รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การวิเคราะห์ปริมาณอินนูลินในกล้วยกลุ่ม diploid triploid และ tetraploid เพื่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารสุขภาพ

Determination of inulin content in diploid, triploid and tetraploid bananas for development of functional foods

รัชนี พุทธา

โครงการวิจัยประเภทงบประมาณเงินรายได้
จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน)
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2562
มหาวิทยาลัยบูรพา

สัญญาเลขที่ 28/2562

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การวิเคราะห์ปริมาณอินนูลินในกล้วยกลุ่ม diploid triploid และ tetraploid เพื่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารสุขภาพ

Determination of inulin content in diploid, triploid and tetraploid bananas for development of functional foods

รัชนี พุทธา

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสระแก้ว

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2562 มหาวิทยาลัยบูรพา ผ่านสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ สัญญาเลขที่ 28/2562 ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสระแก้ว ที่ให้การสนับสนุนการวิจัย สถานที่ และอุปกรณ์เครื่องมือในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้

นางสาวรัชนี พุทธา

บทคัดย่อ

กล้วยเป็นแหล่งอินนูลินราคาถูกและรับประทานง่าย การวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อทำการศึกษาปริมาณอินนูลินของเนื้อและเปลือกของผลกล้วย 6 พันธุ์ ที่มีโครโมโซม diploid triploid และ tetraploid ได้แก่ กล้วยน้ำไท (AA) กล้วยหอมทอง (AAA) กล้วยสามเดือน (AAB) กล้วยน้ำว้า (ABB) กล้วยหิน (BBB) และกล้วยเทพรส (ABBB) ในแปลงทดลองกล้วยคณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสระแก้ว วางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ เก็บข้อมูลจำนวนผลต่อหวี น้ำหนักสดผล (เนื้อและเปลือก) ต่อหวี น้ำหนักเนื้อสดต่อหวี น้ำหนักเปลือกสดต่อหวี น้ำหนักสดผล (เนื้อและเปลือก) น้ำหนักเนื้อสดต่อผล น้ำหนักเปลือกสดต่อผล เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเนื้อสดต่อผล เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเปลือกสดต่อผล น้ำหนักเนื้อแห้งต่อผล น้ำหนักเปลือกแห้งต่อผล น้ำหนักเนื้อแห้งต่อน้ำหนักสด 100 กรัม น้ำหนักเปลือกแห้งต่อน้ำหนักสด 100 กรัม ปริมาณอินนูลินในเนื้อ และปริมาณอินนูลินเปลือก จากการทดลองพบว่าพันธุ์กล้วยมีผลทำให้ทุกลักษณะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) และลักษณะจำนวนผลต่อหวีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) กล้วยหินมีจำนวนผลต่อหวี (10.0 ผล) น้ำหนักสดผล (เนื้อและเปลือก) ต่อหวี (1,952.3 กรัม) น้ำหนักเนื้อสดต่อหวี (1,034.0 กรัม) น้ำหนักเปลือกสดต่อหวี (901.3 กรัม) น้ำหนักสดผล (เนื้อและเปลือก) (188.5 กรัม) น้ำหนักเนื้อสดต่อผล (99.8 กรัม) น้ำหนักเปลือกสดต่อผล (87.0 กรัม) น้ำหนักเนื้อแห้งต่อผล (38.9 กรัม) น้ำหนักเปลือกแห้งต่อผล (13.1 กรัม) น้ำหนักเนื้อแห้งต่อน้ำหนักสด 100 กรัม (39.0 กรัม) สูงที่สุด ส่วนกล้วยสามเดือนมีจำนวนผลต่อหวี (11.7 ผล) เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเนื้อสดต่อผล (62.5 เปอร์เซ็นต์) น้ำหนักเนื้อแห้งต่อน้ำหนักสด 100 กรัม (35.4 กรัม) ปริมาณอินนูลินในเนื้อ (0.52 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง) และปริมาณอินนูลินเปลือก (0.75 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง) สูงที่สุด กล้วยทั้ง 6 พันธุ์มีปริมาณอินนูลินในเนื้อกล้วยอยู่ในช่วง 0.14-0.52 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง และปริมาณอินนูลินในเปลือกผลอยู่ในช่วง 0.26-0.49 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง ปริมาณอินนูลินในเนื้อมีความสัมพันธ์ทางบวกปริมาณอินนูลินในเปลือกผลกล้วย ($r = 0.64$) ข้อมูลจากงานวิจัยครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่ากล้วยเป็นวัตถุดิบทางเลือกในการผลิตอาหารเพื่อสุขภาพและอาหารสัตว์ได้

คำสำคัญ: อินนูลิน พรีไบโอติก อาหารฟังก์ชั่น ส่วนเหลือทิ้งจากกล้วย

Abstract

Banana is an inexpensive source of inulin and easy to eat. The objective of the present study was to determine inulin content of banana pulp and peel of six banana cultivars. Pulps and Peels of six banana cultivars (diploid, triploid and tetraploid): Nam Thai (AA), Hom Thong (AAA), Sam Doen (AAB), Nam Wa (ABB), Hin (BBB) and Kluai Teparod (ABBB) were used in this experiment. The experiment was conducted at the banana experimental field of the Faculty of Agricultural Technology, Burapha University, Sakaeo Campus. The experiment was arranged in a Randomized Complete Block Design, RCBD with three replications. Data were recorded number of fruits/finger, total fruit (pulp and peel) fresh weight/finger, pulp fresh weight/finger, peel fresh weight/finger, total fruit (pulp and peel) fresh weight, pulp fresh weight/fruit, peel fresh weight/fruit, percentage of pulp fresh weight/fruit, percentage of peel fresh weight/fruit, pulp dry weight/fruit, peel dry weight/fruit, pulp dry weight/100 grams fresh weight, peel dry weight/100 grams fresh weight, inulin content of pulp and inulin content of peel. Banana cultivars were highly significantly different ($P < 0.01$) for all characters and significantly different ($P < 0.05$) for number of fruits/finger. Hin had the highest number of fruits/finger (10.0 fruits), total fruit (pulp and peel) fresh weight/finger (1,952.3 g), pulp fresh weight/finger (1,034.0 g), peel fresh weight/finger (901.3 g), total fruit (pulp and peel) fresh weight (188.5 g), pulp fresh weight/fruit (99.8 g), peel fresh weight/fruit (87.0 g), pulp dry weight/fruit (38.9 g), peel dry weight/fruit (13.1 g) and pulp dry weight/100 grams fresh weight (39.0 g). Sam Doen had the highest number of fruits/finger (11.7 friuts), percentage of pulp fresh weight/fruit (62.5 %), pulp dry weight/100 grams fresh weight (35.4 g), Inulin content of pulp (0.52 % dry weight) and Inulin content of peel (0.75 % dry weight). Six banana cultivars had Inulin content of pulp (0.14-0.52 % dry weight) and inulin content of peel (0.26-0.49 % dry weight). Inulin content of pulp showed positive correlation with inulin content of peel ($r = 0.64$). The results indicated that banana had a significant amount of inulin for use as an alternative source of a raw material for functional food producers and animal feed.

Keywords: Inulin, prebiotic, functional food, banana by-products

สารบัญเรื่อง

เรื่อง	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อ	ข
Abstract	ค
สารบัญเรื่อง	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญภาพ	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 วิธีดำเนินการวิจัยและผลการวิจัย	7
บทที่ 3 วิจารณ์ผลการวิจัย	42
บทที่ 4 สรุปและข้อเสนอแนะ	44
บทที่ 5 ผลผลิต	45
รายงานการเงิน	58
เอกสารอ้างอิง	59
ประวัติคณะนักวิจัย	61

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
Table 2.1	Mean squares for number of fruits/ finger, total fruit (pulp and peel) fresh weight/finger, pulp fresh weight/finger, peel fresh weight/finger, total fruit (pulp and peel) fresh weight, pulp fresh weight/fruit, peel fresh weight/fruit, percentage of pulp fresh weight/ fruit, percentage of peel fresh weight/ fruit, pulp dry weight/fruit, peel dry weight/fruit, pulp dry weight/100 grams fresh weight, peel dry weight/ 100 grams fresh weight, inulin content of pulp and inulin content of peel of six banana cultivars	37
Table 2.2	Number of fruits/finger, total fruit (pulp and peel) fresh weight/finger, pulp fresh weight/ finger, peel fresh weight/ finger, total fruit (pulp and peel) fresh weight, pulp fresh weight/ fruit, peel fresh weight/ fruit, percentage of pulp fresh weight/fruit, percentage of peel fresh weight/fruit, pulp dry weight/fruit, peel dry weight/fruit, pulp dry weight/100 grams fresh weight, peel dry weight/100 grams fresh weight, inulin content of pulp and inulin content of peel of six banana cultivars	38
Table 2.3	Correlation coefficients among 15 characters of six banana cultivars	41

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1.1	กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย	2
2.1	ตัวอย่างกล้วยน้ำไท ซ้ำที่ 1	9
2.2	ตัวอย่างกล้วยน้ำไท ซ้ำที่ 2	10
2.3	ตัวอย่างกล้วยน้ำไท ซ้ำที่ 3	11
2.4	ตัวอย่างกล้วยหอมทอง ซ้ำที่ 1	12
2.5	ตัวอย่างกล้วยหอมทอง ซ้ำที่ 2	13
2.6	ตัวอย่างกล้วยหอมทอง ซ้ำที่ 3	14
2.7	ตัวอย่างกล้วยสามเดือน ซ้ำที่ 1	15
2.8	ตัวอย่างกล้วยสามเดือน ซ้ำที่ 2	16
2.9	ตัวอย่างกล้วยสามเดือน ซ้ำที่ 3	17
2.10	ตัวอย่างกล้วยน้ำว้า ซ้ำที่ 1	18
2.11	ตัวอย่างกล้วยน้ำว้า ซ้ำที่ 2	19
2.12	ตัวอย่างกล้วยน้ำว้า ซ้ำที่ 3	20
2.13	ตัวอย่างกล้วยหินซ้ำที่ 1	21
2.14	ตัวอย่างกล้วยหินซ้ำที่ 2	22
2.15	ตัวอย่างกล้วยหินซ้ำที่ 3	23
2.16	ตัวอย่างกล้วยเทพรสซ้ำที่ 1	24
2.17	ตัวอย่างกล้วยเทพรสซ้ำที่ 2	25
2.18	ตัวอย่างกล้วยเทพรสซ้ำที่ 3	26
2.19	ขั้นตอนการเตรียมและเก็บข้อมูลตัวอย่างกล้วย	27
2.20	ขั้นตอนการสกัดและวิเคราะห์อินนูลินในกล้วย	29

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

ปัจจุบันการอุปโภคและบริโภคอาหารได้เปลี่ยนแปลงไป มีความต้องการผลิตภัณฑ์อาหารสำเร็จรูปมากขึ้น เนื่องจากสะดวกต่อการบริโภคและการซื้อ ไม่ต้องเสียเวลาปรุงอาหาร มีการเพิ่มสารอาหารที่ต้องการได้ เนื่องจากสารอาหารบางชนิดอาจจะมีปริมาณน้อยมากในพืช ความต้องการสารอาหารหลายชนิดในครั้งเดียว หรือผู้บริโภคไม่ชอบการกินพืชผัก แต่ต้องการสารอาหารจากพืชชนิดนั้น ก็สามารถทำได้โดยการสกัดสารที่มีประโยชน์เหล่านั้นออกมา แล้วนำไปใส่ไว้ในผลิตภัณฑ์ได้ ดังนั้นผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ (functional food) ซึ่งเป็นอาหารที่ไม่ได้ให้เพียงแค่สารอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการเท่านั้น แต่มีสารอื่นที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพ จึงเข้ามามีบทบาทอย่างมากในการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค การศึกษาในครั้งนี้ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะนำกล้วยสายพันธุ์ต่างๆ มาวิเคราะห์หาปริมาณอินนูลิน เนื่องจากอินนูลินเป็นส่วนผสมที่มีประโยชน์ (functional ingredient) ที่ผู้บริโภครู้จักและเป็นที่นิยมมากในขณะนี้ เนื่องจากคุณสมบัติที่โดดเด่นของอินนูลิน ที่มีคุณสมบัติเป็นอาหารเยื่อใย (dietary fiber) และถูกนำไปใช้โดยแบคทีเรียที่มีประโยชน์ ทำให้แบคทีเรียที่มีประโยชน์นี้เพิ่มจำนวนมากขึ้น และไปยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่เป็นโทษ จัดเป็นสารพรีไบโอติก (prebiotic) ที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ สามารถช่วยป้องกันโรคมะเร็งลำไส้ ลดไขมันในเลือด และลดความเสี่ยงต่อการเป็นโรคหลอดเลือดและโรคหัวใจ นอกจากนี้อินนูลินยังใช้เป็นสารให้ความหวานสำหรับคนที่เป็นโรคเบาหวานประเภท 2 และเป็นอาหารสำหรับผู้ที่ต้องการลดความอ้วนได้ นอกจากนี้ยังมีประโยชน์ในด้านส่งเสริมสุขภาพและอัตราการเจริญเติบโตของสัตว์ได้ ในประเทศไทยกล้วยเป็นพืชที่ปลูกได้ง่าย และสามารถปลูกให้ผลผลิตได้ดี นอกจากนี้ยังมีความหลากหลายของพันธุ์ และเป็นพืชที่สามารถนำทุกส่วนประกอบมาใช้ประโยชน์ได้ เช่น ผล เปลือกผล ปลี ก้านช่อดอก แผ่นใบ กาบใบ ลำต้น และหน่อกล้วย ซึ่งทำให้สามารถเลือกใช้ประโยชน์ได้หลากหลายรูปแบบ เช่นการบริโภคสด กล้วยแช่แข็ง การแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ การผลิตอาหารสัตว์ เป็นต้น ซึ่งการพัฒนาผลิตภัณฑ์นอกจากจะเป็นการเพิ่มมูลค่าของกล้วยแล้ว ยังจะส่งผลต่อการส่งออกที่เพิ่มสูงขึ้นด้วย

การศึกษาหาปริมาณอินนูลินในผลกล้วยบางสายพันธุ์ (มัลลิกา และคณะ, 2552; Shalini and Antony, 2015) แต่ยังไม่มีการศึกษาในส่วนเปลือกผลกล้วย และในพันธุ์กล้วยที่แตกต่างกับงานทดลองก่อนหน้านี้ การวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณอินนูลินในส่วนของเนื้อและเปลือกผลของกล้วย จำนวน 6 พันธุ์ที่มีจำนวนโครโมโซมที่แตกต่างกัน และเพื่อหาความสัมพันธ์ขององค์ประกอบของผลผลิต ผลผลิต กับปริมาณอินนูลินในส่วนของเนื้อและเปลือกผล ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพทั้งในคนและสัตว์ ตามความเหมาะสมของปริมาณอินนูลินในส่วนของเนื้อและเปลือกผลกล้วยและตามชนิดของกล้วย และเป็นข้อมูลพื้นฐานในการคัดเลือกพันธุ์เพื่อใช้ในการปรับปรุงพันธุ์กล้วยให้อินนูลินสูงได้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

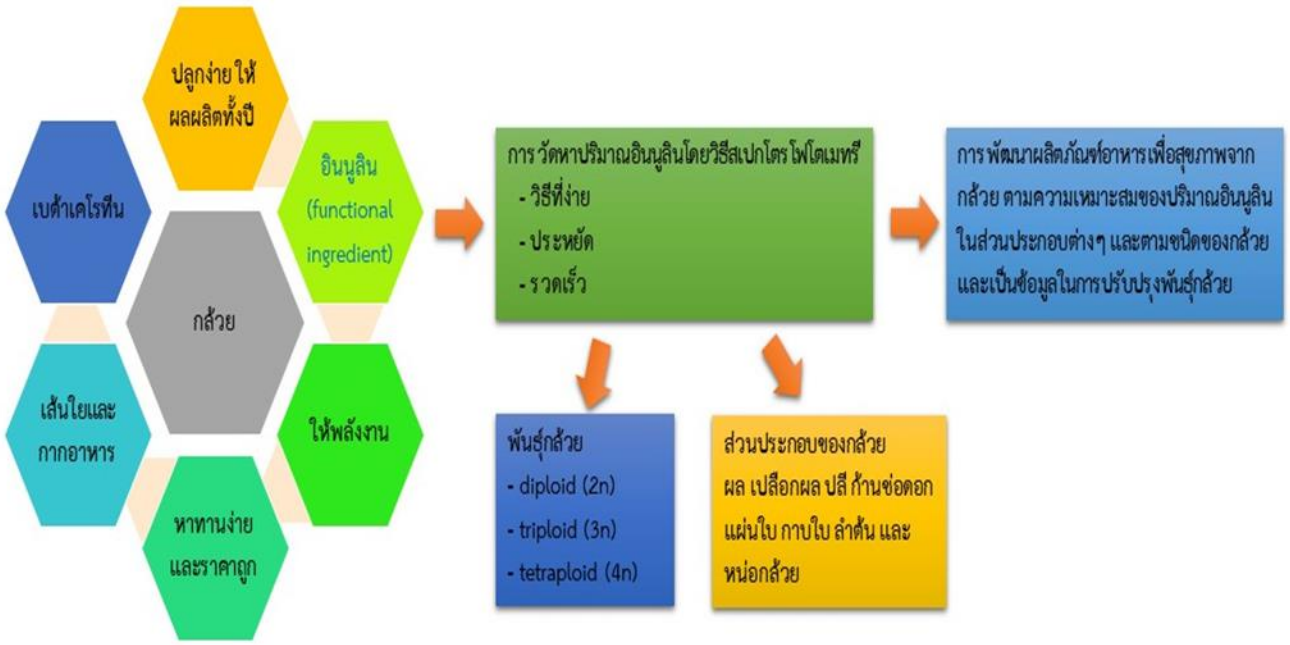
1.2.1 เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณอินนูลินในส่วนของเนื้อและเปลือกผลของกล้วย 6 พันธุ์ ได้แก่กล้วยน้ำไท กล้วยหอมทอง กล้วยหิน กล้วยน้ำว้า กล้วยสามเดือน และกล้วยเทพรส

1.2.2 เพื่อหาความสัมพันธ์ขององค์ประกอบของผลผลิต ผลผลิต และปริมาณอินนูลินในส่วนของเนื้อและเปลือกผลกล้วย

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

การวิจัยนี้ทำการวิเคราะห์ปริมาณอินนูลินในส่วนของเนื้อและเปลือกผล ในกล้วย 6 พันธุ์ที่มีชุดโครโมโซม 2n ได้แก่ กล้วยน้ำไท (AA) กล้วย 3n ได้แก่ กล้วยหอมทอง (AAA) กล้วยหิน (BBB) กล้วยน้ำว้า (ABB) และกล้วยสามเดือน (AAB) และกล้วย 4n ได้แก่กล้วยเทพรส (ABBB) ซึ่งเป็นกล้วยที่ปลูกในแปลงคณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสระแก้ว นอกจากนี้ยังทำการหาความสัมพันธ์ขององค์ประกอบของผลผลิต ผลผลิต ปริมาณอินนูลินในส่วนของเนื้อและเปลือกผลกล้วย เพื่อเป็นประโยชน์ในการเลือกใช้ส่วนต่างๆของกล้วยในแต่ละสายพันธุ์ไปใช้ประโยชน์ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารสุขภาพทั้งในคนและสัตว์

1.4 ทฤษฎี สมมุติฐาน และ/หรือ กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย



ภาพที่ 1.1 กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

1.5 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (information) ที่เกี่ยวข้อง

กล้วย (*Musa* spp.) เป็นผลไม้เขตร้อนในวงศ์ Musaceae มีถิ่นกำเนิดในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เป็นไม้ผลที่สำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของประเทศไทย เนื่องจากมีความต้องการบริโภคในประเทศ และมีการส่งออกไปยังต่างประเทศในปริมาณที่มาก และสามารถสร้างรายได้ให้แก่เกษตรกรได้เป็นอย่างดี สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (สศก.) กล่าวว่า สถานการณ์การผลิตและตลาดกล้วยของไทย คาดว่าทั้งปริมาณและราคาขยายตัวขึ้น 5-10% โดยเฉพาะตลาดญี่ปุ่น ซึ่งปี 2559 ประเทศไทยมีเนื้อที่เก็บเกี่ยว 37,020 ไร่ ผลผลิต 117,427 ตัน ผลผลิตต่อไร่ 3,172 กิโลกรัม ต้นทุนการผลิตต่อตันไม่สูงทำให้เกษตรกรมีรายได้ที่ดี โดยต้นทุนการผลิตจะอยู่ที่ 4,823 บาท/ตัน ราคาที่เกษตรกรขายได้ 12,777 บาท/ตัน ผลตอบแทนสุทธิ 7,954 บาท/ตัน ทั้งนี้มีความต้องการใช้กล้วยในประเทศ 113,703 ตัน กล้วยที่ผลิตในประเทศไทยเพื่อเป็นการค้ามีอยู่ 3 ชนิด คือกล้วยหอม กล้วยไข่ และกล้วยน้ำว้า มีการส่งออกกล้วยหอมสด ปริมาณ 3,725 ตัน มูลค่า 81.40 ล้านบาท ราคาส่งออก 21,855 บาท/ตัน คู่ค้าสำคัญ คือ ญี่ปุ่น จีน ลาว และคู่แข่งที่สำคัญ คือ ฟิลิปปินส์ เอกวาดอร์ เบลเยียม คอสตาริกา ส่วนกล้วยไข่ เนื้อที่ให้ผล ปี 2559 เพิ่มขึ้นจากปี 2558 เนื่องจากมีการส่งออกกล้วยไข่ไปจำหน่ายยังต่างประเทศมากขึ้นทุกปี จึงทำให้เกษตรกรขยายเนื้อที่ปลูกในพื้นที่ว่าง ปลูกแซมสวนทุเรียน ยางพารา เนื้อที่ให้ผล 57,461 ไร่ ผลผลิต 129,658 ตัน ผลผลิต/ไร่ 2,256 กก. ต้นทุนการผลิต 4,979 บาท/ตัน ราคาที่เกษตรกรขายได้ 13,044 บาท/ตัน ผลตอบแทนสุทธิ 8,065 บาท/ตัน ซึ่งปริมาณผลผลิตกล้วยไข่เฉลี่ยอยู่ที่ 804.28 กก./ไร่/ปี ค่าใช้จ่ายจากการทำสวนกล้วยไข่เฉลี่ย 2,216.67 บาท/ไร่/ปี รายได้จากการทำสวนกล้วยไข่เฉลี่ย 5,190.72 บาท/ไร่/ปี ตลาดที่มีศักยภาพ ได้แก่ จีน เวียดนาม เกาหลีใต้ ญี่ปุ่น ฮ่องกง และกล้วยน้ำว้า ปี 2559 เนื้อที่เก็บเกี่ยวผลผลิตของไทยเท่ากับ 181,902.34 ไร่ เก็บเกี่ยวผลผลิตได้ 918,539.97 ตัน ผลผลิตต่อเนื้อที่เก็บเกี่ยว 5,049.63 กก./ไร่ และราคาที่เกษตรกรขายได้เฉลี่ย 12.98 บาท/กก. โดยกล้วยน้ำว้าเป็นพืชที่สามารถปลูกได้ทั่วไป จึงทำให้มีพื้นที่ปลูกกระจายอยู่ทั่วประเทศ ช่องทางการจำหน่ายมีทั้งผลสดและแปรรูป มีหลากหลายผลิตภัณฑ์มากกว่ากล้วยชนิดอื่นๆ เช่น กล้วยตาก กล้วยเบรกแตก กล้วยฉาบรสชาติต่างๆ ผลิตภัณฑ์จากกล้วยน้ำว้าสามารถส่งไปจำหน่ายทั้งในและต่างประเทศ (ประชาชาติธุรกิจออนไลน์, 2560)

1.5.1 การจำแนกชนิดของกล้วยตามโดยใช้จีโนม (genome)

กล้วยที่บริโภคกันในปัจจุบันนี้มีบรรพบุรุษเพียง 2 ชนิดคือ กล้วยป่า และกล้วยตานี กล้วยที่มีกำเนิดจากกล้วยป่ามีจีโนมเป็น AA กล้วยที่มีกำเนิดจากกล้วยตานีมีจีโนมเป็น BB ส่วนกล้วยที่เกิดจากลูกผสมของกล้วยทั้ง 2 ชนิดจะมีจีโนมแตกต่างกันไป (เบญจมาศ, 2558; โครงการสารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน โดยพระราชประสงค์ในพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว เรื่องกล้วย, 2560) โดยสามารถจำแนกกลุ่มได้ดังนี้

1. กลุ่ม AA

กล้วยในกลุ่มนี้กำเนิดมาจากกล้วยป่า มีการปลูกกันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากมีขนาดเล็ก ไม่มีเมล็ดเป็นส่วนใหญ่ รสหวาน ผิวบาง กลิ่นหอม รับประทานสด ในประเทศไทยพบกล้วยในกลุ่มนี้ ได้แก่ กล้วยไข่ กล้วยเล็บมือนาง กล้วยหอมจันทร์ กล้วยไข่ทองร่วง กล้วยไข่จีน กล้วยน้ำนม กล้วยไล กล้วยสา กล้วยหอม กล้วยหอมจำปา และกล้วยทองกาบดำ

2. กลุ่ม AAA

กล้วยในกลุ่มนี้กำเนิดมาจากกล้วยป่าคล้ายกับกลุ่ม AA แต่ได้มีการเพิ่มจำนวน โครโมโซม (chromosome) ขึ้นเป็น 3 เท่า โครโมโซม 2n = 33 ผลจึงมีขนาดใหญ่กว่ากลุ่มแรก รูปร่างผลเรียวยาว ไม่มีเมล็ด มีเนื้อนุ่ม รสหวาน กลิ่นหอม รับประทานสดเช่นกัน สามารถแบ่งได้เป็น 3 กลุ่มเล็ก (subgroup) ได้แก่ กลุ่ม Gros Michel ได้แก่กล้วยหอมทอง กลุ่ม Cavendish เช่น กล้วยหอมเขียว กล้วยหอมเขียวค่อม และกลุ่ม Red or Green red เช่นกล้วยนาก กล้วยกุ้ง และกล้วยกุ้งเขียว

3. กลุ่ม ABB

กล้วยกลุ่มนี้มีความแข็งแรงทนทานมาก เป็นลูกผสมระหว่างกล้วยป่า 1 ส่วน กับกล้วยตานี 2 ส่วนขนาดผลใหญ่ เนื้อของผลมีแป้งมาก โดยเฉพาะผลดิบ ไม่นิยมรับประทานสด เพราะเมื่อสุกรสไม่หวานมาก บางครั้งมีรสฝาด เมื่อนำมาต้ม ปิ้ง ย่าง และเชื่อม จะทำให้รสชาติดีขึ้น เช่น กล้วยหักมุก กล้วยหักมุกเขียว กล้วยหักมุกนวล กล้วยเปลือกหนา กล้วยส้ม กล้วยนางพญา กล้วยนมหมี และกล้วยน้ำว้า สำหรับกล้วยน้ำว้าแบ่งออกเป็น 3 ชนิดตามสีของเนื้อ คือ น้ำว้าแดง น้ำว้าขาว และน้ำว้าเหลือง

4. กลุ่ม BB

ในประเทศไทยมีเพียงกล้วยตานี รับประทานผลอ่อนได้ โดยนำมาใส่แกงเผ็ด ทำส้มตำ ไม่นิยมรับประทานผลแก่ เพราะมีเมล็ดมาก แต่คนไทยและคนเอเชียส่วนใหญ่รับประทานปลีและหยวก ไม่มีกล้วยกินได้ในกลุ่ม BB ในประเทศไทย แต่พบว่ามีที่ประเทศฟิลิปปินส์

5. กลุ่ม BBB

เป็นกล้วยที่มีกำเนิดมาจากกล้วยตานี อาจเกิดจากการผสมพันธุ์กันในระหว่างชนิดเดียวกัน หรือต่างชนิดกัน และอาจเกิดจากการกลายพันธุ์ก็ได้ กล้วยชนิดนี้มีแป้งมาก เมื่อดิบมีรสฝาดมาก และเมื่อสุกก็ไม่ค่อยอร่อย เนื่องจากมีแป้งประกอบอยู่มากนั่นเอง แต่เมื่อนำมาต้ม หรือย่าง รสชาติจะอร่อยมาก เนื้อแน่นและนุ่ม เช่น กล้วยเล็บช้างกุด

6. กลุ่ม ABBB

เป็นกล้วยที่เกิดจากการผสมระหว่างกล้วยป่ากับกล้วยตานี มีจำนวนโครโมโซมมากเป็น 4 เท่า ดังนั้นจะมีผลขนาดใหญ่มาก กล้วยในกลุ่มนี้คือ กล้วยเทพรส กล้วยชนิดนี้จะมีเชื้อของกล้วยป่าอยู่เพียง 1 ส่วน

และมีเชื้อของกล้วยตานี 3 ส่วน จึงมีแป้งมาก ลักษณะเนื้อไม่ค่อยแน่น ถ้าทำให้สุกด้วยความร้อน จะมีรสหวานแต่ฝาด ส่วนผลที่สุกงอมสามารถรับประทานสดได้รสชาติอร่อยเนื่องจากจะมีรสหวาน

1.5.2 อินนูลิน

อินนูลินมีคุณสมบัติเป็นอาหารเยื่อใย (dietary fiber) ที่ไม่ถูกย่อยในระบบย่อยอาหาร อินนูลินจึงผ่านไปถึงลำไส้ใหญ่ และถูกนำไปใช้โดยแบคทีเรียที่มีประโยชน์ เช่น บิฟิโดแบคทีเรีย (bifidobacteria) ทำให้แบคทีเรียที่มีประโยชน์นี้เพิ่มจำนวนมากขึ้น และไปยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่เป็นโทษ เช่น *Clostridium perfringens* และ *Escherichia coli* ดังนั้นอินนูลินจึงนับได้ว่าเป็นสารพรีไบโอติก (prebiotic) ที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ สามารถช่วยป้องกันโรคมะเร็งลำไส้ ลดไขมันในเลือด และลดความเสี่ยงต่อการเป็นโรคหลอดเลือดและโรคหัวใจ นอกจากนี้อินนูลินยังใช้เป็นสารให้ความหวานสำหรับคนที่เป็นโรคเบาหวานประเภท 2 และเป็นอาหารสำหรับผู้ที่ต้องการลดความอ้วนได้ (Roberfroid et al., 1998; Kaur and Gupta, 2002; Venter, 2007; Miremadi and Shah, 2012) นอกจากนี้ยังมีประโยชน์ในด้านส่งเสริมสุขภาพและอัตราการเจริญเติบโตของสัตว์ เช่น แกะ ไก่ หมู และกระต่าย (Wilson et a.l, 2004; Volek and Marounek, 2011; Liu et al., 2013; Kidane et al., 2014) เป็นต้น อินนูลินในกล้วยผลสดมีปริมาณ 0.3-0.7 กรัม/ 100 กรัม ในกล้วยแห้ง ปริมาณ 0.9-2.0 กรัม/ 100 กรัม และในกล้วยบรรจุกระป๋องมีปริมาณ 0.1-0.3 กรัม/ 100 กรัม (Moshfegh et al., 1999)

1.5.3 การวิเคราะห์หาปริมาณอินนูลิน

การหาปริมาณอินนูลินสามารถทำได้หลายวิธี เช่นการใช้วิธีวัดโดยอ้อม โดยใช้วิธีสเปกโตรโฟโตเมทรี (Saengkanuk et al., 2011; Puttha et al., 2012) การวิเคราะห์เบื้องต้นโดยวิธี Histochemical detection of cell content method การวิเคราะหปริมาณ Total carbohydrate โดยวิธี Phenol sulfuric acid assay การวิเคราะหปริมาณ reducing sugar โดยวิธี 3,5-dinitrosalicylic acid colorimetric assay และวิธี HPLC (High-performance liquid chromatography) (มัลลิกา และคณะ, 2552) เป็นต้น มีการศึกษาเกี่ยวปริมาณอินนูลินในกล้วยหลายงานทดลอง มัลลิกา และคณะ, 2552 เลือกกล้วยมา 18 สายพันธุ์ ได้แก่ กล้วยหอม กล้วยไข กล้วยน้ำว้า กล้วยหักมุกทอง กล้วยหักมุกเขียว กล้วยเล็บมือนาง กล้วยน้ำ กล้วยนางพญา กล้วยเล็บช้างกุด กล้วยเทพรส กล้วยนิ้วมือนาง กล้วยเล็บมือนาง กล้วยหิน กล้วยเขียว กล้วยลังกา กล้วยไข่ชุมแพ กล้วยไขทองเงย และกล้วยสา เพื่อนำมาวิเคราะหหาปริมาณอินูลิน พบว่ากล้วยนิ้วมือนางให้ปริมาณอินูลินสูงสุดร้อยละ 12.23 สวนกล้วยเขียว กล้วยหักมุกเขียว และกล้วยน้ำ มีปริมาณอินูลินประมาณร้อยละ 7.69 7.59 และ 6.11 ตามลำดับ และจากการทดสอบฤทธิ์การเปนพรีไบโอติกส พบว่ากล้วยพันธุตางๆ ให้ผลไมแตกตางกันมากนัก ยกเว้นกล้วยหอมและกล้วยเล็บมือนางที่มีผลลดการเจริญเติบโตของ *Lactobacillus*

plantarum โดยงานทดลองนี้สรุปว่ากล้วยนิ้วมือนาง มีแนวโน้มที่จะให้ปริมาณอินนูลินสูง ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของเชื้อโปรไบโอติกส รวมทั้งเพิ่มประสิทธิภาพในการต้านจุลินทรีย์ก่อโรคได้ดีที่สุด ประเทศอินเดียได้มีการศึกษาหาปริมาณอินนูลินในกล้วย 7 พันธุ์ ได้แก่ Hill banana Karpooravalli Morris Nendran Poovan Rasthali และ Red banana พบว่ากล้วยพันธุ์ Nendran มีปริมาณอินนูลินมากที่สุด 8.5 กรัม/100 กรัมน้ำหนักสด โดยจะปริมาณอินนูลินจะแตกต่างกันจากวัดจากผลสด (fresh fruit) ผลนึ่ง (blanched fruit) และกล้วยบดที่ผ่านความร้อน (fruit puree) คือ 870 977 และ 1,025 มิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ (Shalini and Antony, 2015)

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 ได้ข้อมูลปริมาณอินนูลินในส่วนของเนื้อและเปลือกผลกล้วยกลุ่ม diploid (2n) triploid (3n) และ tetraploid (4n)

1.6.2 ได้ทราบความสัมพันธ์ขององค์ประกอบของผลผลิต ผลผลิต และปริมาณอินนูลินในส่วนของเนื้อและเปลือกผล กล้วยกลุ่ม diploid (2n) triploid (3n) และ tetraploid (4n)

1.6.3 ได้ข้อมูลเพื่อไปใช้ในการประกอบการเรียนการสอน

1.6.4 ได้ผลการวิจัยไปนำเสนอและเผยแพร่ในงานประชุมทางวิชาการและตีพิมพ์ผลงานในวารสารทางวิชาการในระดับชาติหรือนานาชาติ

1.7 การถ่ายทอดเทคโนโลยีหรือผลการวิจัยสู่กลุ่มเป้าหมาย

1.7.1 ผลที่ได้รับสามารถนำไปถ่ายทอดเทคโนโลยีแก่นักวิชาการ นิสิต นักศึกษา เอกชนและประชาชนที่สนใจ

1.7.2 องค์ความรู้ที่ได้สามารถนำมาใช้ประกอบการเรียนการสอนแก่นิสิตในชั้นเรียน ได้แก่วิชาการปรับปรุงพันธุ์พืชเบื้องต้น การผลิตพืชเพื่อสุขภาพและความงาม และปัญหาพิเศษ เป็นต้น

1.7.3 นำผลการวิจัยไปนำเสนอและเผยแพร่ในงานประชุมทางวิชาการและตีพิมพ์ผลงานในวารสารทางวิชาการในระดับชาติหรือนานาชาติได้

บทที่ 2
วิธีการดำเนินการวิจัยและผลการวิจัย

2.1 วิธีการดำเนินการวิจัย

2.1.1 สถานที่ทำการทดลอง และแผนการทดลอง

แปลงทดลองกล้วย คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสระแก้ว อ. วัฒนานคร จ. สระแก้ว วางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ

2.1.2 พันธุ์กล้วย

กล้วยจำนวน 6 พันธุ์ ได้แก่กล้วยน้ำไท กล้วยหอมทอง กล้วยหิน กล้วยน้ำว้า กล้วยสามเดือนและกล้วยเทพรส (ภาพที่ 2.1-2.18)

2.1.3 การบันทึกข้อมูลผลผลิต

1) จำนวนผลต่อหวี

เก็บกล้วยทั้งเครือจากต้นกล้วย จากนั้นตัดแยกเป็นหวี ใส่รหัสตัวอย่าง ตัดผลออกจากหวี และนับจำนวนผลในแต่ละหวี พันธุ์ละ 3 หวี (ภาพที่ 2.19)

2) น้ำหนักสดผล (เนื้อและเปลือก) ต่อหวี

ชั่งน้ำหนักผลกล้วยแต่ละหวีแยกกันตามรหัสตัวอย่าง หน่วยเป็นกรัม (ภาพที่ 2.19)

3) น้ำหนักเนื้อสดต่อหวี

ใช้มีดกรีดที่เปลือกกล้วย เพื่อแยกเนื้อผลและเปลือกออกจากกัน นำเนื้อผลชั่งน้ำหนักแต่ละหวีแยกกันตามรหัสตัวอย่าง หน่วยเป็นกรัม (ภาพที่ 2.19)

4) น้ำหนักเปลือกสดต่อหวี

ใช้มีดกรีดที่เปลือกกล้วย เพื่อแยกเนื้อผลและเปลือกออกจากกัน นำเปลือกชั่งน้ำหนักแต่ละหวีแยกกันตามรหัสตัวอย่าง หน่วยเป็นกรัม (ภาพที่ 2.19)

5) น้ำหนักสดผล (เนื้อและเปลือก)

น้ำหนักสดผล (เนื้อและเปลือก) คำนวณจากสูตร น้ำหนักสดผล (เนื้อและเปลือก) ต่อหวี/จำนวนผลต่อหวี หน่วยเป็นกรัม (ภาพที่ 2.19)

6) น้ำหนักเนื้อสดต่อผล

น้ำหนักเนื้อสดต่อผล คำนวณจากสูตร น้ำหนักเนื้อสดต่อหวี/จำนวนผลต่อหวี หน่วยเป็นกรัม (ภาพที่ 2.19)

7) น้ำหนักเปลือกสดต่อผล

น้ำหนักเปลือกสดต่อผล คำนวณจากสูตร น้ำหนักเปลือกสดต่อหวี/จำนวนผลต่อหวี หน่วยเป็นกรัม (ภาพที่ 2.19)

8) เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเนื้อสดต่อผล

เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเนื้อสดต่อผล คำนวณจากสูตร (น้ำหนักเนื้อสดต่อผล/(น้ำหนักเนื้อสดต่อผล+น้ำหนักเปลือกสดต่อผล))X100

9) เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเปลือกสดต่อผล

เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเปลือกสดต่อผล คำนวณจากสูตร (น้ำหนักเปลือกสดต่อผล//(น้ำหนักเนื้อสดต่อผล+น้ำหนักเปลือกสดต่อผล))X100

10) น้ำหนักเนื้อแห้งต่อผล

น้ำหนักเนื้อแห้งต่อผล คำนวณจากสูตร น้ำหนักเนื้อแห้งต่อหวี/จำนวนผลต่อหวี หน่วยเป็นกรัม

11) น้ำหนักเปลือกแห้งต่อผล

น้ำหนักเปลือกแห้งต่อผล คำนวณจากสูตร น้ำหนักเปลือกแห้งต่อหวี/จำนวนผลต่อหวี หน่วยเป็นกรัม

12) น้ำหนักเนื้อแห้งต่อน้ำหนักสด 100 กรัม

น้ำหนักเนื้อแห้งต่อต่อน้ำหนักสด 100 กรัม คำนวณจากสูตร (น้ำหนักเนื้อแห้งต่อผล/น้ำหนักเนื้อสดต่อผล)X100

13) น้ำหนักเปลือกแห้งต่อน้ำหนักสด 100 กรัม

น้ำหนักเปลือกแห้งต่อน้ำหนักสด 100 กรัม คำนวณจากสูตร (น้ำหนักเปลือกแห้งต่อผล/น้ำหนักเปลือกสดต่อผล)X100

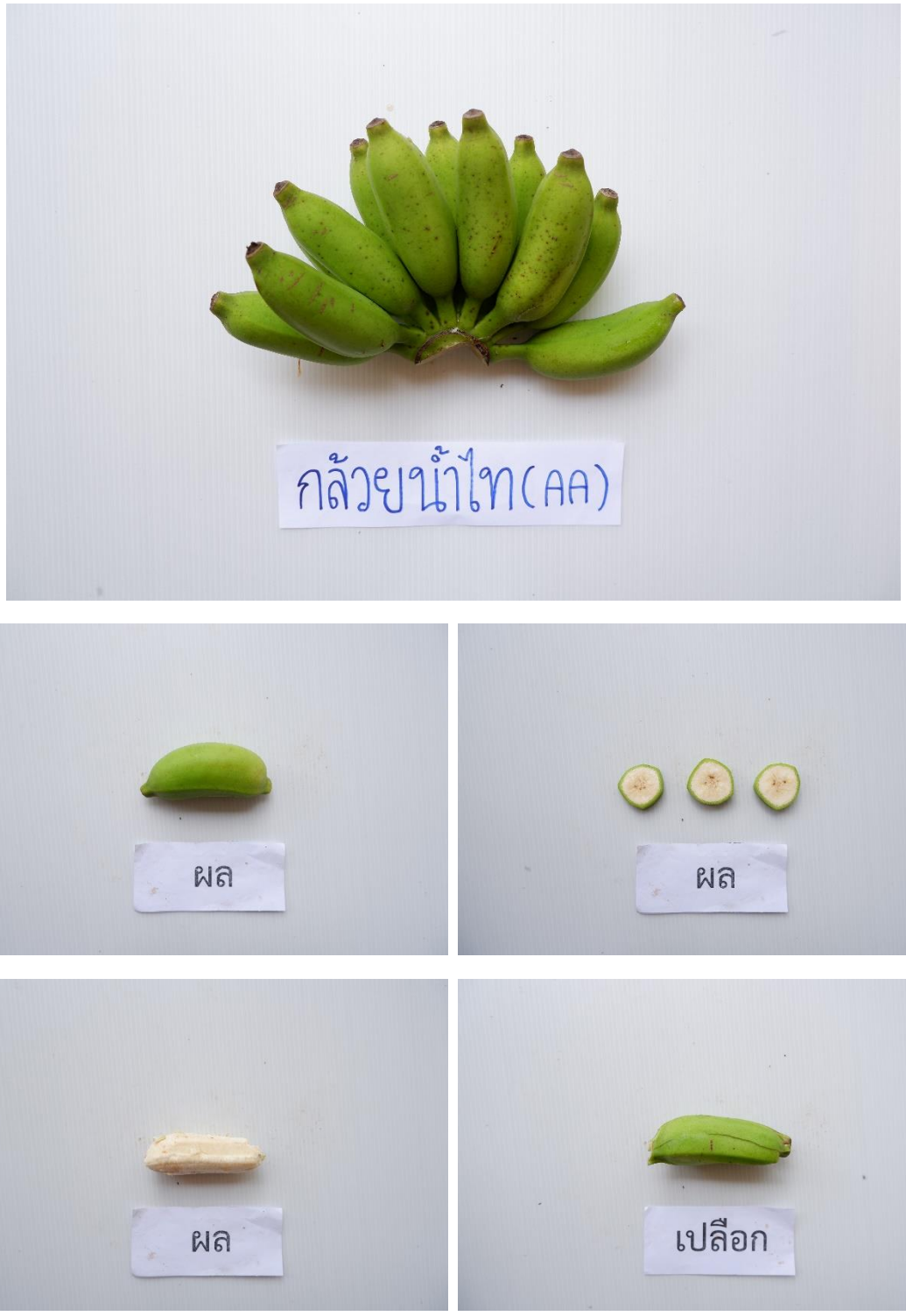
14) ปริมาณอินนูลินในเนื้อกล้วย

การสกัดและการวิเคราะห์ ตามข้อที่ 2.1.4 (ภาพที่2.20)

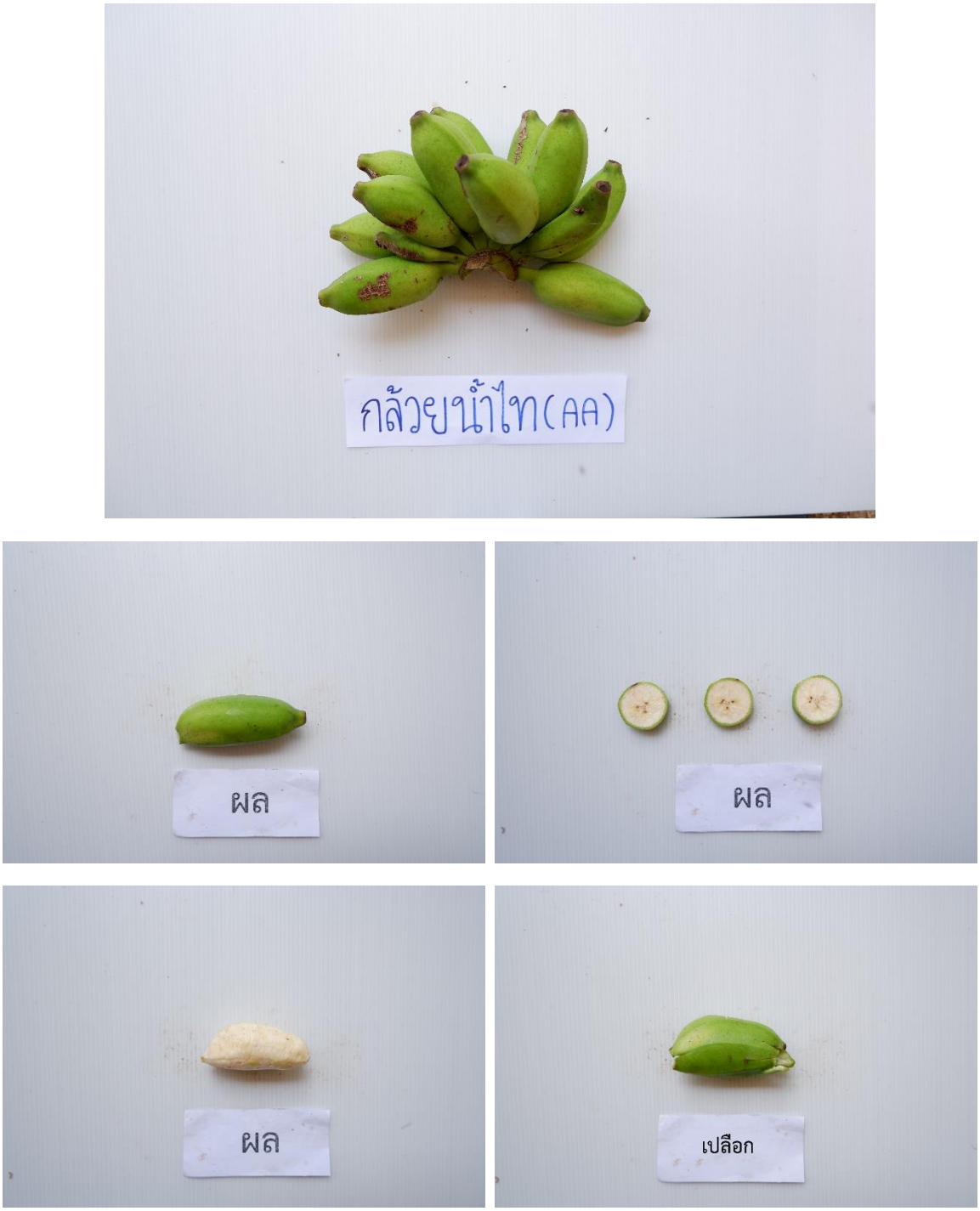
15) ปริมาณอินนูลินในเปลือกกล้วย

การสกัดและการวิเคราะห์ ตามข้อที่ 2.1.4 (ภาพที่2.20)

ภาพที่ 2.1 ตัวอย่างกล้วยน้ำไท ซ้ำที่ 1

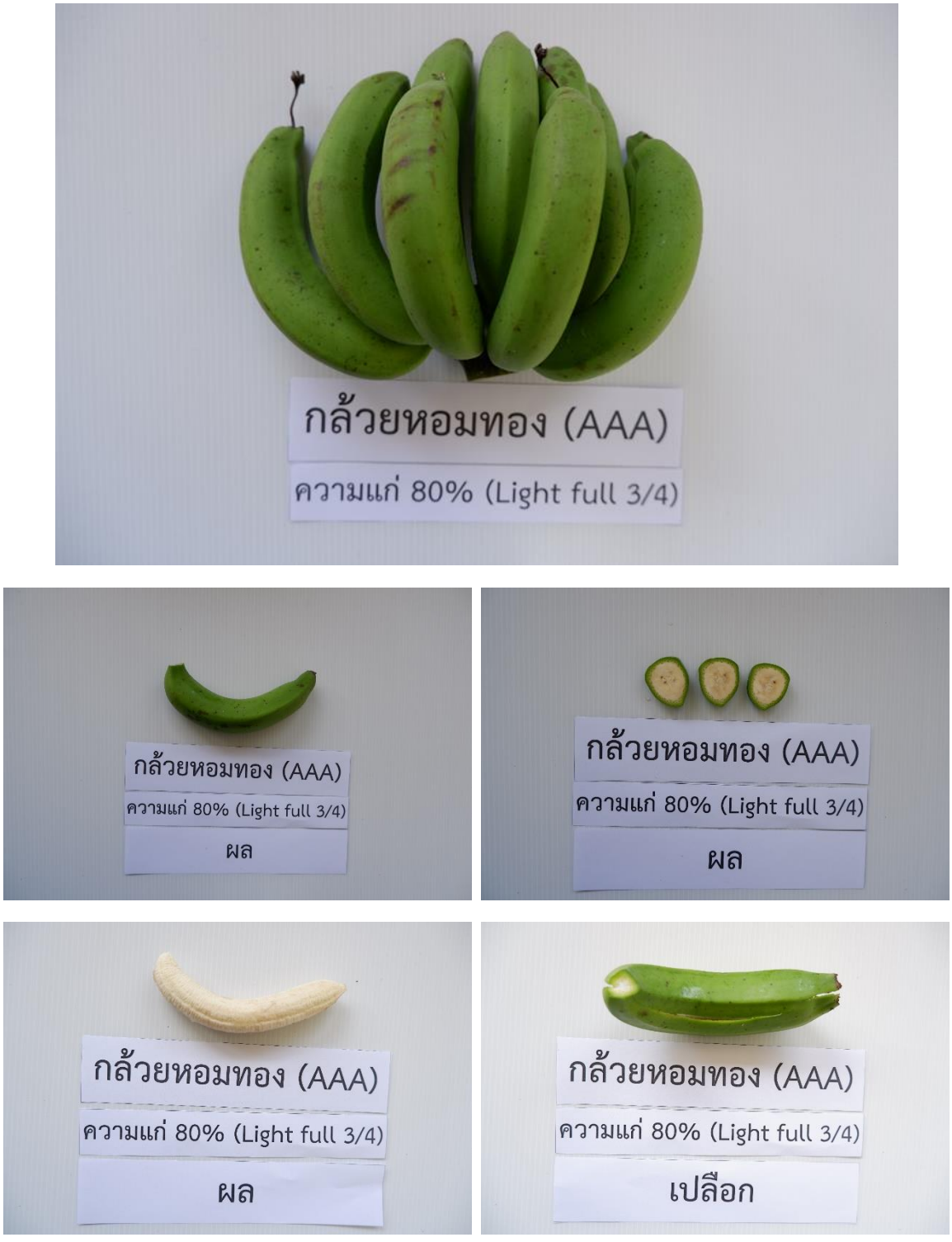


ภาพที่ 2.2 ตัวอย่างกล้วยน้ำไท ซ้ำที่ 2

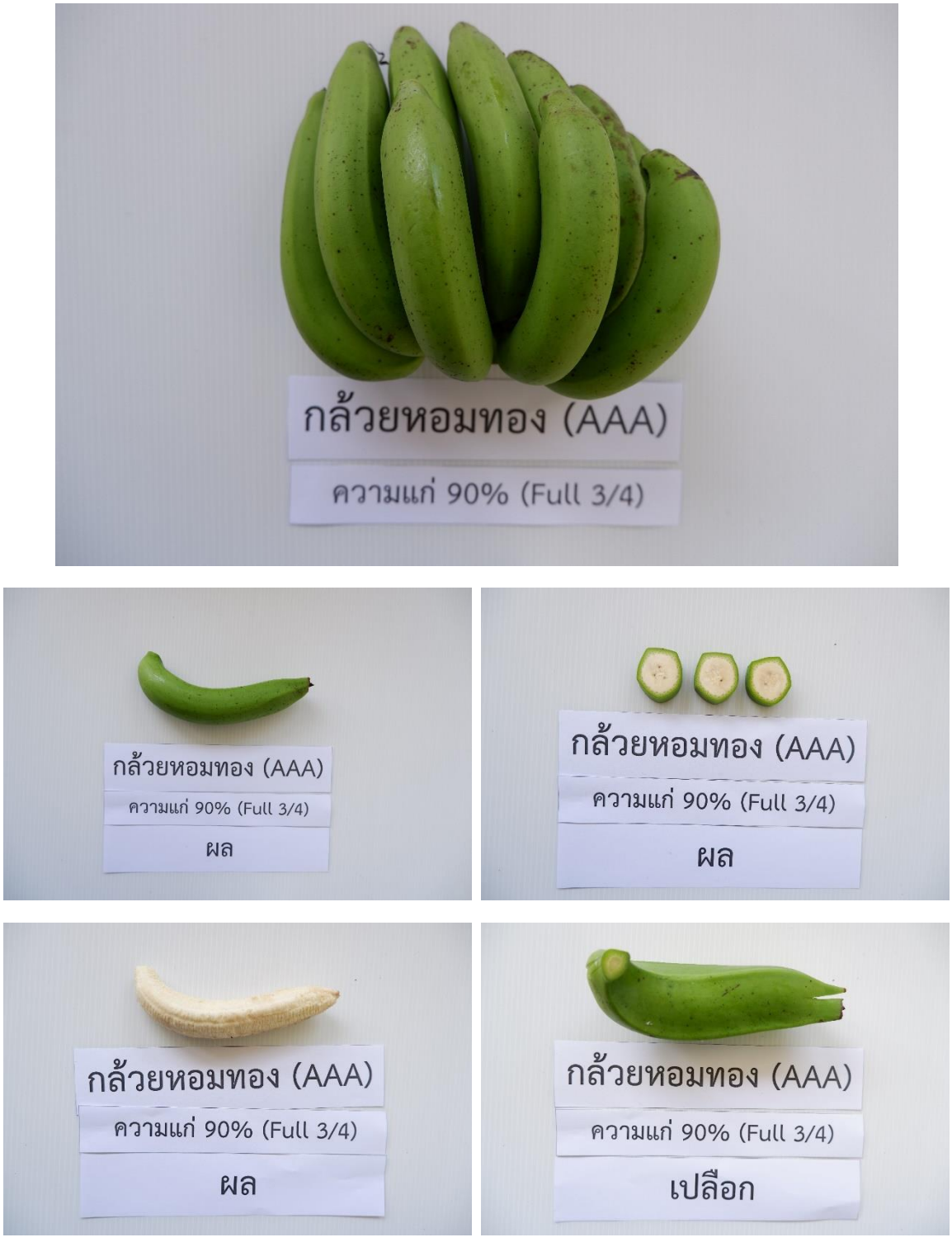


ภาพที่ 2.3 ตัวอย่างกล้วยน้ำไท ซ้ำที่ 3

ภาพที่ 2.4 ตัวอย่างกล้วยหอมทอง ซ้ำที่ 1

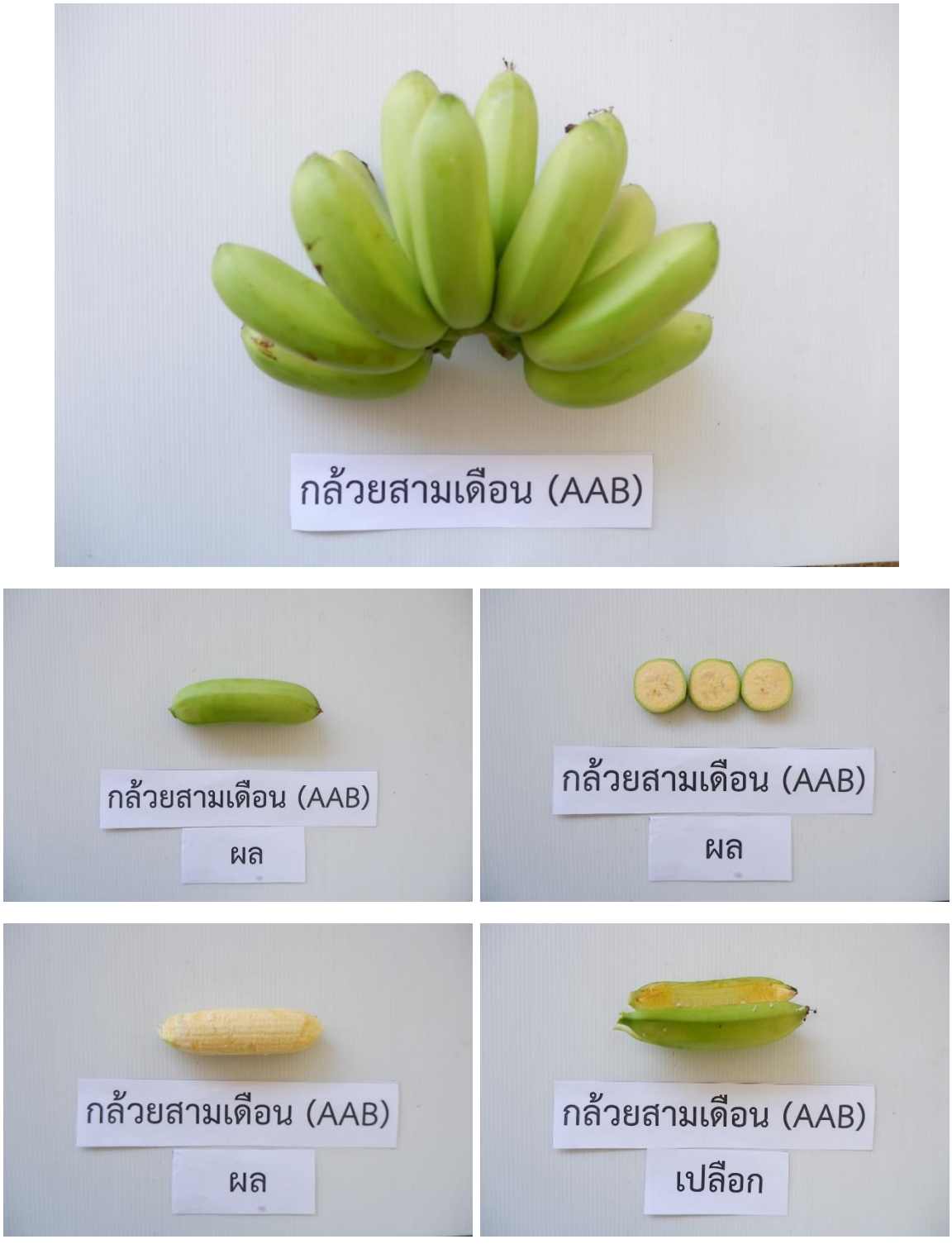


ภาพที่ 2.5 ตัวอย่างกล้วยหอมทอง ซ้ำที่ 2



ภาพที่ 2.6 ตัวอย่างกล้วยหอมทอง ซ้ำที่ 3

ภาพที่ 2.7 ตัวอย่างกล้วยสามเดือน ซ้ำที่ 1



ภาพที่ 2.8 ตัวอย่างกล้วยสามเดือน ซ้ำที่ 2

ภาพที่ 2.9 ตัวอย่างกล้วยสามเดือน ซ้ำที่ 3

ภาพที่ 2.10 ตัวอย่างกล้วยน้ำว้า ซ้ำที่ 1

ภาพที่ 2.11 ตัวอย่างกล้วยน้ำว้า ซ้ำที่ 2

ภาพที่ 2.12 ตัวอย่างกล้วยน้ำว้า ซ้ำที่ 3

ภาพที่ 2.13 ตัวอย่างกล้วยหินซ้ำที่ 1

ภาพที่ 2.14 ตัวอย่างกล้วยหินซ้ำที่ 2

ภาพที่ 2.15 ตัวอย่างกล้วยหินซ้ำที่ 3

ภาพที่ 2.16 ตัวอย่างกล้วยเทพรสซ้ำที่ 1

ภาพที่ 2.17 ตัวอย่างกล้วยเทพรสซ้ำที่ 2

ภาพที่ 2.18 ตัวอย่างกล้วยเทพรสซ้ำที่ 3

ภาพที่ 2.19 ขั้นตอนการเตรียมและเก็บข้อมูลตัวอย่างกล้วย

2.1.4 การวัดปริมาณอินนูลินโดยวิธีสเปกโตรโฟโตเมทรี (Saengkanuk et al, 2011; Puttha et al, 2012)

1) การเตรียมตัวอย่างผง

นำเนื้อและเปลือกผลของกล้วย จำนวน 6 พันธุ์ ตัดให้เป็นชิ้นเล็กๆ และชั่งน้ำหนัก จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 ชั่วโมง หรือจนกว่าจะแห้ง ทำการบดให้ละเอียด จะได้ตัวอย่างผง เก็บไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส จนกระทั่งนำไปวิเคราะห์

2) การเตรียมตัวอย่างเพื่อใช้ในการวิเคราะห์อินนูลิน

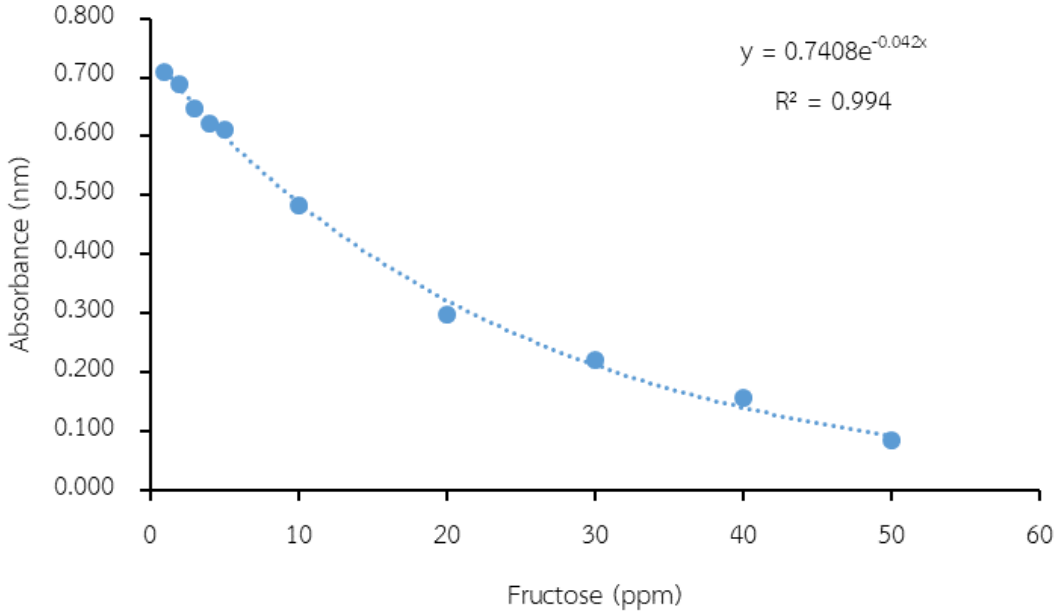
ชั่งตัวอย่างผง ตัวอย่างละ 2 กรัม จำนวน 3 ซ้ำต่อตัวอย่าง ใส่ใน flask ขนาด 25 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 25 มิลลิลิตร และปิดปาก flask ด้วยอะลูมิเนียมฟรอยด์ แล้วนำมาต้มใน water bath อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที นำออกมาตั้งไว้ให้เย็นในอุณหภูมิห้อง กรองด้วยกระดาษกรอง Whatman no. 1 จากนั้นดูดตัวอย่างปริมาณ 1 มิลลิลิตร (เนื้อผล) และ 2 มิลลิลิตร (เปลือก) และกรดไฮโดรคลอลิค (HCl) 750 ไมโครลิตร และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 25 มิลลิลิตร โดยใช้ขวดปรับปริมาตร เทสารละลายทั้งหมดจากขวดปรับปริมาตร มาใส่ใน flask และปิดปากด้วยอะลูมิเนียมฟรอยด์ นำตัวอย่างไปต้มบน hot plate อุณหภูมิประมาณ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 นาที ตั้งไว้ให้เย็นในอุณหภูมิห้อง จากนั้นจึงเทตัวอย่างใส่ไว้ในขวดพลาสติก และเก็บไว้ในตู้เย็น 4 องศาเซลเซียส

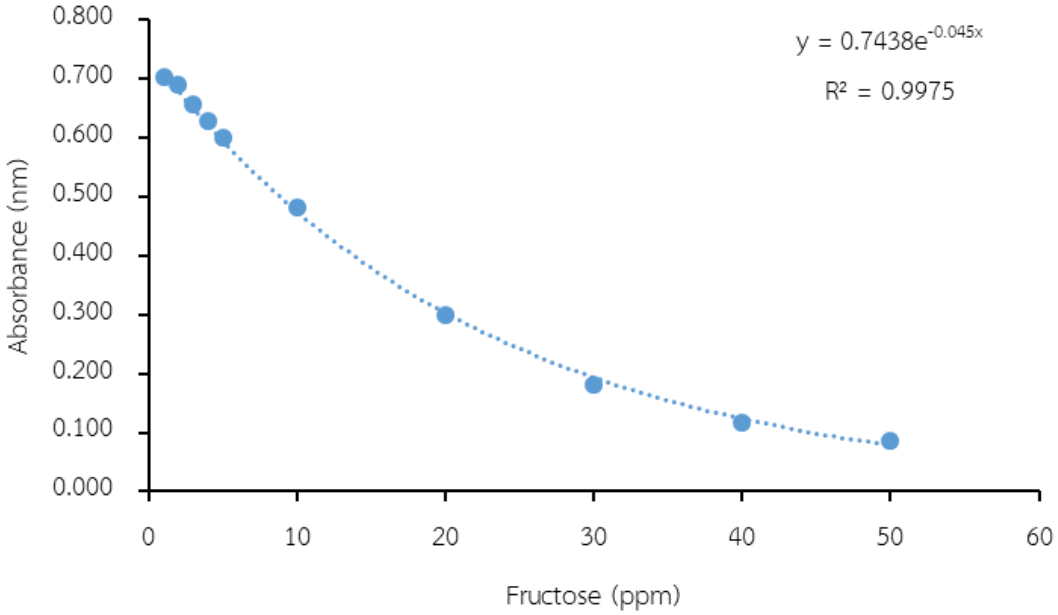
3) การวิเคราะห์ปริมาณอินนูลินในผล และเปลือกผลกล้วย

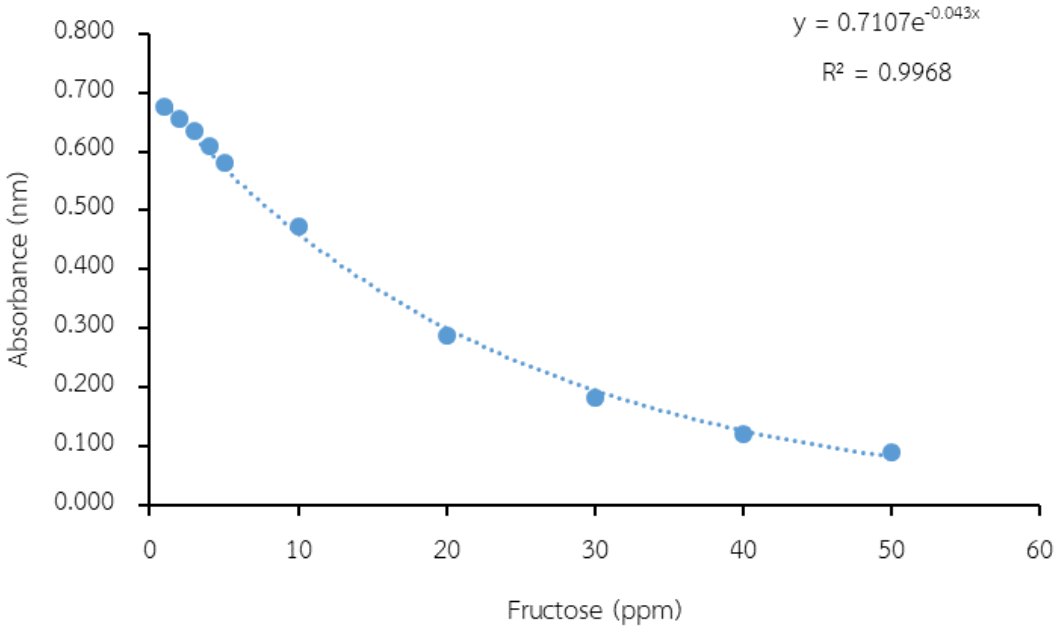
การวัดปริมาณอินนูลิน โดยใส่ตัวอย่างปริมาณ 4 มิลลิลิตร ใน test tube ขนาด 15 มิลลิลิตร ที่บรรจุ citrate buffer (pH 6) 5 มิลลิลิตรและน้ำกลั่น 0.55 มิลลิลิตร เติม periodate reagent 0.20 มิลลิลิตร เขย่าและวางไว้ 5 นาที และเติม potassium iodide 0.25 มิลลิลิตร เขย่าและวางไว้ 5 นาที จากนั้นทำการวัดด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ด้วยค่าการดูดกลืนแสงที่ 390 นาโนเมตร ค่าที่วัดได้นำไปวิเคราะห์หาปริมาณอินูลลินจากกราฟมาตรฐานของ ฟรุกโตส และคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์อินนูลินต่อน้ำหนักแห้ง

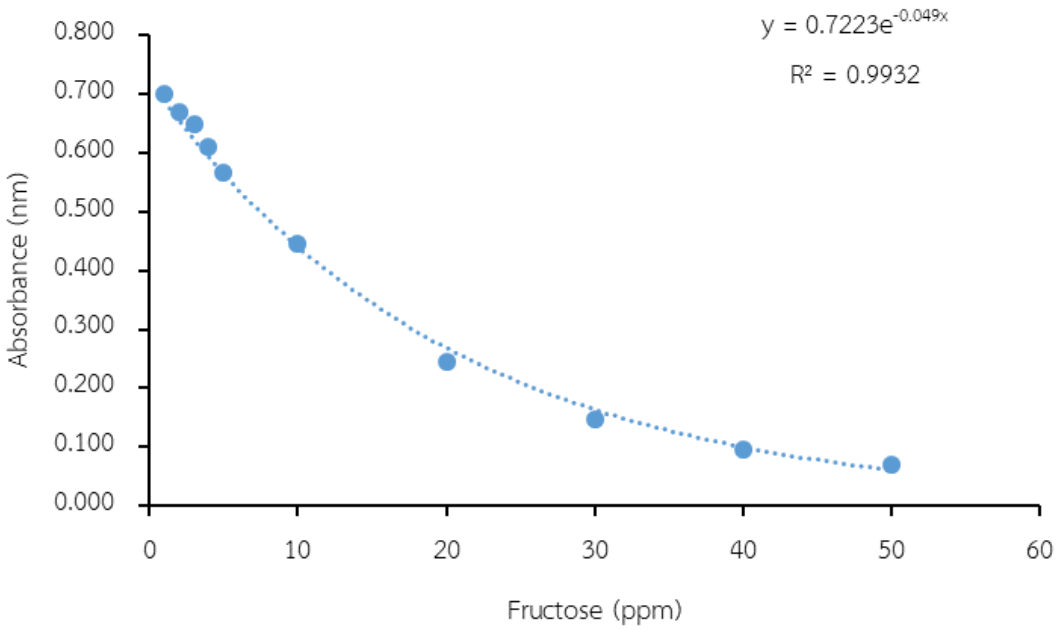
ภาพที่ 2.20 ขั้นตอนการสกัดและวิเคราะห์อินนูลินในกล้วย

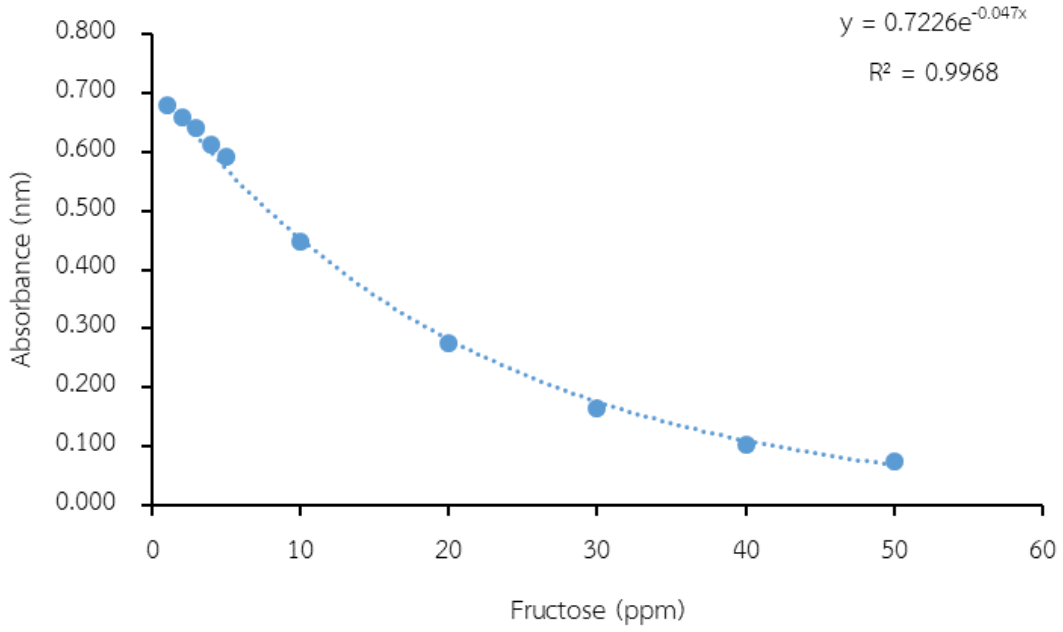
กราฟมาตรฐาน


y = 0.7408e-0.042x
R² = 0.994
Absorbance (nm)
0.800
0.700
0.600
0.500
0.400
0.300
0.200
0.100
0.000
0
10
20
30
40
50
60
Fructose (ppm)


y = 0.7438e-0.045x
R² = 0.9975
Absorbance (nm)
0.800
0.700
0.600
0.500
0.400
0.300
0.200
0.100
0.000
0
10
20
30
40
50
60
Fructose (ppm)


y = 0.7107e^-0.043x
R² = 0.9968
Absorbance (nm)
0.800
0.700
0.600
0.500
0.400
0.300
0.200
0.100
0.000
0
10
20
30
40
50
60
Fructose (ppm)


y = 0.7223e^-0.049x
R² = 0.9932
Absorbance (nm)
0.800
0.700
0.600
0.500
0.400
0.300
0.200
0.100
0.000
0
10
20
30
40
50
60
Fructose (ppm)



2.1.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลองค์ประกอบผลผลิต ผลผลิต และปริมาณอินนูลินในเนื้อและเปลือกของกล้วยมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) ของข้อมูลตามแผนการทดลอง และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Least Significant Difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยโปรแกรมสำเร็จรูป Statistix 8 และนำข้อมูลทั้งหมดหาความสัมพันธ์ โดยการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ด้วยวิธี Pearson moment correlation

2.2 ผลการวิจัย

การศึกษาเปรียบเทียบกล้วยจำนวน 6 พันธุ์ ที่มีโครโมโซม diploid triploid และ tetraploid ได้แก่ กล้วยน้ำไท (AA) กล้วยหอมทอง (AAA) กล้วยสามเดือน (AAB) กล้วยน้ำว้า (ABB) กล้วยหิน (BBB) และกล้วยเทพรส (ABBB) ในพื้นที่แปลงทดลองกล้วย คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสระแก้ว และบันทึกองค์ประกอบผลผลิต ผลผลิต และคุณภาพของผลผลิต จำนวน 15 ลักษณะ ได้แก่จำนวนผลต่อหวี น้ำหนักสดผล (เนื้อและเปลือก) ต่อหวี น้ำหนักเนื้อสดต่อหวี น้ำหนักเปลือกสดต่อหวี น้ำหนักสดผล (เนื้อและเปลือก) น้ำหนักเนื้อสดต่อผล น้ำหนักเปลือกสดต่อผล เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเนื้อสดต่อผล เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเปลือกสดต่อผล น้ำหนักเนื้อแห้งต่อผล น้ำหนักเปลือกแห้งต่อผล น้ำหนักเนื้อแห้งต่อน้ำหนักสด 100 กรัมน้ำหนักเปลือกแห้งต่อน้ำหนักสด 100 กรัม ปริมาณอินนูลินในเนื้อผล และปริมาณอินนูลินเปลือก ผลการทดลอง ดังนี้

2.2.1 จำนวนผลต่อหวี

จำนวนผลต่อหวีมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (ตารางที่ 2.1) จำนวนผลต่อหวีมีค่าอยู่ในช่วง 6.0-11.7 ผล กล้วยสามเดือน กล้วยน้ำไท กล้วยหิน และกล้วยน้ำว้ามีจำนวนผลต่อหวีมากที่สุดมีค่า 11.7 10.7 10.3 และ 10.3 ผล รองลงมาคือกล้วยหอมทอง และกล้วยเทพรส มีค่า 6.3 และ 6.0 ผล ตามลำดับ (ตารางที่ 2.2)

2.2.2 น้ำหนักสดผล (เนื้อและเปลือก) ต่อหวี

น้ำหนักสดผล (เนื้อและเปลือก) ต่อหวีมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) (ตารางที่ 2.1) น้ำหนักสดผลต่อหวีมีค่าอยู่ในช่วง 391.7-1,952.3 กรัม กล้วยหินมีน้ำหนักสดผลต่อหวีมากที่สุดมีค่า 1,952.3 กรัม รองลงมาคือกล้วยสามเดือน กล้วยเทพรส กล้วยหอมทอง กล้วยน้ำไทและกล้วยน้ำว้า มีค่า 799.7 761.3 504.0 418.3 และ 319.7 กรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 2.2)

2.2.3 น้ำหนักเนื้อสดต่อหวี

น้ำหนักเนื้อสดต่อหวีมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) (ตารางที่ 2.1) น้ำหนักเนื้อสดต่อหวีมีค่าอยู่ในช่วง 216.7-1,034.0 กรัม กล้วยหินมีน้ำหนักเนื้อสดต่อหวีมากที่สุดมีค่า 1,034.0 กรัม รองลงมาคือกล้วยสามเดือน กล้วยเทพรส กล้วยน้ำไท กล้วยหอมทอง และกล้วยน้ำว้า มีค่า 472.0 367.3 282.3 272.7 และ 216.7กรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 2.2)

2.2.4 น้ำหนักเปลือกสดต่อหวี

น้ำหนักเปลือกสดต่อหวี มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) (ตารางที่ 2.1) น้ำหนักเปลือกสดต่อหวี มีค่าอยู่ในช่วง 128.7-901.3 กรัม กล้วยหินมีน้ำหนักเปลือกสดต่อหวีมากที่สุดมีค่า 901.3 กรัม

รองลงมาคือกล้วยเทพรส กล้วยสามเดือน กล้วยหอมทอง กล้วยน้ำว้า และกล้วยน้ำไท มีค่า 385.7 262.7 226.7 168.7 และ 128.7 กรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 2.2)

2.2.5 น้ำหนักสดผล (เนื้อและเปลือก)

น้ำหนักสดผล (เนื้อและเปลือก) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) (ตารางที่ 2.1) น้ำหนักสดผล (เนื้อและเปลือก) มีค่าอยู่ในช่วง 39.1-188.5 กรัม กล้วยหินมีน้ำหนักสดผลมากที่สุดมีค่า 188.5 กรัม รองลงมาคือกล้วยเทพรส กล้วยหอมทอง กล้วยสามเดือน กล้วยน้ำไท และกล้วยน้ำว้า มีค่า 130.6 79.2 69.3 39.3 และ 39.1 กรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 2.2)

2.2.6 น้ำหนักเนื้อสดต่อผล

น้ำหนักเนื้อสดต่อผล มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) (ตารางที่ 2.1) น้ำหนักเนื้อสดต่อผล มีค่าอยู่ในช่วง 21.8-99.8 กรัม กล้วยหินมีน้ำหนักเนื้อสดต่อหวีมากที่สุดมีค่า 99.8 กรัม รองลงมาคือกล้วยเทพรส กล้วยหอมทอง กล้วยสามเดือน กล้วยน้ำไท และกล้วยน้ำว้า มีค่า 63.1 42.9 40.1 26.7 และ 21.8 กรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 2.2)

2.2.7 น้ำหนักเปลือกสดต่อผล

น้ำหนักเปลือกสดต่อผล มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) (ตารางที่ 2.1) น้ำหนักเปลือกสดต่อผล มีค่าอยู่ในช่วง 12.0-87.0 กรัม กล้วยหินมีน้ำหนักเปลือกสดต่อผลมากที่สุดมีค่า 87.0 กรัม รองลงมาคือกล้วยเทพรส กล้วยหอมทอง กล้วยสามเดือน กล้วยน้ำว้า และกล้วยน้ำไท มีค่า 66.0 35.6 22.7 16.6 และ 12.0 กรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 2.2)

2.2.8 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเนื้อสดต่อผล

เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเนื้อสดต่อผล ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) (ตารางที่ 2.1) เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเนื้อสดต่อผล มีค่าอยู่ในช่วง 48.8-68.9 กรัม กล้วยน้ำไท และกล้วยสามเดือน มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเนื้อสดต่อผลมากที่สุด 68.9 และ 62.5 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือกล้วยน้ำว้า กล้วยหอมทอง กล้วยหินและกล้วยเทพรส มีค่า 56.8 54.6 53.5 และ 48.8 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 2.2)

2.2.9 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเปลือกสดต่อผล

เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเปลือกสดต่อผล มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) (ตารางที่ 2.1) เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเปลือกสดต่อผล มีค่าอยู่ในช่วง 31.1-51.2 เปอร์เซ็นต์ กล้วยเทพรส กล้วยหิน และกล้วยหอม

ทอง มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเปลือกสดต่อผลมากที่สุด มีค่า 51.2 46.7 และ 45.4 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ กล้วยน้ำว้า กล้วยสามเดือน และกล้วยน้ำไท มีค่า 43.2 37.5 และ 31.1 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 2.2)

2.2.10 น้ำหนักเนื้อแห้งต่อผล

น้ำหนักเนื้อแห้งต่อผล มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) (ตารางที่ 2.1) น้ำหนักเนื้อแห้งต่อผล มีค่าอยู่ในช่วง 4.6-38.9 กรัม กล้วยหินมีน้ำหนักเนื้อแห้งต่อผลมากที่สุดมีค่า 38.9 กรัม รองลงมาคือ กล้วยเทพรส กล้วยสามเดือน กล้วยน้ำไท กล้วยน้ำว้า และกล้วยหอมทอง มีค่า 22.9 13.1 7.8 7.7 และ 4.6 กรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 2.2)

2.2.11 น้ำหนักเปลือกแห้งต่อผล

น้ำหนักเปลือกแห้งต่อผล มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) (ตารางที่ 2.1) น้ำหนักเปลือกแห้งต่อผล มีค่าอยู่ในช่วง 1.8-13.9 กรัม กล้วยหอมทอง และกล้วยหิน มีน้ำหนักเปลือกแห้งต่อผลมากที่สุด มีค่า 13.9 และ 13.1 กรัม รองลงมาคือ กล้วยเทพรส กล้วยสามเดือน กล้วยน้ำว้า และกล้วยน้ำไท มีค่า 8.6 3.7 2.0 และ 1.8กรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 2.2)

2.2.12 น้ำหนักเนื้อแห้งต่อน้ำหนักสด 100 กรัม

น้ำหนักเนื้อแห้งต่อน้ำหนักสด 100 กรัมมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) (ตารางที่ 2.1) น้ำหนักเนื้อแห้งต่อน้ำหนักสด 100 กรัมมีค่าอยู่ในช่วง 10.7-39.0 กรัม กล้วยหิน กล้วยเทพรส กล้วยสามเดือน และกล้วยน้ำว้า มีน้ำหนักเนื้อแห้งต่อผลมากที่สุดมีค่า 39.0 36.2 35.4 และ 35.2 กรัม รองลงมาคือ กล้วยน้ำไท และกล้วยหอมทอง มีค่า 29.3 และ 10.7 กรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 2.2)

2.2.13 น้ำหนักเปลือกแห้งต่อน้ำหนักสด 100 กรัม

น้ำหนักเปลือกแห้งต่อน้ำหนักสด 100 กรัมมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) (ตารางที่ 2.1) น้ำหนักเปลือกแห้งต่อน้ำหนักสด 100 กรัมมีค่าอยู่ในช่วง 12.0-39.1 กรัม กล้วยหอมทองมีน้ำหนักเปลือกแห้งต่อน้ำหนักสด 100 กรัมมากที่สุดมีค่า 39.1 กรัม รองลงมาคือกล้วยสามเดือน กล้วยหิน กล้วยน้ำไท กล้วยเทพรส และกล้วยน้ำว้ามีค่า 16.3 15.0 14.6 13.1 และ 12.0 กรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 2.2)

2.2.14 ปริมาณอินนูลินในเนื้อกล้วย

ปริมาณอินนูลินในเนื้อกล้วยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) (ตารางที่ 2.1) ปริมาณอินนูลินในเนื้อกล้วยมีค่าอยู่ในช่วง 0.14-0.52 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง กล้วยสามเดือนและกล้วยเทพรส มี

ปริมาณอินนูลินในเนื้อกล้วยมากที่สุด 0.52 และ 0.45 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง ผลรองลงมาคือกล้วยหอมทอง กล้วยน้ำไท กล้วยหิน และกล้วยน้ำว้า มีค่า 0.31 0.22 0.22 และ 0.14 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ (ตารางที่ 2.2)

2.2.15 ปริมาณอินนูลินในเปลือกกล้วย

ปริมาณอินนูลินในเปลือกกล้วยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) (ตารางที่ 2.1) ปริมาณอินนูลินในเปลือกกล้วยมีค่าอยู่ในช่วง 0.26-0.75 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง กล้วยสามเดือน มีปริมาณอินนูลินในเปลือกกล้วยมากที่สุด 0.75 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง รองลงมาคือกล้วยหอมทอง กล้วยน้ำว้า กล้วยเทพรส กล้วยน้ำไท และกล้วยหิน มีค่า 0.49 0.48 0.41 0.30 และ 0.26 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ (ตารางที่ 2.2)

Table 2.1 Mean squares for number of fruits/finger, total fruit (pulp and peel) fresh weight/finger, pulp fresh weight/finger, peel fresh weight/finger, total fruit (pulp and peel) fresh weight, pulp fresh weight/fruit, peel fresh weight/fruit, percentage of pulp fresh weight/fruit, percentage of peel fresh weight/fruit, pulp dry weight/fruit, peel dry weight/fruit, pulp dry weight/100 grams fresh weight, peel dry weight/100 grams fresh weight, inulin content of pulp and inulin content of peel of six banana cultivars

Sources	Number of fruits/finger	Total fruit fresh weight /finger	Pulp fresh weight/finger	Peel fresh weight/finger	Total fruit fresh weight	Pulp fresh weight/fruit	Peel fresh weight/fruit	Percentage of pulp fresh weight/fruit	Percentage of peel fresh weight/fruit	Pulp dry weight/fruit	Peel dry weight/fruit	Pulp dry weight/100 grams fresh weight	Peel dry weight/100 grams fresh weight	Inulin content of pulp	Inulin content of peel
Replications	0.7	5610	1688	970	244.4	74.8	43.3	19.6	19.6	13.7	0.2	31.4	0.3	0.007	0.007
cultivars	17.2*	1037559**	277124**	245900**	10227.8**	2480.0**	2723.9**	153.5**	153.5**	507.7**	90.2**	326.0**	317.4**	0.064**	0.089**
Error	3.7	23759	14105	4347	141.7	86.7	23.5	13.3	13.3	5.7	1.1	25.6	0.3	0.009	0.009
CV (%)	21.1	19.2	27.0	19.1	13.1	19.0	12.1	6.3	8.6	15.1	14.5	16.3	2.9	30.0	20.9

Means with different letters in the same column are significantly different at $P < 0.05$ by least significant difference

*, ** significant at $P < 0.05$ and $P < 0.01$ probability levels, respectively

Table 2.2 Number of fruits/finger, total fruit (pulp and peel) fresh weight/finger, pulp fresh weight/finger, peel fresh weight/finger, total fruit (pulp and peel) fresh weight, pulp fresh weight/fruit, peel fresh weight/fruit, percentage of pulp fresh weight/fruit, percentage of peel fresh weight/fruit, pulp dry weight/fruit, peel dry weight/fruit, pulp dry weight/100 grams fresh weight, peel dry weight/ 100 grams fresh weight, inulin content of pulp and inulin content of peel of six banana cultivars

Cultivars	Number of fruits/finger (fruits)	Total fruit fresh weight/finger (g)	Pulp fresh weight/finger (g)	Peel fresh weight/finger (g)	Total fruit fresh weight (g)	Pulp fresh weight/fruit (g)	Peel fresh weight/fruit (g)	Percentage of pulp fresh weight/fruit (%)	Percentage of peel fresh weight/fruit (%)	Pulp dry weight/fruit (g)	Peel dry weight/fruit (g)	Pulp dry weight/100 grams fresh weight (g)	Peel dry weight/100 grams fresh weight (g)	Inulin content of pulp (% dry weight)	Inulin content of peel (% dry weight)
Nam Thai	10.7a	418.3d	282.3bc	128.7d	39.3d	26.7cd	12.0e	68.9a	31.1d	7.8d	1.8d	29.3b	14.6c	0.22cd	0.31c
Hom Thong	6.3b	504.0cd	272.7bc	226.7cd	79.2c	42.9c	35.6c	54.6cd	45.4ab	4.6d	13.9a	10.7c	39.1a	0.31bc	0.49b
Sam Doen	11.7a	799.7b	472.0b	262.7c	69.3c	40.1c	22.7d	62.5ab	37.5cd	13.1c	3.7c	35.4ab	16.3b	0.52a	0.75a
Nam Wa	10.0a	319.7d	216.7c	168.7cd	39.1d	21.8d	16.6de	56.8bc	43.2bc	7.7d	2.0cd	35.2ab	12.0e	0.14d	0.48b
Hin	10.3a	1952.3a	1034.0a	901.3a	188.5a	99.8a	87.0a	53.3cd	46.7ab	38.9a	13.1a	39.0a	15.0c	0.22cd	0.26c
Thep Parod	6.0b	761.3bc	367.3bc	385.7b	130.6b	63.1b	66.0b	48.8d	51.2a	22.9b	8.6b	36.2ab	13.1d	0.45ab	0.41bc
F-test	*	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**

Means with different letters in the same column are significantly different at P < 0.05 by Least significant difference

*, ** significant at P < 0.05 and P < 0.01 probability levels, respectively

2.1.16 สหสัมพันธ์ขององค์ประกอบผลผลิต ผลผลิตและปริมาณอินนูลินของกล้วย 6 พันธุ์

การศึกษาความสัมพันธ์ของลักษณะองค์ประกอบผลผลิต ผลผลิต และคุณภาพของผลผลิต จำนวน 15 ลักษณะ ได้แก่จำนวนผลต่อหวี น้ำหนักสดผล (เนื้อและเปลือก) ต่อหวี น้ำหนักเนื้อสดต่อหวี น้ำหนักเปลือกสดต่อหวี น้ำหนักสดผล (เนื้อและเปลือก) น้ำหนักเนื้อสดต่อผล น้ำหนักเปลือกสดต่อผล เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเนื้อสดต่อผล เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเปลือกสดต่อผล น้ำหนักเนื้อแห้งต่อผล น้ำหนักเปลือกแห้งต่อผล น้ำหนักเนื้อแห้งต่อน้ำหนักสด 100 กรัม น้ำหนักเปลือกแห้งต่อน้ำหนักสด 100 กรัม ปริมาณอินนูลินในเนื้อและปริมาณอินนูลินในเปลือกของกล้วยจำนวน 6 พันธุ์ ที่มีโครโมโซม diploid triploid และ tetraploid ได้แก่ กล้วยน้ำไท (AA) กล้วยหอมทอง (AAA) กล้วยสามเดือน (AAB) กล้วยน้ำว้า (ABB) กล้วยหิน (BBB) และกล้วยเทพรส (ABBB) ในพื้นที่แปลงทดลองกล้วย คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสระแก้ว ผลการทดลอง ดังนี้

ความสัมพันธ์ของลักษณะทั้งหมดมีค่าน้อยไปจนถึงมีความสัมพันธ์มาก ในช่วง -0.1 ถึง -1.0 (ตารางที่ 2.3) โดยลักษณะที่มีความสัมพันธ์กันสูง (r = 0.70-1.00) ได้แก่ความสัมพันธ์ทางบวกของจำนวนผลต่อหวีกับเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเนื้อสดต่อผล (r = 0.74) ความสัมพันธ์ทางลบจำนวนผลต่อหวีกับเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเปลือกสดต่อผล (r = -0.74) ความสัมพันธ์ทางบวกของน้ำหนักสดผลต่อหวีกับน้ำหนักเนื้อสดต่อหวี (r = 0.99) ความสัมพันธ์ทางบวกของน้ำหนักสดผลต่อหวีกับน้ำหนักเปลือกสดต่อหวี (r = 0.98) ความสัมพันธ์ทางบวกของน้ำหนักสดผลต่อหวีกับน้ำหนักสดผล(r = 0.90) ความสัมพันธ์ทางบวกของน้ำหนักสดผลต่อหวีกับน้ำหนักเนื้อสดต่อผล (r = 0.94) ความสัมพันธ์ทางบวกของน้ำหนักสดผลต่อหวีกับน้ำหนักเปลือกสดต่อผล (r = 0.84) ความสัมพันธ์ทางบวกของน้ำหนักสดผลต่อหวีกับน้ำหนักเนื้อแห้งต่อผล (r = 0.94) ความสัมพันธ์ทางบวกของน้ำหนักเนื้อสดต่อหวี กับน้ำหนักเปลือกสดต่อหวี (r = 0.96) ความสัมพันธ์ทางบวกของน้ำหนักเนื้อสดต่อหวี กับน้ำหนักสดผล(r = 0.86) ความสัมพันธ์ทางบวกของน้ำหนักเนื้อสดต่อหวีกับน้ำหนักเนื้อสดต่อผล (r = 0.90) ความสัมพันธ์ทางบวกของน้ำหนักเนื้อสดต่อหวีกับน้ำหนักเปลือกสดต่อผล (r = 0.78) ความสัมพันธ์ทางบวกของน้ำหนักเนื้อสดต่อหวีกับน้ำหนักเนื้อแห้งต่อผล (r = 0.91) ความสัมพันธ์ทางบวกของน้ำหนักเปลือกสดต่อหวีกับน้ำหนักสดผล (r = 0.95) ความสัมพันธ์ทางบวกของน้ำหนักเปลือกสดต่อหวีกับน้ำหนักเนื้อสดต่อผล (r = 0.97) ความสัมพันธ์ทางบวกของน้ำหนักเปลือกสดต่อหวีกับน้ำหนักเปลือกสดต่อผล (r = 0.91) ความสัมพันธ์ทางบวกของน้ำหนักเปลือกสดต่อหวีกับน้ำหนักเนื้อแห้งต่อผล (r = 0.95) ความสัมพันธ์ทางบวกของน้ำหนักสดผลต่อหวีกับน้ำหนักเนื้อสดต่อผล (r = 0.99) ความสัมพันธ์ทางบวกของน้ำหนักสดผลต่อหวีกับน้ำหนักเปลือกสดต่อผล (r = 0.99) ความสัมพันธ์ทางบวกของน้ำหนักสดผลต่อหวีกับน้ำหนักเนื้อแห้งต่อผล (r = 0.94) ความสัมพันธ์ทางบวกของน้ำหนักสดผลต่อหวีกับน้ำหนักเปลือกแห้งต่อผล (r = 0.74) ความสัมพันธ์ทางบวกของน้ำหนักเนื้อสดต่อผลกับน้ำหนักเปลือกสดต่อผล (r = 0.97) ความสัมพันธ์ทางบวกของน้ำหนักเนื้อสดต่อผลกับน้ำหนักเนื้อแห้งต่อผล (r = 0.94) ความสัมพันธ์ทางบวกของน้ำหนักเนื้อสดต่อผลกับน้ำหนักเปลือกแห้งต่อผล (r = 0.73) ความสัมพันธ์ทางลบของน้ำหนักเปลือกสดต่อผลกับเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเนื้อสดต่อผล (r = -0.74) ความสัมพันธ์ทางบวกของน้ำหนักเปลือกสดต่อผลกับ

เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเปลือกสดต่อผล (r = 0.74) ความสัมพันธ์ทางบวกของน้ำหนักเปลือกสดต่อผลกับน้ำหนักเนื้อแห้งต่อผล (r = 0.91) ความสัมพันธ์ทางบวกของน้ำหนักเปลือกสดต่อผลกับน้ำหนักเปลือกแห้งต่อผล (r = 0.75) ความสัมพันธ์ทางลบของกับเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเนื้อสดต่อผลกับเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเปลือกสดต่อผล (r = 1.00) และความสัมพันธ์ทางลบของน้ำหนักเนื้อแห้งต่อน้ำหนักสด 100 กรัมกับน้ำหนักเปลือกแห้งต่อน้ำหนักสด 100 กรัม (r = -0.94) ส่วนในลักษณะอื่นๆจะมีความสัมพันธ์ต่ำ (r < 0.70)

นอกจากนี้การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะองค์ประกอบผลผลิต ผลผลิต และปริมาณอินนูลินในเนื้อและเปลือกผลกล้วย พบว่ามีความสัมพันธ์ต่ำ (r < 0.70) ในทุกลักษณะ (ตารางที่ 2.3) แต่อย่างไรก็ตามพบว่าปริมาณอินนูลินในเนื้อผลกล้วยมีความสัมพันธ์ทางลบกับน้ำหนักเปลือกสดต่อหวี (r = -0.56) ส่วนปริมาณอินนูลินในเปลือกกล้วยมีความสัมพันธ์ทางลบกับน้ำหนักเปลือกสดต่อหวี (r = -0.45) น้ำหนักสดผล (เนื้อและเปลือก) (r = -0.42) น้ำหนักเนื้อสดต่อผล (r = -0.44) และน้ำหนักเปลือกสดต่อผล (r = -0.46) และปริมาณอินนูลินในเนื้อมีความสัมพันธ์ทางบวกกับปริมาณอินนูลินในปลือกผลกล้วย (r = 0.64)

Table 2.3 Correlation coefficients among 15 characters of six banana cultivars

Characters	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14
Number of fruits/finger (C1)														
Total fruit fresh weight/finger (C2)	0.13^{ns}													
Pulp fresh weight/finger (C3)	0.22^{ns}	0.99**												
Peel fresh weight/finger (C4)	-0.02^{ns}	0.98**	0.96**											
Total fruit fresh weight (C5)	-0.28^{ns}	0.90*	0.86*	0.95**										
Pulp fresh weight/fruit (C6)	-0.19^{ns}	0.94**	0.90**	0.97**	0.99**									
Peel fresh weight/fruit (C7)	-0.39^{ns}	0.84*	0.78^{ns}	0.91**	0.99**	0.97**								
Percentage of pulp fresh weight/fruit (C8)	0.74^{ns}	-0.36^{ns}	-0.26^{ns}	-0.49^{ns}	-0.66^{ns}	-0.58^{ns}	-0.74^{ns}							
Percentage of peel fresh weight/fruit (C9)	-0.74^{ns}	0.36^{ns}	0.26^{ns}	0.49^{ns}	0.66^{ns}	0.58^{ns}	0.74^{ns}	-1.00**						
Pulp dry weight/fruit (C10)	0.02^{ns}	0.94**	0.91**	0.96**	0.94**	0.94**	0.91**	-0.48^{ns}	0.48^{ns}					
Peel dry weight/fruit (C11)	-0.64^{ns}	0.56^{ns}	0.50^{ns}	0.63^{ns}	0.74^{ns}	0.73^{ns}	0.75^{ns}	-0.67^{ns}	0.67^{ns}	0.47^{ns}				
Pulp dry weight/100 grams fresh weight (C12)	0.50^{ns}	0.46^{ns}	0.46^{ns}	0.42^{ns}	0.33^{ns}	0.33^{ns}	0.30^{ns}	-0.05^{ns}	0.05^{ns}	0.61^{ns}	-0.38ns			
Peel dry weight/100 grams fresh weight (C13)	-0.53^{ns}	-0.19^{ns}	-0.20^{ns}	-0.16^{ns}	-0.07^{ns}	-0.06^{ns}	-0.06^{ns}	-0.14^{ns}	0.14^{ns}	-0.39^{ns}	0.61^{ns}	-0.94**		
Inulin content of pulp (C14)	-0.12^{ns}	-0.01^{ns}	-0.2^{ns}	-0.06^{ns}	0.13^{ns}	0.10^{ns}	0.10^{ns}	-0.14^{ns}	0.13^{ns}	0.05^{ns}	0.08^{ns}	0.05^{ns}	0.07^{ns}	
Inulin content of peel (C15)	0.21^{ns}	-0.37^{ns}	-0.35^{ns}	-0.45^{ns}	-0.42^{ns}	-0.44^{ns}	-0.46^{ns}	0.14^{ns}	-0.14^{ns}	-0.45^{ns}	-0.28^{ns}	-0.09^{ns}	0.16^{ns}	0.64^{ns}

Means with different letters in the same column are significantly different at P < 0.05 by least significant difference

ns, *, ** non-significant and significant at P < 0.05 and P < 0.01 probability levels, respectively

บทที่ 3
วิจารณ์ผลการทดลอง

3.1 องค์ประกอบผลผลิต ผลผลิต และปริมาณอินนูลินของกล้วย 6 พันธุ์

การศึกษานี้กล้วยจำนวน 6 พันธุ์ ที่มีโครโมโซม diploid triploid และ tetraploid ได้แก่ กล้วยน้ำไท (AA) กล้วยหอมทอง (AAA) กล้วยสามเดือน (AAB) กล้วยน้ำว้า (ABB) กล้วยหิน (BBB) และกล้วยเทพรส (ABBB) ในพื้นที่แปลงทดลองกล้วย คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสระแก้ว มีความแตกต่างกันในลักษณะจำนวนผลต่อหวี น้ำหนักสดผล (เนื้อและเปลือก) ต่อหวี น้ำหนักเนื้อสดต่อหวี น้ำหนักเปลือกสดต่อหวี น้ำหนักสดผล (เนื้อและเปลือก) น้ำหนักเนื้อสดต่อผล น้ำหนักเปลือกสดต่อผล เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเนื้อสดต่อผล เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเปลือกสดต่อผล น้ำหนักเนื้อแห้งต่อผล น้ำหนักเปลือกแห้งต่อผล น้ำหนักเนื้อแห้งต่อน้ำหนักสด 100 กรัม น้ำหนักเปลือกแห้งต่อน้ำหนักสด 100 กรัม ปริมาณอินนูลินในเนื้อ และปริมาณอินนูลินเปลือก ชี้ให้เห็นว่าพันธุ์กล้วยเป็นปัจจัยสำคัญในการผลิต

องค์ประกอบผลผลิตและผลผลิตของกล้วยมีความแตกต่างกันในแต่ละสายพันธุ์ กล้วยหินมีองค์ประกอบผลผลิตและผลผลิตมากที่สุด แต่อย่างไรก็ตามกล้วยหินมีปริมาณอินนูลินในเนื้อและปริมาณอินนูลินเปลือกน้อย ปริมาณอินนูลินในเนื้อกล้วยที่ทำการศึกษาอยู่ในช่วง 0.14-0.52 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง มีค่าต่ำกว่าอินนูลินในกล้วยผลสดมีปริมาณ 0.3-0.7 กรัม/100 กรัม ในกล้วยแห้งปริมาณ 0.9-2.0 กรัม/100 กรัม (Moshfegh et al., 1999) มัลลิกา และคณะ (2552) ศึกษาเกี่ยวปริมาณอินนูลินในกล้วยด้วยวิธี HPLC (High-performance liquid chromatography) โดยกล้วย 18 สายพันธุ์ ได้แก่กล้วยหอม กล้วยไข กล้วยน้ำว้า กล้วยหักมุกทอง กล้วยหักมุกเขียว กลวยเล็บมือนาง กลวยน้ำ กล้วยนางพญา กล้วยเล็บช้างกุด กล้วยเทพรส กล้วยนิ้วมือนาง กล้วยเล็บมือนาง กล้วยหิน กล้วยเขียว กล้วยลังกา กล้วยไข่ชุมแพ กล้วยไขทองเงย และกล้วยสา มีปริมาณอินนูลินในเนื้อผลอยู่ในช่วง 6.11-12.23 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแตกต่างจากผลของการทดลองนี้ เนื่องจากใช้พันธุ์กล้วยที่แตกต่างกันและวิธีการสกัดและวิเคราะห์แตกต่างกัน ประเทศอินเดียได้มีการศึกษาหาปริมาณอินนูลินในกล้วย 7 พันธุ์ ได้แก่ Hill banana Karpooravalli Morris Nendran Poovan Rasthali และ Red banana พบว่ากล้วยพันธุ์ Nendran มีปริมาณอินนูลินมากที่สุด 8.5 กรัม/100 กรัมน้ำหนักสด โดยจะปริมาณอินนูลินจะแตกต่างกันจากวัดจากผลสด (fresh fruit) ผลนึ่ง (blanched fruit) และกล้วยบดที่ผ่านความร้อน (fruit puree) คือ 870 977 และ 1,025 มิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ (Shalini and Antony, 2015) การศึกษานี้กล้วยสามเดือนมีปริมาณอินนูลินในเนื้อกล้วยมากที่สุด 0.52 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง และเมื่อศึกษาร่วมกับลักษณะจำนวนผลต่อหวี (11.7 ผล) เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเนื้อสดต่อผล (62.5 เปอร์เซ็นต์) น้ำหนักเนื้อแห้งต่อน้ำหนักสด 100 กรัม (35.4 กรัม) พบว่าเป็นกล้วยที่น่าสนใจเนื่องจากมีจำนวนผลต่อหวีมาก กล้วยสามเดือน 1 ผลมีส่วนที่เป็นเนื้อมาก และน้ำหนักแห้งสูง ซึ่งองค์ประกอบเหล่านี้ทำให้มีปริมาณอินนูลินในผลสูงกว่าพันธุ์อื่น

การศึกษานี้มีการวิเคราะห์ปริมาณอินนูลินในเปลือกผลอยู่ในช่วง 0.26-0.49 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง กล้วยสามเดือนมีปริมาณอินนูลินในเปลือกกล้วยมากที่สุด 0.49 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง ซึ่งจัดว่ามีปริมาณน้อย แต่ถ้าศึกษาข้อมูลนี้ร่วมกับข้อมูลเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเปลือกสดต่อผล จะพบว่ากล้วย 1 ผลมีองค์ประกอบเป็นเปลือกประมาณ 30-50 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นในอุตสาหกรรมที่ใช้กล้วยยังไม่สุกมีเปลือกเป็นสีเขียวเป็นวัตถุดิบจะมีปริมาณเปลือกกล้วยปริมาณมากที่สามารถใช้ในการเพิ่มมูลค่าเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ หรืออาหารสัตว์ได้

3.2 สหสัมพันธ์ขององค์ประกอบผลผลิต ผลผลิตและปริมาณอินนูลินของกล้วย 6 พันธุ์

สหสัมพันธ์เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ของลักษณะ 2 ลักษณะว่ามีความสัมพันธ์ในระดับมากหรือน้อยหรือไม่มีความสัมพันธ์กัน และความสัมพันธ์เหล่านั้นเป็นไปในทิศทางเดียวกัน หรือตรงกันข้ามกัน การทดลองนี้ต้องการทราบข้อมูลพันธุ์กล้วยที่มีโครโมโซมแตกต่างกันมีผลต่อปริมาณอินนูลินในเนื้อและในเปลือกกล้วยหรือไม่ และการใช้องค์ประกอบผลผลิต และผลผลิตมีผลต่อปริมาณอินนูลินหรือไม่ การศึกษาครั้งนี้พบว่าองค์ประกอบผลผลิต และผลผลิตมีความสัมพันธ์กับปริมาณอินนูลินในเนื้อและในเปลือกกล้วยน้อย ดังนั้นการประเมินปริมาณอินนูลินในเนื้อและในเปลือกกล้วยควรจะใช้การวัดโดยตรง แต่อย่างไรก็ตามปริมาณอินนูลินในเนื้อมีความสัมพันธ์ทางบวกปริมาณอินนูลินในเปลือกผลกล้วย ($r = 0.64$) แสดงว่าพันธุ์กล้วยที่มีปริมาณอินนูลินในเนื้อสูงมีแนวโน้มที่ในเปลือกจะมีปริมาณอินนูลินสูงด้วย

บทที่ 4
สรุปและข้อเสนอแนะ

4.1 สรุป

จากการศึกษานี้พบว่ากล้วยเป็นแหล่งอินนูลินทั้งในเนื้อและเปลือก สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ทั้ง 2 ส่วน พันธุ์กล้วย ในแต่ละชุดโครโมโซม มีปริมาณอินนูลินที่แตกต่างกันทั้งในเนื้อและเปลือก พันธุ์กล้วยที่มีปริมาณอินนูลินสูงทั้งในเนื้อและเปลือก คือกล้วยสามเดือน มีปริมาณอินนูลินในเนื้อ 0.52 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง และปริมาณอินนูลินในเนื้อ 0.75เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง เป็นกล้วยที่ควรแนะนำเกษตรปลูก เนื่องจากมีปริมาณอินนูลินในผลสูง และมีลักษณะขององค์ประกอบผลผลิต และผลผลิตที่ดี นอกจากนี้กล้วยสามเดือนยังเป็นกล้วยที่แข็งแรง สามารถออกปลีได้ปีละหลายๆครั้ง ลูกดก และรสชาติดี

4.2 ข้อเสนอแนะ

ข้อมูลจากงานวิจัยครั้งนี้เป็นประโยชน์ต่อการแนะนำพันธุ์กล้วยชนิดใหม่ที่ไม่ใช่พันธุ์การค้าทั่วไปที่น่าสนใจที่เหมาะต่อการปลูกเพื่อผลิตอินนูลิน การเลือกบริโภคกล้วยแต่ละพันธุ์ และการนำผลพลอยได้จากเปลือกกล้วยเพื่อแปรรูปเป็นอาหารเพื่อสุขภาพหรือเป็นอาหารสัตว์ ข้อมูลจากงานวิจัยนี้สามารถนำไปต่อยอดในเรื่องพัฒนาเป็นอาหารเพื่อสุขภาพ หรืออาหารเลี้ยงสัตว์ การใช้สิ่งเหลือทิ้ง (เปลือกกล้วย) จากอุตสากรรมกล้วยไปผลิตอินนูลินเพื่อเพิ่มมูลค่าได้

อย่างไรก็ตาม ควรทำการเพิ่มจำนวนพันธุ์ของแต่ละกลุ่มโครโมโซมของกล้วย แบ่งระยะสุกแก่ ปลูกทดสอบหลายสภาพแวดล้อม และหลายปี เพื่อจะได้ข้อมูลที่ใช้ในการตัดสินใจเพิ่มยิ่งขึ้น การทดลองครั้งนี้ในช่วงเก็บตัวอย่าง เป็นช่วงที่อากาศร้อนและแล้งมาก แม้จะให้น้ำด้วยวิธีอื่นๆร่วมด้วย แต่ก็ไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโต การออกปลี และการพัฒนาการของผลกล้วย ทำให้ไม่สามารถเก็บกล้วยได้ตามจำนวนพันธุ์และระยะการสุกแก่ที่กำหนด แต่ได้ทำการแก้ไขโดยเก็บกล้วยพันธุ์อื่นที่มีโครโมโซมตามที่กำหนดทดแทน และเพื่อให้ได้ตัวอย่างในพื้นที่ทดลองเดียวกันจึงลดการศึกษาโดยการแบ่งระยะกล้วยตามอายุสุกแก่ และเสนอเพียงความแตกต่างของพันธุ์กล้วยเท่านั้น

บทที่ 5
ผลผลิต (Output)

การนำเสนอในที่ประชุม/สัมมนาในระดับนานาชาติ

งานประชุมวิชาการ the 6th International Conference on Food Agriculture & Biotechnology (ICoFAB 2019) ระหว่างวันที่ 26-27 สิงหาคม 2562 ณ โรงแรมตักสิลา จังหวัดมหาสารคาม (ภาคโปสเตอร์)

ผลงานตีพิมพ์ในวารสารวิชาการในระดับชาติ

Ratchanee Puttha, Mattana Khetpratum, and Sureerat Nueksom. Variation of Inulin Content in Banana Peels at Different Maturity Stages (อยู่ในระหว่างการตีพิมพ์ใน Proceedings of ICoFAB2019)

บทความทางวิชาการ

เล่มปัญหาพิเศษ เรื่อง การศึกษาองค์ประกอบผลผลิต ผลผลิตและปริมาณอินนูลินในเนื้อผลกล้วยน้ำไทที่ระยะการสุกแก่แตกต่างกัน ของนางสาวสุรีรัตน์ สมนึก นักศึกษาคณะเทคโนโลยีการเกษตร ชั้นปีที่ 4 (อยู่ในระหว่างการจัดทำเล่มฉบับสมบูรณ์)

เล่มปัญหาพิเศษ เรื่อง การศึกษาองค์ประกอบผลผลิต ผลผลิตและปริมาณอินนูลินในเปลือกผลกล้วยน้ำไทที่ระยะการสุกแก่แตกต่างกัน ของนางสาวมัทนา เขตประทุม นักศึกษาคณะเทคโนโลยีการเกษตร ชั้นปีที่ 4 (อยู่ในระหว่างการจัดทำเล่มฉบับสมบูรณ์)

ICoFAB 2019
The 6th International Conference on Food Agriculture & Biotechnology
26 - 27 August 2019

MAHASARAKHAM UNIVERSITY

FACULTY OF TECHNOLOGY MAHASARAKHAM UNIVERSITY

MHESI 0605.2(1)/……

6 August 2019

Dear Ratchanee Puttha,

We are pleased to inform you that your abstarct entitled **"Variation of Inulin Content in Banana Peels at Different Maturity Stages"** has been accepted for **poster presentation** at the 6th International Conference on Food Agriculture & Biotechnology (ICoFAB 2019) scheduled on 26th and 27th August 2019 at Takasila Hotel, Mahasarakham, Thailand. This conference is organized by the Faculty of Technology, Mahasarakham University, Thailand.

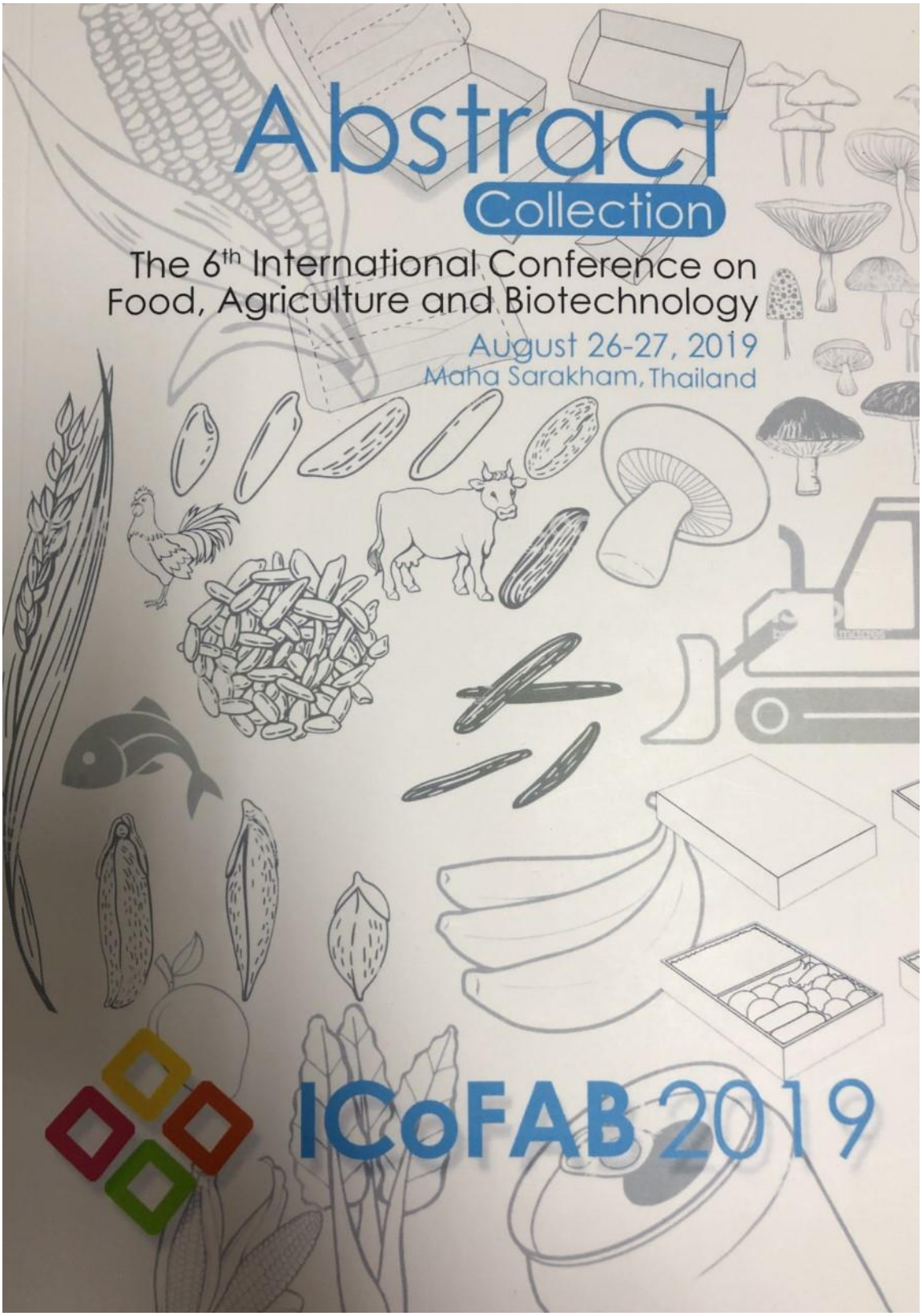
Your abstract will be published in our book of abstracts of the 6th International Conference on Food Agriculture & Biotechnology (ICoFAB 2019)

Thank you for your participation. We look forward to welcoming you.

Yours sincerely,

A. Moongngarm

(Assoc. Prof. Dr. Anuchita Moongngarm)
Dean of the Faculty of Technology, Mahasarakham University
Website: https://techno2.msu.ac.th/icofab2019/
E-mail: icofab.msu@gmail.com


Abstract
Collection
The 6th International Conference on
Food, Agriculture and Biotechnology
August 26-27, 2019
Maha Sarakham, Thailand
ICoFAB 2019

P_024

Variation of Inulin Content in Banana Peels at Different Maturity Stages

Ratchanee Puttha*, Mattana Khetpratum and Sureerat Nueksom

Faculty of Agricultural Technology, Burapha University, Sakaeo Campus, Wattana-nakhon, Sakaeo 27160 Thailand

Corresponding author's e-mail: puttha_r@hotmail.com, ratchaneep@bu.ac.th

ABSTRACT:

Banana is an inexpensive source of vitamin and dietary fiber. The objective of the present study was to determined inulin content of Kluai Nam Thai (*Musa acuminata*) peel at different maturity stages. The experiment was conducted at the experimental farm of the Faculty of Agricultural Technology, Burapha University, Sakaeo Campus, Sakaeo, Thailand. Peels of Kluai Nam Thai at four maturity stages (light three-quarters, light full three-quarters, full three-quarters and full) were used in this experiment. The experiment was arranged in a completely randomized design with three replications. Data were recorded for number of fruits/finger, peel fresh weight/finger, peel dry weight/finger, total fruit (pulp and peel) fresh weight, peel fresh weight/fruit, percentage of peel fresh weight/fruit, total fruit dry weight, peel dry weight/fruit, percentage of peel dry weight/ fruit and inulin content. Maturity stages were significantly different ($P<0.05$) for total fruit fresh and dry weight, percentage of peel fresh and dry weight/fruit and inulin content. Banana peel harvested at light three-quarters stage had the highest inulin content of 0.57% dry weight, whereas banana peel at light full three-quarters stage, full three-quarters stage and full stage had inulin contents of 0.39, 0.35 and 0.32% dry weight, respectively. Banana peels at light three-quarters had the highest of percentage of peel fresh and dry weight/fruit of 51.4 and 45.3%, respectively. The results indicated that banana peel at light three-quarters stage had a significant amount of inulin for use as an alternative source of a raw materials for functional food producers and animal feed.

Keywords: Inulin, Prebiotic, Functional food, Banana by-products and Spectrophotometry

Variation of Inulin Content in Banana Peels at Different Maturity Stages

Ratchanee Puttha[1,*], Mattana Khetpratum[1] and Sureerat Nueksom[1]

Faculty of Agricultural Technology, Burapha University, Sakaeo Campus, Sakaeo, 27160, Thailand

(*Corresponding author's e-mail: ratchaneep@buu.ac.th, puttha_r@hotmail.com)

Abstract:

Banana is an inexpensive source of vitamin and dietary fiber. The objective of the present study was to determine inulin content of Kluai Nam Thai (*Musa acuminata*) peel at different maturity stages. The experiment was conducted at the experimental farm of the Faculty of Agricultural Technology, Burapha University, Sakaeo Campus, Sakaeo, Thailand. Peels of Kluai Nam Thai at four maturity stages (light three-quarters, light full three-quarters, full three-quarters and full) were used in this experiment. The experiment was arranged in a completely randomized design with three replications. Data were recorded for number of fruits/finger, peel fresh weight/finger, peel dry weight/finger, total fruit (pulp and peel) fresh weight, peel fresh weight/fruit, percentage of peel fresh weight/fruit, total fruit dry weight, peel dry weight/fruit, percentage of peel dry weight/fruit and inulin content. Maturity stages were significantly different ($P < 0.05$) for total fruit fresh and dry weight, percentage of peel fresh and dry weight/fruit and inulin content. Banana peel harvested at light three-quarters stage had the highest inulin content of 0.57% dry weight, whereas banana peel at light full three-quarters stage, full three-quarters stage and full stage had inulin content of 0.39, 0.35 and 0.32% dry weight, respectively. Banana peels at light three-quarters had the highest of percentage of peel fresh and dry weight/fruit of 51.4 and 45.3%, respectively. The results indicated that banana peel at light three-quarters stage had a significant amount of inulin for use as an alternative source of a raw material for functional food producers and animal feed.

Keywords: Inulin, prebiotic, functional food, banana by-products, spectrophotometry

Introduction

Banana (*Musa* spp.) is an important fruit crop and cash crop for banana growers in the tropics. However, it is consumed in most parts of the world. Banana is a member of Musaceae family. Banana cultivars originated mainly from intra- and interspecific hybridizations between two diploid wild species, *Musa acuminata* Colla ('A' genome) and *M. balbisiana* Colla ('B' genome) [1]. Banana cultivars and hybrids in Thailand were classified based on morphological descriptors for grouping genomic (AA, AAA, AAB, ABB and BB) [2]. In this study, Kluai Nam Thai is a model of banana genome AA for determination of inulin content in peel because of its sweet taste, aromatic smell and thick peel. Peel is the major by-product of banana industry. Banana peels at different maturity stages were different in nutritional properties, functional properties and morphological traits [3] [4]. Commercially grown bananas are harvested at the green stage with varying degrees of maturity. According to FAO index of maturity based on the fullness of fruit fingers of the banana, four maturity stages of banana are defines as 1) light three-quarters (sharp angles are still present), 2) light full three quarters (the fingers are still angular), 3) full three quarters (the intermediate between "full" and "light three-quarters") and 4) full (finger rounded) [5].

Inulin is a water soluble storage polysaccharide and belongs to a group of fructans (non-digestible carbohydrates) [6]. Inulin is a type of carbohydrate polymers that are neither digested nor absorbed in digastrics system. Therefore they are subjected to bacterial fermentation in the digestive tract and thus impact the ratio and activities of bacterial in stomach. Some dietary fibers can also be classified as prebiotic [7]. Inulin is classified as prebiotic dietary fiber that has beneficial affects on the host by selectively stimulating the growth of good bacteria and reducing number of bad bacteria in the stomach, and, thus, it improves immune system and health and adjusts gut microbiota dysbiosis [8] [9]. Because of its health promoting properties, inulin is defined as functional food and used in food and pharmaceutical industries

[10]. In previous study, total dietary fiber values of banana peels at three different stages of ripeness from six varieties consisting of Grande Naine and Yankambi Km5 (plantain dessert banana, *Musa* AAA), French Clair and Big Ebanga (plantain, *Musa* AAB), Pelipita (cooking banana, *Musa* ABB) and CRBP039 (hybrid, *Musa* AAAB) varied from 32.9 to 51.9% [11]. Inulin is found at high concentrations in root crops and tuber crops such as in chicory and Jerusalem artichoke, which contain 36-48% and 16-20% dry weight, respectively, and it is also found at a traceable amount in raw banana (0.3-0.7%) and raw-dried banana (0.9-2.0%) [12]. Although inulin found in banana peels is low, the amount of peels from the banana industry is abundant.

Numerous studies have been done so far to evaluate fructan, inulin content and dietary fiber in banana fruit, leaf, rhizome and banana blossom (banana male bud) [13] [14] [15]. The information on the variation in inulin content in banana peels is rather limited. A better understanding on the chances in the inulin content at different maturity stages is important for selection of the appropriate harvest times for high inulin content in banana peels. The aim of this study was to evaluate inulin content in peels of Kluai Nam Thai at different maturity stages. The information obtained in this study is important for appropriate utilization of banana peels, which are considered as agricultural waste from banana industry.

Materials and methods

Plant Materials and field experiment

Banana variety Kluai Nam Thai used in this study was plant at the experimental farm of the Faculty of Agricultural Technology, Burapha University, Sakaeo Campus, Sakaeo, Thailand (lat 13°44´ N, long 102°17´ W, 87 masl). The experiment was arranged in a completely randomized design with three replications.

Sample collection and preparation

Data of 10 parameters were recorded for number of fruit/finger, peel fresh weight/finger, peel dry weight/finger, total fruit fresh weight, peel fresh weight/fruit, percentage of peel fresh weight/fruit, total fruit dry weight, peel dry weight/fruit, percentage of peel dry weight/fruit and inulin content. The bunches of banana were randomly collected and cut into fingers. Three banana fingers in the same bunches along the length of the bunches were identified as different maturity stages including light three-quarters (maturity 70%), light full three-quarters (maturity 80%), full three-quarters (maturity 90%) and full (maturity 100%) [16] (Table 1). The banana peels were sliced into thin pieces. The samples were oven-dried at 50 ºC for 10 h or until the weight was constant. The dried samples were milled and stored at -20 ºC until inulin extraction.

Extraction procedure

Analysis of inulin content was performed by using the method described previously [17] [18]. The milled samples of each finger were divided into three replications each of which had two grams, and inulin was extracted by reverse osmosis water in a 25 ml flask at 80 ºC for 20 min on a water bath. The samples were shaken well, stored at room temperature to reduce heat and then sieved by filtering the solution through a Whatman no. 1 filter. The extract solution of 2 ml and 750 µl of hydrochloric acid (3% v/v HCl). were added to a 25 ml volumetric flask for hydrolysis. The volume was adjusted with reverse osmosis water to 25 ml and heated at 97 ± 2 ºC for 45 min on a hot plate. The aliquot of extracts kept to cool at room temperature and then stored at 4 ºC in plastic bottles until further analysis.

Analysis of inulin content

Fructose was determined by spectrophotometry using periodate reaction. The reaction was conducted by mixing 4 ml of aliquot of extracts with 5 ml of 70 mmol L^{-1} citrate buffer pH 6.0, 550 µl of reverse osmosis water and 200 µl of 10 mmol L^{-1} sodium periodate reagent. After 5 min, 250 µl of 100 mmol L^{-1} potassium iodide was added, and the mixture was left for an additional 5 min. The solution absorbance was subsequently measured at 390 nm using a UV-Vis spectrophotometer. The concentration of free fructose was deduced from calibration curve of standard fructose.

Statistical Analysis

Data for all parameters were analyzed statistically according to a completely randomized design using computer software STATISTIX8. Means were separated by least significant difference (LSD) at 0.05 probability level.

Table 1. Cross sections of fruits, fruits and peels of Kluai Nam Thai at different maturity stages

Maturity stages	Cross section of fruits	Finger 1	Finger 2	Finger 3	Banana peels
Light three-quarters					
Light full three-quarters					
Full three-quarters					
Full					

Results and discussion

Fruit maturity stages were not significantly different for number of fruits/finger, peel fresh weight/finger, peel dry weight/finger, peel fresh weight/fruit and peel dry weight/fruit (Table 2). However, they were significantly different ($P < 0.05$) for total fruit fresh weight, percentage of peel fresh weight/fruit, total dry fruit weight, percentage of peel dry weight/fruit and inulin content (Table 2). The results indicated that fruit maturity stage is an important postharvest criterion for quantity and quality of pulps and peels of banana. Harvest at mature stage and over mature stage can result in low inulin content in peels.

Table 2. Mean squares for number of fruits/finger (NF/Fi), peel fresh weight/finger (PFW/Fi), peel dry weight/finger (PDW/Fi), total fruit fresh weight (TFFW), peel fresh weight/fruit (PFW/F), percentage of peel fresh weight/fruit (%PFW/F), total fruit dry weight/fruit (TFDW), peel dry weight/fruit (PDW/F), percentage of peel dry weight/fruit (%PDW/F) and inulin content (IC) of Kluai Nam Thai fruits at four maturity stages

Source	df	NF /Fi	PFW /Fi	PDW /Fi	TFFW	PFW /F	%PFW /F	TFDW	PDW /F	%PDW /F	IC
Maturity stages	3	3.6ns	551.4ns	7.8ns	133.4*	1.7ns	273.0**	26.4*	0.04ns	491.1**	0.039**
Error	8	2.3	711.3	16.4	53.5	1.7	37.3	4.6	0.03	52.0	0.002
CV (%)		12.9	17.3	20.0	19.9	9.8	16.0	27.4	10.6	26.7	10.3

ns, *, ** non-significant and significant at $P < 0.05$ and $P < 0.01$ probability levels, respectively

Banana peels at full three-quarters stage had the highest total fruit fresh weight of 41.9 g, whereas banana peels at full stage, light full three-quarters stage and light three-quarters stage had total fruit fresh weights of 40.5, 37.1 and 27.3 g, respectively (Table3). Banana peels at full three-quarters and full stage had the highest total fruit dry weight of 10.2 and 10.0 g, respectively. Banana peels at light full three-quarters stage and light three-quarters stage had total fruit dry weight of 7.4 and 3.8 g, respectively (Table3). In previous report, yield and dry matter content of banana harvested at late fruit developmental stages were higher than banana harvested at early fruit maturity stages because dry matter content of banana slowly increased in opposition to the decrease in fruit moisture content with the development of physiological maturity of the fruits [19].

Table 3. Number of fruits/finger (NF/Fi), peel fresh weight/finger (PFW/Fi), peel dry weight/finger (PDW/Fi), total fruit fresh weight (TFFW), peel fresh weight/fruit (PFW/F), total fruit dry weight (TFDW) and peel dry weight/fruit (PDW/F) of Kluai Nam Thai fruits at four maturity stages

Maturity stages	NF/Fi (fruit)	PFW/Fi (g)	PDW/Fi (g)	TFFW (g)	PFW/F (g)	TFDW (g)	PDW/F (g)
Three-quarters	10	145	18.0	27.3b	14.0	3.8b	1.74
Light Full Three-quarters	13	173	20.7	37.1ab	13.3	7.4ab	1.59
Full Three-quarters	12	156	21.7	41.9a	13.4	10.2a	1.86
Full	12	144	21.0	40.5ab	12.3	10.0a	1.80
F-test	ns	ns	ns	*	ns	*	ns

Means with different letters in the same column are significantly different at $P < 0.05$ by LSD
ns, * non-significant and significant at $P < 0.05$ probability levels, respectively

This study represented pulp to peel ratio by percentage of peel per one fruit. Banana peels at light three-quarters stage had the highest of percentage of peel fresh weight/fruit and percentage of peel dry weight/fruit (51.4 and 45.3%, respectively) (Figure 1). Banana peels at light full three-quarters, full three-quarters and full stages had percentage of peel fresh weight/fruit of 38.8, 31.9 and 30.4%, respectively. Banana peels at light full three-quarters, full three-quarters and full stages had percentage of peel dry weight/fruit of 26.6, 18.3 and 17.9 %, respectively (Figure 1). This

finding support with Amin et al. [19] who reported the increasing trend of pulp to peel ratio with the increase of harvesting days of banana varieties BARI Kola 1 and Sabri Kola.

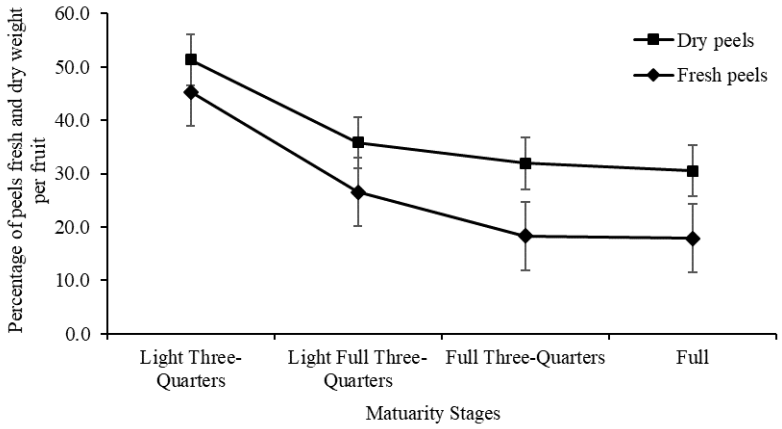


Fig. 1 Peal fresh weight percentage and peel dry weight percentage in one fruit of Kluai Nam Thai at different maturity stages. Data are presented as means of three replications ± standard error.

Banana peels at light three-quarters stage had the highest inulin content of 0.57 % dry weight, whereas banana peels at light full three-quarters stage, full three-quarters stage and full stage had inulin contents of 0.39, 0.35 and 0.32 % dry weight, respectively (Fig 2). The results revealed that harvest of the banana at under maturity stage is optimum for height inulin yield because of height inulin content and thick peels.

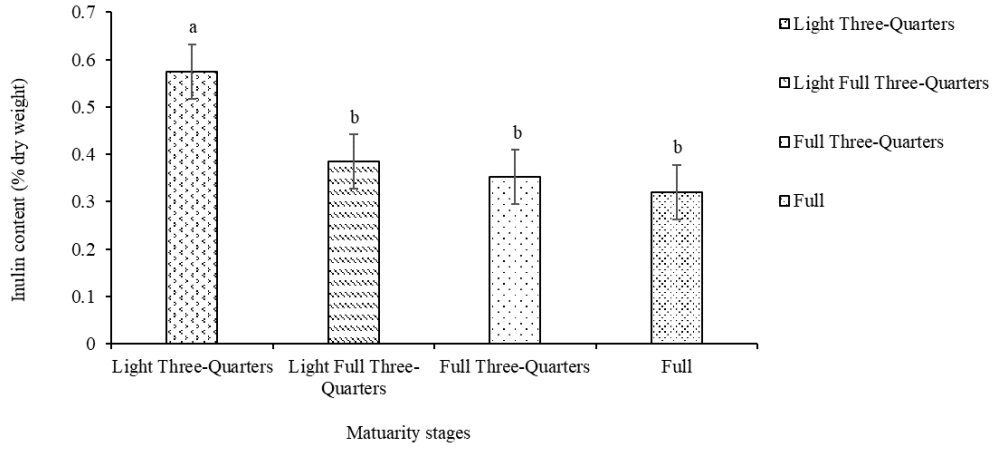


Fig. 2 Inulin content in the peels of Kluai Nam Thai harvested at different maturity stages. Data are presented as means of three replications ± standard error.

Conclusions

Kluai Nam Thai peels at light three quarter stage may be used as an alternative source of inulin for use as a raw material for health food products and animal feed, and the use of banana peels can increase the efficiency of banana production. However, this information is limited to one species of banana. Care must be taken to extrapolate the results to other genome groups of banana and further investigations in a wide range of banana genome groups and varieties within genome groups are required in order to obtain more conclusive results

Acknowledgements

This work was financially supported by the Research Grant of Burapha University through National Research Council of Thailand (Grant no. 28/2562). The authors would like to acknowledge the Faculty of Agricultural Technology, Burapha University, Sakaeo Campus, Sakaeo, Thailand.

References

[1] Kurtoğlu G, Yildiz S. Extraction of fructo-oligosaccaride components from banana peels. *GU J Sci*. 2011; 24(4), 877-882.

[2] Shalini R, Antony U. Fructan distribution in banana cultivars and effect of ripening and processing on Nendran banana. *J. Food Sci. Technol*. 2015; 52, 8244-8251.

[3] Emaga TH, Andrianaivo RH, Wathelet B, Tchango JT, Paquot M.Effects of the stage of maturation and varieties on the chemical composition of banana and plantain peels. *Food Chem*. 2007; 103, 590-600.

[4] Khawas P, Deka SC. Comparative nutritional, functional, morphological, and diffractogram study on culinary banana (*Musa* ABB) peel at various stages of development. *Int J Food Prop*. 2016; 19, 2832-2853.

[5] FAO. *Postharvest management of banana for quality and safety assurance*. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Italy, 2018, p. 20.

[6] Shoaiba M, Shehzada A, Omar M, Rakhaa A, Razaa H, Sharif HR, Shakeel A, Ansari A, Niazi S. Inulin: properties, health benefits and food applications. *Carbohyd Polym*. 2016; 147, 444-454.

[7] Holscher HD. Dietary fiber and prebiotics and the gastrointestinal microbiota. *Gut microbes*. 2017; 8(2),172-184.

[8] Wanga H, Wei C-H, Min L, Zhu L-Y. Good or bad: gut bacteria in human health and diseases. *Biotechnol Biotec Eq*. 2018; 32 (5), 1075-1080.

[9] Vandeputte D, Falony G, Vieira-Silva S, Wang J, Sailer M, Theis S, Verbeke K, Raes J. Prebiotic inulin-type fructans induce specific changes in the human gut microbiota. *Gut microbiota*. 2017; 66, 1968-1974.

[10] Roberfroid MB, Functional foods: concepts and application to inulin and oligofructose. *Br J Nutr*. 2002; 87(Suppl. 2), S139-S143.

[11] Emaga TH, Andrianaivo RH, Wathelet B, Tchango JT, Paquot M. Effects of the stage of maturation and varieties on the chemical composition of banana and plantain peels. *Food Chem*. 2007; 103, 590-600.

[12] Moshfegh AJ, Friday JE, Goldman JP, Ahuja JKC. Presence of inulin and oligofructose in the diets of Americans. *J Nutr*. 1999; 129(7 Suppl):1407S-1411S.

[13] Shalini R, Antony U. Fructan distribution in banana cultivars and effect of ripening and processing on *Nendran* banana. *J Food Sci Technol*. 2015; 52(12), 8244-8251.

[14] Cruz-Cárdenas CI, Miranda-Ham ML, Castro-Concha LA, Ku-Cauich JR, Vergauwen R, Reijnders T, den Ende WV, Escobedo-GraciaMedrano RM. Fructans and other water soluble carbohydrates in vegetative organs and fruits of different *Musa* spp. accessions. *Front. Plant Sci*. 2015; 6, 1-10.

[15] Florenta AW, Loha AMB, Thomas HE. Nutritive value of three varieties of banana and plantain blossoms from Cameroon. *Greener J. Agric. Sci*. 2017; 5(2), 52-61.

[16] Silayoi B, Kluai, Kasetsart University Press, Bangkok, 2002, p. 130.

[17] Saengkanuk A, Nuchadomrong S, Jogloy S, Patanothai A, Srijaranai S. A simplified spectrophotometric method for the determination of inulin in Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) tubers. *Eur Food Res Technol*. 2011; 233, 609-616.

[18] Puttha R, Jogloy S, Wangsomnuk PP, Srijaranai S, Kesmala T, Patanothai A. Genotypic variability and genotype by environment interactions for inulin content of Jerusalem artichoke germplasm. *Euphytica*. 2012; 183, 119-131.

[19] Amin MN, Hossain MM, Rahim MA, Uddin MB. Determination of optimum maturity stage of banana. *Bangladesh J. Agril. Res*. 2015; 40(2): 189-204.

Variation of Inulin Content in Banana Peels at Different Maturity Stages

Ratchanee Puttha[1,*], Mattana Khetpratum[1] and Sureerat Nueksom[1]
Faculty of Agricultural Technology, Burapha University, Sakaeo Campus, Sakaeo, 27160, Thailand
(*Corresponding author's e-mail: ratchaneep@buu.ac.th, puttha_r@hotmail.com)

Abstract

Banana is an inexpensive source of vitamin and dietary fiber. The objective of the present study was to determine inulin content of Kluai Nam Thai (*Musa acuminate*) peel at different maturity stages. The experiment was conducted at the experimental farm of the Faculty of Agricultural Technology, Burapha University, Sakaeo Campus, Sakaeo, Thailand. Peels of Kluai Nam Thai at four maturity stages (light three-quarters, light full three-quarters, full three-quarters and full) were used in this experiment. The experiment was arranged in a completely randomized design with three replications. Data were recorded for number of fruits/finger, peel fresh weight/finger, peel dry weight/finger, total fruit (pulp and peel) fresh weight, peel fresh weight/fruit, percentage of peel fresh weight/fruit, total fruit dry weight, peel dry weight/fruit, percentage of peel dry weight/fruit and inulin content. Maturity stages were significantly different ($P < 0.05$) for total fruit fresh and dry weight, percentage of peel fresh and dry weight/fruit and inulin content. Banana peel harvested at light three-quarters stage had the highest inulin content of 0.57% dry weight, whereas banana peel at light full three-quarters stage, full three-quarters stage and full stage had inulin content of 0.39, 0.35 and 0.32% dry weight, respectively. Banana peels at light three-quarters had the highest of percentage of peel fresh and dry weight/fruit of 51.4 and 45.3%, respectively. The results indicated that banana peel at light three-quarters stage had a significant amount of inulin for use as an alternative source of a raw material for functional food producers and animal feed.

Introduction

Banana (*Musa* spp.) is an important fruit crop and cash crop for banana growers in the tropics. However, it is consumed in most parts of the world. In this study, Kluai Nam Thai is a model of banana genome AA for determination of inulin content in peel because of its sweet taste, aromatic smell and thick peel. Peel is the major by-product of banana industry. Banana peels at different maturity stages were different in nutritional properties, functional properties and morphological traits [1][2]. Commercially grown bananas are harvested at the green stage with varying degrees of maturity.

Inulin is classified as prebiotic dietary fiber that has beneficial affects on the host by selectively stimulating the growth of good bacteria and reducing number of bad bacteria in the stomach, and thus, it improves immune system and health and adjusts gut microbiota dysbiosis [3][4]. Because of its health promoting properties, inulin is defined as functional food and used in food and pharmaceutical industries [5]. Inulin is found at high concentrations in root crops and tuber crops such as in chicory and Jerusalem artichoke, which contain 36-48% and 16-20% dry weight, respectively, and it is also found at a traceable amount in raw banana (0.3-0.7%) and raw-dried banana (0.9-2.0%) [6]. Although inulin found in banana peels is low, the amount of peels from the banana industry is abundant.

Numerous studies have been done so far to evaluate fructan, inulin content and dietary fiber in banana fruit, leaf, rhizome and banana blossom (banana male bud) [7][8][9]. The information on the variation in inulin content in banana peels is rather limited. A better understanding on the chances in the inulin content at different maturity stages is important for selection of the appropriate harvest times for high inulin content in banana peels.

Objective

The aim of this study was to evaluate inulin content in peels of Kluai Nam Thai at different maturity stages. The information obtained in this study is important for appropriate utilization of banana peels, which are considered as agricultural waste from banana industry.

Materials and methods

Table 1. Cross sections of fruits, fruits and peels of Kluai Nam Thai at different maturity stages

Maturity stages	Cross section of fruits	Finger 1	Finger 2	Finger 3	Banana peels
Light three-quarters					
Light full three-quarters					
Full three-quarters					
Full					

Statistical Analysis

Data for all parameters were analyzed statistically according to a completely randomized design (CRD) using computer software STATISTIX8. Means were separated by least significant difference (LSD) at 0.05 probability level.

Acknowledgements

This work was financially supported by the Research Grant of Burapha University through National Research Council of Thailand (Grant no. 28/2562). The authors would like to acknowledge the Faculty of Agricultural Technology, Burapha University, Sakaeo Campus, Sakaeo, Thailand.

Results and discussion

Fruit maturity stages were not significantly different for number of fruits/finger, peel fresh weight/finger, peel dry weight/finger, peel fresh weight/fruit and peel dry weight/fruit (Table 2). However, they were significantly different ($P < 0.05$) for total fruit fresh weight, percentage of peel fresh weight/fruit, total dry fruit weight, percentage of peel dry weight/fruit and inulin content (Table 2). The results indicated that fruit maturity stage is an important postharvest criterion for quantity and quality of pulps and peels of banana. Harvest at mature stage and over mature stage can result in low inulin content in peels.

Table 2. Mean squares for number of fruits/finger (NF/Fi), peel fresh weight/finger (PFW/Fi), peel dry weight/finger (PDW/Fi), total fruit fresh weight (TFFW), peel fresh weight/fruit (PFW/F), percentage of peel fresh weight/fruit (%PFW/F), total fruit dry weight/fruit (TFDW), peel dry weight/fruit (PDW/F), percentage of peel dry weight/fruit 9%PDW/F) and inulin content (IC) of Kluai Nam Thai fruits at four maturity stages

Source	df	NF/Fi	PFW/Fi	PDW/Fi	TFFW	PFW/F	%PFW/F	TFDW	PDW/F	%PDW/F	IC
Maturity stages	3	3.6ns	551.4ns	7.8ns	133.4*	1.7ns	273.0**	26.4*	0.04ns	491.1**	0.039**
Error	8	2.3	711.3	16.4	53.5	1.7	37.3	4.6	0.03	52.0	0.002
CV (%)		12.9	17.3	20.0	19.9	9.8	16.0	27.4	10.6	26.7	10.3

ns, *, ** non-significant and significant at $P < 0.05$ and $P < 0.01$ probability levels, respectively

Banana peels at full three-quarters stage had the highest total fruit fresh weight of 41.9 g, whereas banana peels at full stage, light full three-quarters stage and light three-quarters stage had total fruit fresh weights of 40.5, 37.1 and 27.3 g, respectively (Table3). Banana peels at full three-quarters and full stage had the highest total fruit dry weight of 10.2 and 10.0 g, respectively. Banana peels at light full three-quarters stage and light three-quarters stage had total fruit dry weight of 7.4 and 3.8 g, respectively (Table3). In previous report, yield and dry matter content of banana harvested at late fruit developmental stages were higher than banana harvested at early fruit maturity stages because dry matter content of banana slowly increased in opposition to the decrease in fruit moisture content with the development of physiological maturity of the fruits [10].

Table 3. Number of fruits/finger (NF/Fi), peel fresh weight/finger (PFW/Fi), peel dry weight/finger (PDW/Fi), total fruit fresh weight (TFFW), peel fresh weight/fruit (PFW/F), total fruit dry weight (TFDW) and peel dry weight/fruit (PDW/F) of Kluai Nam Thai fruits at four maturity stages

Maturity stages	NF/Fi (fruit)	PFW/Fi (g)	PDW/Fi (g)	TFFW (g)	PFW/F (g)	TFDW (g)	PDW/F (g)
Three-quarters	10	145	18.0	27.3b	14.0	3.8b	1.74
Light Full Three-quarters	13	173	20.7	37.1ab	13.3	7.4ab	1.59
Full Three-quarters	12	156	21.7	41.9a	13.4	10.2a	1.86
Full	12	144	21.0	40.5ab	12.3	10.0a	1.80
F-test	ns	ns	ns	*	ns	*	ns

Means with different letters in the same column are significantly different at $P < 0.05$ by LSD
ns, * non-significant and significant at $P < 0.05$ probability levels, respectively

This study represented pulp to peel ratio by percentage of peel per one fruit. Banana peels at light three-quarters stage had the highest of percentage of peel fresh weight/fruit and percentage of peel dry weight/fruit (51.4 and 45.3%, respectively) (Figure 1). Banana peels at light full three-quarters, full three-quarters and full stages had percentage of peel fresh weight/fruit of 38.8, 31.9 and 30.4%, respectively. Banana peels at light full three-quarters, full three-quarters and full stages had percentage of peel dry weight/fruit of 26.6, 18.3 and 17.9 %, respectively (Figure 1). This finding support with Amin et al. [10] who reported the increasing trend of pulp to peel ratio with the increase of harvesting days of banana varieties BARI Kola 1 and Sabri Kola.

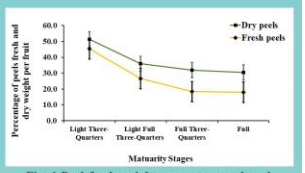


Fig. 1 Peal fresh weight percentage and peel dry weight percentage in one fruit of Kluai Nam Thai at different maturity stages. Data are presented as means of three replications ± standard error.

Banana peels at light three-quarters stage had the highest inulin content of 0.57% dry weight, whereas banana peels at light full three-quarters stage, full three-quarters stage and full stage had inulin contents of 0.39, 0.35 and 0.32% dry weight, respectively (Fig 2). The results revealed that harvest of the banana at under maturity stage is optimum for height inulin yield because of height inulin content and thick peels.

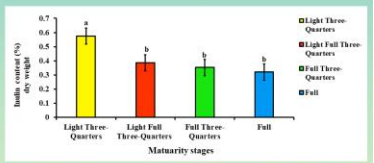


Fig. 2 Inulin content in the peels of Kluai Nam Thai harvested at different maturity stages. Data are presented as means of three replications ± standard error.

Conclusions

Kluai Nam Thai peels at light three quarter stage may be used as an alternative source of inulin for use as a raw material for health food products and animal feed, and the use of banana peels can increase the efficiency of banana production. However, this information is limited to one species of banana. Care must be taken to extrapolate the results to other genome groups of banana and further investigations in a wide range of banana genome groups and varieties within genome groups are required in order to obtain more conclusive results.

References

[1] Emaga TH, Andrianaivo RH, Wathelet B, Tchango JT, Paquot M. Effects of the stage of maturation and varieties on the chemical composition of banana and plantain peels. *Food Chem.* 2007; 103, 590-600.
[2] Khawas P, Deka SC. Comparative nutritional, functional, morphological, and diffractogram study on culinary banana (*Musa* ABB) peel at various stages of development. *Int J Food Prop.* 2016; 19, 2832-2853.
[3] Wanga H, Wei C. H., Min L, Zhu L. Y. Good or bad: gut bacteria in human health and diseases. *Biotechnol Biotec Eq.* 2018; 32 (5), 1078-1080.
[4] Vandeputte D, Falony G, Vieira-Silva S, Wang J, Sailer M, Theis S, Verbeke K, Raes J. Prebiotic inulin-type fructans induce specific changes in the human gut microbiota. *Gut microbiota.* 2017; 66, 1968-1974.
[5] Roberfroid MB, Functional foods: concepts and application to inulin and oligofructose. *Br J Nutr.* 2002; 87(Suppl. 2), S139-S143.
[6] Moshfegh AJ, Friday JE., Goldman JP, Ahuja JKC. Presence of inulin and oligofructose in the diets of Americans. *J Nutr.* 1999; 129(7 Suppl):1407S-1411S.
[7] Shalini R, Antony U. Fructan distribution in banana cultivars and effect of ripening and processing on *Nendran* banana. *J Food Sci Technol.* 2010; 52(12), 8244-8251.
[8] Cruz-Cárdenas CI, Miranda-Ham ML, Castro-Concha LA, Ku-Cauich JR, Verguaven R, Reijanders T, den Ende WV, Escobedo-GraciaMedrano RM. Fructans and other water soluble carbohydrates in vegetative organs and fruits of different *Musa* spp. Accessions. *Front. Plant Sci.* 2015; 6, 1-10.
[9] Fiorenta AW, Loha AMB, Thomas HE. Nutritive value of three varieties of banana and plantain blossoms from Cameroon. *Greener J. Agric. Sci.* 2017; 5(2), 52-61.
[10] Amin MN, Hossain MM, Rahim MA, Uddin MB. Determination of optimum maturity stage of banana. *Bangladesh J. Agril Res.* 2015; 40(2): 189-204.

ปัญหาพิเศษ

การศึกษาองค์ประกอบผลผลิต ผลผลิตและปริมาณอินนูลิน ในเนื้อผลกล้วยน้ำไทที่ระยะการสุกแก่แตกต่างกัน

Evaluation on yield component, yield and inulin content of Kluai Nam Thai pulp at different maturity stages

จัดทำโดย

นางสาวสุรีรัตน์ นึกสม

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสระแก้ว

ประจำปีการศึกษา 2562

ปัญหาพิเศษ

การศึกษาองค์ประกอบผลผลิต ผลผลิตและปริมาณอินนูลิน ในเนื้อผลกล้วยน้ำไทที่ระยะการสุกแก่แตกต่างกัน

Evaluation on yield component, yield and inulin content of Kluai Nam Thai pulp at different maturity stages

จัดทำโดย

นางสาวมัทนา เขตประทุม

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสระแก้ว

ประจำปีการศึกษา 2562

รายงานการเงิน

เลขที่โครงการระบบบริหารงานวิจัย 3439900109881 สัญญาเลขที่ 28/2562

โครงการวิจัย ประเภทงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน)

ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2562 มหาวิทยาลัยบูรพา

โครงการ เรื่อง “การวิเคราะห์ปริมาณอินนูลินในกล้วยกลุ่ม diploid triploid และ tetraploid เพื่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารสุขภาพ” หัวหน้าโครงกรวิจัยผู้รับทุน ดร. รัชนี พุทธา รายงานตั้งแต่ช่วงวันที่ 1 ตุลาคม 2561 ถึงวันที่ 30 กันยายน 2562 ระยะเวลาดำเนินการ 1 ปี ตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2561

<u>รายรับ</u>

จำนวนเงินที่ได้รับ

งวดที่ 1 (50%)	134,750	บาท	เมื่อวันที่ 19 พฤศจิกายน 2561
งวดที่ 2 (40%)	107,800	บาท	เมื่อวันที่ 19 พฤศจิกายน 2561
งวดที่ 3 (10%)	26,950	บาท	เมื่อวันที่ 12 กันยายน 2562 (วันที่ส่งเล่มรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์)
รวม	**269,500**	**บาท**	

<u>รายจ่าย</u>

รายการ	งบประมาณที่ตั้งไว้	งบประมาณที่ใช้จริง	จำนวนเงินคงเหลือ/เกิน
1. ค่าตอบแทน	26,950	26,950	0
2. ค่าจ้าง	16,000	16,000	0
3. ค่าวัสดุ	79,600	79,600	0
4. ค่าใช้สอย	120,000	120,000	0
5. ค่าครุภัณฑ์	-	-	-
6. ค่าใช้จ่ายอื่นๆ	-	-	-
- ค่าสาธารณูปโภค (10%)	26,950	26,950	0
รวม	269,500	269,500	0

(นางสาวรัชนี พุทธา)

ลงนามหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน

รายงานการเงิน

เลขที่โครงการระบบบริหารงานวิจัย 3439900109881 สัญญาเลขที่ 28/2562

โครงการวิจัย ประเภทงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน)

ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2562 มหาวิทยาลัยบูรพา

โครงการ เรื่อง “การวิเคราะห์ปริมาณอินนูลินในกล้วยกลุ่ม diploid triploid และ tetraploid เพื่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารสุขภาพ” หัวหน้าโครงกรวิจัยผู้รับทุน ดร. รัชนี พุทธา รายงานตั้งแต่ช่วงวันที่ 1 ตุลาคม 2561 ถึงวันที่ 30 กันยายน 2562 ระยะเวลาดำเนินการ 1 ปี ตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2561

<u>รายรับ</u>

จำนวนเงินที่ได้รับ

งวดที่ 1 (50%)	134,750	บาท	เมื่อวันที่ 19 พฤศจิกายน 2561
งวดที่ 2 (40%)	107,800	บาท	เมื่อวันที่ 19 พฤศจิกายน 2561
งวดที่ 3 (10%)	26,950	บาท	เมื่อวันที่ 12 กันยายน 2562 (วันที่ส่งเล่มรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์)
รวม	**269,500**	**บาท**	

<u>รายจ่าย</u>

รายการ	งบประมาณที่ตั้งไว้	งบประมาณที่ใช้จริง	จำนวนเงินคงเหลือ/เกิน
1. ค่าตอบแทน	26,950	26,950	0
2. ค่าจ้าง	16,000	16,000	0
3. ค่าวัสดุ	79,600	79,600	0
4. ค่าใช้สอย	120,000	120,000	0
5. ค่าครุภัณฑ์	-	-	-
6. ค่าใช้จ่ายอื่นๆ	-	-	-
- ค่าสาธารณูปโภค (10%)	26,950	26,950	0
รวม	269,500	269,500	0

รัชนี พุทธา

(นางสาวรัชนี พุทธา)

ลงนามหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน

เอกสารอ้างอิง

โครงการสารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน โดยพระราชประสงค์ในพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว เรื่องกล้วย. 2560 แหล่งที่มา http://saranukromthai.or.th/sub/book/book.php?book=30&chap=6&page=chap6.htm (วันที่สืบค้น 5 ตุลาคม 2560).

เบญจมาศ ศิลาย้อย. 2558. กล้วย. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ประชาชาติธุรกิจออนไลน์. 2560. กล้วยไทยนิยมทั่วโลก ก.เกษตรฯส่งเสริมเพิ่มพื้นที่ปลูกชู “บ้านลาด” โมเดล. แหล่งที่มา: https://www.prachachat.net/economy/news-44949 (วันที่สืบค้น 5 ตุลาคม 2560).

มัลลิกา ชมนาวัง วีณา นุกูลการ และจรัล นับเนืองทรัพย์. 2552. การวิเคราะห์ปริมาณและทดสอบประสิทธิภาพในการเป็นพรีไบโอติกส์ของอินูลินในผลไม้ไทย. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย สัญญาเลขที่ RDG5120062.

Kaur, N. and Gupta A.K. 2002. Applications of inulin and oligofructose in health and nutrition. Journal of Biosciences. 27:703–714.

Kidane, A., Houdijk J.G.M., Athanasiadou S., Tolkamp B.J. and Kyriazakis I. 2014. Effects of maternal protein nutrition and subsequent grazing on chicory (*Cichorium intybus*) on parasitism and performance of lambs. Journal of Animal Science. 88:1513–1521.

Liu, H., Ivarsson E., Lundh T. and Lindberg J.E. 2013. Chicory (*Cichorium intybus* L.) and cereals differently affect gut development in broiler chickens and young pigs. Journal of Animal Science and Biotechnology. 4:1–6.

Miremadi, F. and Shah N.P. 2012. Applications of inulin and probiotics in health and nutrition. International Food Research Journal. 19:1337–1350.

Moshfegh, A.J., James E.F., Joseph P.G. and Jaspreet K.C.A. 1999. Presence of Inulin and oligofructose in the diets of americans. J. Nutr. 129:1407S–1411S.

Puttha, R., Jogloy S., Wangsomnuk P. P., Srijaranai S., Kesmala T. and Patanothai A. 2012. Genotypic variability and genotype by environment interactions for inulin content of Jerusalem artichoke germplasm. Euphytica. 183: 119–131.

Roberfroid, M.B., Van Loo J.A.V. and Gibson G.R. 1998. The bifidogenic nature of chicory inulin and its hydrolysis products. Journal of Nutrition. 128:11–19.

Saengkanuk, A., Nuchadomrong S., Jogloy S., Patanothai A. and Srijaranai S. 2011. A simplified spectrophotometric method for the determination of inulin in Jerusalem artichoke *(Helianthus tuberosus* L.) tubers. European Food Research Technology. 233: 609-616.

Shalini, R. and Antony U. 2015. Fructan distribution in banana cultivars and effect of ripening and processing on Nendran banana. Journal of Food Science Technology. 52:8244–8251.

Venter C.S. 2007. Prebiotics: an update. Journal of Family Ecology and Consumer Sciences. 35:17–25.

Volek, Z. and Marounek M. 2011. Dried chicory root (*Cichorium intybus* L.) as a natural fructan source in rabbit diet: effects on growth performance, digestion and caecal and carcass traits. World Rabbit Science. 19: 143–150.

Wilson, R.G., Smith J.A., Yonts C.D. 2004. Chicory root yield and carbohydrate composition is influenced by cultivar selection, planting, and harvest date. Crop Science. 44:748–752.