ผลผลิตและคุณสมบัติของแป้งสาคูระยะต่าง ๆ ในจังหวัดนครศรีธรรมราช
Yields and Properties of Sago Flour (*Metroxylon sagu* Rottb.) on the Different Stages of Sago Palm Tree in Nakhon Si Thammarat Province

ฉัตรชัย สังข์ผุด[1*] จีราภรณ์ สังข์ผุด[1] และ อนุสรณ์ บรรลือพืช[1]
Chatchai Sungpud[1*], Jeeraporn Sungpud[1] and Anusorn Banluepuech[1]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้ประโยชน์จากส่วนต่าง ๆ ของต้นสาคู ในจังหวัดนครศรีธรรมราช ภาคใต้ของประเทศไทย โดยศึกษาในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโต มีการวัดขนาดน้ำหนักของต้นสาคู ผลผลิตแป้ง คุณสมบัติทางเคมีกายภาพ และฤทธิ์ทางชีวภาพของแป้งสาคูที่เจริญต่างกัน 3 ระยะคือ ระยะ 1 (อายุ 6-7 ปี) ระยะ 2 (ก่อนออกดอกอายุ 8-9 ปี) และระยะ 3 (ออกดอกเขากวางอายุมากกว่า 9 ปี) ผลการวิจัยพบว่าต้นสาคูระยะ 1 2 และ 3 มีน้ำหนักทั้งต้น 654.45±72.81 780.70±92.53 และ 922.00±152.62 กิโลกรัมต่อต้น คำนวณเป็นน้ำหนักเนื้อ 525.46±55.49 628.40±34.50 และ 714.61±40.53 กิโลกรัมต่อต้น ตามลำดับ เมื่อนำมาสกัดแป้งพบว่า ผลผลิตแป้งสาคูระยะ 3 มีค่าสูงสุดร้อยละ 19.77±0.68 ของน้ำหนักเนื้อ ผลการทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพของแป้งสาคูพบว่าแป้งสาคูระยะ 2 มีปริมาณฟีนอลิกสูงสุด 133.57±22.89 มิลลิกรัม GAE/100 กรัม มีฤทธิ์การยับยั้งอนุมูลอิสระ (% DPPH radical scavenging activity) ที่ระดับความเข้มข้น 100 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร เท่ากับร้อยละ 62.60±11.21 ค่าสี (CIE L*, a*, b*) มีค่าความสว่าง (L*) ในช่วง 89.12-90.17 ค่า a* ในช่วง 1.49-4.30 และค่า b* ในช่วง 6.35-7.36 แป้งสาคูระยะ 1 และ 2 มีลักษณะสีขาวนวล ส่วนแป้งสาคูระยะ 3 มีสีขาวอมชมพูเล็กน้อย ผลการตรวจสอบรูปร่างและขนาดของเม็ดแป้งสาคูด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดชนิดฟิลด์อีมิสชัน พบว่าแป้งมีลักษณะพื้นผิวเรียบมีรูปร่างของเม็ดแป้งเป็นรูปไข่ เม็ดแป้งระยะ 1 2 และ 3 มีขนาด 12-42 6-37 และ 15-47 ไมโครเมตร ตามลำดับ งานวิจัยนี้สรุปได้ว่าการเก็บเกี่ยวแป้งสาคูควรเลือกใช้ต้นสาคูระยะ 2-3 ผลผลิตแป้งสาคูสูง สารประกอบฟีโนลิกและความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระสูง ซึ่งมีคุณสมบัติเหมาะสำหรับนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเครื่องสำอางและอาหารทางเลือกสำหรับคนรักสุขภาพ

คำสำคัญ: ผลผลิต แป้งสาคู คุณสมบัติ

[1] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช
[*] Corresponding author e-mail: Chatchai-sung@hotmail.com

Received: 12 February 2019, Revised: 4 April 2019, Accepted: 24 April 2019

Abstract

The objective of this research is to know the utilization of sago palm tree from Nakhon Si Thammarat province, southern Thailand. Our aim is to investigate the production of sago flour from palm trees of different growth stages. This research also identifies the physicochemical properties of sago flour produced from three different growth staged palm trees; 1st stage: the plants aged from 6-7 years, 2nd stage: the plants before starting of flowering period and 3rd stage: starting from flowering stage to antler shape period. Sago was collected from stem base, central trunk, and stem end. The whole body weight (mean ± standard deviation) of 1st, 2nd and 3rd staged plants were 654.45±72.81, 780.70±92.53 and 922.00±152.62 kg/tree, respectively, and debarked parts weight were 525.46±55.49, 628.40±34.50 and 714.61±40.53 kg/tree, respectively. During comparing the sago production from three staged plants, 3rd staged plants produced the highest percentage of sago (19.77± 0.68%). When phenolic compound and antioxidant activity of sago flour were compared, it was observed that 2nd staged plants produced the highest amount of phenolic compound (133.57±22.89 mg GAE/100 g) and highest percentage of antioxidant (62.60±11.21%). Antioxidant was measured in terms of % radical scavenging activity at 100 mg/ml. Color values (CIE L*, a*, b*) of sago flour produced from different staged plants were different. Sago flour found from 1st and 2nd staged plants were more white (L*-1st stage: 90.17±0.80, 2nd stage: 89.86±0.69; a*-1st stage: 1.49±0.87, 2nd stage: 2.10±1.48; b*-1st stage: 7.03±0.83, 2nd stage: 7.36±1.23), while sago flour produced from 3rd staged plants were pinkish-white (L* 89.12±1.16, a* 4.30±1.90, and b* 6.35±1.76). Study of the shape and size of sago starch granules with field emission scanning electron microscope found that sago flour had smooth surface and oval shape. During measuring the particle sizes of flour granules (found from 1st, 2nd and 3rd staged plants) the sizes were observed about 12-42, 6-37 and 15-47 micrometer, respectively. This study confirms that during sago harvesting, people should choose 2nd and 3rd staged plants due to higher sago yield, as well as due to higher phenolic compound and antioxidant activity in sago flour which could be beneficial for cosmetic production and for the people who are health-conscious.

Keywords: Yield, Sago palm flour, Properties

บทนำ

ปาล์มสาคู (sago palm) เป็นพืชตระกูลปาล์ม (Arecaceae) แบ่งเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ ชนิดก้านใบ (ทาง) ไม่มีหนามมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Metroxylon sago* Rottb. กับชนิดก้านใบมีหนาม มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *M. rumphii* Mart. สาคูทั้งสองชนิดนี้เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว ช่วงต้นยังเล็กอยู่ลักษณะเหมือนต้น (กอ) จาก เมื่อมีอายุหรือต้นแก่จะมีลำต้นตรงเหมือนกับต้นมะพร้าว มีขนาดเส้นรอบวง 90-120 เซนติเมตร สูง 7-15 เมตร อายุ 10-15 ปี ในลำต้นมีแป้งสะสมปริมาณมาก ท้องถิ่นต่าง ๆ ที่มีต้นพืชสาคู พบว่า มีการนำแป้งจากต้นสาคู มาใช้เป็นอาหารมนุษย์ และอาหารสัตว์มานานหลายพันปี และยังค้นพบหลักฐานทางโบราณวัตถุว่ามนุษย์ใช้สาคูเป็นอาหารก่อนการปลูกข้าว (Yang *et al*., 2013) ขั้นตอนการผลิตแป้งจากต้นสาคูทั้งแบบวิธีพื้นบ้าน วิธีพัฒนา และวิธีที่ใช้ในระดับอุตสาหกรรม มีหลักการไม่แตกต่างกัน คือ เลือกต้นสาคูที่อายุประมาณ 9 ปีขึ้นไป โดยสังเกตได้จากดอกที่พัฒนาขึ้นมาบริเวณยอดของลำต้น จากนั้นโค่นต้นสาคู แล้วตัดให้เป็นท่อน ๆ ยาวประมาณ 1-1.2 เมตร ปอกเปลือกนำเนื้อสาคูมาบดหรือขูดให้ละเอียด แล้วคั้นชะล้างแป้งกับน้ำ ซึ่งสังเกตจากน้ำสีขาวขุ่นออกมา กรองด้วยตะแกรงหรือผ้ากรอง เก็บส่วนที่เป็นน้ำ ตั้งทิ้งให้ตกตะกอนแป้งที่ก้นภาชนะ รินน้ำทิ้งและเปลี่ยนน้ำล้างจนกว่าแป้งจะขาวบริสุทธิ์ จากนั้นนำไปทำแห้งด้วยวิธีการอบหรือตากแดด โดยให้มีค่าความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 15 บดเป็นผงร่อนแยกขนาดอนุภาคด้วยตะแกรงร่อนแล้วบรรจุ ผลจากการเก็บข้อมูลเบื้องต้นในพื้นที่จังหวัดนครศรีธรรมราชของคณะผู้วิจัย พบว่า วัตถุดิบเนื้อสาคู 100 กิโลกรัม สกัดแป้งได้ 15-20 กิโลกรัม ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับปริมาณและคุณภาพของแป้งสาคูมีหลายประการ จากการศึกษาด้วยการสัมภาษณ์ ทบทวนวรรณกรรมจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และการทดลองปฏิบัติเบื้องต้น พบว่า ระยะอายุของต้นสาคู ส่วนต่าง ๆ ของต้นสาคู สภาพของพื้นที่ปลูก วิธีการเก็บรักษาต้นสาคู เครื่องมือ อุปกรณ์และกระบวนการผลิตแป้ง มีบทบาทสำคัญต่อปริมาณและคุณภาพของแป้ง (กล้าณรงค์ และคณะ, 2542)

เมื่อต้นสาคูมีอายุตั้งแต่ระยะ 4.5 ปี ขึ้นไป จะเริ่มสร้างเม็ดแป้งแทรกสะสมไว้ในช่องว่างระหว่างเส้นใยของลำต้น องค์ประกอบของแป้งสาคูบริสุทธิ์โดยเฉลี่ยมีอะไมโลสประมาณร้อยละ 24 และ 31 (Karim *et al.,* 2008) ต้นสาคูระยะออกดอกเขากวางอายุประมาณ 7 ปี มีปริมาณแป้งสะสมสูงสุด สามารถนำมาสกัดแป้งได้ประมาณ 75-100 กิโลกรัม ขึ้นอยู่กับขนาดและความสมบูรณ์ของลำต้น หากใช้ลำต้นที่มีอายุ 4.5-6.5 ปี สกัดแป้งได้เพียง 40-50 กิโลกรัมต่อต้น นอกจากได้ปริมาณของแป้งที่แตกต่างกันแล้วสีของแป้งก็แตกต่างกันด้วย โดยแป้งที่สกัดจากต้นสาคูที่ยังไม่สมบูรณ์เต็มที่จะมีสีขาวนวล แต่หากใช้ต้นสาคูที่ออกดอกจะได้แป้งที่มีลักษณะสีชมพูอ่อน เนื่องจากต้นสาคูจะสร้างและสะสมสารกลุ่มฟีนอลิก (Karim *et al.,* 2008) ในปริมาณที่เพิ่มสูงขึ้นตามอายุของลำต้น และเมื่อพิจารณาจากส่วนต่าง ๆ ภายในลำต้นของสาคู พบว่า ส่วนกลางของลำต้นมีปริมาณแป้งสะสมมากที่สุด รองลงมาคือ ส่วนโคนต้น และส่วนปลายของลำต้น

เมื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติของแป้งสาคูในประเทศมาเลเซียที่ระยะการเจริญแตกต่างกัน 4 ช่วง คือ ต้นสาคูที่มีอายุการปลูก 10 ปี ระยะเวลาการเจริญของลำต้น 4.5 ปี ลำต้นสามารถเจริญได้ประมาณร้อยละ 75 ต้นสาคูมีอายุการปลูก 12 ปี ระยะเวลาการเจริญของลำตัน 6.5 ปี (ก่อนออกดอก) ต้นสาคูมีอายุการปลูก 12.5 ปี ระยะเวลาการเจริญของลำตัน 7 ปี (ออกดอกเขากวาง) และต้นสาคูที่มีอายุการปลูก 14 ปี ระยะเวลาการเจริญของลำต้น 8.5 ปี (ออกผล) มีปริมาณความชื้น โปรตีน เถ้า

และไขมัน แตกต่างกันเล็กน้อยมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 15.62-16.96 0.05-0.09 0.12-0.18 และ 0.17-0.24 ตามลำดับ มีปริมาณแป้งไม่แตกต่างกัน คือร้อยละ 92-94 แป้งสาคูมีลักษณะรูปร่างของเม็ดแป้งเป็นรูปไข่ อนุภาคกระจายขนาดตั้งแต่ 20-60 ไมโครเมตร ซึ่งมีขนาดใหญ่กว่าเมื่อเทียบกับอนุภาคของแป้งข้าวเจ้า (3-10 ไมโครเมตร) แต่มีขนาดเล็กกว่าแป้งมันฝรั่ง (15-85 ไมโครเมตร) เมื่อต้นสาคูมีอายุมากขึ้นจนถึงระยะออกผลที่สมบูรณ์ ขนาดเฉลี่ยของอนุภาคเม็ดแป้งส่วนใหญ่จะมีขนาดที่โตขึ้น (Uthumporn *et al*., 2014)

ปัจจุบันยังขาดข้อมูลเชิงพื้นที่เกี่ยวกับปริมาณและคุณภาพของแป้งในต้นสาคูที่ปลูกในประเทศไทย โดยเฉพาะจังหวัดนครศรีธรรมราชและใกล้เคียง ดังนั้นความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับปริมาณผลผลิตแป้งและคุณสมบัติขั้นพื้นฐานของแป้งสาคู ได้แก่ คุณสมบัติด้านเคมีกายภาพ รูปร่างและขนาดของเม็ดแป้ง คุณสมบัติการออกฤทธิ์ทางชีวภาพของสารประกอบในแป้งที่ได้จากต้นสาคู อายุของต้น และตำแหน่งของต้น จะเป็นข้อมูลที่ช่วยส่งเสริมให้เกิดการตระหนักรู้และเกิดการสร้างสรรค์ประยุกต์ใช้ประโยชน์จากแป้งสาคูในด้านต่าง ๆ ได้อย่างหลากหลาย ซึ่งนักวิจัยคาดว่าพืชสาคูน่าจะเป็นตัวอย่างพืชทางเลือกใหม่สำหรับเกษตรกรชาวจังหวัดนครศรีธรรมราชและชาวปักษ์ใต้ที่ต้องการประกอบอาชีพสร้างรายได้พึ่งตนเองอย่างยั่งยืน

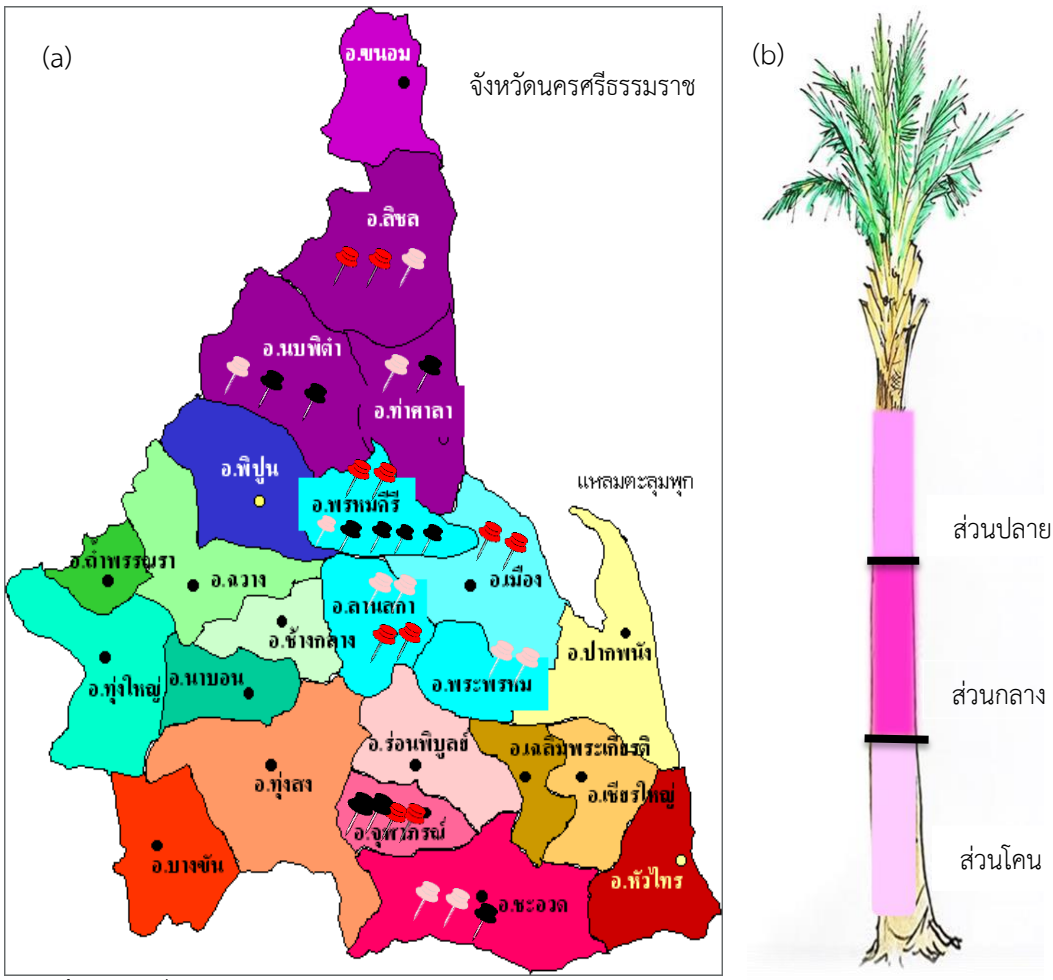
วิธีดำเนินการวิจัย

1. การวางแผนการทดลอง

การวางแผนการทดลองแบบบล็อกสมบูรณ์ (RCBD) แบ่งเป็น 3 บล็อก ๆ ละ 10 ซ้ำ ๆ ละ 1 ต้น โดยเก็บตัวอย่างต้นสาคูสายพันธุ์ *M. sago* Rottb. ที่เจริญแตกต่างกัน 3 ระยะ คือ ระยะ 1 (อายุประมาณ 6-7 ปี) จากอำเภอเมือง จุฬาภรณ์ ลานสกา สิชล และพรหมคีรี (ภาพที่ 1 a) ระยะ 2 (อายุประมาณ 8-9 ปี หรือก่อนออกดอก) จากอำเภอพรหมคีรี ท่าศาลา ลานสกา จุฬาภรณ์ นบพิตำ และชะอวด และระยะ 3 (อายุมากกว่า 9 ปีหรือออกดอกเขากวาง) จากอำเภอเมือง ท่าศาลา พรหมคีรี สิชล จุฬาภรณ์ ลานสกา นบพิตำ และชะอวด จังหวัดนครศรีธรรมราช ระยะละ 10 ต้น

2. การเตรียมต้นสาคู

ทำการโค่นต้นสาคูโดยใช้เครื่องเลื่อยไฟฟ้า เลื่อยบริเวณโคนต้นสาคู ทำการวัดขนาดความยาวของลำต้น หั่นให้เป็นท่อน ๆ แต่ละท่อนมีความยาวท่อนละ 60 เซนติเมตร ทำเครื่องหมายเก็บตัวอย่างจากส่วนต่าง ๆ ของลำต้น 3 ส่วน คือ ส่วนโคน กลาง และปลายของลำต้น (ภาพที่ 1 b) ทำการเลาะเอาส่วนกาบนอกของต้นสาคูออก ชั่งน้ำหนักท่อนสาคูทุกท่อน เพื่อหาค่าน้ำหนักเฉลี่ยของลำต้น วัดขนาดเส้นรอบวง และเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อนสาคูทั้ง 3 ส่วน ที่เก็บตัวอย่างมา นำแต่ละท่อนมาผ่าออกเป็นพู เพื่อนำไปขูดเอาเฉพาะเนื้อแป้งโดยใช้เครื่องขูดไฟฟ้า



ภาพที่ 1 แผนที่การเก็บตัวอย่างต้นสาคู (a) และการแบ่งส่วนต่าง ๆ ของลำต้นสาคู (b)

หมายเหตุ: จุดเก็บตัวอย่างต้นสาคูระยะที่ 1 อายุประมาณ 6-7 ปี
จุดเก็บตัวอย่างต้นสาคูระยะที่ 2 อายุประมาณ 8-9 ปี หรือระยะกำลังจะออกดอก
จุดเก็บตัวอย่างต้นสาคูระยะที่ 3 ระยะออกดอกเขากวาง

3. การเตรียมแป้งสาคู

ชั่งน้ำหนักเนื้อสาคูทั้งหมดเพื่อนำมาหาปริมาณผลผลิตแต่ละระยะของต้นสาคู โดยชั่งน้ำหนักเนื้อ แล้วสุ่มตัวอย่างเนื้อสาคูบดมาท่อนละ 3 กิโลกรัม โดยแบ่งเป็น 3 ซ้ำ ๆ ละ 1 กิโลกรัม เพื่อทำการวิเคราะห์หาปริมาณผลผลิต ชั่งน้ำหนักเนื้อสาคูสด นำมาตำให้ละเอียด คั้นกับน้ำด้วยวิธีการตีปั่นด้วยเครื่องปั่นความเร็วสูงความเร็วรอบ 1,600 รอบต่อนาที แล้วนำมาคั้นด้วยมืออีกรอบ กรองผ่านผ้ากรอง เติมน้ำล้าง และคั้น 3 ครั้ง เก็บส่วนที่เป็นน้ำทั้งหมดกรองด้วยตะแกรงขนาด 20 ไมโครเมตร รอให้แป้งตกตะกอนเกาะตัวแน่นจมอยู่ที่ก้นภาชนะ รินน้ำทิ้งและเปลี่ยนน้ำ คนให้แป้งลอย รอให้ตกตะกอนอีกครั้ง เพื่อแยกสีและสิ่งสกปรกออกจะได้แป้งบริสุทธิ์ที่ขาวสะอาด อบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนอุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส จนมีค่าความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 5 ชั่งน้ำหนักแป้งสาคูหลังอบแห้ง นำมา

คำนวณหาปริมาณผลผลิตแป้งสาคู (% yield) ร่อนแยกขนาดอนุภาคด้วยตะแกรงร่อน 500 ไมโครเมตร บรรจุถุงโพลีเอทธิลีนเพื่อใช้สำหรับการทดลอง

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

4.1 ข้อมูลขนาดและปริมาณผลผลิต เกี่ยวกับความยาวลำต้น (เมตร) น้ำหนักสาคูทั้งต้น (กิโลกรัม) น้ำหนักเนื้อสาคูทั้งต้น (กิโลกรัม) ผลผลิตแป้งจากส่วนต่าง ๆ ของต้นสาคู (ร้อยละ) และผลผลิตแป้งต่อต้น (กิโลกรัม)

4.2 ข้อมูลเกี่ยวกับคุณภาพด้านฤทธิ์ทางชีวภาพ นำตัวอย่างแป้งจากส่วนต่าง ๆ ของลำต้นมาวิเคราะห์ทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพ ดังต่อไปนี้

1) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดด้วยวิธี Folin-Ciocalteau colotimetric ตามวิธีของ Soong and Barlow (2004) โดยปิเปตสารสกัดที่ละลายด้วยเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 80 ปริมาตร 100 ไมโครลิตร เติมสารละลาย Folin (Folin-Ciocalteau reagent: น้ำกลั่น 1:10 โดยปริมาตร) ปริมาตร 2 มิลลิลิตร บ่มที่อุณหภูมิห้อง 5 นาที เติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต ความเข้มข้นร้อยละ 15 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ปั่นผสมให้เข้ากัน บ่มอุณหภูมิห้องในที่มืด 60 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร โดยใช้สารละลายกรดแกลลิก (gallic acid) เป็นสารละลายมาตรฐาน (0 20 40 60 80 และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร) คำนวณปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในหน่วยมิลลิกรัมของกรดแกลลิก (gallic acid equivalent, GAE) ต่อ 100 กรัมของตัวอย่าง

2) 1,1-diphenyl-2-picrydrazyl (DPPH) radical scavenging capacity assay ตามวิธีของ Agbor *et al.* (2006) โดยปิเปตสารสกัดที่ละลายด้วยเอทานอลปริมาตร 100 ไมโครกรัม และเติมสารละลาย DPPH (100 ไมโครโมลาร์ในเมทานอล ทำการเจือจางด้วยเมทานอล จนมีค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นเป็น 515 นาโนเมตร เป็น 0.685-0.687 ปริมาตร 4 มิลลิลิตร ปั่นผสมให้เข้ากัน และบ่มอุณหภูมิห้องในที่มืด 30 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร โดยใช้สารละลายแอสคอร์บิก (วิตามินซี) เป็นสารละลายมาตรฐาน (ความเข้มข้น 0 0.1 0.2 0.3 0.4 และ 0.5 ไมโครโมลาร์) คำนวณความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ DPPH ของแป้งในหน่วยไมโครโมลาร์ของกรดแอสคอร์บิก (ascorbic acid equivalent antioxidant capacity; AEAC) ต่อ 100 กรัมของตัวอย่าง และคำนวณในรูปร้อยละของการยับยั้งอนุมูลอิสระ (% radical scavenging activity) วัดค่าความเข้มข้นของสารสกัดที่สามารถยับยั้งอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 จากปริมาณอนุมูลอิสระเริ่มต้น (IC_{50})

4.3 ข้อมูลเกี่ยวกับคุณสมบัติทางเคมีกายภาพ นำตัวอย่างแป้งจากส่วนต่าง ๆ ของลำต้นมาวิเคราะห์ ดังต่อไปนี้

1) วัดค่าสี ระบบ CIE L*a*b* โดยใช้เครื่อง colorimeter

2) วัดขนาดและรูปร่างของอนุภาค เม็ดแป้งด้วยเครื่องกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราดชนิดฟิลด์อีมิสชัน (field emission scanning electron microscope; FESEM)

5. วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์สถิติ SPSS เวอร์ชัน 20.0

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

1. ข้อมูลต้นสาคู

พบว่าระยะ 1 2 และ 3 มีเส้นรอบวงเฉลี่ย 138.93±1.55 145±5.65 และ 138.70±5.09 เซนติเมตรต่อต้น และเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นเฉลี่ย 43.00±0.70 43.47±1.16 และ 43.07±1.70 เซนติเมตรต่อต้น (ตารางที่ 1) สอดคล้องกับงาน Michiel (1997) พบว่า ต้นสาคูมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 35-60 เซนติเมตร ต้นสาคูระยะ 3 มีน้ำหนักเฉลี่ยท่อนสาคูแต่ละส่วนสูงสุดเท่ากับ 317.13±56.91 กิโลกรัม และน้ำหนักเนื้อสาคูระยะ 3 มีค่าสูงสุดเท่ากับ 246.68±44.30 กิโลกรัม โดยมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) กับระยะ 1 และ 2 ซึ่งสัมพันธ์กับการวิจัยของนิพนธ์ และคณะ (2552) ที่วัดค่าเฉลี่ยน้ำหนักเปลือกเท่ากับ 200.90 กิโลกรัม

2. ผลผลิตแป้งสาคู

พบว่าแป้งสาคูระยะ1 มีผลผลิตแป้งส่วนโคนและกลางสูงสุด มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) กับส่วนปลาย โดยมีค่าเท่ากับร้อยละ 15.46±3.52 15.452.45 และ 3.85±0.69 ตามลำดับ คิดเป็นผลผลิตแป้งเฉลี่ยต่อต้นร้อยละ 11.59±6.70 ส่วนแป้งสาคูระยะ 2 มีผลผลิตแป้งจากส่วนโคน กลาง และปลายไม่มีความแตกต่างทางสถิติคือร้อยละ 20.06±1.77 20.00±4.62 และ 17.46±4.47 (ตารางที่ 2) ผลผลิตแป้งเฉลี่ยร้อยละ 19.77±0.68 และสาคูระยะ 3 ผลผลิตแป้งจากส่วนโคน กลาง และปลาย ไม่มีความแตกต่างทางสถิติคือร้อยละ 20.06±5.90 20.25±4.51 และ 18.99±5.56 สอดคล้องกับงานวิจัยของเปลื้อง และมงคล (2557) ที่พบว่าแป้งสาคูมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 20 ต้นสาคูระยะ 3 มีน้ำหนักทั้งต้นสูงสุดเท่ากับ 922.00±152.62 กิโลกรัม โดยมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) กับระยะ 1 และ 2 ทั้งนี้อาจเนื่องจากต้นสาคูระยะออกดอกเขากวางมีการสร้างแป้งและสะสมไว้ที่ลำต้นเพิ่มขึ้นตามอายุของต้นสาคู โดยใกล้เคียงกับรายงานวิจัยของเปลื้อง และคณะ (2558) ซึ่งพบว่าน้ำหนักเนื้อสาคูทั้งต้นเท่ากับ 890 กิโลกรัม

ตารางที่ 1 ขนาดและน้ำหนักของต้นสาคูระยะต่าง ๆ

ระยะการเจริญ	ส่วนต่าง ๆ	เส้นรอบวง (ซม.)^{ns}	เส้นผ่านศูนย์กลาง (ซม.)^{ns}	น้ำหนักต้นสาคูแต่ละส่วน (กก.)	น้ำหนักเนื้อสาคู (กก.)
ระยะ 1 (อายุ 6-7 ปี)	โคน	137.20±8.72	42.30±1.57	216.80±48.83^{a}	174.64±40.16^{a}
	กลาง	140.00±7.38	43.70±2.54	212.50±36.01^{a}	170.89±29.04^{a}
	ปลาย	139.60±8.67	43.00±3.02	134.20±26.36^{b}	107.82±20.90^{b}
เฉลี่ย		**138.93±1.55**	**43.00±0.70**	**187.83±46.50^{B}**	**151.12±37.54^{B}**
ระยะ 2 (ก่อนออกดอก)	โคน	139.30±15.98	42.40±3.75	300.55±72.11^{ns}	241.53±61.37^{ns}
	กลาง	147.30±14.02	44.70±4.22	348.00±65.51^{ns}	280.44±58.34^{ns}
	ปลาย	150.20±13.36	43.30±5.01	223.10±90.70^{ns}	178.54±69.29^{ns}
เฉลี่ย		**145.60±5.65**	**43.47±1.16**	**290.55±63.05^{AB}**	**233.50±51.42^{AB}**
ระยะ 3 (ออกดอกเขากวาง)	โคน	134.00±10.31	41.30±3.20	337.70±134.49^{ns}	261.79±102.57^{ns}
	กลาง	141.30±16.71	43.20±4.98	360.90±167.91^{ns}	279.66±127.43^{ns}
	ปลาย	143.80±13.07	44.70±3.89	252.80±104.85^{ns}	195.58±78.23^{ns}
เฉลี่ย		**138.70±5.09**	**43.07±1.70**	**317.13±56.91^{A}**	**245.68±44.30^{A}**

หมายเหตุ: 1. ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากตัวอย่างสาคูระยะละ 10 ต้น
2. เครื่องหมาย a และ b ในคอลัมน์แสดงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)
3. ns หมายถึง ไม่แตกต่างทางสถิติ ($p > 0.05$) ของสาคูจากส่วนต่าง ๆ ในระยะเดียวกัน
4. เครื่องหมาย A และ B ในแต่ละคอลัมน์แสดงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ในแต่ละระยะโดยการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT

3. ผลข้อมูลการทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพ

ผลการทดสอบฟีนอลิกทั้งหมดของแป้งสาคู พบว่า แป้งสาคูระยะ 2 พบสูงสุด 133.57±22.89 มิลลิกรัม GAE/100 กรัม โดยมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ส่วนแป้งสาคูระยะ 1 พบต่ำสุดเท่ากับ 99.87±9.98 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ปอเยาะทุเรียนและทุเรียนสด พบว่ามีปริมาณฟีโนลิกเท่ากับ 0.18±0.14 ไมโครกรัม GAE/กรัมน้ำหนักแห้ง และ 0.04±0.04 ไมโครกรัม GAE/กรัมน้ำหนักแห้ง (ลัญจกร และคณะ, 2559) และงานวิจัยของละอองศรี และคณะ (2561) พบว่ามันญี่ปุ่นเนื้อสีเหลืองและมันญี่ปุ่นเนื้อสีม่วงเข้มมีปริมาณฟนอลิก 42.39 และ 49.48 มิลลิกรัม GAE/100 กรัม ซึ่งจะเห็นได้ว่าในแป้งสาคูมีปริมาณฟีนอลิกสูงกว่าทั้ง 4 ผลิตภัณฑ์ ส่วนค่าร้อยละของการยับยั้งอนุมูลอิสระ ที่ระดับความเข้มข้น 50 และ 100 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร มีค่าสูงสุดเท่ากับ 32.49±5.58 และ 62.60±11.21 ตามลำดับ เมื่อนำมาหาค่าความเข้มข้นของสารสกัดจากแป้งสาคูที่สามารถออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 (IC_{50}) พบว่า แป้งสาคูระยะ 2 ก่อนออกดอก มีค่า IC_{50} มีฤทธิ์ดีที่สุดมีค่าเท่ากับ 80.20 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร อาจเนื่องมาจากเมื่อต้นสาคูมีอายุมากขึ้นจะสร้างและสะสมสารในกลุ่มสารประกอบฟีนอลิกที่เม็ดแป้งในปริมาณที่เพิ่มสูงขึ้นตามอายุของลำต้น (Karim *et al.,* 2008) จึงมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระค่อนข้างสูง แต่เมื่อต้นสาคูเข้าสู่ระยะ 3 ออกดอกเขากวางจะมีการนำแป้งจาก

ส่วนลำต้นไปใช้ในการสร้างดอกและบำรุงผล จึงส่งผลให้ความสามารถในการออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระลดลง

ตารางที่ 2 ปริมาณผลผลิตแป้งในต้นสาคูระยะต่าง ๆ

ระยะการเจริญ	ส่วนต่าง ๆ	ผลผลิตแป้ง (ร้อยละ)	ผลผลิตแป้งเฉลี่ย (ร้อยละ)	ความยาวลำต้น (เมตร)	น้ำหนักสาคูทั้งต้น(กก.)	น้ำหนักเนื้อสาคูทั้งต้น (กก.)	ผลผลิตแป้งต่อต้น (กก.)
ระยะ1	โคน	15.46±3.52^{a}	11.59±6.70^{B}	6.05±1.05^{C}	654.45±72.81^{C}	525.46±55.50	67.12±15.68
	กลาง	15.45±2.45^{a}					
	ปลาย	3.85±0.69^{b}					
เฉลี่ย		**11.59±1.43^{B}**					
ระยะ2	โคน	20.06±1.77^{ns}	19.17±1.48^{A}	7.01±1.29^{B}	780.70±92.53^{B}	628.40±34.50	123.31±9.43
	กลาง	20.00±4.62^{ns}					
	ปลาย	17.46±4.47^{ns}					
เฉลี่ย		**19.17±1.6^{A}**					
ระยะ3	โคน	20.06±5.90^{ns}	19.77±0.68^{A}	8.18±2.51^{A}	922.00±152.62^{A}	714.61±40.53	135.52±7.31
	กลาง	20.25±4.51^{ns}					
	ปลาย	18.99±5.56^{ns}					
เฉลี่ย		**19.77±0.73^{A}**					

หมายเหตุ: 1. ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากตัวอย่างสาคูระยะละ 10 ต้น
2. เครื่องหมาย a และ b ในคอลัมน์แสดงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)
3. ns หมายถึง ไม่แตกต่างทางสถิติ ($p > 0.05$) ของสาคูจากส่วนต่าง ๆ ในระยะเดียวกัน
4. เครื่องหมาย A B และ C ในแต่ละคอลัมน์แสดงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ในแต่ละระยะโดยการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT

4. ค่าสีของแป้งสาคู (L*, a*, b*) ด้วยเครื่องวัดค่าสี colorimeter

พบว่า ต้นสาคูระยะ 1 และ 2 มีค่าความสว่างของแป้งสูงสุด 90.17±0.80 และ 89.86±0.69 ตามลำดับ โดยมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) กับแป้งสาคูระยะ 3 เท่ากับ 89.12±1.16 (ดังตารางที่ 4) ส่วนค่า a* ของแป้งสาคูระยะ3 มีค่าสูงสุด 4.30±1.90 และค่า b* ของแป้งสาคูระยะ 1 และ 2 ไม่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) เท่ากับ 7.03±0.83 และ 7.36±1.25 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าแป้งสาคูระยะ 1 และ 2 แป้งมีลักษณะเป็นสีขาวนวล ส่วนแป้งสาคูระยะ 3 แป้งมีลักษณะสีขาวอมชมพูเล็กน้อย การที่แป้งสาคูมีสีที่แตกต่างกันอาจจะเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอลิกที่มีอยู่ในเนื้อแป้งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสีแป้งเป็นสีชมพู (กล้าณรงค์ และคณะ, 2542) และสอดคล้องกับ Karim *et al.* (2008) พบว่าแป้งที่สกัดจากต้นสาคูที่ยังไม่สมบูรณ์เต็มที่จะมีสีขาวนวล แต่หากใช้ต้นสาคูออกดอกแป้งจะมีลักษณะสีชมพูอ่อน เนื่องจากต้นสาคูมีการสร้างและสะสมสารประกอบฟีนอลิกในปริมาณที่เพิ่มสูงขึ้น

ตามอายุของลำต้น และสอดคล้องกับงานวิจัยของศศิวิมล และคณะ (2552) พบว่า แป้งสาคูปัตตานี 2 มีสีขาวนวลแต่คล้ำกว่าแป้งสาลีเล็กน้อย ส่วนแป้งสาคูปัตตานี 1 มีสีขาวนวล

ตารางที่ 3 ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของแป้งสาคูระยะต่าง ๆ

ระยะ	ส่วนต่าง ๆ	Phenolic content (มิลลิกรัม GAE/100 กรัม)	% DPPH free radical scavenging activity ที่ระดับความเข้ม (มิลลิกรัม/มิลลิลิตร) 20	50	100	IC_{50} (มิลลิกรัม/มิลลิลิตร)
ระยะ 1	โคน	106.44±8.03^{a}	14.41±3.23^{a}	24.36±3.72^{a}	45.94±3.39^{ns}	113.88±9.34^{a}
	กลาง	102.30±8.78^{a}	12.53±2.15^{ab}	21.15±1.58^{b}	44.31±2.98^{ns}	117.17±9.31^{b}
	ปลาย	90.87±4.12^{b}	11.84±1.98^{b}	19.18±1.48^{b}	40.15±9.78^{ns}	120.66±9.47^{b}
	เฉลี่ย	**99.87±9.98^{C}**	**12.93±2.79^{B}**	**21.56±3.33^{C}**	**43.47±6.79^{C}**	**117.24±9.94^{C}**
ระยะ 2	โคน	142.65±19.82^{ns}	21.41±5.64^{a}	35.74±5.45^{a}	67.98±10.32^{ns}	72.18±9.84^{a}
	กลาง	134.62±21.59^{ns}	18.94±5.63^{ab}	32.53±4.69^{ab}	61.79±10.41^{ns}	81.41±9.18^{ab}
	ปลาย	123.44±21.77^{ns}	15.85±4.96^{b}	29.20±4.13^{b}	58.04±9.94^{ns}	87.01±9.94^{b}
	เฉลี่ย	**133.57±22.89^{A}**	**18.73±5.98^{A}**	**32.49±5.58^{A}**	**62.60±11.21^{A}**	**80.20±11.63^{A}**
ระยะ 3	โคน	132.41±10.14^{a}	21.88±3.31^{a}	32.15±2.77^{a}	60.24±2.33^{a}	80.86±4.07^{a}
	กลาง	118.85±5.95^{b}	19.21±2.21^{b}	29.10±1.83^{b}	58.71±2.15^{ab}	85.57±4.21^{ab}
	ปลาย	111.71±8.81^{b}	15.94±1.91^{c}	25.82±2.29^{c}	56.60±3.63^{b}	90.19±6.70^{b}
	เฉลี่ย	**118.11±21.14^{B}**	**19.01±3.58^{A}**	**29.02±3.54^{B}**	**58.51±3.21^{B}**	**94.33±18.98^{B}**

หมายเหตุ: 1. ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากตัวอย่างสาคูระยะละ 10 ต้น
2. เครื่องหมาย a b และ c ในคอลัมน์แสดงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)
3. ns หมายถึง ไม่แตกต่างทางสถิติ ($p > 0.05$) ของสาคูจากส่วนต่าง ๆ ในระยะเดียวกัน
4. เครื่องหมาย A B และ C ในแต่ละคอลัมน์แสดงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ในแต่ละระยะโดยการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT

5. ขนาดและรูปร่างของเม็ดแป้งสาคู

การศึกษารูปร่างและขนาดของเม็ดแป้งสาคู ด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราดที่กำลังขยาย 100 และ 500 เท่า พบว่า แป้งสาคูต้นสาคูมีลักษณะพื้นผิวเรียบ รูปร่างของเม็ดแป้งมีลักษณะรูปร่างรีคล้ายรูปไข่และปลายอีกด้านมีลักษณะเหมือนรอยตัด (ภาพที่ 2 a1 a2 b1 b2 c1 และ c2) เมื่อวัดขนาดอนุภาคของแป้งสาคูระยะ 1 จากส่วนโคน กลาง และปลาย ที่กำลังขยาย 500 เท่า พบว่ามีขนาดอนุภาค 18-42 18-40 และ 12-40 ไมโครเมตร แป้งสาคูระยะ 2 มีขนาดอนุภาค 18-37 16-33 และ 6-19 ไมโครเมตร และระยะ 3 มีขนาดอนุภาค 15-33 20-47 และ 16-36 ไมโครเมตร ตามลำดับ เมื่อต้นสาคูมีอายุมากขึ้นจนถึงระยะออกผลที่สมบูรณ์ ขนาดเฉลี่ยของอนุภาคเม็ดแป้งส่วนใหญ่จะมีขนาดที่เล็กลง (Uthumporn *et al.*, 2014) เมื่อเปรียบเทียบอนุภาคแป้งสาคูกับแป้งอื่น ๆ พบว่า แป้งมันฝรั่ง (15-85 ไมครอน) และแป้งข้าวเจ้า (3-10 ไมโครเมตร) และ

งานวิจัยของจันทร์เพ็ญ (2550) วัดขนาดอนุภาคของแป้งมันสำปะหลัง พบว่ามีขนาด 12.93±5.591 ไมโครเมตร ซึ่งเล็กกว่าแป้งสาคู แต่รูปร่างมีลักษณะกลมและปลายข้างหนึ่งมีลักษณะเว้าหรือคล้ายมีรอยตัด

ตารางที่ 4 ค่าความเป็นกรด-ด่าง และค่าสีระบบ CIE L*a*b* ของแป้งสาคูระยะต่าง ๆ

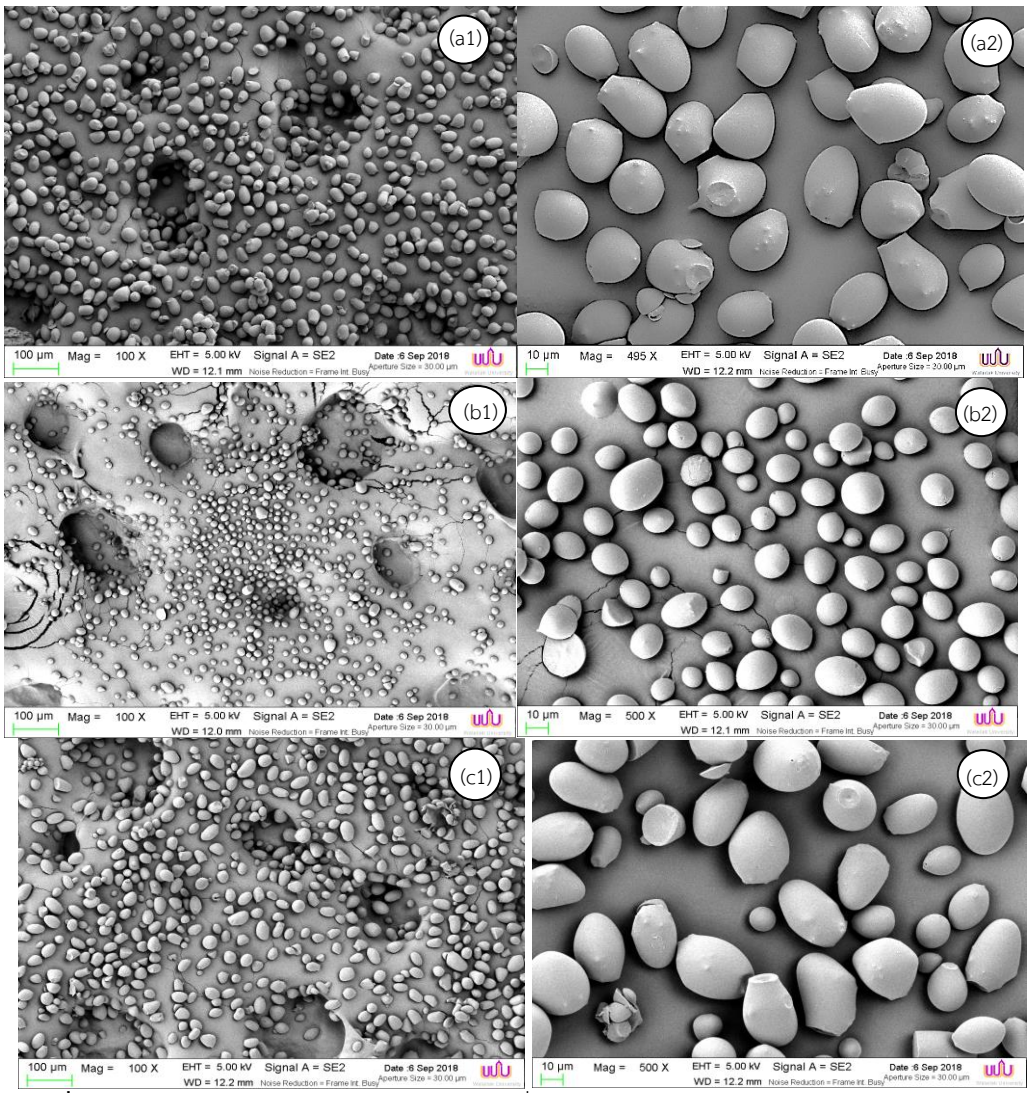
ระยะการเจริญ	ส่วนต่าง ๆ ของลำต้น	ค่าสี ระบบ CIE			ลักษณะสีแป้งสาคู
		L*	a*	b*	
ระยะ 1	โคน	90.04±0.83 ^{ns}	1.91±0.90 ^{a}	7.22±0.63 ^{ns}	
	กลาง	90.12±0.78 ^{ns}	1.86±0.55 ^{a}	6.95±0.88 ^{ns}	
	ปลาย	90.34±0.86 ^{ns}	0.69±0.47 ^{b}	7.22±0.73 ^{ns}	
	เฉลี่ย	**90.17±0.80** ^{A}	**1.49±0.87** ^{B}	**7.03±0.83** ^{AB}	
ระยะ 2	โคน	89.85±0.84 ^{ns}	3.40±0.87 ^{a}	6.98±0.94 ^{ns}	
	กลาง	89.56±0.87 ^{ns}	2.18±1.37 ^{b}	7.27±1.64 ^{ns}	
	ปลาย	90.17±0.58 ^{ns}	0.71±0.62 ^{c}	7.82±1.01 ^{ns}	
	เฉลี่ย	**89.86±0.69** ^{A}	**2.10±1.48** ^{B}	**7.36±1.25** ^{A}	
ระยะ 3	โคน	88.42±1.16 ^{b}	5.80±0.59 ^{a}	5.03±0.66 ^{b}	
	กลาง	89.95±1.11 ^{b}	5.26±0.38 ^{a}	6.29±1.87 ^{b}	
	ปลาย	90.00±0.59 ^{a}	1.82±0.92 ^{b}	7.73±1.40 ^{a}	
	เฉลี่ย	**89.12±1.16** ^{B}	**4.30±1.90** ^{A}	**6.35±1.76** ^{B}	

หมายเหตุ: 1. ตัวอักษร L* หมายถึง ค่าความสว่าง (100 = สว่าง, 0 = ดำ) a* หมายถึง (+) คือ สีแดง (-) คือ สีเขียว b* หมายถึง (+) คือ สีเหลือง (-) คือ สีน้ำเงิน

2. เครื่องหมาย a b และ c ในคอลัมน์แสดงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

3. ns หมายถึง ไม่แตกต่างทางสถิติ ($p > 0.05$) ของสาคูจากส่วนต่าง ๆ ในระยะเดียวกัน

4. A B และ C ในแต่ละคอลัมน์แสดงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ในแต่ละระยะโดยการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT



ภาพที่ 2 ลักษณะเม็ดแป้งสาคูจากส่วนของลำต้นที่กำลังขยายขนาด 100 เท่าระยะ 1 (a1) ระยะ 2 (b1) และระยะ 3 (c1) ที่กำลังขยายขนาด 500 เท่า ระยะ 1 (a2) ระยะ 2 (b2) และระยะ 3 (c2)

สรุปผลการวิจัย

การเก็บเกี่ยวแป้งสาคูควรเลือกใช้ต้นสาคูระยะ 2-3 (ต้นแก่ก่อนออกดอกอายุประมาณ 8-9 ปี ถึงระยะออกดอกเขากวางหรืออายุมากกว่า 9 ปี) จะมีปริมาณแป้งสะสมสูงสุดร้อยละ19.17±1.48 ถึง 19.77±0.68 โดยส่วนกลางของลำต้นมีปริมาณแป้งสะสมมากที่สุด รองลงมาคือส่วนโคนต้น และส่วนปลาย มีผลผลิตแป้งต่อต้น 123.31±9.43 และ 135.52±7.31 กิโลกรัม คิดเป็นมูลค่า 12,300-13,500 บาทต่อต้น ด้านคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งสาคูมีความแตกต่างกันด้วย โดยแป้งที่สกัดจากต้นสาคูระยะ 1 ซึ่งลำต้นยังไม่สมบูรณ์เต็มที่แป้งจะมีสีขาวนวล ส่วนต้นสาคูที่ออกดอกจะได้แป้งที่มีลักษณะสีชมพูอ่อน มีลักษณะพื้นผิวเรียบ รูปร่างของเม็ดแป้งเป็นรูปไข่ อนุภาคของแป้งสาคู

มีขนาดประมาณ 12-42 6-37 และ 15-47 ไมโครเมตร ตามลำดับ ส่วนความแตกต่างของฤทธิ์ทางชีวภาพพบว่า แป้งสาคูระยะ 2 มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และร้อยละของการยับยั้งอนุมูลอิสระสูงสุด 133.57±22.89 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อ100 กรัมน้ำหนักแห้ง และร้อยละ 62.60±11.21 ส่วนความสามารถออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 (IC_{50}) ดีที่สุดเท่ากับ 80.20 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร เนื่องจากต้นสาคูมีการสร้างแป้งและสะสมสารฟีนอลิกในปริมาณที่เพิ่มสูงขึ้นตามอายุของลำต้น แต่เมื่อเข้าสู่ระยะ 3 สารฟีนอลิกจะถูกนำไปใช้ในการสร้างดอกและผล ส่งผลให้ฤทธิ์ทางชีวภาพลดลง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติที่สนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัยประจำปี พ.ศ. 2560 และขอขอบคุณศูนย์วิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราชที่สนับสนุนเครื่องมือและอุปกรณ์ในการทำการวิจัยให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

กล้าณรงค์ ศรีรอต เกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ รังสิมา ชลคุป สุนีย์ โชตินีรนาท สุนีรัตน์ หทัยรักษ์ธรรม สมยศ จรรยาวิลาส ธีระ ทองเผือก สาลี่ บัวลำไย และฉัตรชัย ปฏิยุทธ. (2542). *คุณสมบัติและการใช้ประโยชน์ของสาคู (*Metroxylon *spp.) ในประเทศไทย*. กรุงเทพฯ: เท็กซ์ แอนด์ เจอร์นัล พับลิเคชั่น.

จันทร์เพ็ญ ไชยนุ้ย. (2550). *ผลของสมบัติทางเคมีเชิงฟิสิกส์ของแป้งผสม (แป้งมันสำปะหลังและแป้งสาคู) ต่อคุณภาพของข้าวเกรียบ.* วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.

นิพนธ์ ใจปลื้ม กัญจนัสม์ พาพล และอัจฉรา ใจปลื้ม. (2552). *การเจริญเติบโตของปาล์มสาคูปลูกใหม่และปาล์มสาคูในธรรมชาติของจังหวัดนครศรีธรรมราช*. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา.

เปลื้อง บุญแก้ว และมงคล คงเสน. (2557). การใช้ปาล์มสาคูในอาหารสัตว์. *วารสารราธิวาสราชนครินทร์, 6*(1), 113-119.

เปลื้อง บุญแก้ว อัจฉรา นิยมเดชา และมงคล คงเสน (2558). การเสริมเนื้อเยื่อสาคูในอาหารที่มีผลต่อสมรรมภาพการผลิตของไก่พื้นเมือง. *วารสารราธิวาสราชนครินทร์, 7*(2), 113-117.

ละอองศรี ศิริเกษร สุชาดา บุญเลิศนิรันดร์ และวชิรญา เหลียวตระกูล. (2561). การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตและผลผลิตของมันเทศ 6 พันธุ์. *วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย,* 10(3), 411-423.

ลัญจกร จันทร์อุดม นุชวรา องศารา ดาวีณาร ยีเลาะ และสุไรดา มามะแตหะ. (2559). การเปลี่ยนแปลงทางเคมีและจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์ปอเยาะทุเรียนระหว่างการหมัก. *วารสารวิชชา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช*, 35(2), 1-15.

ศศิวิมล บุญยิ่ง สุนทรี สุวรรณสิชณน์ และวรางคณา สมพงษ์. (2552). *สมบัติทางเคมีและกายภาพของแป้งสาคูและผลของการใช้แป้งสาคูทดแทนแป้งสาลีต่อคุณภาพของคุกกี้*. กรุงเทพฯ: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

Agbor, G.A., Vinson, J.A., Oben, J.E. and Ngogang, J.Y. (2006). Comparative analysis of the *vitro* antioxidant activity of white and black pepper. *Nutrition Research,* 26(12), 659-663.

Karim, A.A., Tie, A.P., Manan, D.M.A. and Zaidul, I.S.M. (2008). Starch from the sago (*Metroxylon sagu*) palm tree-properties, prospects, and challenges as a new industrial source for food and other uses. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 7(3), 215-228.

Michiel, F. (1997). *Sago palm* Metroxylon sagu *Rottb*. *Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops.13*. Rome: International Plant Genetic Resources Institute.

Soong, Y.Y. and Barlow, P.J. (2004). Antioxidant activity and phenolic content of selected fruit seeds**.** *Food chemistry*, 88(3), 411-417.

Uthumporn, U., Wahidah, N. and Karim, A.A. (2014). Physicochemical properties of starch from sago (*Metroxylon sagu*) palm grown in mineral soil at different growth stages. *IOP Conference Series Materials Science and Engineering,* 62(1), 1-11.

Yang, X., Barton, H.J., Wan, Z., Li, Q., Ma, Z., Li, M., Zhang, D. and Wei, J. (2013). Sago-type palms were an important plant food prior to rice in southern subtropical China. *Plos one*, 8(5), 1-8.