รายงานวิจัย

การตรวจสอบสารพฤกษเคมี ฤทธิ์ทางชีวภาพและสารต้านอนุมูลอิสระของเปลือกสะตอเพื่อนำไปใช้เป็นส่วนประกอบของเครื่องสำอาง

Phytochemical screening, Biological activities and Antioxidant of Stink bean peels (*Parkia speciosa* Hassk.) for Cosmetic composition application

ชื่อโครงการวิจัยภายใต้ชุดโครงการ : การศึกษาสารสกัดจากเปลือกสะตอเพื่อการนำมาใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์

นิสาพร มูหะมัด

ลิขิต ลาเต๊ะ

ปิยศิริ สุนทรนนท์ สินไชย

วรรณกัษมา ฮารน

อุบล ตันสม

ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณบำรุงการศึกษาประจำปี 2564

คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

หัวข้อวิจัย	การตรวจสอบสารพฤกษเคมี ฤทธิ์ทางชีวภาพและสารต้านอนุมูลอิสระของเปลือกสะตอเพื่อนำไปใช้เป็นส่วนประกอบของเครื่องสำอาง
ชื่อคณะวิจัย	นิสาพร มูหะมัด
	ลิขิต ลาเต๊ะ
	วรรณกัษมา ฮารน
	ปิยศิริ สุนทรนนท์ สินไชย
	อุบล ตันสม
คณะ/หน่วยงาน	วิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร
มหาวิทยาลัย	ราชภัฏยะลา
ปีงบประมาณ	2564

บทคัดย่อ

จากการศึกษาพฤกษเคมีเบื้องต้น ฤทธิ์ทางชีวภาพและสารต้านอนุมูลอิสระของเปลือกสะตอที่สกัดด้วยตัวทำละลาย 4 ชนิด คือ เฮกเซน ไดคลอโรมีเทน เอทิลอะซิเตดและเอทนอล พบสารพฤกษเคมีเบื้องต้น 9 กลุ่ม คือ อัลคาลอยด์ ฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ คูมาริน ซาโปนิน แทนนิน เทอร์พีนอยด์ สเตอรอยด์ และคาร์ดิแอกไกลโคไซด์ ผลการทดสอบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม พบว่า เปลือกสะตอที่สกัดด้วยเอทานอลของเปลือกสะตอมีปริมาณสารประกอบฟีนอลรวมมากที่สุด รองลงมาคือ เอทิลอะซิเตด ไดคลอโรมีเทน และเฮกเซน เท่ากับ 117.003±6.14 137.82±5.84 7.15±0.26 และ 4.14±0.086 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิคต่อกรัมของส่วนสกัด ตามลำดับ และการศึกษาฤทธิ์การฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในเปลือกสะตอที่สกัดด้วยตัวทำละลายต่างๆ ที่ความเข้มข้น 2 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร พบว่า ค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้ง DPPH ของเปลือกสะตอที่สกัดด้วยเอทานอล มีเปอร์เซ็นการยับยั้งสูงสุดในทุกช่วงเวลา คือ 50.6 ± 1.51 - 63.38 ± 0.71% และเปลือกสะตอที่สกัดด้วยเฮกเซนมีเปอร์เซ็นการยับยั้งน้อยที่สุด คือ 12.73 ± 0.83 - 15.81 ± 1.69 % ขณะที่เปลือกสะตอที่สกัดด้วยเอทานอลมีสมบัติการยับยั้งอนุมูลอิสระ (IC50) ดีกว่าเปลือกสะตอที่สกัดด้วยตัวทำละลายอื่นๆ โดยพบว่า ความเข้มข้นของสารที่สามารถยับยั้งสารต้านอนุมูลอิสระมีค่าอยู่ที่ 0.66 0.14 0.033 0.023 และ 0.0188 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ที่เวลา 5 20 30 40 และ 60 นาที ตามลำดับ

คำสำคัญ : สารพฤกษเคมี ฤทธิ์ทางชีวภาพ สารต้านอนุมูลอิสระ เปลือกสะตอ เครื่องสำอาง

Research Title	Phytochemical screening, Biological activities and Antioxidant of Stink bean peels (*Parkia speciosa* Hassk.) for Cosmetic composition application
Researchers	Nisaporn Muhamad Likit Lateh Piyasiri Soontornnon Sinchai Wankassama Haron Ubol Tansom
Faculty/Section	Science Technology and Agriculture
University	Yala Rajabhat University
Year	2564

Abstract

The preliminary phytochemical study, biological activities and antioxidant of stink bean peels (*Parkia speciosa* Hassk.) extracts with maceration extraction, using four organic solvents, hexane, dichloromethane, ethyl actate and ethanol. The study was found that, the extracts of stink bean peels contains nine groups of the important pharmacological, alkaloids, phenolics, Flavonoid, coumarin, saponins, tannins, terpenoid, steroid and cardiac glycosides. The total phenolic content found that the stink bean peels extracts with ethanol showed highest content followed by ethyl actate dichloromethane and hexane with equilibrium value of 117.003±6.14 137.82±5.84 7.15±0.26 and 4.14±0.086 μg GAE/g FW, respectively. The antioxidant activity were determined all extracts at 2 μg/ml. The results showed that The highest amounts of %DPPH inhibition were found in stink bean peels extracts with ethanol of 50.6 ± 1.51 - 63.38 ± 0.71% and the lowest were found in stink bean peels extracts with hexane of 12.73 ± 0.83 - 15.81 ± 1.69 %. The IC_{50} of stink bean peels extracts was 0.66, 0.14, 0.033, 0.023 and 0.0188 μg/ml at 5, 20, 30, 40 and 60 minute, respectively.

Keyword : Phytochemical screening, Biological activities, Antioxidant, Stink bean peel, Cosmetic

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ อาจารย์ลิขิต ลาเต๊ะ อาจารย์ปิยศิริ สุนทรนนท์ สินไชย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรรณกัษมา ฮารน และผู้ช่วยศาสตราจารย์ อุบล ตันสม ผู้ร่วมวิจัย ที่กรุณาถ่ายทอดวิชาความรู้ เสียสละเวลาให้คำปรึกษา และแนะนำแนวทางในการแก้ไขปัญหาต่างๆ ตลอดจนตรวจสอบและแก้ไขข้อบกพร่องแก่ผู้วิจัยเสมอมา

ขอขอบคุณ คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัยเพื่อการวิจัยในครั้งนี้

สุดท้ายผู้วิจัยขอขอบพระคุณกำลังใจอันยิ่งใหญ่ของคุณพ่อ คุณแม่ และทุกคนในครอบครัว ขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ และน้องๆ ทุกคน ที่มิได้กล่าวนามซึ่งเป็นกำลังใจสำคัญในการทำวิจัยตลอดมาจนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ดร.นิสาพร มูหะมัด

หัวหน้าโครงการวิจัย

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	**ก**
Abstract	**ข**
กิตติกรรมประกาศ	**ค**
สารบัญ	**ง**
สารบัญตาราง	**ฉ**
สารบัญภาพ	**ช**
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย	2
1.3 ขอบเขตการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.5 กรอบแนวคิด	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ข้อมูลทางพฤกษศาสตร์ของสะตอ *(Parkia speciosa* Hassk.)	4
2.2 สารพฤกษเคมี (Phytochemical)	5
2.3 สารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant)	7
2.4 สารประกอบฟีนอลิก	11
2.5 การสกัดสารออกฤทธิ์จากพืช	12
2.6 การสกัดโดยใช้ตัวทำละลาย (Extraction with solvent)	14
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	16
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	
3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	20
3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์	20
3.3 ขั้นตอนการวิจัย	21

สารบัญ(ต่อ)

เรื่อง	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิจัย	
4.1 การเตรียมตัวอย่างเปลือกสะตอ	26
4.2 การตรวจสอบสารพฤกษเคมีเบื้องต้น (Phytochemical Screening)	26
4.3 ผลการศึกษาฤทธิ์ต้านสารอนุมูลอิสระ	31
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	
5.1 การเตรียมตัวอย่างเปลือกสะตอและการตรวจสอบสารพฤกษเคมีเบื้องต้น	37
5.2 ผลการศึกษาการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านสารอนุมูลอิสระ	37
5.3 ข้อเสนอแนะ	38
บรรณานุกรม	40
ประวัติคณะผู้วิจัย	43

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	การแบ่งกลุ่มสารทุติยภูมิ (Secondary metabolites)	6
2.2	สารพฤกษเคมีในสะตอบริเวณต่างๆ (*P. speciosa*)	7
2.3	สารต้านอนุมูลอิสระในบริเวณต่างๆ ของสารสกัดจากสะตอ (*P. speciose*)	8
2.4	ความมีขั้วของตัวทำละลายชนิดต่าง ๆ	15
4.1	ค่าน้ำหนักและ %Yield ของเปลือกสะตอที่สกัดด้วยตัวทำละลายต่างๆ	26
4.2	ผลการตรวจสอบสารพฤกษเคมีเบื้องต้นในสารสกัดหยาบของทุเรียนเทศที่สกัดด้วยตัวทำละลายต่างๆ	27
4.3	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของเปลือกสะตอจากการสกัดด้วยตัวทำละลายต่างๆ	32
4.4	ฤทธิ์การยับยั้งสารต้านอนุมูลอิสระจากเปลือกสะตอจากการสกัดด้วยตัวทำละลายต่างๆ ที่ความเข้มข้น 2 μg/ml	34
4.5	สมบัติการยับยั้งอนุมูลอิสระ (IC50) ของเปลือกสะตอที่สกัดด้วยตัวทำละลายต่างๆ	36

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	ลักษณะดอกสะตอและฝักสะตอ	5
2.2	ปัจจัยเสี่ยงต่างๆ มากมายที่ทำให้เกิดอนุมูลอิสระและมีผลทำลายสุขภาพ	9
2.3	กลไกการต้านอนุมูลอิสระแบบ Free radical scavenging	10
2.4	แสดงตัวอย่างโครงสร้างของสารประกอบฟีนอลิกในพืช	12
4.1	ขั้นตอนการสกัดต่อเนื่องด้วยตัวทำละลาย A คือ การหมักเปลือกสะตอด้วยตัวทำละลาย 4 ชนิด B คือ ปริมาณของสารสกัดหลังการระเหย (1.เฮกเซน 2.ไดคลอโรมีเทน 3.เอทิลอะซิเตด และ 4. เอทานอล)	26
4.2	กราฟมาตรฐานของสารละลายกรดแกลลิคในการหาปริมาณสารประกอบฟีนอลรวม	31
4.3	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของเปลือกสะตอจากการสกัดด้วยตัวทำละลายต่างๆ	33
4.4	ฤทธิ์การยับยั้งสารต้านอนุมูลอิสระจากเปลือกสะตอจากการสกัดด้วยตัวทำละลายต่างๆ ที่ความเข้มข้น 2 μg/ml	34
4.5	สมบัติการยับยั้งอนุมูลอิสระ (IC50) ของเปลือกสะตอที่สกัดด้วยตัวทำละลายต่างๆ	36

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

สะตอ คือ พืชผักยืนต้นที่มีฝักแบนยาว เมล็ดกลม สีเขียว กลิ่นฉุน มีถิ่นกำเนิดทางภาคใต้ของไทย จัดเป็นผักเศรษฐกิจที่มีคนนิยมบริโภค ทั้งชาวไทยและชาวต่างชาติ สะตอมีชื่อสามัญคือ Bitter bean, Twisted cluster bean, Stink bean มีชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Parkia speciosa Hassk.* (ชื่อพ้องวิทยาศาสตร์คือ *Parkia macropoda Miq.*) สะตอออกฝักช่วงฤดูฝนหรือช่วงเดือนกรกฎาคม-สิงหาคม โดยสะตอมีแร่ธาตุและวิตามินมากมายอุดมไปด้วยโปรตีนพืช กล่าวกันว่าสะตอเพียง 10 เมล็ด ก็ให้พลังงานเท่ากับขนมปัง 1 แผ่นทีเดียว จากข้อมูลของกองโภชนาการ กรมอนามัย รายงานไว้ว่า สะตอ 100 กรัม จะให้พลังงานถึง 130 กิโลแคลอรี แคลเซียมสูงถึง 76 มิลลิกรัม ฟอสฟอรัส 83 มิลลิกรัม และเส้นใย 0.5 กรัม นอกจากนี้ Suchanuch *et al.,* (2004) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับสารสำคัญและฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระและต้านเชื้อจุลชีพของสารสกัดจากฝักสะตอ 2 ชนิด ได้แก่ สะตอข้าว และสะตอดาน พบว่า สะตอดานจะมีปริมาณของสารฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์สูงกว่าสะตอข้าว โดยสารสกัด 50% เอทานอลจากฝักสะตอทั้ง 2 ชนิด มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระเมื่อทดสอบด้วยวิธี DPPH, ABTS และ metal ion chelating assay โดยสารสกัดจากสะตอข้าวจะมีฤทธิ์ดีกว่า จากคุณสมบัติต่างๆ และคุณค่าทางสารอาหารของสะตอ ทำให้มีการนำสะตอมาแปรรูปเพื่อเป็นการถนอมอาหารให้สามารถมีสะตอไว้รับประทานได้ตลอดทั้งปี ดังเช่น ชุมชนนราธิวาสได้ทำการแปรรูปสะตอแช่แข็งส่งออก ลดปัญหาสินค้าล้นตลาด-เพิ่มมูลค่าผลผลิตการเกษตร เนื่องจากช่วงฤดูกาลจะล้นตลาด ช่วงนอกฤดูจะขาดตลาด กลุ่มผู้ประกอบการในพื้นที่จังหวัดชายแดนภาคใต้จึงคิดเพิ่มมูลค่าสะตอโดยการแปรรูปทำสะตอแช่แข็งส่งออกไปยังมาเลเซีย สิงคโปร์ และอินโดนีเซีย โดยรับซื้อสะตอจากเกษตรกรในพื้นที่เฉลี่ยปีละ 20-30 ล้านบาท ผ่านผู้รวบรวมในพื้นที่ นำมาแปรรูปในโรงงานเอกชนที่ตั้งอยู่ในตลาดกลางการเกษตรเพื่อการส่งออกจังหวัดชายแดนภาคใต้ ทั้งนี้ จากงานวิจัยของ ปฏิญญา จิยิพงศ์ นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการ สำนักเทคโนโลยีชุมชน ได้ศึกษาการยืดอายุผลิตภัณฑ์สะตอ โดยทดลองนำสะตอมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ โดยนำวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ได้จากงานวิจัยไปพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร โดยเมล็ดสะตอมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูปและ

ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป เพื่อเป็นแนวทางเพิ่มมูลค่าวัตถุดิบ ให้สามารถผลิต ในระดับครัวเรือนและอุตสาหกรรมขนาดย่อมได้ การแปรรูปสะตอช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ให้นานขึ้น ผลิตภัณฑ์สะตอที่ได้ศึกษาทดลอง เช่น สะตอดองในน้ำปรุงรส สะตอบรรจุในถุงสุญญากาศ สะตอแห้ง สะตอทอดกรอบ ปรุงรส ข้าวเกรียบสะตอ เป็นต้น และ Hasim *et al.,* (2015) ได้ทำการศึกษาสารพฤษเคมีเบื้องต้นในฝักสะตอที่ทำการสกัดด้วย n-hexane พบ saponins, flavonoids, tannin and steroids และเมื่อทำการสกัดด้วย ethyl acetate and ethanol พบ saponins, flavonoids, tannins and triterpin และเมื่อนำมาทดสอบการต้านเชื้อแบคทีเรีย *Escherichia coli* และ *Staphylococcus aureus* พบว่า สามารถมีฤทธิ์ฆ่าเชื้อแบคทีเรียดังกล่าวได้ จากความต้องการของตลาดในการบริโภคส่งผลให้มีเปลือกสะตอเหลือใช้ที่เป็นปัญหาต่อสภาพแวดล้อมเป็นจำนวนมาก และเพื่อเป็นการจัดการปัญหาขยะรวมถึงส่งเสริมและเพิ่มมูลค่าให้กับเปลือกสะตอ คณะผู้วิจัย จึงสนใจที่จะศึกษาโดยการนำเปลือกสะตอมาทำให้เกิดมูลค่าที่เพิ่มขึ้น โดยการนำมาสกัดสารสำคัญที่มีอยู่ จากนั้น ทำการตรวจสอบสารพฤกษเคมี การออกฤทธิ์ทางชีวภาพ สารต้านอนุมูลอิสระจากสารสกัดที่ได้จากเปลือกสะตอ เพื่อนำสารสกัดสำคัญที่ได้นั้นไปเป็นสารตั้งต้นในการนำไปเป็นส่วนประกอบของการผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง โดยผู้วิจัยมีความคาดหวังว่า สารต้านอนุมูลอิสระที่พบในเปลือกสะตอจะสามารถนำไปเป็นส่วนประกอบของเครื่องสำอางที่เป็นประโยชน์ต่อผิวพรรณได้ รวมถึงการนำความรู้ที่ได้ถ่ายทอดสู่ชุมชนต้นแบบต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1.2.1 เพื่อตรวจสอบสารพฤกษเคมี และการออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากเปลือกสะตอ

1.2.2 เพื่อศึกษาสารต้านอนุมูลอิสระจากสารสกัดที่ได้จากเปลือกสะตอ

1.2.3 เพื่อนำสารตั้งต้นที่ได้จากสารสกัดสำคัญในการนำไปเป็นส่วนประกอบของการผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง/ต้นแบบผลิตภัณฑ์

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1.3.1 ศึกษาสารพฤกษเคมี การออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากเปลือกสะตอ สารต้านอนุมูลอิสระและสารประกอบฟีนอลิก จากสารสกัดที่ได้จากเปลือกสะตอ

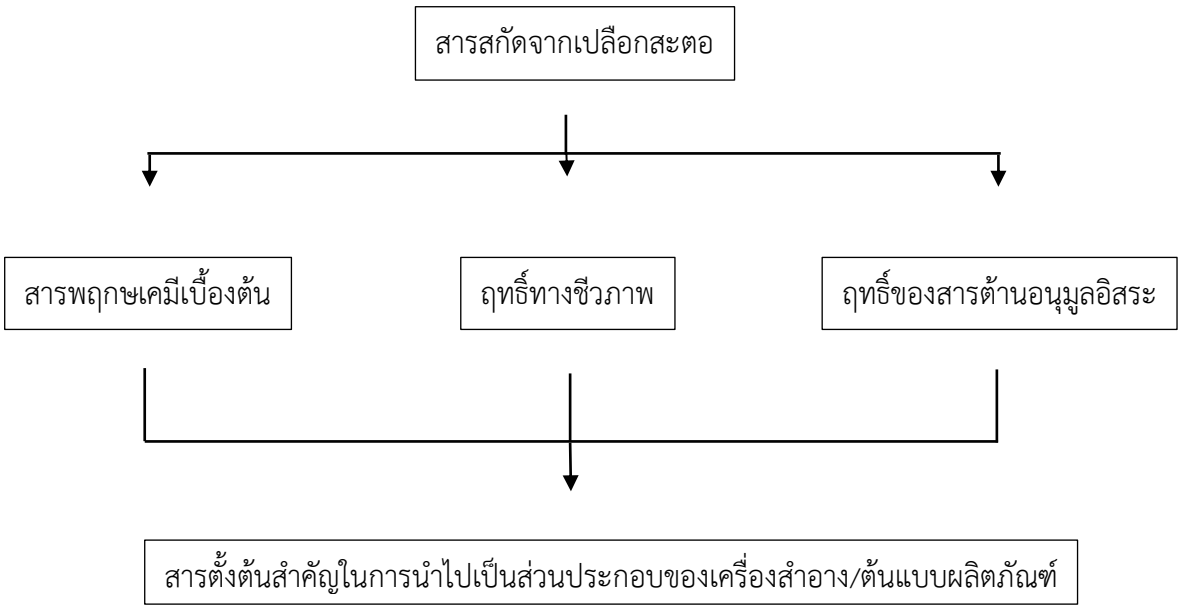
1.3.2 นำสารสกัดสำคัญที่ได้ไปเป็นส่วนประกอบของการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง/ต้นแบบผลิตภัณฑ์

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้องค์ความรู้เกี่ยวกับสารพฤกษเคมีและการออกฤทธิ์ทางชีวภาพ รวมถึงปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระที่ได้จากสารสกัดจากเปลือกสะตอ

1.4.2 เป็นการเพิ่มมูลค่าของเปลือกสะตอในการนำมาใช้เป็นส่วนประกอบของเครื่องสำอาง

1.5 กรอบแนวคิดงานวิจัย



บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ข้อมูลทางพฤกษศาสตร์ของสะตอ (*Parkia speciosa* Hassk.)

สะตอเป็นพืชที่มีถิ่นกำเนิดในเขตร้อนชื้นของภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ได้แก่ มาเลเซีย อินโดนีเซีย รวมถึงทางตอนใต้ของไทย โดยสะตอเจริญเติบโตได้ดีตามเชิงเขาที่มีสภาพป่าสมบูรณ์ ที่มีความชื้นในอากาศสูง ในอดีตสะตอจะเป็นพืชที่มีการนิยมนำมาใช้เป็นอาหารเฉพาะถิ่นเท่านั้น แต่ในปัจจุบันมีการนำไปบริโภค และใช้เป็นอาหารอย่างกว้างขวางจนกลายเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญอีกชนิดหนึ่ง สำหรับในประเทศไทยแหล่งปลูกสะตอที่สำคัญจะอยู่ในบริเวณภาคใต้ของประเทศ เช่น ระนอง ชุมพร สงขลา ยะลา ปัตตานี และนราธิวาส เป็นต้น

สะตอมีลักษณะทั่วไป คือ จัดเป็นไม้ยืนต้น ขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ โดยสามารถสูงได้ถึง 30 เมตร แตกกิ่งก้านเป็นพุ่มโปร่งแผ่กว้าง ลำต้นเรียบ สีน้ำตาลอ่อน หรือสีน้ำตาลขาว ลอกเป็นสะเก็ดเล็กน้อยหรือเป็นร่องตื้นๆ บริเวณกิ่งก้านมีขนละเอียดขึ้นปกคลุม ใบเป็นใบประกอบแบบขนนกสองชั้น คือ มีก้านใบหลักยาวประมาณ 30-50 เซนติเมตร ที่ประกอบด้วยก้านใบย่อย 14-24 คู่ โดยแต่ละก้านใบย่อยยาวประมาณ 2.2-6 เซนติเมตร และมีใบย่อยเรียงสลับตรงข้ามกัน 30-38 คู่ ลักษณะใบย่อยเป็นขอบขนาน สีเขียวสดถึงเขียวเข้มตามอายุใบ แผ่นใบเรียบบาง แต่จะเหนียวและแข็ง ปลายใบมน มีติ่งเล็กตรงกลางของปลายใบ ดอกออกเป็นช่อแบบช่อกระจุกแน่นที่ปลายกิ่ง โดยช่อดอกจะยาวห้อย กว้าง 3-3.5 ซม. ยาว 7-10 ซม. และจะมีก้านช่อดอกยาว 30-40 ซม. และมีกลีบเลี้ยงขนาดเล็ก 4-5 กลีบ กลีบดอกเชื่อมติดกัน เป็นหลอดยาว 0.9-1.2 ซม. ปลายแยกเป็น 5 แฉก มีเกสรเพศผู้จำนวนมาก ผลออกเป็น ฝัก มีลักษณะแบน มีทั้งชนิดที่เป็นฝักบิดเป็นเกลียว (สะตอข้าว) และชนิดที่แบนตรง (สะตอดาน) โดยฝักสะตอจะยาวประมาณ 25-45 เซนติเมตร กว้างประมาณ 4-5 เซนติเมตร (แล้วแต่สายพันธุ์) เปลือกฝักมีสีเขียว และค่อยเปลี่ยนเป็นสีดำ ตรงกลางฝักเป็นตุ่มนูน โดยด้านในเป็นที่อยู่ของเมล็ดที่เรียงซ้อนกันประมาณ 10-20 เมล็ดต่อฝัก เมล็ดมีลักษณะคล้ายหัวแม่มือ หรือรูปรีค่อนข้างกลม ขนาดเมล็ดทั่วไป กว้างประมาณ 2.2-2.5 เซนติเมตร ยาวประมาณ 1.5-2 เซนติเมตร เมล็ดอ่อนมีสีเขียว ให้รสหวานมัน และมีกลิ่นฉุน และเมื่อแก่จะเริ่มเหลือง และเมื่อสะตอสุก ฝักจะเป็นสีดำ เนื้อสะตอเป็นสีเหลืองบางๆ รับประทานได้ทั้งเม็ด เมล็ดในระยะนี้รสมัน เนื้อมีรสหวาน

ภาพที่ 2.1 ลักษณะดอกสะตอและฝักสะตอ

(ที่มา: https://puechkaset.com/สะตอ สืบค้นเมื่อ 9 กันยายน 2564)

2.2 สารพฤกษเคมี (Phytochemical)

เป็นการศึกษาเกี่ยวกับสารเคมีชนิดต่าง ๆ ที่พบในพืช โดยมีขอบเขตเกี่ยวกับการสกัดสารสำคัญจากพืช การแยกสารให้บริสุทธิ์ การหาสูตรโครงสร้าง และการพิสูจน์เอกลักษณ์ของสารเคมีที่แยกได้จากพืช การวิเคราะห์หาปริมาณสารสำคัญในพืช ตลอดจนการศึกษากระบวนการชีวสังเคราะห์ และกระบวนการสลายสารเคมีในพืช เป็นต้น (นพมาศ สุนทรเจริญนนท์, 2544)

1. กลุ่มสารสำคัญในพืช

สารเคมีที่พบในพืชมีจำนวนมาก สามารถแบ่งกลุ่มสารเคมีในพืชตามสารตั้งต้นของสารเหล่านี้ได้ 2 กลุ่มใหญ่ คือ สารปฐมภูมิ (Primary metabolites) และสารทุติยภูมิ (Secondary metabolites)

1.1 สารปฐมภูมิ (Primary metabolites) เป็นสารเคมีพื้นฐานที่พบในพืชชั้นสูงโดยทั่วไป พบได้ในพืชเกือบทุกชนิด เป็นกลุ่มสารที่เกี่ยวข้องกับเมตาโบลิซึมที่จำเป็นของเซลล์ส่วนใหญ่เป็นสารที่ได้จากกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืช และกระบวนการชีวสังเคราะห์กรดอะมิโนบางชนิด ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต ไขมัน โปรตีน กรดอะมิโน เอนไซม์ เป็นต้น

1.2 สารทุติยภูมิ (Secondary metabolites) เป็นสารประกอบที่พบแตกต่างกันในพืชแต่ละชนิด สารเหล่านี้มักแสดงฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาอย่างชัดเจน สารทุติยภูมิสามารถแบ่งเป็นกลุ่มใหญ่ ๆ ได้ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 การแบ่งกลุ่มสารทุติยภูมิ (Secondary metabolites)

สารทุติยภูมิ	กลุ่มย่อย
1. อัลคาลอยด์ (Alcaloids)	-
2. สารกลุ่มฟีนอลิก (Phenolic compounds)	- ฟีนอล และฟีนอลิกไกลโคไซด์ (Phenol and Phenolic Glycosides) - คูมาริน (Coumarins) - ฟลาโวนอยด์ (Flavonids) - แทนนิน (Tannins) - ควิโนน (Quinone)
3. เทอร์พีนอยด์ และสเตอรอยด์ (Terpenoids and Steroids)	
3.1 กลุ่มเทอร์พีนอยด์ - ซาโปนิน (Saponins)	- ซาโปนิน (Saponins) - โมโนเทอร์พีน (Monoterpenes) - เซสควิเทอร์พีน (Sesquiterpenes) - ไดเทอร์พีน (Diterpenes) - ไตรเทอร์พีน (Triterpenes) - เตตราเทอร์พีน (Tetraterpenes) - น้ำมันหอมระเหย (Volatile oils) - เรซิน และโอเลโอเรซิน (Resins and Oleoresins)
3.2 กลุ่มสเตอรอยด์	- ซาโปนิน (Saponins) - คาร์ดิแอกไกลโคไซด์ (Cardiac glycosides) - ไกลโคไซด์ชนิดอื่น ๆ (Other glycosides)
4. สารกลุ่มกลูโคซิโนเลท (Glucosinolate compounds)	-

สารเคมีที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพที่พบเฉพาะในพืช สารกลุ่มนี้อาจเป็นสารที่ทำให้พืชผักชนิดนั้นๆ มีสี กลิ่นหรือรสชาติที่เป็นลักษณะเฉพาะตัว สารพฤกษเคมีเหล่านี้หลายชนิดมีฤทธิ์ต่อต้านหรือป้องกันโรคบางชนิด กลไกการทำงานของสารพฤกษเคมีเมื่อเข้าสู่ร่างกายอาจเป็นไปโดยการช่วยให้เอนไซม์บางกลุ่มทำงานได้ดีขึ้น เอนไซม์บางชนิดทำหน้าที่ทำลายสารก่อมะเร็งที่เข้าสู่ร่างกาย มีผลทำให้สารก่อมะเร็งหมดฤทธิ์ ซึ่งปัจจุบันพบสารพฤกษเคมีแล้วมากกว่า 15,000 ชนิด โดยในการศึกษาวิจัยถึงองค์ประกอบทางพฤษกเคมีในเมล็ดสะตอ พบว่า มีสารสำคัญ ดังนี้ β-sitosterol , Stigmasterol , lupeol, campesterol, and squalene, lectin , 1,2,4, Trithiolane , dichrostachmic acid , serine , glycine , aspartic acid เป็นต้น โดยพบว่า lupeol มีคุณสมบัติในการ anticarcinogenic , antinociceptive, and anti-inflammatory properties (ตารางที่ 2.2) ทั้งนี้ บริเวณเปลือกนอกของสะตอ เปลือกฝักสะตอพบสารในกลุ่ม steroidal ได้แก่ stigmast-4-en-3-one (ขวัญใจ แซ่ลิ่ม, 2552)

ตารางที่ 2.2 แสดงสารพฤกษเคมีในสะตอบริเวณต่างๆ (*P. speciosa*.)

Parts	Alkaloid	Saponin	Terpenoids	Phenolic	Flavonoid	Tannin
Seeds	+	-	+	+	+	-
Barks	+	-	-	+	-	ND
Leaves	-	-	+	+	+	ND
Seed coats	+	+	-	-	+	+
Pods	ND	ND	ND	+	ND	+

Abbreviations: +: ปรากฏ; –: ไม่ปรากฏ; ND: not determined. References: [Tunsaringkarn *et al*. (2012), Maisuthisakul *et al*. (2008), Ayub Ali et al. (2011), Liliwirianis, *et al*. (2011)].

2.3 สารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant)

สารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidants) มีบทบาทสำคัญที่ทำให้เกิดความชรา จึงมีการป้องกันอันตรายจากสารนี้โดยทดลองใช้สารต้านอนุมูลอิสระในรูปแบบต่าง ๆ เพื่อชะลอความชราและการเกิดโรคต่าง ๆ อนุมูลอิสระจะเกิดขึ้นตลอดเวลาในร่างกายจากการหายใจจากขบวนการเผาผลาญภายในร่างกาย ซึ่งเราเรียกว่า ปฏิกิริยาออกซิเดชั่น (Oxidation) จากความเครียดหรือจากสิ่งแวดล้อม เช่น ควันบุหรี่ ไอเสีย ของรถยนต์ โรงงานอุตสาหกรรม สารกันบูดในอาหาร จากยาบางชนิดและรังสีอุลต

ร้าไวโอเล็ตในแสงแดด ซึ่งสิ่งเหล่านี้สามารถกระตุ้นก่อให้เกิดอนุมูลอิสระขึ้นที่บริเวณผิวหนัง และทำปฏิกิริยาต่อเซลล์ข้างเคียง ทำให้เซลล์เสื่อมสภาพหรือตายเร็วกว่าปกติ จึงทำให้แก่ก่อนวัย ถ้ามีอนุมูลอิสระมากจะก่อให้เกิดโรคแห่งความเสื่อมของร่างกาย เช่น โรคหลอดเลือด โรคหัวใจ และต้อกระจก เป็นต้นนอกจากนี้ยังพบว่า คนที่สูบบุหรี่ตากแดดเป็นประจำ และมีความเครียดจะแก่เร็วกว่าวัย ปัจจัยอะไรบ้างที่เร่งการเกิดอนุมูลอิสระในร่างกาย จากบทความวิจัยของ Yusof Kamisah *et al.* (2013) พบว่า ในสะตอมีสารต้านอนุมูลอิสระในปริมาณสูงในหลายๆบริเวณ ดังแสดงในตารางที่ 2.3

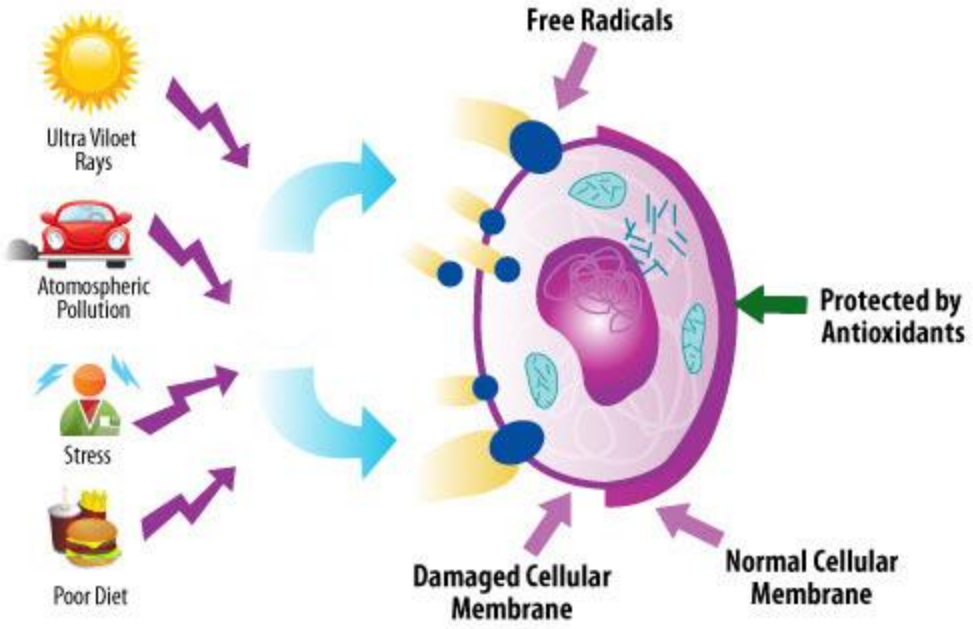
ตารางที่ 2.3 สารต้านอนุมูลอิสระในบริเวณต่างๆ ของสารสกัดจากสะตอ (*P. speciose*)

Plant part	*Extract*	Total phenolic (mg GAE/g)[a]	DPPH assay (μmol Trolox/g)[a]	*Total flavonoids* (mg RE/g)[a]	*Tannin* (mg/g)[a]	*Reference*
Pod and seed	Aqueous	1557.6[b,c]	7418.3[b,d]	-	-	Ayub Ali et al.
Pod and seed	Methanol	2464.3[b,c]	5936.9[b,d]	-	-	Ayub Ali et al.
Pod	Ethanol	-	-	-	250	Tunsaringkarn et al.
Seed	Ethanol	51.9[a]	-	20.3[a]	-	Maisuthisakul et al.
Seed coats	Ethanol	-	-	-	350	Tunsaringkarn et al.
Leaf	Ethanol	44.7	89.26[f]	-	-	Tangkanakul et al.
Leaf	Aqueous	22.7	57.4f	-	-	Tangkanakul et al.

[a]Dry weight basis, [b]fresh weight basis, [c](mg GAE/100 g), [d](mg Trolox/100 g), [e](mg vitamin C equivalent/g), and [f](mg BHA equivalent/g).

สารอนุมูลอิสระ แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ 1) กลุ่มที่มีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ (Radical reactive oxygen species: ROS) ได้แก่ ซูเปอร์ออกไซด์ (Superoxide anion radical:$O_2^{\bullet-}$) ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (Hydrogenperoxide: H_2O_2) ไฮดรอกซิล (Hydroxyl radical: OH•) และเพอร์รอกไซด์ (Peoxide radical: ROO•) 2) กลุ่มที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ (Reactive nitrogen species: RNS) ได้แก่ ไนตริกออกไซด์ (Nitric oxide radical; NO) เพอร์รอกซีไนเตรท

(Peroxy nitrate: $ONOO^-$) ไนโตรเจนไดออกไซด์ (Peroxy nitrate: NO_2) และไดไนโตรเจนไตรออกไซด์ (Dinitrogen trioxide: N_2O_3) (Mah S.H. *et al.*, 2017) ในแต่ละวันร่างกายได้รับปัจจัยเสี่ยงต่างๆ มากมายที่ทำให้เกิดอนุมูลอิสระและมีผลทำลายสุขภาพของมนุษย์ ดังแสดงในภาพที่ 2.2



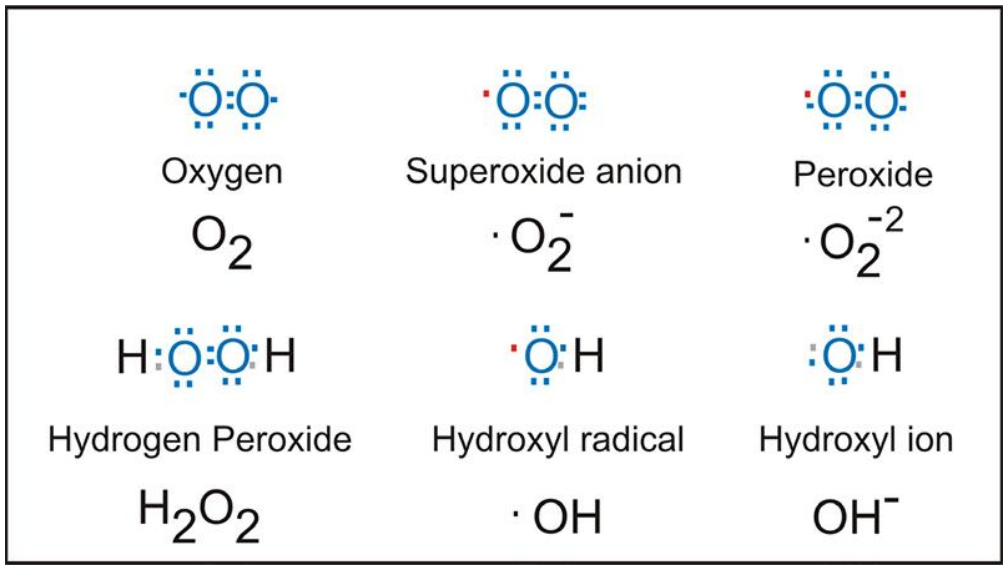
ภาพที่ 2.2 ปัจจัยเสี่ยงต่างๆ มากมายที่ทำให้เกิดอนุมูลอิสระและมีผลทำลายสุขภาพ

(ที่มา https://manishakoirala.me/tag/antioxidant/ สืบค้นวันที่ 11 กันยายน 2564)

ดังนั้น การศึกษาวิจัยเพื่อหาสารต้านอนุมูล อิสระจากพืชธรรมชาติ (Natural antioxidants) จึงเข้ามามีบทบาทที่สำคัญเนื่องจากสารต้านอนุมูลอิสระหลายชนิดที่พบในพืชสามารถเข้ากำจัดออกซิเจนที่อยู่ในรูป อนุมูลอิสระได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังมีผลข้างเคียงต่ำต่อสุขภาพมนุษย์เมื่อเปรียบเทียบกับสารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์ จำพวกฟีนอลิก ได้แก่ Butylated hydroxytoluene (BHT) และ Butylated hydroxyanisole (BHA) ที่นิยมนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร เครื่องสำอาง และการรักษา เนื่องจาก พบว่ากระบวนการเมตาบอไลท์ สาร BHT และ BHA ก่อให้เกิดสารที่มีคุณสมบัติเป็นสาร ก่อมะเร็งและหากได้รับสารในปริมาณที่สูงเกินไปจะเข้าไปสะสมในร่างกายจนเป็นพิษต่อ ปอด ตับและไต (Papas A.M. *et al.*, 1999) โดยกลไกการทำงานของสารต้านอนุมูลอิสระเกิดขึ้นจากการที่สารต้านอนุมูลอิสระจะให้ไฮโดรเจนหรืออิเล็คตรอนแก่อนุมูลอิสระและ

ทำให้อนุมูลอิสระมีความเสถียรมากขึ้น เมื่อสารต้านอนุมูลอิสระได้ให้ ไฮโดรเจนหรืออิเล็คตรอนไปแล้วก็จะเกิดเป็นอนุมูลอิสระตัวใหม่ซึ่งมีความรุนแรงน้อยกว่าอนุมูลอิสระเดิม อาจจะไปรวมตัวกันกับอนุมูลอิสระอีกโมเลกุลหนึ่งเกิดผลิตภัณฑ์ที่เสถียร หรือมีสารต้านอนุมูลอิสระตัวอื่นๆมาให้อิเล็คตรอนหรือไฮโดรเจนเพื่อเกิดผลิตภัณฑ์ที่เสถียรต่อไปดังแสดงในภาพที่ 2.3

จากงานวิจัยทางการแพทย์ พบว่า พืชสมุนไพรไทยหลายชนิดมีสรรพคุณทางเภสัชวิทยาในการออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ยกตัวอย่างเช่น ขี้เหล็ก (*Senna siamea*) (Kaur G. *et al*., (2006)) พลูคาว (*Houttuynia cordata*) (Toda S. (2005)) กำลังวัวเถลิง (*Anaxagorea luzonensis A. Gray*) (Gonda R. (2000)) พริกไทย (*Piper nigrum*) (Gulcin I. (2005)) และอื่นๆ นอกจากนี้ ยังมีพืชสมุนไพรของไทยอีกหลายชนิดที่ยังไม่มีรายงานศึกษาวิจัยทั้งที่ชาวบ้านนิยมนำมาปรุงอาหาร เพื่อรับประทาน เช่น สะค้าน (*Piper ribesioides*) และ มะแขว่น (*Zanthoxylum limonella*) จัดเป็นพืชท้องถิ่น ที่พบมากเขตภาคเหนือของประเทศไทย มีการนำพืชไปใช้ประโยชน์อย่างแพร่หลาย แต่กลับพบว่ายังขาดข้อมูลพื้นฐานในแง่มุมของการต้านอนุมูลอิสระจาก ส่วนประกอบต่างๆในพืช โดยส่วนใหญ่จะเน้นศึกษาฤทธิ์ ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากพืชทั้งสองชนิดใน รูปแบบน้ำมันหอมระเหย (essential oil) เท่านั้น (Salehi B. *et al*., (2015))



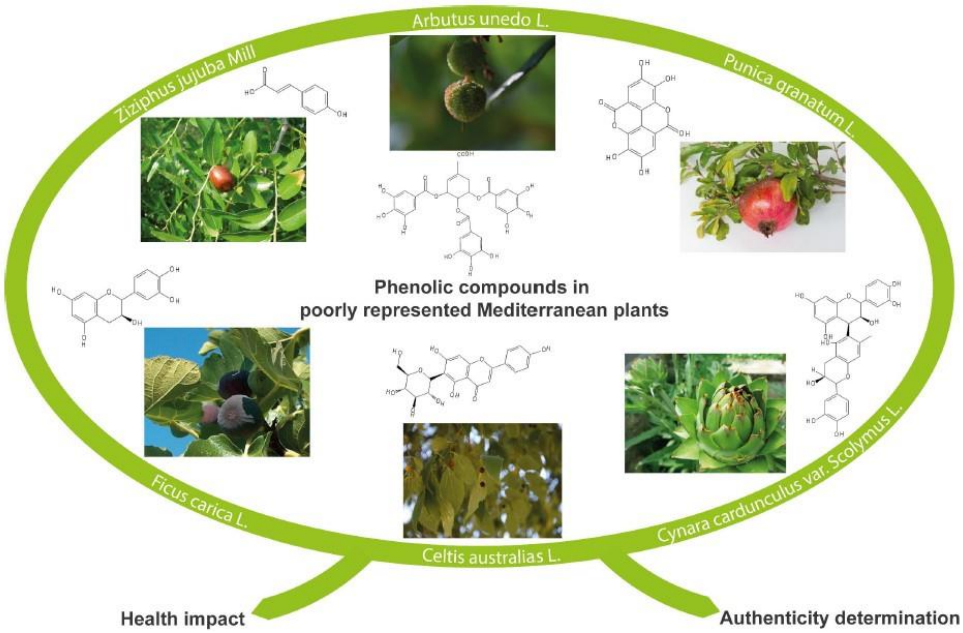
ภาพที่ 2.3 กลไกการต้านอนุมูลอิสระแบบ Free radical scavenging

(ที่มา http://www.biotek.com/resources/articles/reactive-oxygen-species.html)

2.4 สารประกอบฟีนอลิก

สารประกอบฟีนอลิก (Phenolic compound) หรือ สารประกอบฟีนอล เป็นสารที่พบได้ตามธรรมชาติ ในพืชหลายชนิด (ภาพที่ 2.4) เช่น ผัก ผลไม้ ฯลฯ เช่น สารชนิดนี้มีอยู่มากมาย และมีลักษณะสูตรโครงสร้างทางเคมีที่แตกต่างกัน ตั้งแต่กลุ่มที่มีโครงสร้างอย่างง่าย เช่น กรดฟีนอลิก (phenolic acids) ไปจนถึงกลุ่มที่มีโครงสร้างเป็นพอลิเมอร์ เช่น ลิกนิน (lignin) กลุ่มใหญ่ที่สุดที่พบ คือ สารประกอบพวกฟลาโวนอยด์ (flavonoid) และพบว่าอาจมีการรวมตัวกันระหว่างสารประกอบฟีนอลด้วยกันเอง หรือสารประกอบฟีนอลกับสารประกอบอื่นๆ เช่น กรดอินทรีย์ (organic acid) เป็นต้น ทั้งนี้ การกระตุ้นจากปัจจัยภายใน รวมถึง ความเครียด และภาวะเจ็บป่วย และปัจจัยภายนอก เช่น มลภาวะ แสงแดด และสารเคมีอาจส่งผลให้มีการสร้างอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นภายในผิวหนัง หากการกำจัดอนุมูลอิสระภายในชั้นผิวหนังขาดสมดุล เซลล์ผิวหนังที่ถูกทำลายจากปัจจัยเหล่านี้อาจเกิดการเสื่อมสภาพปรากฏเป็นจุดด่างดำ ริ้วรอย และผิวขาดความชุ่มชื้นได้ ในปัจจุบันมีการเติบโตที่เพิ่มขึ้นของผลิตภัณฑ์เพื่อการชะลอวัยทั้งในรูปแบบผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร และผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางซึ่งมีสารสำคัญจากธรรมชาติที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระและช่วยชะลอวัยที่สามารถชะลอการเสื่อมสลายของเซลล์ผิวหนังได้ (มธุกร สายนาคา และ วรัญญา เนียมขา (2563))

สารประกอบฟีนอลิก ได้แก่ ฟลาวานอยด์ กรดฟีนอลิก และ แอนโธไซยานิน พบได้ทั่วไปในใบ ลำต้นและเปลือกของพืช กลไกในการต้านอนุมูลอิสระของสารประกอบฟีนอลิกจะอยู่ในรูปของการกำจัดอนุมูลอิสระ การให้ไฮโดรเจนอะตอม และการกำจัดออกซิเจนที่ขาดอิเลคตรอน รวมทั้งการรวมตัวกับโลหะ Rubin และ Artsikhcoskays (1964) ได้อธิบายถึงความแตกต่างของสารประกอบฟีนอลิก ซึ่งสะสมในพืชที่เป็นโรคว่ามีหน้าที่ให้หรือรับไฮโดรเจน ในปฏิกิริยา oxidation-reduction จะสร้าง lignin เป็น antiauxin ในการยับยั้งการเจริญเติบโต ซึ่งสามารถแสดงปฏิกิริยาร่วมกับ auxin ในการกระตุ้นการเกิดออกซิเดชัน ของ sulfhydryl group ได้



ภาพที่ 2.4 แสดงตัวอย่างโครงสร้างของสารประกอบฟีนอลิกในพืช

(ที่มา: Ana Miklavˇciˇc Višnjevec and Matthew Schwarzkopf (2020))

2.5 การสกัดสารออกฤทธิ์จากพืช

การสกัดสารสำคัญจากพืชสมุนไพรทำได้หลายวิธี โดยทั่วไปการสกัดเบื้องต้นไม่ว่าจะสกัดด้วยวิธีการใดหรือใช้ตัวทำละลายใด จะได้องค์ประกอบเป็นของผสมหรือสารสกัดหยาบ (Crude extract) ซึ่งเป็นสิ่งที่สกัดออกมาจากสมุนไพรโดยใช้ตัวทำละลาย (Solvent) ซึ่งสารสกัดที่ได้เป็นของผสมขององค์ประกอบทางเคมีของสมุนไพรซึ่งจะมีทั้งองค์ประกอบที่มีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา เรียกว่า สารสำคัญ และองค์ประกอบที่ไม่มีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา เรียกว่า สารเฉื่อย (วาทินี เสล่าษฎร์, 2559 หน้า 7-8) โดยการสกัดสารสำคัญนั้นมีหลายวิธี เช่น วิธีการหมัก (marceration) วิธีการหมักแบบต่อเนื่อง (percolation) การสกัดแบบต่อเนื่องโดยใช้ความร้อน (soxhlet extraction) การสกัดของเหลวด้วยของเหลว (liquid-liquid extraction) การสกัดน้ำมันหอมระเหย (extraction of volatile oil) เป็นต้น ในการเลือกว่าจะใช้วิธีการใดนั้นพิจารณาจากจุดประสงค์ของเราว่าต้องการให้ได้สารสกัดที่สมบูรณ์หรือเกือบสมบูรณ์ เช่น หากต้องการสารสกัดเจือจางอาจใช้วิธีการหมักก็เพียงพอ นอกจากนี้ยังต้องพิจารณาจากคุณค่าของสารสกัดและค่าใช้จ่ายในการสกัด ตลอดจนความพร้อมของอุปกรณ์และเครื่องมือที่มีอยู่ เพราะแต่ละวิธีการสกัดนั้นจะมีข้อดี ข้อเสียรวมถึงวิธีการที่แตกต่างกันซึ่งจำเป็นต้องศึกษาการสกัดของแต่ละวิธีและเลือกให้เหมาะสมกับสิ่งที่เราต้องการ (รัตนา อินทรานุปกรณ์, 2547 หน้า 1-2)

1. การสกัดแบบแช่หมัก (maceration) วิธีนี้เป็นวิธีที่นิยมใช้กันมากที่สุดโดยทำการเลือกตัวทำละลายที่เหมาะสมกับสารในพืชสมุนไพรแล้วนำพืชสมุนไพรไปใส่ไว้ในภาชนะที่ปิด เช่น ขวดปากกว้างขวดรูปชมพู่หรือโถจนกระทั่งเนื้อเยื่อของสมุนไพรอ่อนนุ่มและตัวทำละลายสามารถแทรกซึมเข้าไปละลายองค์ประกอบภายในผงสมุนไพรออกมาได้ ทำการเขย่าเป็นบางเวลา และแช่ไว้อย่างน้อย 5-7 วัน จากนั้น นำมากรองแล้วบีบเอาสารสกัดออกมาจากกากสมุนไพรให้ได้มากที่สุด นำสารละลายสมุนไพรที่ได้ไปทำการกรองเอาเศษสมุนไพรที่ติดออกให้หมดแล้วระเหยตัวทำละลายออก ได้สารสกัดหยาบแล้วจึงนำสารสกัดที่ได้ไปใช้ประโยชน์ต่อ วิธีนี้เหมาะสมกับพืชสมุนไพรที่มีโครงสร้างหรือเนื้อเยื่อไม่แข็งแรงมากนัก เช่น ใบ ดอก มีข้อดีที่สารไม่ถูกความร้อน จึงเหมาะกับการสกัดสารที่ไม่ทนต่อความร้อน แต่เป็นวิธีที่สิ้นเปลืองตัวทำละลายมาก

2. วิธีการหมักแบบต่อเนื่อง (Percolation) เป็นการสกัดโดยปล่อยให้ตัวทำละลายไหลผ่านสมุนไพรอย่างช้าๆ เพื่อละลายเอาสารออกฤทธิ์จากสมุนไพรให้ออกมา การสกัดแบบนี้ จะใช้เครื่องมือช่วยสกัดที่ชื่อว่า Percolator ซึ่งทำได้โดยการนาสมุนไพรมาหมักกับตัวทำละลายพอชื้น ทิ้งไว้หนึ่งชั่วโมง เพื่อให้พองตัวเต็มที่ แล้วค่อย ๆ บรรจุผงยาทีละชั้นลงในเพอร์โคเลเตอร์ซึ่งมีลักษณะเป็นคอลัมน์ปลายเปิดทั้งสองข้าง เติมตัวทำละลายลงไปให้ระดับตัวทำละลายสูงเหนือสมุนไพรประมาณ 0.5 เซนติเมตร ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง จึงเริ่มไขเอาสารสกัดออก โดยคอยเติมตัวทำละลายเหนือสมุนไพรอย่าให้แห้ง เก็บสารสกัด จนการสกัดสมบูรณ์ นำสารสกัดที่เก็บได้ทั้งหมดรวมกัน นำไปกรอง แล้วก็สารสกัดไปใช้ประโยชน์ต่อไป วิธีการสกัดแบบนี้เหมาะกับการสกัดสมุนไพรหลายรูปแบบและไม่ต้องความร้อนในการสกัด แต่มีข้อเสียคือ เปลืองตัวทำละลายและใช้เวลาในการสกัด

3. การสกัดแบบต่อเนื่องโดยใช้ความร้อน (soxhlet extraction) เป็นวิธีการสกัดแบบต่อเนื่องโดยใช้ตัวทำละลายซึ่งมีจุดเดือดต่ำ ใช้ความร้อนทำให้ตัวทำละลายใน Flask ระเหยขึ้นไปแล้วกลั่นตัวลงมา จนถึงจุดหนึ่งก็จะไหลกลับลงไปใน flask ใหม่ โดยใช้วิธีกาลักน้ำ แล้วกลั่นตัวขึ้นไปใหม่จนสกัดได้หมดโดยสามารถสังเกตจากสีของตัวทำละลายใน thimble ที่ใสขึ้น การสกัดด้วยวิธีนี้ใช้ความร้อน จึงอาจทำให้สารสำคัญบางชนิดสลายตัวได้ มีข้อดีคือใช้ตัวทำละลายน้อย ไม่สิ้นเปลือง แต่มีข้อเสียคือ ไม่เหมาะที่จะใช้กับองค์ประกอบที่ไม่ทนต่อความร้อน และตัวทำละลายที่ใช้ไม่ควรเป็นของผสม เพราะจะเกิดการแยกของตัวทำละลายแต่ละชนิด เนื่องจากมีจุดเดือดต่างกัน จะมีผลให้สัดส่วนของตัวทำละลายแตกต่างไปจากเดิมและผลการสกัดไม่ดีเท่าที่คาดการณ์ไว้ (นพมาศ สุนทรเจริญนนท์, 2544)

2.6 การสกัดโดยใช้ตัวทำละลาย (Extraction with solvent)

1. การเลือกตัวทำละลายในการสกัด

การสกัดนิยมใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ที่มีขั้วต่าง ๆ กัน โดยอาจสกัดจากตัวทำละลายอินทรีย์ที่มีขั้วต่ำไปยังขั้วสูง (ตารางที่ 2.3) ประสิทธิภาพของสารสกัดจะขึ้นอยู่กับการคัดเลือกตัวทำละลายที่เหมาะสม ซึ่งควรมีคุณสมบัติในการละลายสารที่ต้องการสกัดได้ ไม่ระเหยง่ายหรือยากจนเกินไปไม่ติดไฟง่าย ไม่ทำปฏิกิริยากับสารที่ต้องการสกัด และไม่เป็นพิษต่อร่างกาย เช่น เฮกเซน เป็นตัวทำละลายที่มีราคาถูกเหมาะสำหรับสกัดสารที่ไม่มีขั้ว มักใช้เป็นตัวทำละลายสาหรับกำจัดไขมันออกจากสมุนไพร โดยตัวทำละลายที่ใช้กันมากได้แก่ เมทานอลและเอทานอล เนื่องจากมีความสามารถในการละลายกว้างและยังสามารถทำลายเอนไซม์ในพืชได้ (ประเสริฐ ศรีไพโรจน์, 2528)

2. การเลือกวิธีสกัด

การสกัดสารสำคัญในพืชสมุนไพรมีหลายวิธี โดยทั่วไปวิธีการสกัดที่เหมาะสมขึ้นกับปัจจัยหลาย ๆ อย่าง ได้แก่ ธรรมชาติของพืชสมุนไพร โดยพิจารณาจาก (รัตนา อินทรานุปกรณ์, 2547)

1. ลักษณะและโครงสร้างของเนื้อเยื่อ สมุนไพรที่มีลักษณะอ่อนนุ่ม เช่น ดอก ใบ อาจสกัดด้วยวิธีมาเซอเรชัน หากเป็นสมุนไพรที่มีเนื้อเยื่อที่แข็งแรงและเหนียว เช่น เปลือก ราก เนื้อไม้ ควรใช้วิธีเพอร์โคเลชันหรือการสกัดแบบต่อเนื่อง

2. ความสามารถในการละลายของสารสำคัญในตัวทำละลาย ถ้าละลายได้ง่าย นิยมใช้วิธีตัวดูดซับ แต่ถ้าละลายได้น้อยก็ต้องจำเป็นต้องใช้วิธีเพอร์โคเลชันหรือการสกัดแบบต่อเนื่อง

3. ความคงตัวของสารสำคัญในพืชสมุนไพรต่อความร้อน ถ้าเป็นสารที่ไม่ทนต่อความร้อนควรใช้วิธีมาเซอเรชันหรือเพอร์โคเลชัน

4. คุณค่าของสารสกัดและค่าใช้จ่ายในการสกัด หากต้องการสารสกัดที่ไม่ใช่สารสำคัญและมีคุณค่าทางการรักษาน้อย ก็อาจใช้วิธีง่าย ๆ ที่ไม่ยุ่งยาก และคำนึงถึงค่าใช้จ่ายด้วยว่าคุ้มค่ากับการลงทุนหรือไม่

5. ความต้องการที่จะให้ได้การสกัดที่สมบูรณ์ (Exhausted extraction) หรือเกือบสมบูรณ์ หากต้องการสารสกัดเจือจาง ควรใช้วิธีมาเซอเรชัน แต่ถ้าต้องการสารสกัดเข้มข้นก็ควรใช้วิธีเพอร์โคเลชันหรือการสกัดแบบต่อเนื่อง

สำหรับการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยทำการสกัดสารด้วยวิธีมาเซอเรชัน และสกัดโดยใช้ตัวทำละลาย (Extraction with solvent) 3 ชนิด ซึ่งตัวทำละลายที่ใช้เรียงลำดับจากตัวทำละลายที่มีขั้วต่ำไปสูงคือ เฮกเซน ไดคลอโรมีเทน เอทิลอะซิเตด และเอทานอล ตามลำดับ

ตารางที่ 2.4 ความมีขั้วของตัวทำละลายชนิดต่าง ๆ

(ที่มา: https://people.chem.umass.edu/xray/solvent.html สืบค้นเมื่อ 25 กันยายน 2564)

ตัวทำละลาย	**สูตรเคมี**	**จุดเดือด**	polarity	**ความหนาแน่น**
Hexane	CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3	69 °C	2.0	0.655 g/ml
Dichloromethane	CH_2Cl_3	40 °C	3.1	1.320 g/ml
Diethyl ether	CH_3CH_2-O-CH_2-CH_3	35 °C	4.3	0.713 g/ml
Chloroform	$CHCl_3$	61 °C	4.8	1.498 g/ml
Ethyl acetate	$CH_3C(=O)$-O-CH_2-CH_3	77 °C	6.0	0.894 g/ml
Isopropanol	CH_3-CH(OH)-CH_3	82 °C	18	0.785 g/ml
Acetone	$CH_3C(=O)$-CH_3	56 °C	21	0.786 g/ml
Ethanol	CH_3-CH_2-CH_2-OH	79 °C	24	0.789 g/ml
Methanol	CH_3-OH	65 °C	33	0.791 g/ml
Dimethylformamide	H-C(=O)N$(CH_3)_2$	153 °C	38	0.944 g/ml
Dimethyl sulfoxide	$CH_3S(=O)$-CH_3	189 °C	47	1.092 g/ml
H_2O	H-O-H	100 °C	80	0.998 g/ml

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปิยตา อารี และ วิชนี มีโต (2557) ได้ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารต้านอนุมูลอิสระรวมจากเนื้อมะม่วงน้ำดอกไม้สุก(*Mangiferaindica* Linn.) ตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดได้แก่ น้ำกลั่น เอทานอล95%และเมทานอล95% ระยะเวลาที่ใช้ในการสกัดได้แก่ 1 2 3 และ 4 ชั่วโมง ตามลำดับโดยควบคุมอุณหภูมิในการสกัดให้คงที่ที่ 25 องศาเซลเซียส และนำไปวิเคราะห์หาปริมาณวิตามินบี3 วิตามินซี ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม (Total Phenolic Compounds) ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ ABTS และฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส จากการศึกษาพบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดจากมะม่วงน้ำดอกไม้สุกคือตัวทำละลายเมทานอล 95% ที่เวลาในการสกัด 2 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 25องศาเซลเซียส ผลการวิเคราะห์ปริมาณวิตามินบี3 วิตามินซี และสารประกอบฟีนอลิก พบว่าเท่ากับ0.97, 51.04 และ 192 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมของน้ำหนักสด ตามลำดับ การศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และวิธี ABTS พบว่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเป็น 88.37 % และ 75.23 % ตามลำดับ ฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส พบว่า สารสกัดมะม่วงน้ำดอกไม้สุก มีฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสเท่ากับ 69.33 %

ปฏิวิทย์ ลอยพิมาย และคณะ (2554) ได้ทำการเปรียบเทียบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมของเปลือกผลไม้เหลือทิ้ง 10 ชนิดได้แก่ ส้มเขียวหวาน (*Citrus reticulata*) ส้มโอ (*Citrus maxima* Merr.) กล้วยน้ำว้า (*Musa sapientum* Linn.) มะไฟ (*Baccaurea ramiflora* Lour.) แตงโม (*Citrullus vulgaris*) สับปะรด (*Ananas comosus* Merr.) แคนตาลูป (*Cucumis melo* var.) มะละกอ (*Carica papaya* L.) มะม่วงดิบ และมะม่วงสุก (*Mangifera indica* L.) นำมาวิเคราะห์หาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ (1,-1 diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging และ total antioxidant capacity) และสารประกอบฟีนอลิกรวม พบว่าเปลือกมะม่วงดิบและมะม่วงสุก มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH (IC50 เท่ากับ 2.32 และ 2.31 กรัม/ มิลลิลิตร ตามลำดับ) และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระรวม (เทียบกับกรดแอสคอบิก และแกลลิก) สูงสุด ในทำนองเดียวกัน เมื่อทำการศึกษาสารประกอบฟีนอลิกรวม พบว่าเปลือกมะม่วงดิบมีสารประกอบฟีนอลิกรวมสูงสุด เท่ากับ 72.8 mg GAE/ กรัมน้ำหนักแห้ง ดังนั้นเปลือกมะม่วงดิบจึงเป็นแหล่งที่ดีของสารต้านอนุมูลอิสระและสารประกอบ

วรพร ศีลศร (2554) ศึกษาการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radical scavenging การวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกรวม และแอนโทไซยานินรวมของสารสกัดกล้วยไม้สกุลหวายม่วงแดง (Dendrobium Sonia Red) 2 สภาวะ คือ กรด และกลาง สารสกัดหยาบที่ได้ถูกนำมาสกัดต่อด้วยเฮกเซนและเอทิล อะซิเตต ตามลำดับ พบว่าสารสกัดส่วนเอทิล อะซิเตต สภาวะที่เป็นกลาง แสดงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (ร้อยละ 90.39 + 0.44 mg/100 g extract) และปริมาณฟีนอลิกรวมสูงกว่าสารสกัดอื่น ๆ (ร้อยละ 863.13 + 5.11mg/100 g extract ตามลำดับ) นอกจากนี้สารสกัดส่วนน้ำ สภาวะกรดมีปริมาณแอนโทไซยานินรวมสูงที่สุด (0.052 + 0.016 μg/L)

สุวดี โพธิ์วิจิตร และคณะ (2019) ศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของพืชสมุนไพรท้องถิ่นเขตภาคเหนือของประเทศไทยภายใต้ตัวทำละลายต่างขั้ว คือ ลำต้นสะค้าน ส่วนก้านและส่วนเมล็ดมะแขว่น ทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยใช้สารอนุมูลอิสระ 2,2-ไดฟีนิล-1-ไพคริลไฮดราซิล (DPPH) พร้อมวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ทั้งหมดด้วยวิธีโฟลินซิโอแคลตู (Folin Ciocalteau) และวิธีอลูมิเนียมคลอไรด์ (Aluminium chloride) ตามลาดับ สารสกัดหยาบทั้งสองชนิดในเมทานอลมีประสิทธิภาพในการยับยั้งอนุมูลอิสระได้ดีที่สุด รองลงมาคือในเอทิล อะซีเตท สารสกัดจากลำต้นสะค้านในเมทานอลออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระได้ดีที่สุด มีค่า IC50 = 0.2 mg/ml มีปริมาณฟีนอลิกสูงสุด (68.83 ± 0.38 mgGAE/g) และปริมาณฟลาโวนอยด์สูงสุด (37.13 ± 0.47 mgQE/g) ขณะที่สารสกัดจากก้านและเมล็ดมะแขว่นในเมทานอลสามารถยับยั้งอนุมูลอิสระ มีค่า IC50 = 0.26 และ 0.37 mg/ml ตามลำดับ โดยก้านมะแขว่นมีปริมาณฟีนอลิก (53.67 ± 0.45 mgGAE/g) มากกว่าเมล็ดมะแขว่น (24.15 ± 0.48 mgGAE/g) สอดคล้องกับปริมาณ ฟลาโวนอยด์ของก้าน (25.76 ± 0.43 mgQE/g) และเมล็ดมะแขว่น (10.25 ± 0.63 mgQE/g) ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดมีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณรวม ฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ที่เพิ่มขึ้นและให้ผลที่ดีในตัวทำละลายที่มีขั้วสูง ข้อมูลการศึกษานี้จะเป็นองค์ความรู้พื้นฐานในการพัฒนาสมุนไพรพื้นบ้านให้เกิดมูลค่าต่ออุตสาหกรรมการรักษาต่อไปในอนาคต

Prasad, Amruta, Sanjay, and Prakash (2014) ได้ศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ด้วยสารสกัดเมทานอลในรากของต้นน้อยโหน่ง ซึ่งเป็นพืชวงศ์ *Annonaceae* เช่นเดียวกับทุเรียนน้ำ โดยตรวจสอบสารต้านอนุมูลอิสระที่ถูกสกัดออกมาด้วยวิธี DPPH และการตรวจวัดไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ รวมทั้งศึกษาฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ด้วยวิธี Agar cup method ซึ่งผล

การศึกษาพบว่าสามารถนำมาประยุกต์ใช้เป็นยาต้านจุลินทรีย์ และมีประโยชน์ต่อสุขภาพเนื่องจากมีสารที่สามารถต้านอนุมูลอิสระได้

Suchanuch *et al.,* (2014) ได้ทำการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและต้านเชื้อจุลชีพของสะตอ ผลการศึกษาวิจัย พบว่า สารสำคัญและฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระและต้านเชื้อจุลชีพของสารสกัดจากฝักสะตอ 2 ชนิด ได้แก่ สะตอข้าว และสะตอดาน พบว่า สะตอดานจะมีปริมาณของสารฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์สูงกว่าสะตอข้าว โดยสารสกัด 50% เอทานอลจากฝักสะตอทั้ง 2 ชนิด มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ เมื่อทดสอบด้วยวิธี DPPH, ABTS และ metal ion chelating assay โดยสารสกัดจากสะตอข้าวจะมีฤทธิ์ดีกว่า นอกจากนี้สารสกัดทั้งสองยังมีฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียก่อโรคในอาหาร ได้แก่ *Bacillus cereus, Escherichia coli, Listeria monocytogenes, Salmonella typhimurium, Staphylococcus aureus* และ *Vibrio cholera* และแบคทีเรียที่ทำให้เกิดการเน่าเสียของอาหาร ได้แก่ *Aeromonas hydrophila, Pseudomonas aeruginosa* และ *Serratia marcescens*

Sousa et al. (2010) ศึกษาสารสกัดเอทานอลในใบของทุเรียนเทศต่อฤทธิ์ต้านการเจ็บปวดและต้านการอักเสบในหนูทดลองที่เกิดความเจ็บปวดจากสารเคมีและความร้อน ทำการทดสอบฤทธิ์ต้านความเจ็บปวดในหนูทดลองด้วยการทดสอบ Writhing Test และการทดสอบฤทธิ์ระงับปวดที่สัมพันธ์กับการอักเสบจากการฉีดฟอร์มาลิน และการทดลองด้วยความสามารถในการทนต่อความร้อน ผลการทดลองพบว่าสารสกัดเอทานอลในใบของทุเรียนน้ำมีฤทธิ์ต้านอาการเจ็บปวดและต้านการอักเสบในหนูทดลองได้

Shafazila, Pat and Lee (2010) ศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ การหาปริมาณฟีนอลิกรวมและการหาปริมาณแอนโทไซยานินรวมของส่วนสกัดชั้นต่าง ๆ ของกล้วยไม้สกุลหวาย (Dendrobium Sonia ‘Red Bom’) พบว่า ในส่วนสกัดชั้นน้ำ (water layer) พบปริมาณของแอนโทไซยานินรวมสูงที่สุด นอกจากนี้ส่วนสกัดชั้นน้ำ ยังมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระดีที่สุดอีกด้วย โดยการทดสอบด้วยวิธี DPPH radical scavenging เมื่อเทียบกับวิตามินซีที่ใช้เป็นสารมาตรฐาน

Taketsugu et al. (2010) ศึกษาประสิทธิของเครื่องสำอางที่มีส่วนผสมของสารสกัดจากพืชที่อุดมไปด้วยสารสกัดจากกล้วยไม้ เปรียบเทียบกับ 3% ของอนุพันธ์วิตามินซีในกลุ่มอาสาสมัครผู้หญิงของประเทศญี่ปุ่น โดยประเมินผลทางคลินิกจากแพทย์ผิวหนังและการสำรวจความพึงพอใจของผู้ใช้

พบว่าเครื่องสำอางที่มีส่วนผสมของสารสกัดจากกล้วยไม้มีประสิทธิภาพในการปรับปรุงด้านความสว่าง ความเข้มของสี จุดด่างดำ และความกระจ่างใสของใบหน้าใกล้เคียงกับอนุพันธ์ของวิตามินซี

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

เปลือกสะตอที่เหลือใช้ในอำเภอเมือง จังหวัดยะลา โดยนำมาล้างให้สะอาดและนำไปเก็บรักษาไว้ในตู้เย็นอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

วัสดุอุปกรณ์

1. เครื่องเหวี่ยงตกตะกอนความเร็วสูง (Centrifuge)
2. เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (UV-Visible Spectroscopy)
3. เครื่องระเหยแบบหมุนภายใต้สุญญากาศ (Rotary Evaporator)
4. เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง (Balance)
5. เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Balance)
6. ไมโครปิเปต (Micropipette)
7. บีกเกอร์ (Beaker)
8. แท่งแก้วคน (Glass Rob)
9. กระบวกตวง (Cylinder)
10. ขวดรูปชมพู่ (Erlenmayer Flask)
11. หลอดทดลอง (Test Tube)
12. ขวดวัดปริมาตร (Volumetric Flask)
13. อะลูมิเนียมฟอยล์ (Aluminium Foil)
14. เครื่องเขย่า (Vortex)
15. เครื่องปั่น (Blender)
16. ช้อนตักสาร (Spatula)
17. พาราฟิล์ม (Parafilm)
18. คิวเวต (Cuvett)
19. เครื่องวัดค่าความเป็นกรด ด่าง (pH meter)

3.3 ขั้นตอนการวิจัย

3.3.1 การเตรียมตัวอย่างเปลือกสะตอ

นำตัวอย่างเปลือกสะตอที่สด ล้างให้สะอาด และนำมาอบที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3-5 วัน หรือจนกว่า เปลือกสะตอจะแห้งสนิท บดให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่น นำส่วนที่บดละเอียดมา 50 กรัม นำตัวอย่างมาสกัดต่อเนื่องด้วยตัวทำละลายด้วยตัวทำละลาย 4 ชนิด คือ เฮกเซน ไดคลอโรมีเทน เอทิลอะซิเตด และเอทานอล ปริมาตร 500 มิลลิลิตร โดยใช้วิธีการแช่หมักในที่มืด ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 วัน โดยทำการเขย่าทุกวัน เช้า-เย็น หลังจากนั้น ทำการกรองสารละลายของแต่ละตัวอย่างด้วยกรวยแก้วและกระดาษกรอง นำสารละลายที่กรองได้ไประเหยด้วยเครื่องระเหยสารแบบหมุนภายใต้สุญญากาศ (Rotary evaporator) จนได้ปริมาตรประมาณ 2-10 กรัม เก็บสารสกัดหยาบที่ได้เพื่อตรวจสอบสารพฤกษเคมีเบื้องต้น และฤทธิ์ของสารต้านอนุมูลอิสระต่อไป

3.3.2 การตรวจสอบสารพฤกษเคมีเบื้องต้น (Phytochemical Screening)

การทดสอบสารพฤกษเคมีเบื้องต้นของสารสกัด จากเปลือกสะตอ โดยแบ่งการทดสอบ สารทุติยภูมิ ออกเป็น 10 กลุ่ม ได้แก่ อัลคาลอยด์ ฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ แอนทราควิโนน คูมาริน ซาโปนิน แทนนิน เทอร์พีนอยด์ สเตอรอยด์ และคาร์ดิแอกไกลโคไซด์ โดยอาศัยปฏิกิริยาการเกิดสีหรือตะกอน ดังนี้ (Ayoola *et al*., 2008)

3.3.2.1 การตรวจสอบสารอัลคาลอยด์ (Alkaloids)

เตรียมสารละลายแวกเนอร์ (Wagner’s reagent) โดยการละลายไอโอดีน 2 กรัม และโพแทสเซียมไอโอไดด์ 6 กรัม ในน้ำ 100 มิลลิลิตรชั่งสารสกัด 0.2 กรัม เติมสารละลาย 1.5% v/v HCl ปริมาตร 1.0 มิลลิลิตร เขย่านำไปอุ่นบนเครื่องอังน้ำ (Water bath) 5 นาที กรองส่วนที่ไม่ละลายออก แล้วปล่อยให้สารละลายเย็นลงที่อุณหภูมิห้อง นำของเหลวที่ได้จากการกรอง (Filtrate) ไปหยดสารละลายแวกเนอร์ (Wagner’s reagent) จำนวน 5 หยด เขย่าถ้าปรากฏตะกอนสีเหลืองแสดงว่าพบอัลคาลอยด์

3.3.2.2 การตรวจสอบสารฟีนอลิก (Phenolic)

ชั่งสารสกัด 0.2 กรัม เติมน้ำกลั่นปริมาตร 1.0 มิลลิลิตร นำไปอุ่นบนเครื่องอังน้ำ 5 นาที กรองส่วนที่ไม่ละลายออก นำของเหลวที่ได้จากกรอง เติมสารละลายเฟอริกคลอไรด์ (1% $FeCl_3$) จานวน 5 หยด เขย่า ถ้าปรากฏสารละลายเป็นสีเขียวดำหรือน้ำเงินดำแสดงว่าพบสารในกลุ่มฟีนอลิก

3.3.2.3 การตรวจสอบสารฟลาโวนอยด์ (Flavonoids)

ชั่งสารสกัด 0.2 กรัม เติมสารละลาย 50% เอทานอล ปริมาตร 1.0 มิลลิลิตร เขย่า กรองส่วนที่ไม่ละลายออก นำของเหลวที่ได้จากกรอง ใส่ลวดแมกนีเซียมชิ้นเล็กๆ ลงไป 1 ชิ้น และหยดกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น (Conc. HCl) จานวน 5 หยด เขย่าและไปอุ่นบนเครื่องอังน้ำ 5 นาที ถ้าสารละลายเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเข้มแสดงว่า พบฟลาโวนอยด์

3.3.2.4 การตรวจสอบสารแอนทราควิโนน (Anthaquinones)

ชั่งสารสกัด 0.2 กรัม เติมสารละลาย 10% H_2SO_4 ปริมาตร 1.0 มิลลิลิตร เขย่า นำไปอุ่นบนเครื่องอังน้ำ 5 นาที กรองส่วนที่ไม่ละลายออก แล้วปล่อยให้สารละลายเย็นลงที่อุณหภูมิห้องนำของเหลวที่ได้จากการกรอง (Filtrate) ไปเติมสารละลายแอมโมเนีย (10% NH_3) ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร เขย่า ถ้าปรากฏสารเป็นสีชมพูแดงเกิดขึ้นแสดงว่าพบสารแอนทราควิโนน

3.3.2.5 การตรวจสอบคูมาริน (Coumarins)

ชั่งสารสกัด 0.2 กรัม เติมสารละลาย 50% เอทานอล ปริมาตร 1.0 มิลลิลิตร เขย่า กรองส่วนที่ไม่ละลายออก นำของเหลวที่ได้จากกรอง เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (6 M NaOH) ปริมาตร 1.0 มิลลิลิตร เขย่า ถ้าสารเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเข้มแสดงว่าพบสารคูมาริน

3.3.2.6 การตรวจสอบซาโปนิน (Saponins)

ใช้การทดสอบแบบการเกิดฟอง โดยการชั่งสารสกัด 0.2 กรัม เติมน้ำกลั่นปริมาตร 5.0 มิลลิลิตร นำไปอุ่นบนเครื่องอังน้ำ 5 นาที เขย่าแรง ถ้าปรากฏฟองถาวรเกิดขึ้นในหลอดทดลองแสดงว่าพบซาโปนิน

3.3.2.7 การตรวจสอบแทนนิน (Tannins)

ชั่งสารสกัด 0.2 กรัม เติมน้ำกลั่นปริมาตร 1.0 มิลลิลิตร นำไปอุ่นบนเครื่องอังน้ำ 5 นาที กรองส่วนที่ไม่ละลายออก นำของเหลวที่ได้จากกรอง เติมสารละลายเฟอริกคลอไรด์ (1% $FeCl_3$) จานวน 5 หยด เขย่า ถ้าปรากฏสารละลายเป็นสีเขียวดาหรือน้ำเงินดำ แสดงว่าพบ สารแทนนิน

3.3.2.8 การตรวจสอบเทอร์พีนอยด์ (Terpenoids)

ชั่งสารสกัด 0.2 กรัม ละลายสารด้วยไดคลอโรมีเทน ปริมาตร 1.0 มิลลิลิตรเขย่า กรองส่วนที่ไม่ละลายออก นำของเหลวที่ได้จากกรอง ค่อย ๆ เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น (Conc.H_2SO_4) ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ลงไป ปรากฏ วงแหวนสีน้ำตาลตรงรอยระหว่างชั้นของสารสกัดกับกรดซัลฟิวริก แสดงว่า พบเทอร์พีนอยด์

3.3.2.9 การตรวจสอบสเตอรอยด์ (Steroids)

ชั่งสารสกัด 0.2 กรัมละลายสารด้วยไดคลอโรมีเทน ปริมาตร 1.0 มิลลิลิตรเขย่า กรองส่วนที่ไม่ละลายออก นำของเหลวที่ได้จากกรอง ค่อย ๆ เติมกรดแกลเชียลแอซีติก (Glacial acetic acid) ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร เขย่าแล้วเติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น (Conc.H_2SO_4) จำนวน 3 หยด ถ้าปรากฏสารละลายเป็นสีน้ำเงินหรือน้ำเงินเขียว แสดงว่า พบสารสเตอรอยด์

3.3.2.10 การตรวจสอบคาร์ดิแอกไกลโคไซด์ (Cardiac glyosides)

ชั่งสารสกัด 0.2 กรัม ละลายด้วยไดคลอโรมีเทน ปริมาตร 1.0 มิลลิลิตรเขย่า กรองส่วนที่ไม่ละลายออก นำของเหลวที่ได้จากกรอง เติมสารละลายเฟอริกคลอไรด์ (1% $FeCl_3$) จำนวน 5 หยด เขย่า เติมกรดแกลเชียลแอซิติก (Glacial acetic acid) จำนวน 5 หยด เขย่า และค่อย ๆ เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น (Conc. H_2SO_4) ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ลงไป ถ้าปรากฏวงแหวนสีน้ำตาลตรงรอยต่อระหว่างชั้นสารสกัดกับกรดซัลฟิวริกแสดงว่าพบสารคาร์ดิแอกไกลโคไซด์

3.3.3 การวิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระ

3.3.3.1 การวิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลลิกรวม

การวิเคราะห์หาปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกโดยรวมตามวิธีของ Folin-Ciocalteau method (Torres และคณะ, 1987) โดยการนำสารตัวอย่าง ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร ผสมกับ 1N Folin-Ciocalteau's phenol reagent ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 2-5 นาที จากนั้นเติม 20% w/v Na_2CO_3 ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 10 นาทีที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 730 nm โดยเทียบกับกราฟมาตรฐาน gallic acid (0 2 4 6 8 และ 10 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ซึ่งรายงานเป็นหน่วย มิลลิกรัมของแกลลิค/กรัม ต่อสารสกัด)

3.3.3.2 การทดสอบสมบัติต้านอนุมูลอิสระ โดยวิธี DPPH radical scavenging activity

เตรียมสารละลายมาตรฐาน DPPH 2 มิลลิโมลาร์ โดยชั่งสารมาตรฐาน DPPH หนัก 0.0788 กรัม ละลายด้วยเมทานอล (AR grad) ในบีกเกอร์ คนให้สารละลายจนหมดแล้วเทลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 250 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรให้พอดีด้วยเมทานอล จะได้ Metabolic DPPH จากนั้นเตรียมสารละลายมาตรฐาน Trolox โดยใช้ Methanol เป็นตัวทำละลาย เตรียม 5 ความเข้มข้น แล้วเตรียมสารสกัด 5 ความเข้มข้น

วิธีการวัดค่าการดูดกลืนแสง UV

เติมสารละลายมาตรฐาน หรือสารสกัดตัวอย่าง ที่เตรียมไว้แต่ละความเข้มข้นมาตัวอย่างละ 100 ไมโครลิตร ลงในคิวเวต จากนั้นเติมสารละลายมาตรฐาน DPPH 2 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 200 ไมโครลิตร แล้วเติม Methanol 2.8 มิลลิลิตร นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตรที่เวลา 5 20 30 40 และ 60 นาที ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ โดยใช้เมทานอลเป็น blank คำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH และรายงานผลในรูป IC_{50} โดยเปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน Trolox

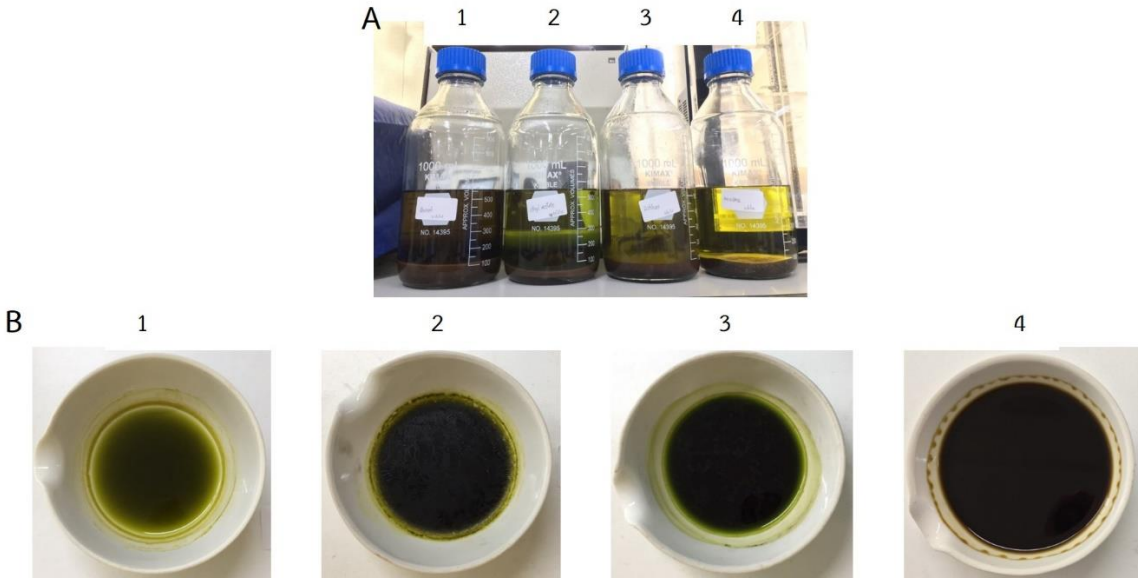
บทที่ 4

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากการนำเปลือกต้นสะตอ มาทำการสกัดด้วยวิธีการสกัดต่อเนื่องด้วยตัวทำละลาย 4 ชนิด คือ เฮกเซน ไดคลอโรมีเทน เอทิลอะซิเตด และเอทานอล จากนั้นนำไประเหยแห้งด้วยเครื่อง rotary evaporator ได้สารสกัดทั้งหมด 4 ตัวอย่าง นำสารสกัดที่ได้ศึกษาสารพฤกษเคมีเบื้องต้น และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ มีผลการทดสอบเป็นดังนี้

4.1 การเตรียมตัวอย่างเปลือกสะตอ

นำตัวอย่างเปลือกสะตอที่สด ล้างให้สะอาด และนำมาอบที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3-5 วัน หรือจนกว่า เปลือกสะตอจะแห้งสนิท บดให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่น นำส่วนที่บดละเอียดมา 50 กรัม นำตัวอย่างมาสกัดต่อเนื่องด้วยตัวทำละลายด้วยตัวทำละลาย 4 ชนิด คือ เฮกเซน ไดคลอโรมีเทน เอทิลอะซิเตด และเอทานอล ปริมาตร 500 มิลลิลิตร โดยใช้วิธีการแช่หมักในที่มืด ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 วัน โดยทำการเขย่าทุกวัน เช้า-เย็น หลังจากนั้น ทำการกรองสารละลายของแต่ละตัวอย่างด้วยกรวยแก้วและกระดาษกรอง นำสารละลายที่กรองได้ไประเหยด้วยเครื่องระเหยสารแบบหมุนภายใต้สุญญากาศ (Rotary evaporator) ดังภาพที่ 4.1 พบว่า สารสกัดจากเปลือกสะตอที่สกัดด้วยเฮกเซน ไดคลอโรมีเทน เอทิลอะซิเตด และเอทานอล ได้น้ำหนักหลังสกัด คือ 2.003, 2.145, 2.860 และ 5.528 กรัม คิดเป็น %Yield คือ 4.01, 4.29, 5.72 และ 11.06 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.1) แล้วเก็บสารสกัดหยาบที่ได้เพื่อตรวจสอบสารพฤกษเคมีเบื้องต้น และฤทธิ์ของสารต้านอนุมูลอิสระต่อไป



ภาพที่ 4.1 ขั้นตอนการสกัดต่อเนื่องด้วยตัวทำละลาย A คือ การหมักเปลือกสะตอด้วยตัวทำละลาย 4 ชนิด B คือ ปริมาณของสารสกัดหลังการระเหย (1.เฮกเซน 2.ไดคลอโรมีเทน 3.เอทิลอะซิเตด และ 4. เอทานอล)

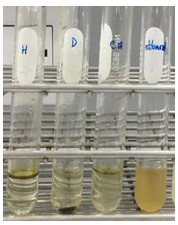
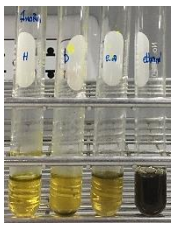
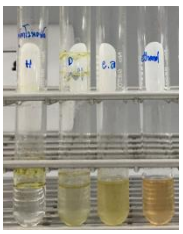
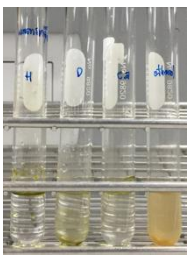
ตารางที่ 4.1 ค่าน้ำหนักและ %Yield ของเปลือกสะตอที่สกัดด้วยตัวทำละลายต่างๆ

ตัวทำละลาย	น้ำหนักก่อนสกัด (กรัม)	น้ำหนักหลังสกัด (กรัม)	%Yield
เฮกเซน	50	2.003	4.01
ไดคลอโรมีเทน	50	2.145	4.29
เอทิลอะซิเตด	50	2.860	5.72
เอทานอล	50	5.528	11.06

4.2 การตรวจสอบสารพฤกษเคมีเบื้องต้น (Phytochemical Screening)

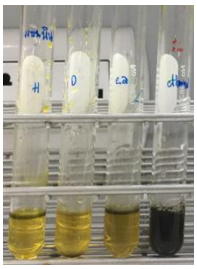
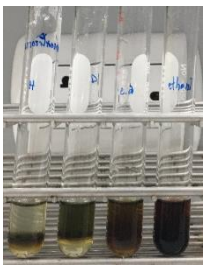
นำเปลือกสะตอที่สกัดด้วยตัวทำละลายทั้ง 4 ชนิดที่ได้ มาทำการทดสอบสารพฤกษเคมีเบื้องต้นของสารสกัดจากเปลือกสะตอโดยแบ่งการทดสอบ สารทุติยภูมิ ออกเป็น 10 กลุ่ม ได้แก่ อัลคาลอยด์ ฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ แอนทราควิโนน คูมาริน ซาโปนิน แทนนิน เทอร์พีนอยด์ สเตอรอยด์ และคาร์ดิแอกไกลโคไซด์ โดยอาศัยปฏิกิริยาการเกิดสีหรือตะกอน ได้ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการตรวจสอบสารพฤกษเคมีเบื้องต้นในสารสกัดหยาบของทุเรียนเทศที่สกัดด้วยตัวทำละลายต่างๆ

สารพฤกษเคมี	เฮกเซน	ไดคลอโรมีเทน	เอทิลอะซิเตด	เอทานอล	ภาพการเกิด
อัลคาลอยด์	-	-	-	+	
ฟีนอลิก	-	-	-	+	
ฟลาโวนอยด์	-	+	+	+	
แอนทราควิโนน	-	-	-	-	

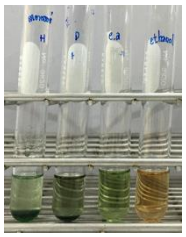
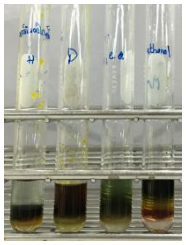
หมายเหตุ (-) ไม่พบสารพฤกษเคมี, (+) พบสารพฤกษเคมี

ตารางที่ 4.2 ผลการตรวจสอบสารพฤกษเคมีเบื้องต้นในสารสกัดหยาบของทุเรียนเทศที่สกัดด้วยตัวทำละลายต่างๆ (ต่อ)

สารพฤกษเคมี	เฮกเซน	ไดคลอโรมีเทน	เอทิลอะซิเตด	เอทานอล	ภาพการเกิด
คูมาริน	+	-	+	+	
ซาโปนิน	-	-	+	+	
แทนนิน	-	-	-	+	
เทอร์พีนอยด์	+	+	-	-	

หมายเหตุ (-) ไม่พบสารพฤกษเคมี, (+) พบสารพฤกษเคมี

ตารางที่ 4.2 ผลการตรวจสอบสารพฤกษเคมีเบื้องต้นในสารสกัดหยาบของทุเรียนเทศที่สกัดด้วยตัวทำละลายต่างๆ (ต่อ)

สารพฤกษเคมี	เฮกเซน	ไดคลอโรมีเทน	เอทิลอะซิเตด	เอทานอล	ภาพการเกิด
สเตอรอยด์	+	+	+	-	
คาร์ดิแอกไกลโคไซด์	+	+	+	+	

หมายเหตุ (-) ไม่พบสารพฤกษเคมี, (+) พบสารพฤกษเคมี

จากการทดสอบสารพฤกษเคมีเบื้องต้น 10 กลุ่ม คือ อัลคาลอยด์ ฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ แอนทราควิโนน คูมาริน ซาโปนิน แทนนิน เทอร์พีนอยด์ สเตอรอยด์ และคาร์ดิแอกไกลโคไซด์ โดยใช้ปฏิกิริยาการเปลี่ยนสีและการตกตะกอน พบสารพฤกษเคมีเบื้องต้น 9 กลุ่มคือ อัลคาลอยด์ ฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ คูมาริน ซาโปนิน แทนนิน เทอร์พีนอยด์ สเตอรอยด์ และคาร์ดิแอกไกลโคไซด์ แต่ไม่พบสารในกลุ่มแอนทราควิโนน โดยให้ผลการทดสอบ ดังนี้

4.2.1 การตรวจสอบสารในกลุ่มอัลคาลอยด์ พบว่า เปลือกสะตอที่สกัดด้วยเอทานอล เกิดการตกตะกอนสีเหลืองด้วยสารละลายแวกเนอร์ แสดงว่ามีสารในกลุ่มอัลคาลอยด์เป็นองค์ประกอบ แต่เปลือกสะตอที่สกัดด้วยเฮกเซน ไดคลอโรมีเทน และเอทิลอะซิเตด ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง

4.2.2 การตรวจสอบสารในกลุ่มฟีนอลิก พบว่า เปลือกสะตอที่สกัดด้วยเอทานอล เกิดการเปลี่ยนสีสารละลายเป็นสีเขียวดำ หรือ น้ำเงินดำด้วยเฟอริกคลอไรด์ แสดงว่ามีสารในกลุ่มฟีนอลิก แต่เปลือกสะตอที่สกัดด้วยเฮกเซน ไดคลอโรมีเทน และเอทิลอะซิเตด ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง

4.2.3 การตรวจสอบสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ ไม่พบการเปลี่ยนแปลงในเปลือกสะตอที่สกัดด้วย ตัวทำละลายเฮกเซน แต่พบการเปลี่ยนสีสารละลายเป็นสีเหลืองเข้มด้วยกรดไฮโรคลอริก ในสารสกัดที่เหลือ แสดงว่ามีสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์เป็นองค์ประกอบ

4.2.4 การตรวจสอบสารในกลุ่มคูมาริน ไม่พบการเปลี่ยนแปลงในเปลือกสะตอที่สกัดด้วยตัวทำละลายไดคลอโรมีเทน แต่พบการเปลี่ยนสีสารละลายเป็นสีเหลืองเข้มในสารสกัดในสารสกัดที่เหลือ แสดงว่ามีสารในกลุ่มคูมารินเป็นองค์ประกอบ

4.2.5 การตรวจสอบสารในกลุ่มซาโปนิน พบการเกิดฟองถาวร ลักษณะคล้ายรังผึ้ง ในสารสกัดเปลือกสะตอด้วยเอทิลอะซิเตด และเอทานอล แต่ไม่พบการเปลี่ยนแปลงในสารสกัดเฮกเซนและไดคลอโรมีเทน

4.2.6 การตรวจสอบสารในกลุ่มแทนนิน พบว่า เปลือกสะตอที่สกัดด้วยเอทานอล เกิดการเปลี่ยนสีสารละลายเป็นสีเขียวดำ หรือน้ำเงินดำด้วยเฟอริกคลอไรด์ แสดงว่ามีสารในกลุ่มฟีนอลิก แต่เปลือกสะตอที่สกัดด้วยเฮกเซน ไดคลอโรมีเทน และเอทิลอะซิเตด ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง

4.2.7 การตรวจสอบสารในกลุ่มเทอร์พีนอยด์ พบว่า เปลือกสะตอที่สกัดด้วยตัวทำละลายเฮกเซน และไดคลอโรมีเทน ปรากฏวงแหวนสีน้ำตาลตรงรอยระหว่างชั้นของสารสกัดกับกรดซัลฟิวริก

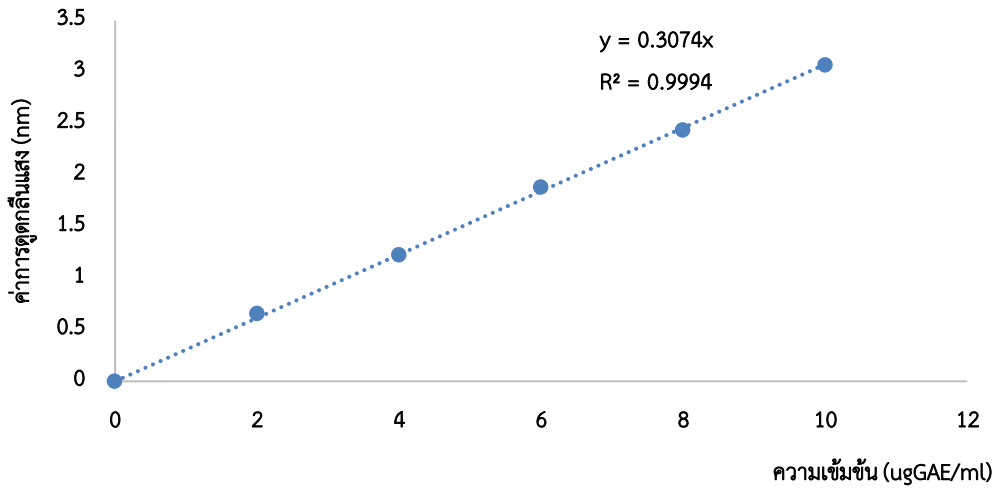
4.2.8 การตรวจสอบสารในกลุ่มสเตอรอยด์ ปรากฏว่า สารสกัดเฮกเซน ไดคลอโรมีเทน และเอทิลอะซิเตท พบการเปลี่ยนแปลงของสารละลายเป็นสีน้ำเงินหรือน้ำเงินเขียว แสดงว่า พบสารสเตอรอยด์

4.2.9 การตรวจสอบสารในกลุ่มคาร์ดิแอกไกลโคไซด์ พบวงแหวนสีน้ำตาลตรงรอยต่อระหว่างชั้นสารสกัดกับกรดซัลฟิวริกในทุกสารสกัดของเปลือกสะตอ แสดงว่า มีสารคาร์ดิแอกไกลโคไซด์เป็นองค์ประกอบ

4.3 ผลการศึกษาการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านสารอนุมูลอิสระ

4.3.1 ผลการศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิก

จากการศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด โดยใช้วิธี Folin-ciocalteu phenol test และคำนวณหาปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดในรูปของ gallic acid equivalents ต่อสารสกัด 1 กรัม (มิลลิกรัมของแกลลิค/กรัม ต่อสารสกัด) เมื่อนำค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร มาสร้างกราฟเทียบกับความเข้มข้นของกรดแกลลิคที่มีระดับความเข้มข้นต่างๆ (0 2 4 6 8 และ 10 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ซึ่งรายงานเป็นหน่วย มิลลิกรัมของแกลลิค/กรัม ต่อสารสกัด) ซึ่งได้ค่าการดูดกลืนแสงคือ 0, 0.653, 1.224, 1.883, 2.436 และ 3.065 นาโนเมตร ตามลำดับ จะได้กราฟมาตรฐานเป็นเส้นตรงมี liner regression equation ของกราฟมาตรฐาน คือ y = 0.3074x และสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r^2) = 0.9994 (ภาพที่ 4.2)



ภาพที่ 4.2 กราฟมาตรฐานของสารละลายกรดแกลลิคในการหาปริมาณสารประกอบฟีนอลรวม

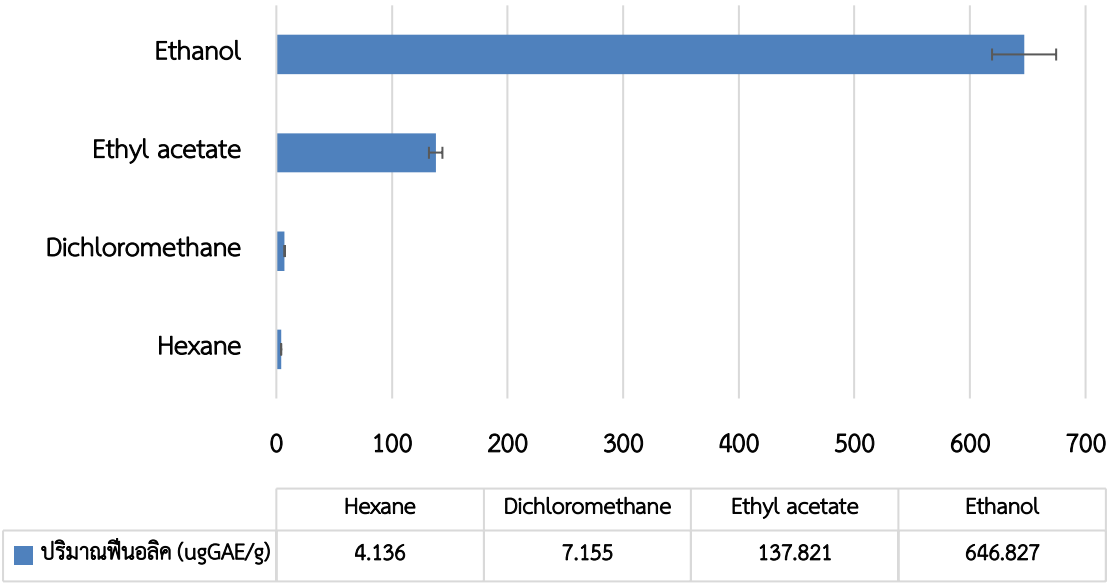
การหาปริมาณสารประกอบฟีนอลรวมของเปลือกสะตอที่สกัดด้วยตัวทำละลายที่ต่างกัน คือ เฮกเซน ไดคลอโรมีเทน เอทิลอะซิเตท และเอทานอล สามารถคำนวณได้จากสมการของกราฟมาตรฐานของสารละลายกรดแกลลิค (ภาพที่ 4.2) จากการหาปริมาณสารประกอบฟีนอลรวมของส่วน

สกัดเอทานอลของเปลือกสะตอ (ตารางที่ 4.3 และภาพที่ 4.3) โดยใช้ 0.1 มิลลิลิตร พบว่า เปลือกสะตอที่สกัดด้วยเอทานอลของเปลือกสะตอมีปริมาณสารประกอบฟีนอลรวมมากที่สุดเท่ากับ 117.003±6.14 ไมโครกรัมสมมูลของกรดแกลลิคต่อกรัมของส่วนสกัด รองลงมาคือ เปลือกสะตอที่สกัดด้วยเอทิลอะซิเตด มีปริมาณสารประกอบฟีนอลรวม เท่ากับ 137.82±5.84 และ เปลือกสะตอที่สกัดด้วยไดคลอโรมีเทน และเฮกเซน มีปริมาณสารประกอบฟีนอลรวม 7.15±0.26 และ 4.14±0.086 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิคต่อกรัมของส่วนสกัด ตามลำดับ เนื่องจากสารประกอบฟีนอลิก (phenolic compound) เป็นสารกลุ่มใหญ่ที่พบมากในพืช โดยตัวอย่างของสารกลุ่มนี้ ได้แก่ กรดแกลลิค คาทิชิน ควอชิทิน ฟลาโวนอยด์ เบต้าแคโรทีนและวิตามินซี ซึ่งโครงสร้างหลักประกอบด้วย aromatic ring แทนที่ด้วย hydroxyl group โดยส่วนมากเป็นสารที่มีขั้ว ละลายในตัวทำละลายจำพวก alcohol ได้ดี กลไกของสารจำพวกฟีนอลที่แสดงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ เมื่อมีอนุมูลอิสระมาดึงอิเล็กตรอนไป แต่ในโครงสร้างมีอิเล็กตรอนหนาแน่นจึงสามารถเกิดการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนไปทั่วโครงสร้าง ทำให้โครงสร้างเสถียรและไม่เกิดเป็นอนุมูลอิสระต่อไป (ระวิวรรณ แก้วอมตวงศ์ และ ทรงพร จึงมั่นคง, 2549)

ตารางที่ 4.3 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของเปลือกสะตอจากการสกัดด้วยตัวทำละลายต่างๆ

ตัวทำละลาย	ปริมาณฟีนอลิค (ugGAE/g)
เฮกเซน	4.136±0.086
ไดคลอโรมีเทน	7.155±0.263
เอทิลอะซิเตด	137.821±5.837
เอทานอล	646.827±27.718

หมายเหตุ : ตัวเลขที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย 3 การทดลอง ± SD



	Hexane	Dichloromethane	Ethyl acetate	Ethanol
ปริมาณฟีนอลิค (ugGAE/g)	4.136	7.155	137.821	646.827

ภาพที่ 4.3 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของเปลือกสะตอจากการสกัดด้วยตัวทำละลายต่างๆ

4.3.2 ผลการทดสอบสมบัติสารต้านอนุมูลอิสระ โดยวิธี DPPH radical scavenging activity

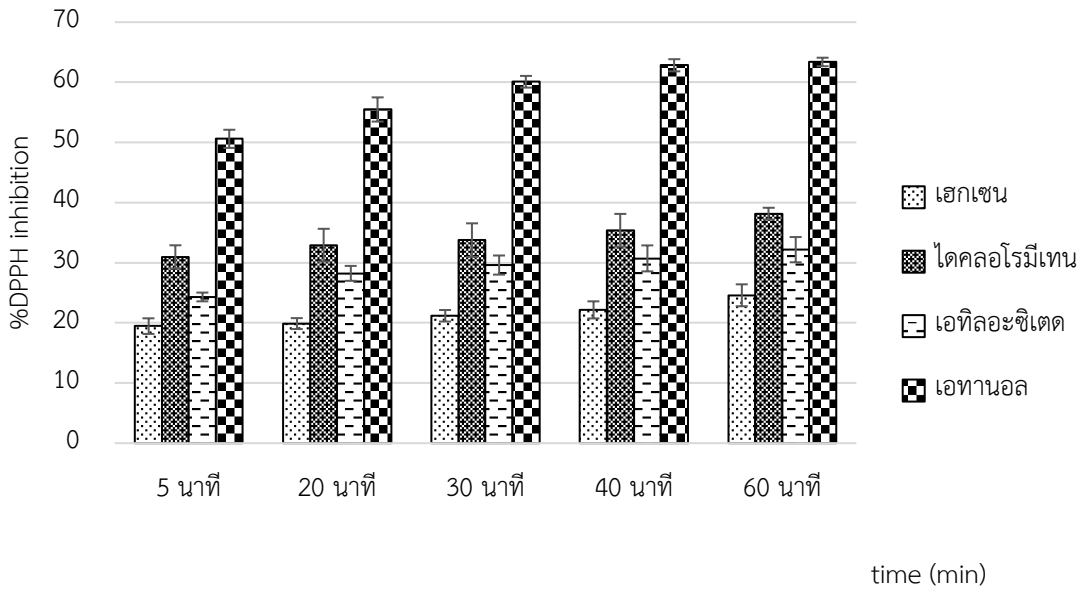
การวิเคราะห์ฤทธิ์ของสารต้านอนุมูลอิสระ โดยนำสารตัวอย่าง ที่เตรียมไว้แต่ละความเข้มข้นมาตัวอย่างละ 100 ไมโครลิตร ลงในคิวเวต จากนั้นเติมสารละลายมาตรฐาน DPPH 2 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 200 ไมโครลิตร แล้วเติม Methanol 2.8 มิลลิลิตร นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตรที่เวลา 5 20 30 40 และ 60 นาที ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ โดยใช้เมทานอลเป็น blank จากการตรวจสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากเปลือกสะตอ โดยแสดงปริมาณความเข้มข้นของสารตัวอย่างที่ทำให้สารต้านอนุมูลอิสระลดลง 50% (IC_{50}, 50% of inhibitory concentration) ซึ่งในการวิจัยนี้ใช้ trolox เป็น Positive control หรือตัวควบคุมเชิงบวกในการทดสอบใช้ DPPH เป็นอนุมูลอิสระที่มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวที่ได้จากการสังเคราะห์ขึ้น (Prapairat และคณะ, 2011) มีสีม่วงสามารถดูดกลืนแสงได้สูงสุดที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร และเมื่ออนุมูลอิสระทำปฏิกิริยากับสารต้านอนุมูลอิสระจะทำให้สีม่วงจางลงเป็นสีเหลืองนวลดังสมการ (บุหรัน พันธุ์สุวรรค์, 2556)

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

จากการตรวจสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในเปลือกสะตอที่สกัดด้วยตัวทำละลายต่างๆ ที่ความเข้มข้น 2 μg/ml โดยแสดงค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้ง DPPH (%DPPH inhibition) ดังแสดงในตารางที่ 4.3 และภาพที่ 4.4 พบว่า ค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้ง DPPH ของเปลือกสะตอที่สกัดด้วยเอทานอล มีเปอร์เซ็นการยับยั้งสูงสุดในทุกช่วงเวลา คือ 50.6 ± 1.51 - 63.38 ± 0.71 รองลงมาคือ เปลือกสะตอที่สกัดด้วยเอททิลอะซิเตด คือ 24.31 ± 0.73 - 32.17 ± 2.10% และเปลือกสะตอที่สกัดด้วยเฮกเซน มีค่าการยับยั้งน้อยที่สุด คือ คือ 12.73 ± 0.83 - 15.81 ± 1.69 % ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การสกัดด้วยตัวทำละลายเป็นวิธีการสกัดที่นิยมใช้ในการสกัดสารต้านอนุมูลอิสระจากพืช ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับธรรมชาติของตัวทำละลาย เนื่องจากองค์ประกอบของสารต้านอนุมูลอิสระและความเป็นขั้วของสารประกอบที่แตกต่างกัน (Sultana, *et al*., 2009) จึงทำให้ความเข้มข้นของตัวทำละลายที่ใช้สกัดมีผลต่อความสามารถต้านอนุมูลอิสระ

ตารางที่ 4.4 ฤทธิ์การยับยั้งสารต้านอนุมูลอิสระจากเปลือกสะตอจากการสกัดด้วยตัวทำละลายต่างๆ ที่ความเข้มข้น 2 μg/ml

ตัวทำละลาย	%DPPH inhibition				
	5 นาที	20 นาที	30 นาที	40 นาที	60 นาที
เฮกเซน	19.46±1.30	19.88±0.91	21.18±0.96	22.16±1.42	24.59±1.82
ไดคลอโรมีเทน	30.96±1.94	32.92±2.72	33.76±2.79	35.40±2.72	38.15±0.99
เอทิลอะซิเตด	24.31±0.73	28.23±1.24	29.61±1.59	30.72±2.16	32.17±2.10
เอทานอล	50.6±1.51	55.48±2.01	60.09±0.97	62.83±1.01	63.38±0.71

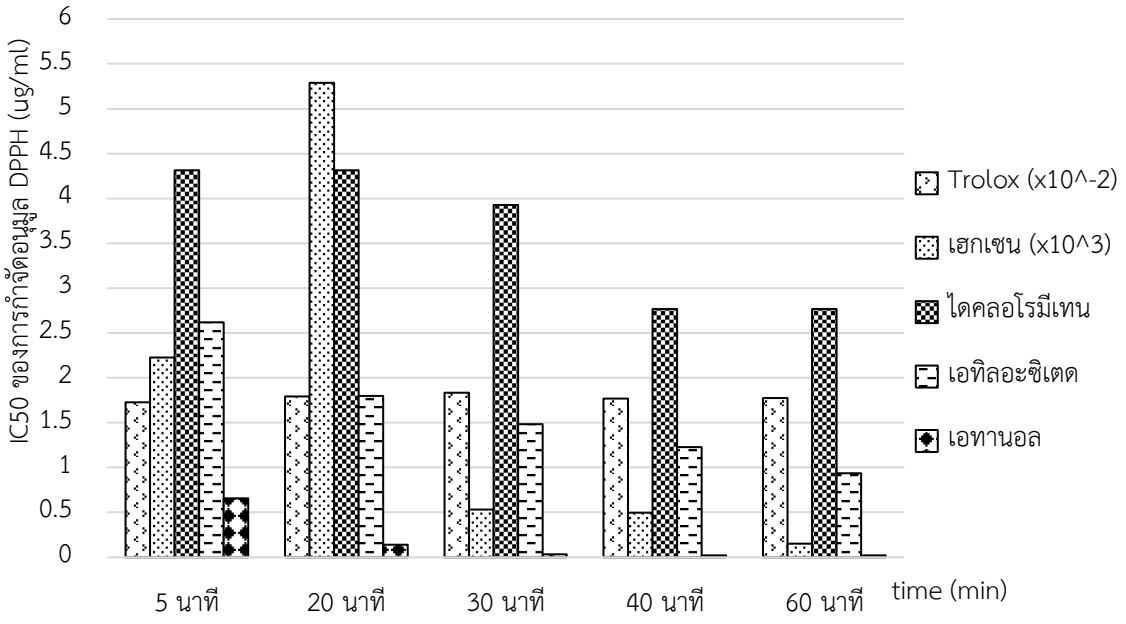


ภาพที่ 4.4 ฤทธิ์การยับยั้งสารต้านอนุมูลอิสระจากเปลือกสะตอจากการสกัดด้วยตัวทำละลายต่างๆ ที่ความเข้มข้น 2 μg/ml

จากผลการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในเปลือกสะตอที่สกัดด้วยตัวทำละลายเฮกเซน ไดคลอโรมีเทน เอทิลอะซิเตดและเอทานอล แสดงสมบัติการยับยั้ง (IC_{50}) ที่เวลา 5 20 30 40 และ 60 นาที ได้แตกต่างกัน (ตารางที่ 4.5 และภาพที่ 4.5) โดยพบว่า เปลือกสะตอที่สกัดด้วยเอทานอลมีสมบัติการยับยั้งอนุมูลอิสระดีกว่าเปลือกสะตอที่สกัดด้วยตัวทำละลายอื่นๆ โดยพบว่า ความเข้มข้นของสารที่สามารถยับยั้งสารต้านอนุมูลอิสระมีค่าอยู่ที่ 0.66 0.14 0.033 0.023 และ 0.0188 μg /ml ตามลำดับ โดยให้ผลสอดคล้องกับปริมาณฟีนอลิกโดยรวมที่มีมากที่สุดในเปลือกสะตอที่สกัดด้วยเอทานอล ผลการวิจัยในครั้งนี้สอดคล้องกับผลการวิจัยหลายงานวิจัยที่พบว่า พืชมีสารประกอบฟีนอลิกจะมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระสูง Djeridane *et al.,* 2006 และ Jasna *et al.,* 2007) และให้ผลสอดคล้องกับความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากแกลบ (husk) และรา (bran) จากข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่แสดงสมบัติยับยั้งอนุมูลอิสระสูงจากการวิเคราะห์ด้วยวิธี DPPH และ FRAP (Sunan Butsat และ Sirithon Siriamornpun, 2010)

ตารางที่ 4.5 สมบัติการยับยั้งอนุมูลอิสระ (IC_{50}) ของเปลือกสะตอที่สกัดด้วยตัวทำละลายต่างๆ

ตัวทำละลาย	IC_{50} ของการกำจัดอนุมูล DPPH (ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร)				
	5 นาที	20 นาที	30 นาที	40 นาที	60 นาที
Trolox	0.01729	0.01795	0.01833	0.01768	0.01773
เฮกเซน	2228.313	5286.967	533.789	498.698	150.055
ไดคลอโรมีเทน	4.315	4.315	3.93	2.765	2.765
เอทิลอะซิเตด	2.62	1.798	1.485	1.23	0.938
เอทานอล	0.66	0.14	0.033	0.023	0.0188



ภาพที่ 4.5 สมบัติการยับยั้งอนุมูลอิสระ (IC_{50}) ของเปลือกสะตอที่สกัดด้วยตัวทำละลายต่างๆ

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

จากวัตถุประสงค์ของการวิจัย เพื่อตรวจสอบสารพฤกษเคมี การออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากเปลือกสะตอ และศึกษาสารต้านอนุมูลอิสระจากสารสกัดที่ได้จากเปลือกสะตอ เพื่อนำสารตั้งต้นที่ได้จากสารสกัดสำคัญในการนำไปเป็นส่วนประกอบของการผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง/ต้นแบบผลิตภัณฑ์จากการนำเปลือกต้นสะตอ โดยสรุปและข้อเสนอแนะดังนี้

5.1 การเตรียมตัวอย่างเปลือกสะตอและการตรวจสอบสารพฤกษเคมีเบื้องต้น

ผลการศึกษาพบว่า สารสกัดจากเปลือกสะตอที่สกัดด้วยเฮกเซน ไดคลอโรมีเทน เอทิลอะซิเตด และเอทานอล ได้น้ำหนักหลังสกัด คือ 2.003, 2.145, 2.860 และ 5.528 กรัม คิดเป็น %Yield คือ 4.01, 4.29, 5.72 และ 11.06 ตามลำดับ และจากการทดสอบสารพฤกษเคมีเบื้องต้น 10 กลุ่ม คือ อัลคาลอยด์ ฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ แอนทราควิโนน คูมาริน ซาโปนิน แทนนิน เทอร์พีนอยด์ สเตอรอยด์ และคาร์ดิแอกไกลโคไซด์ โดยใช้ปฏิกิริยาการเปลี่ยนสีและการตกตะกอน พบสารพฤกษเคมีเบื้องต้น 9 กลุ่มคือ อัลคาลอยด์ ฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ คูมาริน ซาโปนิน แทนนิน เทอร์พีนอยด์ สเตอรอยด์ และคาร์ดิแอกไกลโคไซด์ แต่ไม่พบสารในกลุ่มแอนทราควิโนน

5.2 ผลการศึกษาการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านสารอนุมูลอิสระ

พบว่า เปลือกสะตอที่สกัดด้วยเอทานอลของเปลือกสะตอมีปริมาณสารประกอบฟีนอลรวมมากที่สุดเท่ากับ 117.003±6.14 ไมโครกรัมสมมูลของกรดแกลลิคต่อกรัมของส่วนสกัด รองลงมาคือเปลือกสะตอที่สกัดด้วยเอทิลอะซิเตด มีปริมาณสารประกอบฟีนอลรวม เท่ากับ 137.82±5.84 และเปลือกสะตอที่สกัดด้วยไดคลอโรมีเทน และเฮกเซน มีปริมาณสารประกอบฟีนอลรวม 7.15±0.26 และ 4.14±0.086 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิคต่อกรัมของส่วนสกัด ตามลำดับ และจากการตรวจสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในเปลือกสะตอที่สกัดด้วยตัวทำละลายต่างๆ ที่ความเข้มข้น 2 μg/ml โดยแสดงค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้ง DPPH (%DPPH inhibition) พบว่า ค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้ง DPPH ของเปลือกสะตอที่สกัดด้วยเอทานอล มีเปอร์เซ็นการยับยั้งสูงสุดในทุกช่วงเวลา คือ 50.6 ± 1.51 - 63.38 ± 0.71% รองลงมาคือ เปลือกสะตอที่สกัดด้วยเอททิลอะซิเตด คือ 24.31 ± 0.73 - 32.17 ± 2.10%

และเปลือกสะตอที่สกัดด้วยเฮกเซนมีค่าการยับยั้งน้อยที่สุด คือ 12.73 ± 0.83 - 15.81 ± 1.69 % ขณะที่เปลือกสะตอที่สกัดด้วยเอทานอลมีสมบัติการยับยั้งอนุมูลอิสระ (IC_{50}) ดีกว่าเปลือกสะตอที่สกัดด้วยตัวทำละลายอื่นๆ โดยพบว่า ความเข้มข้นของสารที่สามารถยับยั้งสารต้านอนุมูลอิสระมีค่าอยู่ที่ 0.66 0.14 0.033 0.023 และ 0.0188 µg /ml ที่เวลา 5 20 30 40 และ 60 นาที ตามลำดับ โดยให้ผลสอดคล้องกับปริมาณฟีนอลิกโดยรวมที่มีมากที่สุดในเปลือกสะตอที่สกัดด้วยเอทานอล

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. ระยะเวลาในการทำวิจัยค่อนข้างสั้น และงบประมาณค่อนข้างน้อย จึงทำให้ยังขาดผลการวิจัยบางส่วนที่จะสนับสนุนการพัฒนาไปเป็นผลิตภัณฑ์จากสารสกัดจากเปลือกสะตอได้

2. ในงานวิจัยต่อยอดจะนำสารสกัดไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางแล้วนำไปทดสอบหาปริมาณสารปนเปื้อนต่างๆ และเข้าสู่กระบวนการทดสอบอาการแพ้ เพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางที่นำออกสู่ท้องตลาดต่อไป

บรรณานุกรม

ขวัญใจ แซ่ลิ่ม. (2552:5). ผลของกระบวนการแปรรูปต่อสมบัติการต้านออกซิเดชันของสะตอ วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

นพมาศ สุนทรเจริญนนท์. (2544). ยาและผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติ (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: ภาควิชาเภสัชวินิจฉัย คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

บุหรัน พันธุ์สวรรค์. (2556). การตรวจวัดอนุมูลอิสระ สารต้านอนุมูลอิสระ และดัชนีความเครียดออกซิเดชัน. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 21(3), 276-284.

ประเสริฐ ศรีไพโรจน์. (2528). เทคนิคทางเคมี. มหาสารคาม: ภาควิชาเคมี, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยศรีนครินทร์วิโรฒ มหาสารคาม.

ปิยตา อารี และ วิชนี มีโต. (2557). การต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสของสารสกัดมะม่วงน้ำดอกไม้สุก (*Mangiferaindica Linn.*). ใน *การประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ* ครั้งที่ 1 (The 1st RUSNC). พระนครศรีอยุธยา หันตรา.

ปฏิวิทย์ ลอยพิมาย ทิพวรรณ ผาสกุล และราตรี มงคลไทย. (2554). เปรียบเทียบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระและสารประกอบฟีนอลิกรวมของเปลือกผลไม้. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร*, 42(2) (พิเศษ), 385-388.

มธุกร สายนาคา และ วรัญญา เนียมขา. (2020). ฤทธิ์ทางชีวภาพของผลิตภัณฑ์ธรรมชาติเพื่อการชะลอวัย. Science and Technology RMUTT Journal. Vol.10 No.1 (2020) : 170-182

ระวิวรรณ แก้วอมตวงศ์ และ ทรงพร จึงมั่นคง. (2549). ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH และปริมาณสารฟีนอลรวมของสารสกัดพืชสมุนไพรไทยบางชนิด. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี*, 8(2), 76-88.

รัตนา อินทรานุปกรณ์. (2547). การตรวจสอบและการสกัดสารสำคัญจากสมุนไพร. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วาทินี เสล่าษฎร์. (2559). การสกัด การตรวจสอบสารพฤกษเคมี ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และต้านเชื้อแบคทีเรียของทุเรียนเทศ. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยบูรพา

วรพร ศีลศร. (2554). การเตรียมสารสกัดมาตรฐานกล้วยไม้หวายม่วงแดงเพื่อใช้ประโยชน์ทางเครื่องสำอาง.วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง.

สุวดี โพธิ์วิจิตร ปิยานี รัตนชานอง อุดมลักษณ์ มาตย์สถิตย์ และ วีระศักดิ์ อัศววงศ์อารยะ. (2019). ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและการวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ของสารสกัดจากสมุนไพรไทยพื้นบ้านสะค้านและมะแขว่นในเขตท้องถิ่นภาคเหนือ. *Research Journal Rajamangala University of Technology Thanyaburi, 18(1),* 25-39.

Ana Miklavˇciˇc Višnjevec and Matthew Schwarzkopf (2020). Phenolic Compounds in Poorly Represented Mediterranean Plants in Istria: Health Impacts and Food Authentication, Molecules 2020, 25, 3645; doi:10.3390/molecules25163645

Ayoola, G.A., Coker, H.A.B., Adesegun, S.A., Adepoju-Bello, A.A., Obaweya, K., Ezennia, E.C., & Atangbayila, T.O. (2008). Phytochemical screening and antioxidant activities of some selected medicinal plants used for malaria therapy in southwestern Nigeria. Tropical Journal of Pharmaceutical Research, 7, 1019–1024.

Ayub Ali, K. Victoria Chanu, and L. Inaotombi Devi, (2011) “ Antioxidant capacities of vegetables consumed in north east India assessed by three different in vitro assays,” International Journal of Research in Pharmaceutical Sciences, vol. 2, no. 2, pp. 118–123

Hasim, Faridah DN, Kurniawati DA. (2015). Antibacterial activity of *Perkia speciosa* Hassk. Peel to *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus* bacteria Journal of Chem. Pharma Res 7: 239-243.

Gonda R, Takeda T, Akiyama T. (2000). Studies on the constituents of *Anaxagorea luzonensis* A. GRAY. *Chem Pharm Bull (Tokyo),* 48(8), 1219-1222.

Gulcin I. (2005). The antioxidant and radical scavenging activities of black pepper (*Piper nigrum*) seeds. *Int J Food Sci Nutr*, 56(7), 491-499.

Liliwirianis, N. L.W.Musa,W. Z.W. M. Zain, J. Kassim, and S. A. Karim, (2011) "Preliminary studies on phytochemical screening of ulam and fruit from Malaysia," E-Journal of Chemistry, vol. 8, no. 1, pp. S285–S288

Maisuthisakul P., S. Pasuk, and P. Ritthiruangdej (2008) Relationship between antioxidant properties and chemical composition of some Thai plants," Journal of Food Composition and Analysis, vol. 21, no. 3, pp. 229–240

Mah S.H. Teh S.S. and Ee G.C. (2017). Anti inflammatory, anti-cholinergic and cytotoxic effects of *Sida rhombifolia*. *Pharm Biol.* 55(1), 920-928.

Prasad, G. J., Amruta, S. W., Sanjay, S. P., & Prakash, G. C. (2014). Antioxidant, antimicrobial activity and in silico PASS prediction of *Annona reticulata* Linn. root extract. Beni suef university journal of basic and applied sciences, 3, 140-148.

Salehi B, Zakaria ZA, Gyawali R, Ibrahim SA, Rajkovic J, Shinwari ZK, et al. (2019). Piper Species: A Comprehensive Review on Their Phytochemistry, Biological Activities and Applications. *Molecules*, 24(7), 1-118.

Sousa, O. V., Vieira, G. D., Pinho, J. J. R. G., Yamamoto, C. H., & Alves, M. S. (2010). Ant nociceptive and anti-Inflammatory activities of the ethanol extract of *Annona muricata* L. leaves in animal models. International Journal of Molecular Sciences, 11, 2067-2078.

Sultana, B., Anwar, F., Ashraf, M. (2009). Effect of Extraction Solvent/Technique on the Antioxidant Activity of Selected Medicinal Plant Extracts. *Molecules*, 14(6), 2167- 2180.

Suchanuch Wonghirundecha, Soottawat Beniakul, Punnanee Sumpavapol, (2014). Total phenolic content, antioxidant and antimicrobial activities of stink bean (*Parkia speciosa* Hassk.) pod extacts. Songklanakarin Journal of Science and Technology; 36 (3):301-8

Tunsaringkarn T., S. Soogarun, A. Rungsiyothin, and A. Palasuwan, (2012) “ Inhibitory activity of Heinz body induction in vitro antioxidant model and tannin concentration of Thai mimosaceous plant extracts,” Journal of Medicinal Plants Research, vol.6, no. 24, pp. 4096–4101

Yusof Kamisah, Faizah Othman, Hj Mohd Saad Qodriyah, and Kamsiah Jaarin. (2013). *Parkia speciosa* Hassk.: A Potential Phytomedicine. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine Volume 2013

ประวัติผู้วิจัย

1. ชื่อ นามสกุล (ภาษาไทย) นางสาวนิสาพร มูหะมัด

ชื่อ นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Miss Nisaporn Muhamad

2. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์

3. หน่วยงานและสังกัด หลักสูตรวิทยาศาสตร์เครื่องสำอางและความงาม สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร

4. ประวัติการศึกษา

ปริญญาตรี วิทยาศาสตรบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ทั่วไป (เคมี-ชีววิทยา)) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ จ.สงขลา

ปริญญาโท วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ชีวเคมี) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ จ.สงขลา

ปริญญาเอก ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (ชีวเคมี) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ จ.สงขลา

5. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ

- ชีวเคมีทางด้านพืช
- เอนไซม์และโปรตีน
- การสกัดสารจากธรรมชาติ
- กระบวนการบำบัดน้ำเสียโดยวิธีชีวภาพ

6. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

6.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย : ไม่มี

6.2 หัวหน้าโครงการวิจัย : สารต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์การยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสในสารสกัดจากเปลือกกล้วยหินสำหรับการตั้งตำรับโลชั่นสูตรผิวกระจ่างใส

6.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว

- การกำจัดสีย้อมโดยใช้กระบวนการทางชีวภาพและการดูดซับจากเปลือกกล้วยหิน (2560) งบแผ่นดิน มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

- การดูดซับสีย้อมโดยใช้กากชา (2559) งบบำรุงการศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

ประวัติผู้วิจัย

1. ชื่อ นามสกุล (ภาษาไทย) นางสาวอุบล ตัน

ชื่อ นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Miss Ubol Tansom

2. ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์

3. หน่วยงานและสังกัด หลักสูตรเคมี สาขาวิชาเคมี
คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร

4. ประวัติการศึกษา

ปริญญาตรี การศึกษาบัณฑิต สาขาเคมี มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ สงขลา

ปริญญาโท วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ (ชีวเคมี)
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ จ.สงขลา

5. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ

- พลังงานทดแทนแก๊สชีวภาพ
- การสกัด น้ำมันหอมระเหย
- ผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ

6. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

6.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย : ไม่มี

6.2 หัวหน้าโครงการวิจัย : ฤทธิ์ยับยั้งจุลินทรีย์ของสารสกัดจากเมล็ดคำแสด

6.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว

2553 การวิเคราะห์ชนิดของสารต้านอนุมูลอิสระจากดอกดาหลา

2553 การวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนในเห็ดนางฟ้า เห็ดนางรมและเห็ดฟาง

2554 การวิเคราะห์หาชนิดของสารประกอบฟีนอลิกในดอกดาหลา

2555 ประสิทธิภาพของสารสกัดจากเปลือกมังคุดต่อการต้านเชื้อจุลินทรีย์

2557 ฤทธิ์ยับยั้งจุลินทรีย์ของสารสกัดจากเมล็ดคำแสด

ประวัติผู้วิจัย

1. ชื่อ นามสกุล (ภาษาไทย) นางสาวปิยศิริ สุนทรนนท์ สินไชย

   ชื่อ นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Ms Piyasiri Soontornnon Sinchai

2. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์

3. หน่วยงานและสังกัด หลักสูตรวิทยาศาสตร์ทั่วไป สาขาวิชาเคมี
   คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร

4. ประวัติการศึกษา

ปริญญาตรี ปริญญาตรี (วท.บ.เคมี) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่ จ.สงขลา

ปริญญาโท ปริญญาโท (วท.ม. ชีวเคมี) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่ จ.สงขลา

5. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ

   - การสกัดสารต้านอนุมูลอิสระ

6. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

   2551 สารต้านอนุมูลอิสระในดอกดาหลา

   2553 การวิเคราะห์ชนิดของสารต้านอนุมูลอิสระจากดอกดาหลา

   2554 การวิเคราะห์หาชนิดของสารประกอบฟีนอลิกในดอกดาหลา

   2555 การวิเคราะห์ชนิดของสารต้านอนุมูลอิสระจากผลพิลังกาสา

   2556 การผลิตถ่านเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเศษผักผลไม้

ประวัติผู้วิจัย

1. ชื่อ นามสกุล (ภาษาไทย) นายลิขิต ลาเต๊ะ

   ชื่อ นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Mr. Likit Lateh

2. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์

3. หน่วยงานและสังกัด หลักสูตรวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม สาขาวิชาเคมี
   คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร

4. ประวัติการศึกษา

   ปริญญาเอก ปรด. (เภสัชศาสตร์) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (รออนุมัติจบ)

   ปริญญาโท วท.ม. (เภสัชศาสตร์) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

   ปริญญาตรี วท.บ. (วิทยาศาสตร์ เคมี-ชีวิทยา) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

5. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ

   - เภสัชเคมีและผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ
   - การควบคุมมาตรฐานสมุนไพร (active constituent-rich herbal extracts)
   - การพัฒนาผลิตภัณฑ์และการต่อยอดภูมิปัญญาท้องถิ่น

6. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

   -

ประวัติผู้วิจัย

1. ชื่อ นามสกุล (ภาษาไทย) นางวรรณกัษมา ฮารน

ชื่อ นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Mrs. Wankassama Haron

2. ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์

3. หน่วยงานและสังกัด หลักสูตรวิทยาศาสตร์เครื่องสำอางและความงาม
สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร

4. ประวัติการศึกษา

ปริญญาตรี 1	วท.บ. (เคมี) มหาวิทยาลัยทักษิณ
ปริญญาตรี 2	ร.บ. (ทฤษฎีและเทคนิคทางรัฐศาสตร์) มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
ปริญญาโท	วท.ม. (เคมี) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ปริญญาเอก	ปร.ด. (เคมี) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

5. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ

เคมี, เคมีอินทรีย์, เคมีสิ่งแวดล้อม และวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง

6. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

6.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย : ไม่มี

6.2 หัวหน้าโครงการวิจัย : การกำจัดโลหะหนักมีพิษในน้ำโดยใช้ผลิตภัณฑ์ธรรมชาติเป็นตัวดูดซับ

6.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว

1. การกำจัดโลหะหนักมีพิษในน้ำโดยใช้ผลิตภัณฑ์ธรรมชาติเป็นตัวดูดซับ. ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจาก ทุนบำรุงการศึกษา สถาบันวิจัยและพัฒนาชายแดนใต้ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา ปีงบประมาณ 2561. (สัดส่วนการมีส่วนร่วม : ร้อยละ 70)

2. การสังเคราะห์และวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของสารประกอบนาโนออกไซด์ของนิกเกิล (NiO – general oxide, $LaNiO_3$ –perovskite และ $NiAl_2O_4$ – spinel) เพื่อนำไปใช้เป็นตัวดูดซับโลหะหนักมีพิษในน้ำ. ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจาก ทุนงบประมาณแผ่นดิน ปีงบประมาณ 2562 มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา. (สัดส่วนการมีส่วนร่วม : ร้อยละ 100)