม่น้อยกว่า 76.5 ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐาน มอก. 29-2545 สบู่เหลวมะขาม พบว่าไม่แยกชั้นเมื่อเก็บไว้ระยะเวลานาน ส่วนโลชั่นมะขามมีลักษณะเนื้อเนียนละเอียด สีขาว กลิ่นหอม ไม่มีการแยกชั้น โลชั่นไหลได้ดี ทาง่ายไม่เหนอะหนะ และเมื่อประเมินความพึงพอใจในการใช้ของอาสาสมัคร พบว่าพึงพอใจต่อการใช้โลชั่นสูตรที่มีน้ำมะขามเป็นส่วนผสมมากในร้อยละที่สูงที่สุดมากกว่าสูตรอื่น การพัฒนาโลชั่นจากสารสกัดหยาบชะเอมไทยที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (ณพัฐอร และ ปิยะพัฒน์, 2558) พบว่าผลิตภัณฑ์โลชั่นที่ได้มีสีขาว ไม่มีกลิ่น ลักษณะทางกายภาพคงตัวที่ดีไม่ก่อให้เกิดการระคายเคืองผิวและได้รับความพึงพอใจ โดยรวมอยู่ในระดับดี และมีความเป็นกรด–ด่าง เท่ากับ 7.6 การตั้งตำรับเครื่องสำอางที่ทำให้ผิวขาวจากสารสกัดมะหาด (กัลยาภรณ์, 2558) โดยได้นำสารสกัดมะหาดมาเตรียมผลิตภัณฑ์ 2 ชนิด คือครีมอาบน้ำและโลชั่น แล้วทำการศึกษาฤทธิ์การยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ หาปริมาณฟีนอลรวม ผลวิจัยพบว่าการยับยั้งและปริมาณฟีนอลิกรวมในตำรับ โลชั่นมีปริมาณมากกว่าครีมอาบน้ำ นอกจากนี้ยังมีการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของสารสกัดหยาบพญายา และลูกเดือยที่เสริมฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไทโรซิเนส เพื่อไปพัฒนาเป็นเจลล้างหน้า (สุพัตรา ม่วงงาม, 2555) ผลการวิจัยพบว่าสารสกัดหยาบพญายาและลูกเดือยมีปริมาณฟินอลิกทั้งหมดเท่ากับ 45.21 และ 38.24 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ตามลำดับ และมีปริมาณแทนนินทั้งหมดเท่ากับ 33.76 และ 22.08 ไมโครกรัม/มิลลิลิตรจากการหาประสิทธิภาพการยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสโดยนำสารละลายตัวอย่างความเข้มข้นต่าง ๆ มาทดสอบวิธี Dopachrome method เทียบกับสารละลายมาตรฐานกรดโคจิก พบว่าอัตราส่วนของสารสกัดหยาบพญายาและลูกเดือยที่มีฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไทโรซิเนส คือ 1:1 โดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 0.28 มิลลิกรัม/มิลลิลิตรโดยเจลล้างหน้า มีสีน้ำตาลแดง มีกลิ่นสารสกัดเล็กน้อย เกิดฟองกับน้ำได้ดี และมีความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 6.7

จากรายงานวิจัยข้างต้นแสดงให้เห็นว่ามีการนำสารสกัดจากธรรมชาติเข้ามาเป็นส่วนผสมของเครื่องสำอางหลายผลิตภัณฑ์ และฤทธิ์ทางชีวภาพที่ประเมินเกี่ยวกับเครื่องสำอางโดยส่วนใหญ่เป็นฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และการยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงสนใจที่จะนำสารสกัดของเปลือกและเมล็ดของสละมาประเมินฤทธิ์ทางชีวภาพดังกล่าว โดยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าองค์ความรู้นี้จะเป็นประโยชน์ต่อการนำสละในทุกส่วนมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดซึ่งจะสามารถเพิ่มรายได้ให้กับชุมชนได้ต่อไป