รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการวิจัย

การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีจำเพาะของเนื้อผลสับปะรด

Characterization of specific physico-chemical properties of pineapple (*Ananas comosus* (L.) Merr.) flesh

นางสาวอรอง จันทร์ประสาทสุข

โครงการวิจัยประเภทงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน)
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. ๒๕๕๘
มหาวิทยาลัยบูรพา

รหัสโครงการ 173071
สัญญาเลขที่ 76/2558

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการวิจัย
การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีจำเพาะของเนื้อผลสับปะรด
Characterization of specific physico-chemical properties of pineapple (*Ananas comosus* (L.) Merr.) flesh

นางสาวอรอง จันทร์ประสาทสุข
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

โครงการแล้วเสร็จ เดือนพฤษภาคม ๒๕๖๒

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. ๒๕๕๘ มหาวิทยาลัยบูรพาผ่านสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ เลขที่สัญญา ๗๖/๒๕๕๘

Acknowledgment

This work was financially supported by the Research Grant of Burapha University through National Research Council of Thailand (Grant no. 76/2558)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพเคมี และสมบัติของการเป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของเนื้อผลสับปะรดพันธุ์ปลูกของ สายพันธุ์ MD2 ปัตตาเวีย (ศรีราชา) และควีน (ตราดสีทอง) ที่นิยมบริโภคในเขตภาคตะวันออก โดยตัวอย่างผลสับปะรดจะอยู่ในระยะเก็บเกี่ยว ทำการบันทึกน้ำหนัก ความยาว และเส้นรอบวง นำไปล้างด้วยน้ำสะอาด ปอกเปลือก วัดค่าสี และองค์ประกอบทางเคมีพื้นฐานของเนื้อสับปะรด แล้วนำเนื้อสับปะรดมาคั้นน้ำ จากนั้นวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาล กรดอินทรีย์ คุณค่าทางโภชนาการ และสมบัติของการเป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ จากผลการทดลองพบว่าน้ำหนัก ความยาวและความยาวเส้นรอบวงเฉลี่ยของผลสับปะรดพันธุ์ควีนมีค่าต่ำสุด และลักษณะทางกายภาพของผลสับปะรดพันธุ์ MD2 และ ปัตตาเวีย มีค่าที่ใกล้เคียงกัน สีของเนื้อผลสับปะรดสายพันธุ์ MD2 มีสีเหลืองเข้มใกล้เคียงกับสีของเนื้อผลสับปะรดพันธุ์ควีน ในขณะที่เนื้อผลของสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียมีสีเหลืองซีด จากผลวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีพื้นฐานของเนื้อผลสับปะรด พบว่าเนื้อผลสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียมีปริมาณความชื้นสูงสุด และมีองค์ประกอบอื่นๆ ได้แก่ ไขมัน โปรตีน เยื่อใย คาร์โบไฮเดรต และพลังงาน ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และพบว่าปริมาณน้ำตาลซูโครส มีมากกว่าน้ำตาลฟรุกโตสและกลูโคสประมาณ 2-5 เท่าขึ้นกับชนิดของสายพันธุ์ และสับปะรดที่มีปริมาณน้ำตาลรวมสูงสุดได้แก่ สายพันธุ์ MD2 และพบว่ากรดซิตริกเป็นกรดอินทรีย์หลักที่มีปริมาณสูงสุดของน้ำสับปะรดทั้ง 3 สายพันธุ์ สับปะรดพันธุ์ MD2 เป็นสายพันธุ์ที่มีปริมาณวิตามินซีสูงสุด และมีปริมาณวิตามินซีมากกว่าสายพันธุ์ปัตตาเวียประมาณ 7 เท่า นอกจากนี้ยังพบว่าสับปะรดพันธุ์ MD2 มีค่า TPC FRAP เปอร์เซ็นต์การยับยั้งสารต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณเบต้าแคโรทีนสูงสุดด้วย สำหรับผลกิจกรรมของเอนไซม์โบรมิเลน พบว่า น้ำสับปะรดพันธุ์ควีนมีกิจกรรมของเอนไซม์โบรมิเลนสูงสุด ผลการทดลองที่ได้นี้สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการเลือกใช้ประโยชน์จากเนื้อผลสับปะรดทั้ง 3 สายพันธุ์สำหรับประยุกต์ใช้ทางอาหารและยารักษาโรคได้

Abstract

The objective of this research is for studying the physicochemical and bioactive properties of 3 pineapple varieties, namely MD2, Pattawia (Sriracha) and Queen (Tradsritong) which popular cultivated in the eastern part of Thailand. Each variety of harvesting stage pineapple fruits were randomly collected. The pineapple fruits weight, length and circumference were measured. After washing and cleaning, the pineapple flesh color and proximal components were determined. The pineapple flesh was crushed, then the sugars, organic acid contents, nutritional values, and bioactive properties of fresh crushed juices were analyzed. The results indicated that the average fruits weight, length and circumference values of Queen variety were lowest. The physical aspects of MD2 and Pattawia varieties were generally similar. The color of MD2 and Queen pineapple fleshes was deep yellow similarity, but the color of Pattawia pineapple flesh was pale yellow. Based on their proximal analysis, the moisture content of Pattawia pineapple flesh was highest, whereas the fat, protein, ash, fiber, carbohydrate and energy contents of all varieties were also significant different ($P<0.05$). The finding showed that sucrose sugar was higher than fructose and glucose contents for 2-5 times depending on the variety. The MD2 pineapple had the highest total sugar contents. Citric acid was the main organic acid found on all varieties. The MD2 variety had the highest vitamin C content which was 7 times higher than those of Pattawia variety. In addition, TPC, FRAP, %inhibition and beta-carotene contents of MD2 variety were highest values. For Bromelain enzyme activity, the results showed that Queen variety had the highest activity. These results could be used for the exploitation of 3 pineapple varieties to food and drug applications.

สารบัญเรื่อง (Table of Contents)

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ง
สารบัญเรื่อง	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ซ
เรื่อง	
1. เนื้อหาของเรื่องที่เคยมีผู้ทำการวิจัยมาก่อน	
1.1 สับปะรด	1
1.2 คุณค่าทางโภชนาการของสับปะรด	7
1.3 สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในสับปะรด	8
2. ความสำคัญและที่มาของปัญหา	11
3. วัตถุประสงค์และขอบเขตการวิจัย	13
4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	13
5. รายละเอียดเกี่ยวกับวิธีดำเนินการวิจัย	14
5.1 วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของเนื้อผลสับปะรด	14
5.2 วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการและการเป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของเนื้อผลสับปะรด	14
5.3 การวิเคราะห์ทางสถิติ	15

เรื่อง **หน้า**

6. ผลการวิจัยและวิจารณ์ 15

6.1 ลักษณะทางกายภาพของผลสับปะรด 16

6.2 ลักษณะทางเคมีของผลสับปะรด 17

7. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 25

ผลผลิต 27

เอกสารอ้างอิง 28

ภาคผนวก 32

ประวัตินักวิจัย 51

สารบัญตาราง (List of tables)

ตารางที่		หน้า
1.1	องค์ประกอบของเนื้อผลสับปะรด	5
6.1	น้ำหนัก ความยาว และเส้นรอบวงของผลสับปะรด	16
6.2	ค่าสีของเนื้อผลสับปะรด	17
6.3	องค์ประกอบทางเคมีพื้นฐานของเนื้อผลสับปะรด	19
6.4	ปริมาณน้ำตาลหลักของน้ำสับปะรดคั้นสด	20
6.5	ปริมาณกรดอินทรีย์หลักของน้ำสับปะรดคั้นสด	21
6.6	ปริมาณวิตามินซีและสมบัติของการเป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของน้ำสับปะรดคั้นสด	22

สารบัญภาพ (List of illustrations)

ภาพที่		หน้า
1.1	โครงสร้างของสารประกอบฟีนอลิก	9
1.2	โครงสร้างของเบต้า-แคโรทีน	9

บทนำ (Introduction)

1. เนื้อหาของเรื่องที่เคยมีผู้ทำการวิจัยมาก่อน

1.1 สับปะรด

สับปะรดมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Ananas comosus* (L.) Merr. อยู่ในวงศ์ Bromeliaceae เป็นพืชไร่ที่มีพันธุ์ปลูกหลากหลายซึ่งแต่ละพันธุ์ก็มีอัตลักษณ์ด้านกลิ่นรสที่โดดเด่นแตกต่างกันไป พันธุ์ที่ปลูกในประเทศไทยได้แก่ พันธุ์ปัตตาเวีย พันธุ์นางแล พันธุ์สวี พันธุ์ภูเก็ต พันธุ์ปัตตานี พันธุ์อินทรชิตขาว-แดง พันธุ์ตราดสีทอง พันธุ์ลักกะตา และพันธุ์สิงคโปร์ปัตตาเวีย แหล่งเพาะปลูกสับปะรดที่สำคัญได้แก่ ประจวบคีรีขันธ์ ระยอง ชลบุรี เพชรบุรี พิษณุโลก รวมถึงบางพื้นที่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เช่น หนองคาย ผลผลิตออกมากช่วงเดือนมีนาคม-มิถุนายน และพฤศจิกายน-มกราคม พันธุ์ที่เกษตรกรนิยมปลูกมาก ได้แก่ ปัตตาเวีย และตราดสีทอง ผลผลิตสับปะรดสดภายในประเทศร้อยละ 70-80 จะส่งเข้าโรงงานแปรรูป ที่เหลือใช้บริโภคสดภายในประเทศร้อยละ 20-30 (สำนักงานบริหารการค้าสินค้าทั่วไป กลุ่มสินค้าเกษตร, 2554) จากการวิเคราะห์ความหลากหลายทางพันธุกรรมของสับปะรดพันธุ์ปลูกในประเทศไทยด้วยวิธี Random Amplified Polymorphic DNA (RAPD) สามารถแบ่งกลุ่มสับปะรดพันธุ์ปลูกได้เป็น 3 กลุ่ม (Popluechai et al., 2007) ดังนี้

1.1.1 กลุ่ม Cayenne

มีลักษณะเฉพาะคือมีหนามเฉพาะบริเวณปลายใบ ผลเป็นรูปวงรีและมีขนาดปานกลาง เมื่อผลเริ่มสุกสีเปลือกจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองจากบริเวณฐานโดยไล่ขึ้นส่วนบนของผล เนื้อมีสีเหลืองซีด นิ่มและฉ่ำน้ำ สับปะรดในกลุ่มนี้ ได้แก่ พันธุ์ปัตตาเวีย และนางแล

- พันธุ์ปัตตาเวีย

สับปะรดพันธุ์นี้เป็นที่รู้จักกันแพร่หลายในนามสับปะรดศรีราชาและชื่ออื่น ๆ เช่น ปราณบุรี, สามร้อยยอด โดยมีแหล่งปลูกที่สำคัญคือ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ชลบุรี เพชรบุรี ลำปาง และการปลูกกันทั่วไป เพื่อขายผลสดและโรงงานอุตสาหกรรม จากข้อมูลการบริโภคสับปะรดผลสดในประเทศ ตกประมาณ 400,000-500,000 ตัน ต่อปี เป็นสับปะรดปัตตาเวียเกือบทั้งหมดสับปะรดพันธุ์นี้มีลักษณะทั่วไป คือ มีใบสีเขียวเข้ม และเป็นร่องตรงกลาง ผิวใบด้านบนเป็นมันเงา ส่วนใต้ใบจะมีสีเทาเงิน ตรงบริเวณกลางใบมักมีสีแดงอมน้ำตาล ขอบใบเรียบมีหนามเล็กน้อยบริเวณปลายใบ กลีบดอกสีม่วงอมน้ำเงิน ผลเป็นวงรี และมีขนาดผลปานกลาง (1.5-2.5 กก.) แต่โดยปกติทั่วไปประมาณ 2.5 กิโลกรัม ใบจุกสั้นและติดแน่นกับผลอย่างแข็งแรง เปลือกผลเมื่อดิบสีเขียวคล้ำ เมื่อเริ่มสุกสีเปลือกจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเหลืองจากทางด้านล่างขึ้นมายังส่วนบนของผลซึ่งแสดงถึงระดับความสุกของเนื้อสับปะรดภายในผลด้วย ก้านผลสั้นมีไส้ใหญ่ เนื้อผล

มีสีเหลืองอ่อน นิ่ม และชุ่มน้ำ มีปริมาณน้ำตาลอยู่ระหว่าง 13-19 °Brix และมีรสเปรี้ยวขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมที่ใช้เพาะปลูก ในสภาพอากาศที่มีฝนตกและอุณหภูมิสูงจะมีปริมาณกรดแอสคอร์บิกต่ำ ถึงแม้ว่าสับปะรดพันธุ์นี้จะมีปริมาณน้ำตาลสูง แต่ยังคงมีรสชาติเปรี้ยวสำหรับผู้บริโภคและทำให้ภาพลักษณ์ของสับปะรดเป็นผลไม้ที่รสเปรี้ยว น้ำสับปะรดพันธุ์นี้มีสีซีด ปริมาณน้ำตาลสูงและขุ่น (Chan et al., 2003)

- พันธุ์นางแลหรือพันธุ์น้ำผึ้ง

ลักษณะของต้นสับปะรดพันธุ์นางแลมีทรงพุ่มเล็กกว่าพันธุ์ปัตตาเวีย ขอบใบเรียบไม่มีหนามจะมีเฉพาะที่ปลายใบเล็กน้อย ผลมีรูปทรงกระบอกและมีขนาดเล็ก ผลส่วนบนมีความกว้างเท่ากับส่วนล่างของผล ขนาดของผลเฉลี่ยหนักตั้งแต่ 1-1.5 กิโลกรัม ผลย่อยมีจำนวนน้อย นูนโปนยื่นออกมาไม่ฝังลึกและมีขนาดใหญ่กว่าพันธุ์ปัตตาเวีย ผลมีเปลือกบางมาก เมื่อปอกด้วยมีดเพียงบางๆ ก็สามารถถึงเนื้อสับปะรดข้างในได้โดยไม่มีส่วนของตาเหลืออยู่ ทำให้ไม่ต้องเสียเวลาและเสียเนื้อผลในการกรีดเอาตาออกเหมือนสับปะรดพันธุ์อื่นแต่ขนส่งทางไกลได้ไม่ดีเพราะทำให้ผลช้ำได้ง่าย เนื้อผลมีสีเหลืองเข้มออกสีน้ำผึ้ง กลิ่นหอมเหมือนกลิ่นน้ำผึ้ง มีรสรสหวานฉ่ำ เนื้อมีเส้นใยน้อย

1.1.2 กลุ่ม Queen

มีลักษณะเฉพาะคือมีใบมีขนาดเล็กและมีหนามรอบใบ ผลมีขนาดเล็ก เมื่อผลเริ่มสุกสีเปลือกจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองทั้งผล ผลย่อยมีขนาดเล็ก มีเนื้อสีเหลืองทองและกรอบ รสชาติหวาน สับปะรดในกลุ่มนี้ ได้แก่ พันธุ์ตราดสีทอง ภูเก็ต สวี เพชรบุรี 1 และภูแล

- พันธุ์ภูเก็ต

ลักษณะใบจุกมีหนามและสั้น รูปร่างของผลมีขนาดเล็ก (0.5-1.0 กก.) เปลือกเป็นสีเหลืองทั้งผลและมีผลย่อยขนาดเล็กและลึก เนื้อสับปะรดมีสีเหลืองทอง กรอบ และมีรสหวาน (14-18 °Brix) มีกลิ่นหอมหวานและมีอายุการเก็บนาน สามารถทนต่อความเครียด แมลง และโรคพืชได้ดีกว่าสับปะรดกลุ่ม Cayenne อย่างไรก็ตาม สับปะรดพันธุ์นี้ไวต่อการแช่เย็นและการเกิดสีน้ำตาลภายใน (Internal browning) โดยเฉพาะเมื่อเก็บเกี่ยวก่อนระยะสุกและการเกิดโรคเน่าตรงกลางและส่วนฐานของผล (Chan et al., 2003) พันธุ์สวีจะมีผลสั้นกว่าพันธุ์ภูเก็ตและพันธุ์ตราดสีทอง

- พันธุ์ตราดสีทอง

เป็นสับปะรดในกลุ่ม Queen เช่นเดียวกับพันธุ์ภูเก็ต มีที่มาจากการเกษตรกรในจังหวัดตราดได้นำสับปะรดพันธุ์ภูเก็ตจากภาคใต้ไปเพาะปลูกในจังหวัดตราดเป็นเวลานานจนอาจทำให้เกิดการกลายพันธุ์ หรืออาจเกิดจากความแตกต่างของสภาพแวดล้อม การเพาะปลูกและอิทธิพลอื่นๆ ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะต่างๆ ไปจาก

ต้นพันธุ์ภูเก็ตของเดิม และปัจจุบันสับปะรดพันธุ์ตราดสีทองจัดเป็นพืชเศรษฐกิจอันดับต้นๆ ของเกษตรกรจังหวัดตราดที่สร้างรายได้ให้แก่เกษตรกรค่อนข้างสูง มีการเพาะปลูกและเก็บเกี่ยวผลผลิตตลอดปี ผลผลิตเป็นที่ต้องการของตลาดทั้งภายในและต่างประเทศ (มนตรี กล้าขาย, 2554) จากข้อมูลของสำนักงานเกษตรจังหวัดตราดในปี 2553 รายงานว่า พื้นที่เพาะปลูกสับปะรดพันธุ์ตราดสีทองมีจำนวน 8,947 ไร่ เป็นพื้นที่เก็บเกี่ยว 6,180 ไร่ และมีผลผลิตรวม 24,700 ตัน โดยมีแหล่งปลูกที่สำคัญ คือ เขตอำเภอเมือง เขาสมิง บ่อไร่ และแหลมงอบ ตามลำดับ สับปะรดทนทานต่อสภาพดินฟ้าอากาศที่มีฝนตกไม่มากเกินไป ความต้องการน้ำปานกลาง โรคแมลงศัตรูพืชน้อย และเป็นพืชที่สามารถกำหนดแผนการผลิตได้ค่อนข้างแน่นอน สามารถกำหนดวันปลูกและเก็บเกี่ยวได้ กระจายการผลิตได้ตลอดปี มีความแน่นอน แผนการผลิตและเก็บเกี่ยวจะผิดพลาดไม่มาก

สับปะรดพันธุ์ตราดสีทองมีลักษณะเด่นภายนอกคือ ขอบใบที่ต้นและขอบใบที่จุกผลมีหนามสั้นๆ แหลมคม ทรงโค้ง สีน้ำตาลแดง ผลเป็นรูปทรงกระบอก มีความยาวและขนาดผลใหญ่กว่าทางภาคใต้ ผิวเปลือกเมื่อแก่สุกเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเข้มหรือเหลืองส้ม ตาใหญ่ ร่องตาลึก เปลือกหนา ทนทานต่อการขนย้าย เนื้อผลมีรสชาติหวานมาก และมีสีเหลืองทองสม่ำเสมอ เนื้อแห้งกรอบและมีกลิ่นหอม

- พันธุ์ภูแล

เป็นสับปะรดในกลุ่ม Queen เช่นเดียวกับพันธุ์ภูเก็ตและตราดสีทอง ซึ่งเพาะปลูกในตำบลนางแล ตำบลท่าสุด และตำบลบ้านดู่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย โดยเมื่อปี พ.ศ.2520 นายอเนก ประทีป ณ ถลาง อาจารย์จากมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ได้นำหน่อพันธุ์สับปะรดภูเก็ตจากจังหวัดภูเก็ต มาปลูกครั้งแรกที่ตำบลนางแล อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย และด้วยปัจจัยทางธรรมชาติและวิธีการเพาะปลูกที่เปลี่ยนแปลงไปอาจทำให้เกิดการกลายพันธุ์ หรืออาจเกิดจากความแตกต่างของสภาพแวดล้อมและอิทธิพลอื่นๆ ส่งผลให้สับปะรดที่ปลูกได้มีลักษณะที่แตกต่างจากสับปะรดภูเก็ต คือ มีขนาดผลเล็ก รูปร่างทรงกลม จุกใหญ่ ตั้งตรง รับประทานได้ทั้งเนื้อและแกน ซึ่งต่อมาได้เรียกชื่อสับปะรดดังกล่าวว่า “สับปะรดภูแล” โดยการนำเอาชื่อ “ภูเก็ต” ซึ่งเป็นแหล่งเพาะปลูกเดิมมาผสมคำกับแหล่งเพาะปลูกใหม่คือ “นางแล” และขยายพื้นที่การปลูกครอบคลุมสามตำบลคือตำบลนางแล ตำบลท่าสุด และตำบลบ้านดู่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย

ลักษณะทางกายภาพของสับปะรดภูแล คือ ใบในเรียวเล็ก สีเขียวอ่อน และมีแถบสีชมพูบริเวณกลางใบขอบใบมีหนามเรียงชิดติดกันตลอดความยาวของใบ ผลมีขนาดเล็ก มีน้ำหนักต่อผลตั้งแต่ 1.5 -1 กก. ความยาวของจุกโดยเฉลี่ย 1-1.5 เท่าของความยาวผลตัวจุกมีลักษณะชี้ตรง ตาผล ตาเต่งตึงโปนออกมาจากผลอย่างเห็นได้ชัด เปลือกค่อนข้างหนา เหมาะสำหรับการ ขนส่งระยะไกล เมื่อสุกเปลือกผลจะมีสีเหลือง หรือ

เหลืองปนเขียว เนื้อผลสีเหลือง กรอบ กลิ่นหอม แกนสับปะรดกรอบรับประทานได้ รสชาติหวาน (14-16 °Brix) มีปริมาณกรดโดยรวมเฉลี่ยร้อยละ 0.45

1.1.3 กลุ่ม Spanish

มีลักษณะเฉพาะคือใบมีหนามใบหลากหลายรูปแบบขึ้นกับสายพันธุ์ ผลมีขนาดเล็กเป็นรูปวงรีจนถึงทรงกระบอก ผลดิบมีเปลือกสีม่วงคล้ำและเปลี่ยนเป็นสีส้มทองแดงเมื่อผลสุก เนื้อสีเหลืองทอง มีปริมาณน้ำตาลและกรดต่ำ มีรสชาติอ่อน สับปะรดในกลุ่มนี้ ได้แก่ พันธุ์อินทรชิตแดง และอินทรชิตขาว

- พันธุ์อินทรชิตแดง

เป็นสับปะรดพันธุ์เก่าแก่ที่สุดของประเทศไทย เนื่องจากความเก่าแก่ของพันธุ์ จึงเรียกว่าสับปะรดพันธุ์พื้นเมือง ลักษณะผลเป็นรูปทรงกระบอก (barrel) มีขนาดปานกลาง (1.2-2.0 กก.) เมื่อผลสุกเปลือกจะเปลี่ยนเป็นสีส้ม (Popluechai et al., 2007) เนื้อมีความแน่น สีซีด มีกลิ่นหอมและรสชาติหวาน มีปริมาณน้ำตาลปานกลาง (ประมาณ 12°Brix) มีความเป็นกรดต่ำ ใบจุกมีขนาดกลางและมีหนามหรือมีหนามครึ่งใบ และใบมีสีเขียวเข้ม กลีบรองดอกมีสีแดงจัด สามารถทนต่ออุณหภูมิสูง สภาพแห้งแล้ง การเกิดสีน้ำตาลภายใน และโรคเน่าที่ส่วนก้นผลได้ (Chan et al., 2003) สับปะรดพันธุ์นี้มีเพาะปลูกมากที่อำเภอบางคล้า จังหวัดฉะเชิงเทรา

- พันธุ์อินทรชิตขาว

เป็นสับปะรดในกลุ่ม Spanish เช่นเดียวกันกับเช่นเดียวกับพันธุ์อินทรชิต ผลมีขนาดเล็กกว่าพันธุ์ปัตตาเวีย และผลมักมีหลายจุก เข้าใจว่าเป็นพันธุ์ที่กลายมาเป็นพันธุ์อินทรชิต ผลย่อยนูนเด่นชัด ตาลึก มีเนื้อผลสีเหลือง รสหวานอ่อน คุณภาพของเนื้อภายในไม่ดีนัก เหมาะแก่การนำมาแปรรูปเป็นสับปะรดกวนและลูกอมสับปะรด หรือสับปะรดเชื่อมและอบแห้ง สับปะรดพันธุ์นี้มีเพาะปลูกมากที่ อำเภอบางคล้า จังหวัดฉะเชิงเทรา

สับปะรดจัดเป็นผลไม้ที่มีคุณค่าทางโภชนานการสูงเนื่องจากมีปริมาณน้ำตาลซึ่งเป็นแหล่งของพลังงาน วิตามิน และแร่ธาตุหลายชนิด (ตารางที่ 1) นอกจากนี้ยังมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ เช่น สารประกอบฟีนอลิกและเบต้าแคโรทีน (Gardner et al., 2000, Wen and Wrolstad, 2002, Kongsuwan et al., 2009) ซึ่งจัดเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่สามารถยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชั่นที่เกิดขึ้นในร่างกายได้ โดยเฉพาะสารประกอบฟีนอลิกซึ่งเป็นกลุ่มสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพสำคัญที่มักพบในผักและผลไม้ทั่วไป นอกจากนี้สับปะรดยังเป็นแหล่งของเอนไซม์โบรมีเลนซึ่งเป็นเอนไซม์ในกลุ่มโปรตีเอสที่สามารถย่อยโปรตีนให้เปลี่ยนเป็นเปปไทด์สายสั้นและกรดอะมิโน จึงสามารถช่วยให้ร่างกายย่อยอาหารได้ดีขึ้น อีกทั้งยังมีผลช่วยลดความเสี่ยงต่อโรคหัวใจและหลอดเลือด ควบคุมการเจริญเติบโตของ

เซลล์มะเร็ง (Genkinger et al., 2004; Joshipura et al., 2001; Bhui et al., 2009; Maurer, H.R., 2001) มีฤทธิ์ต้านการอักเสบในผู้ป่วยโรครูมาตอยด์ ช่วยขับปัสสาวะ ต้านการอักเสบที่บริเวณลำไส้ และลดอาการปวดและโรคหอบหืดเรื้อรังได้ (Secor et al., 2005; Onken et al., 2008)

ตารางที่ 1.1 องค์ประกอบของเนื้อผลสับปะรด

องค์ประกอบ	ปริมาณ	หน่วย (ต่อ 100 กรัมของเนื้อสับปะรด)
ความชื้น	84.90	กรัม
พลังงาน	54.0	แคลอรี
ไขมัน	0.30	กรัม
คาร์โบไฮเดรท	14.0	กรัม
เยื่อใย	0.50	กรัม
โปรตีน	0.40	กรัม
ฟอสฟอรัส	8.0	มิลลิกรัม
เหล็ก	0.40	มิลลิกรัม
แคลเซียม	22.0	มิลลิกรัม
ไวตามินเอ	15.0	หน่วยสากล
ไวตามินบี-หนึ่ง	0.09	มิลลิกรัม
ไวตามินบี-สอง	0.04	มิลลิกรัม
ไวตามินซี	17.0	มิลลิกรัม
ไนอะซิน	0.20	มิลลิกรัม

ที่มา: กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข

ลักษณะทางกายภาพโดยทั่วไปของเนื้อผลสับปะรดที่สามารถตรวจสอบได้ง่ายที่สุด คือสี เนื้อผลสับปะรดทุกสายพันธุ์จะมีสีเหลืองแต่ความเข้มของสีนั้นขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของสับปะรด พื้นที่และสภาพภูมิอากาศของแหล่งเพาะปลูกด้วย เนื้อผลสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียจะมีสีเหลือง เนื้อมีลักษณะสัมผัสอ่อน นิ่ม และชุ่มน้ำกว่าสับปะรดพันธุ์ควีนที่มีเนื้อผลสีเหลืองทองและมีเนื้อสัมผัสกรอบ (Chan et al., 2003) และเมื่อผลสุกสับปะรดทั้งสองสายพันธุ์นี้จะส่งกลิ่นหอมที่แตกต่างกัน สำหรับสมบัติทางเคมีของเนื้อผลที่สามารถนำมาใช้บอกระดับความสุกของผลสับปะรดได้นั้นคือ ค่าpH ปริมาณกรด และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดที่เรียกกันทั่วไปว่าความหวาน จากการรายงานการศึกษาเปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพและเคมีของสับปะรดพันธุ์ Red Spanish ที่เพาะปลูกในหมู่เกาะ Canary และพันธุ์

Smooth Cayenne ที่เพาะปลูกในประเทศ Ivory Coast (Bartolome et al., 1995) พบว่าสับปะรดพันธุ์ Red Spanish มีเนื้อผลสีเหลืองอ่อน (pale yellow) ในขณะที่พันธุ์ Smooth Cayenne มีเนื้อผลสีเหลืองออกน้ำตาลเล็กน้อย (slightly brownish yellow) และ พันธุ์ Smooth Cayenne มีค่าแรงที่ใช้กดเนื้อสับปะรด (Texture values) ที่สูงกว่าซึ่งสอดคล้องกับปริมาณใยอาหารทั้งหมดที่มีค่าสูงกว่าพันธุ์ Red Spanish และไม่พบความแตกต่างของค่า pH ระหว่างสับปะรดพันธุ์ Red Spanish และ Smooth Cayenne โดยมีค่า pH เท่ากับ 3.49 และ 3.54 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่า pH ของสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียและภูเก็ตที่มีค่า pH เท่ากับ 3.51 และ 3.70 ตามลำดับ (วราพันธุ์ จินตณวิชญ์ และคณะ, 2547) และสับปะรดพันธุ์ภูแลที่เพาะปลูกในเขตจังหวัดเชียงรายที่มีค่า pH เท่ากับ 3.55 (Kongsuwan et al., 2009) แต่มีค่าต่ำกว่า pH ของสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียที่เพาะปลูกในเขตจังหวัดลำปางที่มีค่าเท่ากับ 4.07-4.73 (จิรภา พงษ์จันตา และคณะ, 2554) และสับปะรดพันธุ์นางแลที่เพาะปลูกในเขตจังหวัดเชียงรายที่มีค่าเท่ากับ 4.56 (Kongsuwan et al., 2009) สำหรับปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ในรูปกรดซิตริกนั้นพบว่าไม่มีความแตกต่างกันระหว่างพันธุ์ Red Spanish และ Smooth Cayenne (Bartolome et al., 1995) ซึ่งผลที่ได้เป็นไปในทางเดียวกันกับงานวิจัยของวราพันธุ์ จินตณวิชญ์ และคณะ (2547), จิรภา พงษ์จันตา และคณะ (2554) และ Kongsuwan et al. (2009) ที่ศึกษาเปรียบเทียบพันธุ์สับปะรดที่เพาะปลูกในประเทศไทย สำหรับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดที่นิยมเรียกกันว่าค่าความหวานนั้นพบว่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ทั้งหมดของสับปะรดพันธุ์ภูเก็ตมีค่าสูงกว่าสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 16.09°Brix และ 13.04°Brix ตามลำดับ (วราพันธุ์ จินตณวิชญ์ และคณะ, 2547) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของมนตรี กล้าขาย (2534) ที่กล่าวว่าสับปะรดพันธุ์ภูเก็ตนั้นมีรสชาติหวานกว่าสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย สำหรับปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในสับปะรดพันธุ์ Smooth Cayenne (8.16%fw) นั้นมีค่าสูงกว่า Red Spanish (6.45%fw) (Bartolome et al., 1995) และสับปะรดพันธุ์ภูแลและนางแลมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยมีค่าเท่ากับ 14.45°Brix และ 13.10°Brix ตามลำดับ (Kongsuwan et al., 2009)

สำหรับในประเทศไทยนั้น สับปะรดพันธุ์ Spanish เป็นสับปะรดพันธุ์พื้นเมืองที่มีการเพาะปลูกกันเฉพาะกลุ่มในบริเวณ จ.ฉะเชิงเทรา ดังนั้นข้อมูลส่วนใหญ่ที่ได้จากการสืบค้นจึงเป็นการศึกษาลักษณะทางกายภาพและเคมีของสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียและพันธุ์ควีนซึ่งเป็นสับปะรดที่เพาะปลูกกันมากในประเทศไทย นอกจากพันธุ์ของสับปะรดแล้วอิทธิพลของส่วนต่าง ๆ ของสับปะรดก็มีผลต่อสมบัติทางกายภาพและเคมีที่วิเคราะห์ได้ด้วย โดยสับปะรดส่วนเปลือกและแกนของสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียมีค่า pH ต่ำที่สุด ($P<0.05$) ในขณะที่ส่วนเนื้อบริเวณใกล้แกนจะมีปริมาณกรดน้อยกว่าเนื้อบริเวณใกล้เปลือก (จินดารัตน์, 2541) และ

สับปะรดส่วนเนื้อจะมีปริมาณ TSS สูงกว่าส่วนเปลือกและแกน ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (วราพันธุ์ จินตณวิชญ์ และคณะ, 2547)

นอกจากนี้ยังมีรายงานวิจัยที่วิเคราะห์สมบัติทางเคมีเชิงลึกถึงระดับชนิดและปริมาณของกรดอินทรีย์หลักในน้ำสับปะรด จิรภา พงษ์จันตา และคณะ (2554) นำน้ำสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย (*Ananas comosus* cv. Smooth Cayenne) ที่ปลูกต่างพื้นที่ในจังหวัดลำปาง เก็บเกี่ยวช่วง 160 วันหลังดอกบาน มาวิเคราะห์ชนิดและปริมาณกรดอินทรีย์และน้ำตาลโดยใช้เครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (HPLC) พบว่าน้ำสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียมีปริมาณกรดอินทรีย์หลักคือ กรดซิตริก อะซิติก และมาลิก โดยพบในช่วงร้อยละ 0.58-0.78, 0.09–0.32 และ 0.12 - 0.24 %(w/v) ตามลำดับ โดยกรดอะซิติกและมาลิกมีแนวโน้มลดลงเมื่อเก็บสับปะรดให้สุกทั้งผล และปริมาณน้ำตาลหลักที่พบคือน้ำตาลซูโครส (7.55 - 8.72%) ฟรุกโทส (1.90-3.81%) และ กลูโคส (2.30-3.00%) โดยพบว่าน้ำตาลฟรุคโตสและกลูโคสมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นแต่น้ำตาลซูโครสลดลงอย่างต่อเนื่องในระหว่างการบ่มให้สุก

เมื่อผลสับปะรดเริ่มสุกจะเกิดการเปลี่ยนแปลงทั้งทางกายภาพภายนอกของผลโดยสีเปลือกจะเริ่มเปลี่ยนเป็นสีเหลืองจากด้านล่างขึ้นสู่ด้านบนและเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีภายในเนื้อผลโดยมีปริมาณน้ำตาลสูงขึ้นและสร้างสารประกอบที่ให้กลิ่นหอมซึ่งเป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัวที่แตกต่างกันไปของสับปะรดแต่ละสายพันธุ์ และจากการวิเคราะห์ชนิดของสารอินทรีย์ที่สามารถระเหยได้ของสับปะรดด้วยวิธี HP-SPME ร่วมกับ GC-MS พบว่าสารระเหยที่สำคัญในเนื้อผลสับปะรดได้แก่สารประกอบจำพวกเอสเทอร์ เทอปีน คีโตนและแอลดีไฮด์ ซึ่งจะพบสารเหล่านี้ได้ในส่วนเนื้อมากกว่าส่วน สารระเหยสำคัญที่ให้กลิ่นหอมของส่วนเนื้อสับปะรดได้แก่ ethyl 2-methylbutanoate, ethyl hexanoate, 2,5-dimethyl-4-hydroxy-3(2*H*)-furanone (DMHF), decanal, ethyl 3-(methylthio) propionate, ethyl butanoate, และ ethyl (*E*)-3-hexenoate และส่วนแกนมีสารระเหยสำคัญได้แก่ ethyl 2-methylbutanoate, ethyl hexanoate และ DMHF (Wei et al., 2011) นอกจากนี้ Kaewtathip and Charoenrein (2012) รายงานว่าสารระเหยที่สำคัญที่พบในเนื้อผลสับปะรดสดได้แก่ methyl hexanoate, ethyl hexanoate, ethyl 3-methylthiopropanoate and 1-(E,Z)-3,5-undecatriene

1.2 คุณค่าทางโภชนาการของสับปะรด

1.2.1 วิตามินซี

เป็นวิตามินกลุ่มที่ละลายได้ในน้ำ ร่างกายไม่สามารถที่จะสร้างขึ้นเองได้ จึงจำเป็นต้องได้รับจากการรับประทานเข้าไป วิตามินซีจัดเป็นสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติที่สามารถพบได้ทั่วไปในผักและผลไม้ มีรายงานว่าวิตามินซีสามารถช่วยลดความเสี่ยงต่อการเป็นโรคหัวใจและมะเร็งได้ (Diplock, 1994)

1.2.2 วิตามินเอ

วิตามินเอหรือ เรตินอล (retinol) เป็นวิตามินที่ละลายในไขมัน ไม่ละลายในน้ำ มีความเสถียรในสภาวะที่เป็นด่าง และสลายตัวได้ง่ายเมื่อโดยแสง (Embree et al., 1957) วิตามินเอในธรรมชาติจะพบเฉพาะในสัตว์เท่านั้น แต่ในพืชจะมีสารประกอบแคโรทีนอยด์ (carotenoid) ได้แก่ บีตา-แคโรทีน แอลฟา-แคโรทีน และ บีตา-คริพโทแซนทิน ซึ่งเป็นรงควัตถุที่พบในผักผลไม้ที่มีสีเหลือง และสีส้ม ที่ร่างกายสามารถเปลี่ยนแคโรทีนอยด์กลุ่มนี้ให้เป็นวิตามินเอได้ที่ผนังลำไส้เล็กและตับ ดังนั้นจึงจัดเป็นสารตั้งต้น (precursor) ของวิตามินเอ หรือเรียกว่า เป็นโปรวิตามินเอ (provitamin A) โมเลกุลของวิตามินเอมีพันธะคู่ไม่อิ่มตัว ทำให้เกิดออกซิเดชัน (oxidation) และสลายตัวได้ง่าย วิตามินเอพบในอาหารจากสัตว์ พบมากใน น้ำนม เนย เนยแข็ง ตับ น้ำมันตับปลา และโปรวิตามินเอพบในผักผลไม้ที่มีสีเหลืองหรือสีส้ม เช่น มะละกอสุก มะม่วงสุก กล้วยสุก ฟักทอง สับปะรด และแครอท

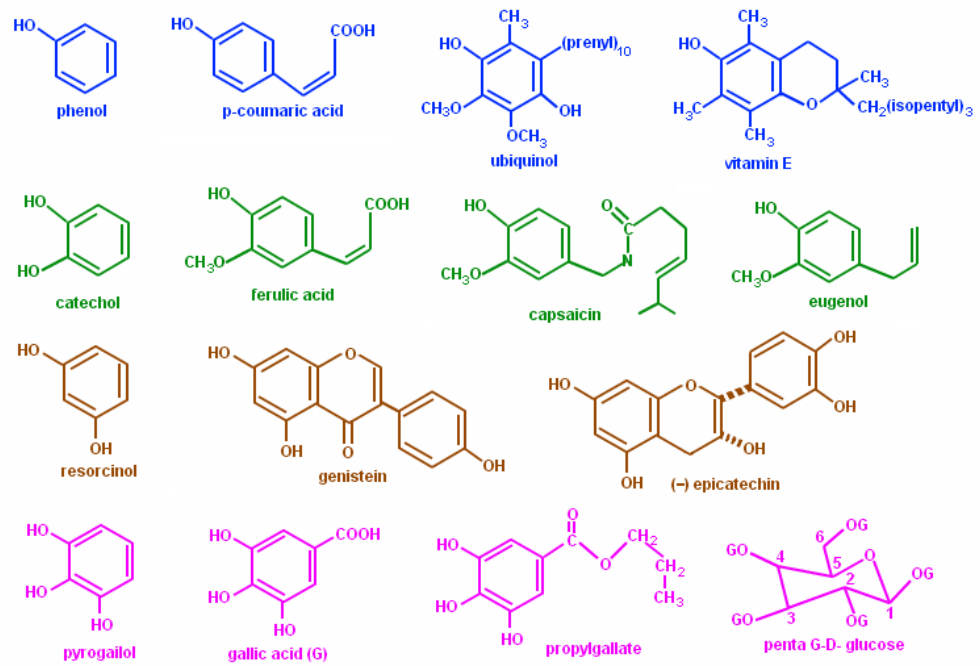
1.3 สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในสับปะรด

สับปะรดเป็นผลไม้ที่มีคุณค่าทางอาหารสูงเนื่องจากมีปริมาณวิตามินซีสูง แล้วยังมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและเบต้าแคโรทีนซึ่งเป็นแหล่งสารต้านออกซิเดชั่นในธรรมชาติ นอกจากนี้ในสับปะรดยังประกอบด้วยวิตามินที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระอีกหลายชนิดเช่น วิตามินซี และวิตามินอีด้วย

1.3.1 สารประกอบฟีนอลิก

สารประกอบฟีโนลิกเป็นสารต้านออกซิเดชันที่พบมากในอาหาร ในธรรมชาติพบมากกว่า 8,000 ชนิด (Rice-Evans et al., 1995) เป็นสาร ทุติยภูมิที่สร้างขึ้นโดยพืช โดยมีโครงสร้างประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซีเกาะอยู่กับวงแหวนเบนซีน โดยเฉพาะในผลไม้ซึ่งเป็นแหล่งที่อุดมไปด้วยสารต้านออกซิเดชันและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพหลายชนิด เช่น ฟลาโวนอยด์ (flavonoids) แทนนิน (tannins) และคาเทชิน (catechins) (Macheix et al., 1990) โครงสร้างของสารประกอบฟีนอลิกแสดงดังภาพที่ 1

ส่วนของสับปะรดที่บริโภคได้นั้นประกอบด้วยสารประกอบฟีนอลิกในรูปอิสระ (soluble free phenolic compounds) และในรูปที่ถูกตรึง (bound phenolic compounds) โดยสับปะรดเป็นผลไม้ที่มีปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกในรูปที่ถูกตรึงมากกว่าในรูปอิสระ (Sun et al., 2002) ซึ่งสารในรูปที่ถูกตรึงนี้จะคงค้างอยู่ในเซลล์และเนื้อเยื่อสับปะรด ไม่ละลายปนมากับน้ำสับปะรดระหว่างการสกัด แต่หากบริโภคสับปะรดทั้งชิ้น สารประกอบฟีนอลิกกลุ่มนี้อาจไม่ถูกย่อยและดูดซึมในลำไส้เล็ก แต่จะตกค้างไปถึงลำไส้ใหญ่พร้อมใยอาหาร ซึ่งมีรายงานว่าแบคทีเรียในลำไส้ใหญ่จะช่วยไฮโดรไลซ์สารดังกล่าวให้เป็นอิสระ สารประกอบฟีนอลิกกลุ่มนี้จึงให้ประโยชน์ในการต้านอนุมูลอิสระในลำไส้ใหญ่ และอาจช่วยป้องกันโรคบางชนิด เช่น มะเร็งลำไส้ใหญ่ได้ (Sosulski et al., 1982)

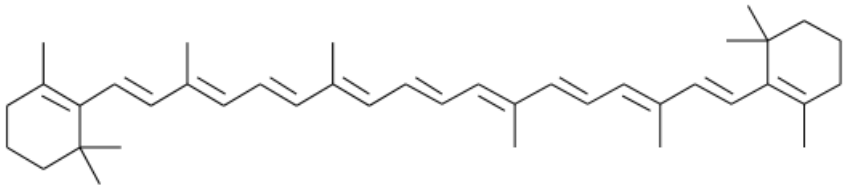


ภาพที่ 1.1 โครงสร้างของสารประกอบฟีนอลิก

ที่มา : http://chemistry.tutorvista.com/organic-chemistry/phenolic-compounds.html

1.3.2 เบต้า-แคโรทีน

เป็นลิพิด (lipid) กลุ่มรงควัตถุ (pigment) ที่มีสีส้ม สีเหลือง อยู่ในกลุ่มแคโรทีนอยด์ (carotenoid) และเป็นแคโรทีนอยด์พวกที่เป็นสารตั้งต้นของวิตามินเอ (pro vitamin A) พบมากในอาหารจำพวกผักและผลไม้ที่มีสีเหลืองและส้ม (Karnjanawipagul et al., 2010) เบต้า-แคโรทีนจัดเป็นสารที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระที่พบในธรรมชาติ สามารถเข้าทำปฏิกิริยาต้านการเกิดออกซิเดชั่นระหว่างอนุมูลอิสระกับสารสำคัญในเซลล์ โครงสร้างของเบต้า-แคโรทีนแสดงภาพที่ 2



ภาพที่ 1.2 โครงสร้างของเบต้า-แคโรทีน

ที่มา: http://www.chm.bris.ac.uk/motm/carotene/beta-carotene_structure.html

จากข้อมูลการวิเคราะห์สมบัติสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและสมบัติการต้านออกซิเดชั่นของสับปะรดพันธุ์ภูแลและนางแลที่เพาะปลูกในจังหวัดเชียงราย (Kongsuwan et al., 2009) โดยเก็บเกี่ยวผลสับปะรดที่ระยะเปลือกมีสีเหลืองประมาณ 20-40% ของผล แล้วนำมาวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TA) และปริมาณ TSS/TA ปริมาณสารฟีนอลทั้งหมด วิตามินซี เบต้าแคโรทีน และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธีวิเคราะห์ 2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) และ Ferric reducing antioxidant power (FRAP) ผลการทดลองพบว่าปริมาณ TSS, TA และ TSS/TA ของสับปะรดภูแลและนางแลไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัยทางสถิติ สับปะรดภูแลมีปริมาณสารฟีนอลทั้งหมด วิตามินซี เบต้าแคโรทีนสูงกว่าพันธุ์นางแล แต่มีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ (DPPH-assay and FRAP-assay) ต่ำกว่าสับปะรดพันธุ์นางแล ซึ่งแสดงให้เห็นว่าปริมาณสารฟีนอลทั้งหมด วิตามินซี เบต้าแคโรทีน ไม่มีบทบาทสำคัญต่อสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของสับปะรดและอาจมีผลมาจากสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพอื่นที่มีอยู่ในเนื้อผลสับปะรด นอกจากนี้ในปี 2010 อาภา คงสุวรรณ และคณะ (2010) ได้ศึกษาความแปรปรวนของปริมาณสารออกฤทธิ์สาคัญทางชีวภาพ และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียจากที่ต่างๆ ในประเทศไทย โดยเก็บเกี่ยวผลสับปะรดที่ระยะเปลือกมีสีเหลืองประมาณ 20-40% ของผล แล้วนำมาวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TA) และปริมาณ TSS/TA ปริมาณฟีนอลทั้งหมด วิตามินซี แคโรทีนอยด์ และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธีวิเคราะห์ 2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) และ Ferric reducing antioxidant power (FRAP) ผลการทดลองพบว่าปริมาณ TSS TA และ TSS/TA มีความแปรปรวนแตกต่างกันไประหว่างพื้นที่เพาะปลูก ปริมาณฟีนอลทั้งหมดมีค่าอยู่ระหว่าง 8.20-34.11 mgGAE/100 gFW และพบว่าสับปะรดจากจังหวัดราชบุรีมีปริมาณฟีนอลทั้งหมดสูงสุด ปริมาณวิตามินซีมีค่าแปรปรวนอยู่ระหว่าง 3.46-9.78 mg/100 gFW และพบว่าสับปะรดจากจังหวัดตราดมีปริมาณวิตามินซีสูงสุด ปริมาณเบต้าแคโรทีนมีค่าอยู่ระหว่าง 1.54-5.66 µg/100 gFW และสับปะรดจากจังหวัดหนองคายมีปริมาณเบต้าแคโรทีนสูงที่สุด กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระในสับปะรดซึ่งวิเคราะห์ด้วยวิธี DPPH มีค่าอยู่ระหว่าง 97.15-150.60 mol TE/100 gFW โดยสับปะรดจากหนองคายมีค่าที่สูงสุด แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสาคัญเมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี FRAP แต่อย่างไรก็ตามกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระที่วิเคราะห์โดยวิธี FRAP มีค่าอยู่แปรปรวนอยู่ระหว่าง 154.92-170.65 mol AAE/100 gFW

1.3.3 เอนไซม์โบรมิเลน

เป็นเอนไซม์ในกลุ่มซิสเตอีนโปรติเอส (cysteine protease) พบในสับปะรด (*Ananas comosus* (L.) Merr.) ที่เป็นพืชตระกูล Bromeliaceae (Devakate et al., 2009) โบรมิเลนพบได้ในทั้งส่วนเนื้อเยื่อลำต้น ผล และใบของสับปะรด (Devakate et

al., 2009) โบรมิเลนจากส่วนของลำต้นหรือ stem bromelain (EC 3.4.22.32) มีจุดตัดกว้างจำเพาะกับตำแหน่งกรดอะมิโนไลซีน อะลานีน ไทโรซีน ไกลซีน และแอสพาราจีน (Silverstain and Kezdy, 1975) โบรมิเลนจากส่วนของผลหรือ fruit bromelain (EC 3.4.22.33) ซึ่งพบในน้ำสับปะรดทำหน้าที่ตัดพันธะเปปไทด์ในโมเลกุลของโปรตีน จึงสามารถนำโบรมิเลนสามารถไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหารและยา เช่น ผลิตผงทำให้เนื้อนุ่ม ทำให้เบียร์ใส ผลิตโปรตีนไฮโดรไลเสท และผลิตยาช่วยย่อยอาหารและยาขับปัสสาวะ นอกจากนี้ยังมีการศึกษาการนำโบรมิเลนในน้ำสับปะรดมาใช้ย่อยโปรตีนในกากถั่วเหลืองเพื่อนำไปใช้ประกอบสูตรอาหารลูกสัตว์วัยอ่อนเพื่อให้สามารถดูดซึมโปรตีนได้เพิ่มขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้มีการเติบโตที่ดีอีกด้วย (วราพันธุ์ จินตณวิชญ์ และคณะ, 2547) และพบว่าปริมาณเอนไซม์โบรมิเลนในสับปะรด พันธุ์ภูเก็ตมีค่าสูงกว่าสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย แต่ความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณเอนไซม์โบรมิเลนจากส่วนต่างๆ ของผลสับปะรดพบว่าส่วนเนื้อสับปะรดมีปริมาณเอนไซม์อยู่มากที่สุด รองลงมาคือ สับปะรดทั้งผล เปลือก และแกน เช่นเดียวกับ อรวินทร์ วงศ์มีเกียรติ และคณะ (2527) ที่พบว่าเอนไซม์โบรมิเลนในผลสับปะรดพบมากในส่วนเนื้อ เปลือก แกน และจุกตามลำดับ นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบปริมาณเอนไซม์โบรมิเลนในแต่ละพันธุ์สับปะรดพบว่า ส่วนเนื้อของสับปะรดพันธุ์ภูเก็ตมีปริมาณเอนไซม์โบรมิเลนสูงที่สุด และปริมาณเอนไซม์ที่พบว่ามีน้อยที่สุดคือแกนของสับปะรดทั้งพันธุ์ปัตตาเวียและพันธุ์ภูเก็ต ซึ่งมีความแตกต่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

2. ความสำคัญและที่มาของปัญหา

สับปะรดเป็นผลไม้เขตร้อนเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทยซึ่งเป็นประเทศที่ผลิตสับปะรดมากเป็นอันดับสองของโลกรองจากประเทศบราซิล (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2551) และเพื่อให้ประเทศไทยรักษาความเป็นผู้นำในการผลิตและส่งออกสับปะรดผลสดและผลิตภัณฑ์สับปะรดที่มีคุณภาพและได้มาตรฐาน ทางรัฐบาลจึงอนุมัติแผนยุทธศาสตร์สับปะรดปี 2553-2557 ซึ่งจะส่งผลให้ประเทศไทยมีศักยภาพการผลิตสับปะรดและเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันกับต่างประเทศได้ และเนื่องจากปริมาณการผลิตสูงในแต่ละปีจึงได้มีการส่งเสริมอุตสาหกรรมการแปรรูปสับปะรดให้เป็นผลิตภัณฑ์รูปแบบต่างๆ เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าของสับปะรดให้สูงขึ้น เช่น การผลิตสับปะรดในน้ำเชื่อม เนื้อสับปะรดตีป่น น้ำสับปะรด น้ำสับปะรดเข้มข้น และสับปะรดอบแห้ง เป็นต้น ซึ่งสินค้าเหล่านี้จัดเป็นสินค้าส่งออกสำคัญของประเทศไทย โดยสับปะรดพันธุ์ปลูกที่นิยมนำมาใช้แปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ดังกล่าว ได้แก่ พันธุ์ Smooth Cayenne ที่มีแหล่งเพาะปลูกหลักอยู่ในเขตพื้นที่ภาคตะวันตก ได้แก่ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ เพชรบุรี ราชบุรี และกาญจนบุรี และภาคตะวันออกได้แก่ จังหวัดระยอง และชลบุรี (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2551) โดย

เกษตรกรในเขตเพาะปลูกดังกล่าวนิยมเพาะปลูกสับปะรดพันธุ์ Smooth Cayenne เพื่อส่งผลผลิตขายให้กับโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปสับปะรด และมักประสบปัญหาราคาสับปะรดตกต่ำในฤดูกาลที่สับปะรดออกผลพร้อมกันเป็นจำนวนมากเกินกว่าที่ภาคอุตสาหกรรมแปรรูปสับปะรดจะสามารถรับซื้อได้ทั้งหมด ส่งผลให้เกษตรกรต้องแบกรับภาระการขาดทุนและเกิดการสูญเสียของผลผลิตสับปะรดในแต่ละปีเป็นจำนวนมาก

นอกเหนือจากสับปะรดพันธุ์ปลูกที่นำไปใช้แปรรูปในระดับอุตสาหกรรมเพื่อเป็นสินค้าส่งออกสำคัญแล้ว สับปะรดพันธุ์ปลูกที่นิยมนำมารับประทานผลสดก็เป็นสินค้าเศรษฐกิจสำคัญอย่างหนึ่ง เนื่องจากผู้บริโภคทั้งในและต่างประเทศส่วนใหญ่นิยมรับประทานเนื้อผลสับปะรดสดอย่างมาก โดยสับปะรดพันธุ์ปลูกที่นิยมบริโภคผลสดในประเทศไทยได้แก่ พันธุ์ Smooth Cayenne และ Queen ซึ่งมีชื่อเรียกแตกต่างกันไปตามแหล่งเพาะปลูกของประเทศไทย เช่น พันธุ์ศรีราชา นางแล สวี และตราดสีทอง เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีสับปะรดพันธุ์ปลูกอื่นที่ไม่ใช่พันธุ์พื้นเมืองของไทยแต่มีการเพาะปลูกในเชิงพาณิชย์ ได้แก่ พันธุ์ MD2 ซึ่งเป็นสับปะรดที่พัฒนาขึ้นในรัฐฮาวาย ประเทศสหรัฐอเมริกา สับปะรดพันธุ์ปลูกทั้งหมดดังกล่าวข้างต้นนี้ มีรสชาติและเอกลักษณ์เฉพาะตัวที่แตกต่างกันไปและเป็นที่ชื่นชอบของผู้บริโภค อีกทั้งยังมีศักยภาพสูงสำหรับนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารสำหรับผู้บริโภคเฉพาะกลุ่มที่ยังคงรักษารสชาติ สารอาหาร วิตามิน และแร่ธาตุต่างๆ ที่มีประโยชน์ต่อร่างกายของสับปะรดได้

การคัดเลือกสายพันธุ์สับปะรดมาใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารสำหรับผู้บริโภคเฉพาะกลุ่มนั้น จำเป็นต้องอาศัยข้อมูลเชิงลึกที่เกี่ยวข้องกับสมบัติทางกายภาพ เคมี องค์ประกอบด้านโภชนาการ และการเป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (Bioactive compound) ของเนื้อผลสับปะรด เพื่อให้สามารถแปรรูปผลิตภัณฑ์ให้ได้ตรงตามความต้องการของผู้บริโภคเฉพาะกลุ่มและจาก**การ**สืบค้นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสับปะรดพบว่าข้อมูลพื้นฐานของสับปะรดในปัจจุบันนั้น ส่วนใหญ่เป็นข้อมูลทั่วไปที่กล่าวถึง เทคนิควิธีการเพาะปลูก ลักษณะทางกายภาพภายนอก รูปร่างจำเพาะ และสมบัติของเนื้อผลสับปะรดโดยทั่วไป เช่น สี และความหวานของแต่ละสายพันธุ์ที่เพาะปลูกในแต่ละเขตพื้นที่ ซึ่งข้อมูลดังกล่าวนั้นยังไม่เพียงพอที่จะนำมาใช้ประกอบการตัดสินใจเลือกสายพันธุ์สับปะรดเพื่อนำไปใช้แปรรูปได้ ดังนั้นหากต้องการนำเนื้อผลสับปะรดพันธุ์ปลูกดังกล่าวมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ออกสู่ตลาดผลิตภัณฑ์อาหารนั้นจำเป็นต้องอาศัยข้อมูลในเชิงลึกด้านสมบัติต่างๆ ของเนื้อผลสับปะรดดังกล่าวข้างต้น แล้วนำข้อมูลพื้นฐานที่ได้นี้ไปใช้ประกอบการคัดเลือกสายพันธุ์สับปะรดให้เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์ และสามารถนำข้อมูลที่ได้มาบ่งบอกคุณภาพของผลผลิตให้กับผู้บริโภคสับปะรดผลสดทั้งในและต่างประเทศในการตัดสินใจเลือกซื้อ ซึ่งจะเป็นการยกระดับคุณภาพและเพิ่มมูลค่าของสับปะรดผลสด อีกทั้งยังเป็นการสร้าง

ความมั่นใจในคุณภาพของสับปะรดผลสดที่จำหน่ายออกสู่ตลาดซึ่งจะทำให้เกิดความมั่นคงของการผลิตและการจำหน่ายสับปะรดผลสด (Food security) ของประเทศไทยต่อไปได้

3. วัตถุประสงค์และขอบเขตการวิจัย

เพื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพและเคมี และสมบัติของการเป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของเนื้อผลสับปะรดพันธุ์ที่นิยมบริโภคผลสด ได้แก่ พันธุ์ปัตตาเวีย ตราดสีทอง และ MD2

4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ได้ข้อมูลสมบัติทางกายภาพและเคมีจำเพาะของสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย ตราดสีทอง และ MD2

5. รายละเอียดเกี่ยวกับวิธีดำเนินการวิจัย (Materials & Method)

5.1 วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของเนื้อผลสับปะรด

สุ่มเก็บตัวอย่างผลสับปะรดที่มีอายุผลประมาณ 16-20 สัปดาหหลังการออกดอก (ระยะเก็บเกี่ยว) จากเขตเพาะปลูกละ 3 แห่งจากแหล่งต่างๆ ได้แก่ พันธุ์ปัตตาเวียจากเขตเพาะปลูกใน อ.ศรีราชา จังหวัดชลบุรี พันธุ์ควีนจากเขตเพาะปลูกใน อ.เขาสมิง จังหวัดตราด และพันธุ์ MD2 จากเขตเพาะปลูก ใน อ.ปลวกแดง จังหวัดระยอง นำสับปะรดจากแต่ละพื้นที่เพาะปลูกมาบันทึกน้ำหนัก วัดความยาว และเส้นรอบวง นำไปล้างด้วยน้ำสะอาด ปอกเปลือก นำส่วนเนื้อผลสับปะรดนำไปทดสอบสมบัติทางกายภาพและเคมี ได้แก่

5.1.1 สี โดยการวัดค่า L* a* และ b* ด้วยเครื่อง Chromameter (Minolta, Japan)

5.1.2 องค์ประกอบทางเคมีพื้นฐาน (Proximal analysis) ได้แก่ ปริมาณความชื้น ไขมัน โปรตีน เถ้า เยื่อใย และคาร์โบไฮเดรต (AOAC, 2000)

5.1.3 ปริมาณพลังงานที่ได้จากการคำนวณ

จากนั้นนำเนื้อผลสับปะรดมาคั้นแยกน้ำออกด้วยเครื่องคั้นน้ำผลไม้ แล้วนำส่วนน้ำคั้นที่ได้มาวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมี ได้แก่

5.1.4 ชนิดและปริมาณน้ำตาลหลัก ด้วยเครื่อง High Performance Liquid Chromatography (Chinnici et al., 2005)

5.1.5 ชนิดและปริมาณกรดอินทรีย์หลัก ด้วยเครื่อง High Performance Liquid Chromatography (Chinnici et al., 2005)

5.2 วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการและการเป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของเนื้อผลสับปะรด

นำเนื้อผลสับปะรดมาแยกส่วนแกนและเนื้อผลสับปะรดออกจากกัน แล้วนำมาคั้นแยกน้ำออก นำส่วนน้ำมาวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการและการมีสมบัติสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ได้แก่

5.2.1 วิตามินหลัก ได้แก่ วิตามินซี ด้วยเครื่อง High Performance Liquid Chromatography

5.2.2 สมบัติของการเป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ

5.2.2.1 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ด้วยวิธี Folin-Ciocalteu assay (Singleton & Rossi, 1965)

5.2.2.2 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ด้วยวิธี Ferric reducing antioxidant power (FRAP) assay ด้วย UV-spectrophotometer ที่ความ

ยาวคลื่น 595 nm โดยใช้สาร Ferrous sulfate เป็นสารมาตรฐาน (Benzie and Strain, 1996)

5.2.2.3 DPPH radical scavenging assay (2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) ด้วย UV-spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 517 nm โดยใช้สาร quercetin เป็นสารมาตรฐาน (Blois, M.S., 1958)

5.2.2.4 ปริมาณ Beta-carotene ด้วยเครื่อง UV-spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 461 nm โดยใช้ Beta-carotene เป็นสารมาตรฐาน (Karnjanawipagul et al., 2010)

5.2.2.5 กิจกรรมเอนไซม์ Bromelain (Moore and Caygill, 1979)

5.3 การวิเคราะห์ทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบ (Completely Randomize Design; CRD) และนำข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Tukey's range test สำหรับความแตกต่างระหว่างสายพันธุ์โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Minitab 17 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($P \leq 0.05$)

6. ผลการวิจัยและวิจารณ์ (Results and discussion)

สายพันธุ์ของสับปะรดที่นำมาใช้ในการทดลองนี้เป็นสับปะรดสายพันธุ์ปลูกเศรษฐกิจหลักของเขตภาคตะวันออก โดยพันธุ์ปัตตาเวียเป็นสายพันธุ์หลักที่มีการผลิตสูงสุดเนื่องจากนิยมใช้สำหรับการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์สับปะรดในรูปแบบต่างๆ เช่น สับปะรดบรรจุกระป๋อง สับปะรดแช่แข็ง เนื้อสับปะรดตีป่น และ น้ำสับปะรด เป็นต้น สำหรับสับปะรดพันธุ์ควีนเป็นสายพันธุ์ที่นิยมปลูกเพื่อการบริโภคผลสด โดยมีการเพาะปลูกมากในเขตจังหวัดตราด เนื่องจากให้ผลผลิตที่มีรสชาติเป็นเอกลักษณ์และเป็นที่นิยมของผู้บริโภค และสับปะรดพันธุ์ MD2 เป็นสับปะรดสายพันธุ์ปลูกที่พัฒนาขึ้นที่รัฐฮาวาย ประเทศสหรัฐอเมริกา รสชาติหวาน มีกลิ่นหอมเฉพาะตัว เนื้อมีสีเหลืองเข้ม โดยมีเกษตรกรได้ทดลองเพาะปลูกในเชิงพาณิชย์ ศึกษาการพัฒนาสายพันธุ์ให้เหมาะสมต่อสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย และเริ่มมีการเพาะปลูกมากขึ้นในเขตจังหวัดระยองและประจวบคีรีขีนธ์

นำตัวอย่างผลสับปะรดแต่ละสายพันธุ์ที่มีอายุผลประมาณ 16-20 สัปดาหหลังการออกดอก (ระยะเก็บเกี่ยว) จากเขตเพาะปลูกแหล่งต่างๆ ได้แก่ พันธุ์ปัตตาเวียจากเขตเพาะปลูกใน อ.ศรีราชา จังหวัดชลบุรี พันธุ์ควีนจากเขตเพาะปลูกใน อ.เขาสมิง จังหวัดตราด และพันธุ์ MD2 จากเขตเพาะปลูก ใน อ.ปลวกแดง จังหวัดระยอง ที่มีสภาพผลสมบูรณ์

(ภาคผนวก ก) มาตัดจุกและก้านผลออก จากนั้นตรวจสอบลักษณะทางกายภาพและวิเคราะห์สมบัติทางเคมีต่างๆ ดังนี้

6.1 ลักษณะทางกายภาพของผลสับปะรด

เมื่อนำผลสับปะรดทั้ง 3 สายพันธุ์ มาตรวจสอบลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ น้ำหนัก ความยาว และเส้นรอบวงของผลสับปะรด (ภาคผนวก ข) ได้ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 6.1 พบว่า ผลสับปะรดพันธุ์ MD2 มีน้ำหนักผลเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 1,327.0 ± 12.6 กรัม รองลงมาได้แก่ พันธุ์ปัตตาเวีย อย่างไรก็ตาม พบว่าน้ำหนักผลของสับปะรดทั้ง 2 สายพันธุ์นั้นมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ส่วนสับปะรดพันธุ์ควีนมีน้ำหนักเฉลี่ยของผลต่ำสุด เท่ากับ 813.5 ± 90.9 กรัม เช่นเดียวกับความยาวและความยาวเส้นรอบวงเฉลี่ยของผลสับปะรดพันธุ์ MD2 และปัตตาเวีย ที่มีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และ สับปะรดพันธุ์ปลูกควีนมีค่าความยาวและความยาวเส้นรอบวงเฉลี่ยต่ำสุด

จากผลการทดลองที่ได้ พบว่า น้ำหนักโดยเฉลี่ยของผลสับปะรดพันธุ์ MD2 และปัตตาเวียในระยะเก็บเกี่ยว มีค่าระหว่าง 1,200-1,400 กรัม หรือประมาณ 1.2-1.4 กิโลกรัมต่อผล มีความยาวและเส้นรอบวงของผลระหว่าง 14-15 และ 38-39 เซนติเมตร ตามลำดับ และ สับปะรดพันธุ์ควีนมีน้ำหนักโดยเฉลี่ยระหว่าง 800-900 กรัมต่อผล หรือประมาณ 0.8-0.9 กิโลกรัม มีความยาวและเส้นรอบวงของผลระหว่าง 13-14 และ 33-34 เซนติเมตร ซึ่งเห็นได้ว่าลักษณะทางกายภาพของผลสับปะรดพันธุ์ MD2 และ ปัตตาเวีย มีค่าที่ใกล้เคียงกันทั้ง น้ำหนัก ความยาว และเส้นรอบวงของผล ซึ่งอาจสามารถใช้สับปะรดพันธุ์ปลูก MD2 ทดแทนพันธุ์ปัตตาเวียสำหรับการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์สับปะรดต่างๆ ได้

ตารางที่ 6.1 น้ำหนัก ความยาว และเส้นรอบวงของผลสับปะรด

ลักษณะ	ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน*		
	MD2	ปัตตาเวีย	ควีน
น้ำหนัก (กรัม)	1327.0 ± 12.6^{A}	1285.1 ± 72.0^{A}	813.5 ± 90.9^{B}
ความยาว (ซม.)	14.1 ± 2.1^{AB}	14.7 ± 1.9^{A}	13.7 ± 1.1^{B}
เส้นรอบวง (ซม.)	38.5 ± 3.4^{A}	38.0 ± 2.1^{A}	33.4 ± 1.0^{B}

* A B และ C หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ในแนวนอน

จากนั้นนำสับปะรดแต่ละสายพันธุ์ปลูกมาปอกเปลือกและนำเนื้อผลสับปะรดมาวิเคราะห์ค่าสีด้วยระบบสี CIE L* a* b* โดย ค่า L* เป็นค่าความสว่าง (Lightness) เมื่อ L =

0 สีที่ได้จะมืดเป็นสีดำ และ L = 100 สีที่ได้จะสว่างเป็นสีขาว ค่า a* ใช้กำหนดสีแดง หรือสีเขียว เมื่อ a เป็น + วัตถุมีสีออกแดง และ a เป็น – วัตถุมีสีออกเขียว และ ค่า b* ใช้กำหนดสีเหลือง หรือสีน้ำเงิน เมื่อ b เป็น + วัตถุมีสีออกเหลือง และ b เป็น – วัตถุมีสีออกน้ำเงิน ได้ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 6.2 จากผลการทดลอง พบว่า เนื้อสับปะรดพันธุ์ควีนมีค่าความสว่างสูงสุด เท่ากับ 77.92 ± 1.88 รองมา ได้แก่ สายพันธุ์ MD2 และปัตตาเวีย ตามลำดับ และมีค่า a* และ b* เป็น + ทั้ง 3 สายพันธุ์ โดยสายพันธุ์ MD2 มีค่า a* และ b* สูงสุด ตามด้วยพันธุ์ควีน และ ปัตตาเวีย ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า เนื้อสับปะรดพันธุ์ MD2 มีค่าสีแดงและเหลืองสูงสุด และพันธุ์ปัตตาเวียมีค่าต่ำสุด สอดคล้องกับลักษณะของสีเนื้อผลสับปะรดที่สังเกตได้ด้วยสายตา (ภาคผนวก ข) โดยพบว่า สับปะรดพันธุ์ MD2 มีเนื้อผลสีเหลืองเข้มตลอดทั้งผล ซึ่งมีลักษณะของสีคล้ายกับเนื้อผลของสับปะรดพันธุ์ควีน ในขณะที่เนื้อผลของสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียมีสีเหลืองซีด ผลการทดลองนี้ยังสอดคล้องกับบทความของ ทวีศักดิ์ ชัยเรืองยศ (2561) ที่กล่าวว่าเนื้อผลสับปะรดพันธุ์ MD2 นั้นมีสีเหลืองเข้มคล้ายกับสับปะรดพันธุ์ภูเก็ตหรือตราดสีทอง เนื้อตัน แน่น และไม่เป็นโพรง นอกจากนี้ และสอดคล้องกับรายงานของ Chan et al. (2003) ที่กล่าวว่า ผลสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียมีน้ำหนักประมาณ 1.5-2.0 กิโลกรัมต่อผล มีเนื้อผลสีเหลืองอ่อน นิ่มและชุ่มน้ำ

ตารางที่ 6.2 ค่าสีของเนื้อผลสับปะรด

ค่าวิเคราะห์	ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน*		
	MD2	Pattawia	Queen
L*	72.98 ± 4.35^{B}	61.28 ± 4.32^{C}	77.92 ± 1.88^{A}
a*	9.61 ± 1.74^{A}	1.59 ± 0.60^{C}	6.22 ± 1.13^{B}
b*	57.08 ± 4.52^{A}	31.79 ± 2.19^{C}	44.94 ± 5.30^{B}

* A B และ C หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ในแนวนอน

6.2 สมบัติทางเคมีของผลสับปะรด

เมื่อนำเนื้อผลสับปะรดมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีพื้นฐานได้ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 6.3 พบว่า เนื้อสับปะรดทั้ง 3 สายพันธุ์มีปริมาณความชื้นอยู่ระหว่าง 83-87% แสดงถึงปริมาณน้ำที่เป็นองค์ประกอบหลักของเนื้อผลสับปะรด โดยเนื้อผลสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียมีปริมาณน้ำสูงสุด ตามด้วยสับปะรดพันธุ์ควีนและ MD2 ที่มีค่าใกล้เคียงกันและแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และเมื่อพิจารณาถึงปริมาณ ไขมัน โปรตีน เถ้า เยื่อใย และคาร์โบไฮเดรต พบว่า เนื้อสับปะรดมีปริมาณไขมันเพียงเล็กน้อยโดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.10-0.20% เนื้อสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียและควีนมีปริมาณไขมันเฉลี่ย

แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และมีค่าสูงกว่าพันธุ์ MD2 สำหรับผลวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน พบว่าเนื้อสับปะรดทั้ง 3 สายพันธุ์มีปริมาณโปรตีนเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.28-0.36% โดยเนื้อผลสับปะรดพันธุ์ควีนมีปริมาณโปรตีนสูงสุดเท่ากับ 0.36% ตามด้วยพันธุ์ MD2 และปัตตาเวียตามลำดับ สำหรับปริมาณเถ้าและเยื่อใยของเนื้อผลสับปะรดพบว่าสับปะรดพันธุ์ควีนมีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.42 ± 0.04 และ 0.67 ± 0.13 % ตามลำดับ ในขณะที่เนื้อผลสับปะรดพันธุ์ MD2 และปัตตาเวียมีปริมาณเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และมีค่าต่ำกว่าพันธุ์ควีนทั้งสองสายพันธุ์ โดยเนื้อผลสับปะรดพันธุ์ MD2 มีปริมาณเยื่อใยเฉลี่ยต่ำสุด สำหรับปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ได้จากการคำนวณ พบว่า เนื้อผลสับปะรดพันธุ์ MD2 มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 14.23 ± 0.98% ซึ่งแตกต่างจากพันธุ์ควีนอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และเนื้อสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตต่ำสุดเท่ากับ 11.87 ± 0.64 %

เมื่อนำผลองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อผลสับปะรดที่ได้มาคำนวณค่าปริมาณพลังงานเฉลี่ยที่ร่างกายจะได้รับเมื่อบริโภคในปริมาณ 100 กรัม พบว่าเนื้อสับปะรดพันธุ์ MD2 และ ควีน ให้ค่าพลังงานใกล้เคียงกันโดยมีค่าเท่ากับ 60.60 ± 4.03 และ 58.14 ± 5.32 แคลอรี่ ตามลำดับ และเนื้อผลสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียปริมาณ 100 กรัม ให้ค่าปริมาณพลังงานต่ำสุด เท่ากับ 52.14 ± 2.64 แคลอรี่

จากรายงานของกองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข ได้กล่าวไว้ว่าองค์ประกอบของเนื้อผลสับปะรดในปริมาณ 100 กรัมนั้น ประกอบด้วยปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย คาร์โบไฮเดรต และพลังงาน เท่ากับ 84.90, 0.40, 0.30, 0.50, 14.0 กรัม และ 54.0 แคลอรี่ ตามลำดับ และ USDA (2014a,b) รายงานว่า เนื้อสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียมีปริมาณความชื้น ไขมัน โปรตีน เยื่อใย คาร์โบไฮเดรต และพลังงาน เท่ากับ 87.24, 0.13, 0.55, 1.40, 11.82 กรัม และ 45 กิโลแคลอรี่ ตามลำดับ และเนื้อผลสับปะรดพันธุ์ MD2 มีปริมาณความชื้น ไขมัน โปรตีน เยื่อใย คาร์โบไฮเดรต และพลังงาน เท่ากับ 85.66, 0.11, 0.53, 1.40, 13.50 และ 51 กิโลแคลอรี่ ตามลำดับ ซึ่งค่าที่ได้จากผลวิเคราะห์ครั้งนี้มีค่าใกล้เคียงกับรายงานข้างต้น โดยเนื้อผลสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียมีปริมาณความชื้นที่สูงกว่าพันธุ์ MD2 และควีน และมีปริมาณไขมันเฉลี่ยใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตาม ปริมาณคาร์โบไฮเดรตของเนื้อผลสับปะรดที่ได้จากผลการทดลองนี้มีค่าสูงกว่ารายงานของ USDA (2014a,b) ที่สามารถบอกเป็นนัยได้ว่าเนื้อผลสับปะรดสายพันธุ์ ปัตตาเวีย และ MD2 ที่เพาะปลูกในภาตตะวันออกของประเทศไทยนั้นมีปริมาณน้ำตาลสูงกว่า และมีรสชาติหวานกว่าสับปะรดที่เพาะปลูกในประเทศสหรัฐอเมริกา

ตารางที่ 6.3 องค์ประกอบทางเคมีพื้นฐานของเนื้อผลสับปะรด

องค์ประกอบ (%)	ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน*		
	MD2	Pattawia	Queen
ปริมาณความชื้น	84.50 ± 0.98^{B}	86.74 ± 0.66^{A}	84.58 ± 1.37^{B}
ไขมัน	0.10 ± 0.06^{B}	0.20 ± 0.07^{A}	0.16 ± 0.07^{A}
โปรตีน	0.32 ± 0.06^{AB}	0.28 ± 0.06^{B}	0.36 ± 0.09^{A}
เถ้า	0.34 ± 0.02^{B}	0.32 ± 0.03^{B}	0.42 ± 0.04^{A}
เยื่อใย	0.51 ± 0.05^{B}	0.58 ± 0.08^{B}	0.67 ± 0.13^{A}
คาร์โบไฮเดรต	14.23 ± 0.98^{A}	11.87 ± 0.64^{B}	13.82 ± 1.32^{A}
พลังงาน (แคลอรี่)	60.60 ± 4.03^{A}	52.14 ± 2.64^{B}	58.14 ± 5.32^{A}

* A B และ C หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ในแนวนอน

และเพื่อให้ทราบถึงข้อมูลองค์ประกอบเชิงลึกของเนื้อผลสับปะรด จึงนำเนื้อผลสับปะรดทั้ง 3 สายพันธุ์มาคั้นน้ำและนำน้ำสับปะรดคั้นสดที่ได้มาวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลและกรดอินทรีย์ที่เป็นองค์ประกอบหลักของน้ำสับปะรด จากผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลที่มีรายงานว่าเป็นองค์ประกอบหลักของสับปะรด ได้แก่ น้ำตาลฟรุกโตส กลูโคส และซูโครส (Bartholomew, 2003) แสดงดังตารางที่ 6.4 พบว่าชนิดของน้ำตาลหลักที่มีปริมาณสูงสุดในน้ำสับปะรดทั้ง 3 สายพันธุ์ ได้แก่ น้ำตาลซูโครส สำหรับกรดอินทรีย์ที่มีปริมาณรองลงมาในสับปะรดพันธุ์ MD2 และปัตตาเวียคือ น้ำตาลฟรุกโตส และกลูโคส ตามลำดับ และพบว่า น้ำคั้นสับปะรดพันธุ์ควีนมีปริมาณน้ำตาลฟรุกโตสและกลูโคสที่ใกล้เคียงกันโดยมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) น้ำสับปะรดคั้นสดพันธุ์ MD2 ปัตตาเวีย และควีนมีปริมาณน้ำตาลซูโครสมากกว่าน้ำตาลฟรุกโตสและกลูโคสประมาณ 2 3 และ 5 เท่าตามลำดับ สอดคล้องกับรายงานของ Bartholomew (2003) และ Bartolome et al. (1995) ที่กล่าวว่าสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียมีปริมาณ น้ำตาลซูโครส ฟรุกโตส และกลูโคส เท่ากับ 4.00, 2.21 และ 1.45% ตามลำดับ ในขณะที่เนื้อผลสับปะรดพันธุ์ Spanish มีปริมาณน้ำตาลซูโครส ฟรุกโตส และกลูโคสเท่ากับ 1.40, 0.46 และ 4.59% ตามลำดับ

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณน้ำตาลแต่ละชนิดในเนื้อผลสับปะรดทั้ง 3 สายพันธุ์ พบว่าน้ำสับปะรดพันธุ์ MD2 มีปริมาณน้ำตาลฟรุกโตส และกลูโคสเท่ากับ 4.51 และ 4.33 %(w/v) ตามลำดับ ตามด้วยพันธุ์ปัตตาเวียและควีน โดยสับปะรดพันธุ์ควีนมีปริมาณน้ำตาลซูโครสสูงสุด เท่ากับ 10.66%(w/v) ตามด้วยพันธุ์ปัตตาเวีย และ MD2 ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาปริมาณน้ำตาลรวมของน้ำสับปะรดคั้นสดทั้ง 3 สายพันธุ์ พบว่า สับปะรดพันธุ์ MD2

ปัตตาเวีย และ ควีนมีปริมาณน้ำตาลรวมเท่ากับ 17.06, 16.06 และ 15.23 (%w/v) ซึ่งผลการทดลองนี้สอดคล้องกับรายงานของ Wardy et al. (2009) ที่กล่าวว่า ปริมาณน้ำตาลรวมของน้ำสับปะรดพันธุ์ MD2 มีค่าอยู่ระหว่าง 10.81-22.98 กรัมต่อ 100 มิลลิลิตร

ตารางที่ 6.4 ปริมาณน้ำตาลหลักของน้ำสับปะรดคั้นสด

น้ำตาล (%)	ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน*		
	MD2	Pattawia	Queen
ฟรุกโตส	4.51 ± 1.18^{A}	3.53 ± 0.49^{B}	2.25 ± 0.36^{C}
กลูโคส	4.33 ± 1.75^{A}	2.90 ± 0.77^{B}	2.32 ± 0.42^{B}
ซูโครส	8.22 ± 3.08^{B}	9.63 ± 2.57^{AB}	10.66 ± 2.00^{A}

* A B และ C หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ในแนวนอน

สำหรับผลการวิเคราะห์ปริมาณกรดอินทรีย์หลักของน้ำสับปะรดได้แก่ กรดซิตริก มาลิก อะซิติก ซัคซินิก และแลคติก (Bartholomew, 2003) แสดงดังตารางที่ 6.5 จากผลการทดลองที่ได้พบว่าน้ำสับปะรดทั้ง 3 สายพันธุ์มีปริมาณกรดซิตริกสูงสุดและเป็นกรดอินทรีย์หลักของน้ำสับปะรดโดยสับปะรดพันธุ์ควีนมีปริมาณกรดซิตริกเฉลี่ยเท่ากับ 0.90 ± 0.15 %(w/v) ซึ่งมีค่าสูงกว่าพันธุ์ MD2 และ ปัตตาเวีย อย่างไรก็ตาม ปริมาณกรดซิตริกของน้ำสับปะรดพันธุ์ควีน และ MD2 มีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) และพันธุ์ปัตตาเวียมีปริมาณกรดซิตริกต่ำสุด เท่ากับ 0.62 ± 0.21 %(w/v) จิรภา พงษ์จันตา และคณะ (2554) และ Bartolome et al. (1995) รายงานว่า กรดซิตริกเป็นกรดอินทรีย์หลักที่พบในสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.653-0.873% และ 0.80 %F.W. ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าปริมาณกรดซิตริกของน้ำสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียที่วิเคราะห์ได้จากการทดลองนี้มีค่าต่ำกว่ารายงานดังกล่าวเล็กน้อย สำหรับชนิดและปริมาณกรดอินทรีย์อื่นๆ ที่เป็นองค์ประกอบของน้ำสับปะรดทั้ง 3 สายพันธุ์นั้น เป็นกรดอินทรีย์ชนิดเดียวกันแต่มีปริมาณแตกต่างกันไปตามแต่ละสายพันธุ์ โดยพบว่าปริมาณกรดมาลิกเฉลี่ยในน้ำสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียมีปริมาณเท่ากับ 0.23 ± 0.12 %(w/v) ซึ่งมีค่ารองมาจากกรดซิตริก และกรดอะซิติกเป็นกรดอินทรีย์ที่มีปริมาณสูงเป็นอันดับสองรองจากกรดซิตริกในสับปะรดพันธุ์ควีน สำหรับสับปะรดพันธุ์ MD2 นั้นมีปริมาณกรดมาลิก และ กรดอะซิติกที่ใกล้เคียงกันและแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) และพบว่าน้ำสับปะรดทั้ง 3 สายพันธุ์มีปริมาณกรดแลคติกต่ำสุด จากผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลและกรดอินทรีย์ที่ได้ส่งผลต่อรสชาติของเนื้อผลสับปะรดแต่ละสายพันธุ์ในด้านและเปรี้ยวที่แตกต่างกันไปเป็นเอกลักษณ์เฉพาะของแต่ละสายพันธุ์

ตารางที่ 6.5 ปริมาณกรดอินทรีย์หลักของน้ำสับปะรดคั้นสด

กรดอินทรีย์ (%)	ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน*		
	MD2	Pattawia	Queen
กรดซิตริก	0.84 ± 0.20^{A}	0.62 ± 0.21^{B}	0.90 ± 0.15^{A}
กรดมาลิก	0.19 ± 0.07	0.23 ± 0.12	0.21 ± 0.03
กรดอะซิติก	0.19 ± 0.06^{AB}	0.10 ± 0.07^{B}	0.24 ± 0.14^{A}
กรดซัคซินิก	0.09 ± 0.07	0.21 ± 0.23	0.02 ± 0.01
กรดแลคติก	0.05 ± 0.01^{B}	0.05 ± 0.02^{B}	0.07 ± 0.02^{A}

* A B และ C หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ในแนวนอน

สมบัติของการเป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพนั้นเป็นสมบัติทั่วไปที่พบได้ตามธรรมชาติในผักและผลไม้ทั่วไป มีรายงานว่าสับปะรดเป็นผลไม้ที่มีคุณค่าทางอาหารสูง นอกจากจะมีปริมาณวิตามินซีสูงแล้ว ยังมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและเบต้าแคโรทีนซึ่งเป็นแหล่งสารต้านออกซิเดชั่นในธรรมชาติ นอกจากนี้ ในสับปะรดยังประกอบด้วยวิตามินอีที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระด้วย เมื่อนำน้ำสับปะรดคั้นสดที่ได้มาวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการและสมบัติการเป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ โดยวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีซึ่งเป็นวิตามินหลักที่มีรายงานว่ามีปริมาณสูงสุดในเนื้อผลสับปะรด วิตามินซีเป็นวิตามินกลุ่มที่ละลายได้ในน้ำ ร่างกายไม่สามารถสร้างขึ้นเองได้ จึงจำเป็นต้องได้รับจากการรับประทานเข้าไป วิตามินซีจัดเป็นสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติที่สามารถพบได้ทั่วไปในผักและผลไม้ และมีรายงานว่าวิตามินซีสามารถช่วยลดความเสี่ยงต่อการเป็นโรคหัวใจและมะเร็งได้ (Diplock, 1994) จากผลการทดลองที่ได้ (ตารางที่ 6.6) พบว่าสับปะรดที่มีปริมาณวิตามินซีสูง ได้แก่ พันธุ์ MD2 โดยมีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 260.39 ± 67.77 mg/L ซึ่งมีปริมาณสูงกว่าพันธุ์ปัตตาเวียและควีนตามลำดับ จากรายงานของ USDA (2014a และ 2014b) ระบุว่า สับปะรดพันธุ์ MD2 นั้นมีปริมาณวิตามินซี เท่ากับ 56.4 mg/100g F.W. นอกจากนี้ Wardy et al. (2009) กล่าวว่า สับปะรดพันธุ์ MD2 นั้นมีปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 19.59 – 54.17 mg/100 ml ในขณะที่ สับปะรดพันธุ์ MD2 ระดับความสุก 25 - 75% ที่เพาะปลูกในประเทศมาเลเซียนั้นมีปริมาณวิตามินซีอยู่ระหว่าง 26.24 - 56.33 mg/100g และพบว่าปริมาณวิตามินซีจะมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) เมื่อระดับความสุกของผลสับปะรดเพิ่มขึ้น (Siti Rashima et al., 2019)

สำหรับปริมาณวิตามินซีของสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียที่ได้จากการทดลองนี้พบว่ามีปริมาณต่ำกว่าพันธุ์ MD2 ประมาณ 7 เท่า จากรายงานของ USDA (2014a และ 2014b)

ระบุว่า สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียนั้นมีปริมาณวิตามินซี เท่ากับ 16.9 mg/100g F.W. ซึ่งมีค่าต่ำกว่าพันธุ์ MD2 ประมาณ 3 เท่า จากรายงานของอำภา คงสุวรรณ และคณะ (2553) พบว่า ปริมาณวิตามินซีของเนื้อผลสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียมีค่าอยู่ระหว่าง 3.46 - 9.19 mg/100 g F.W. ในขณะที่ Wardy et al. (2009) รายงานว่ามีปริมาณอยู่ระหว่าง 21.04 - 42.11 mg/100 g นอกจากนี้ มีรายงานว่าปริมาณวิตามินซีของสับปะรดอื่นๆ ที่เพาะปลูกในประเทศไทย ได้แก่ พันธุ์ภูแล และนางแล มีค่าเท่ากับ 18.88 ± 0.03 และ 6.45 ± 0.68 mg/100 g ตามลำดับ (Kongsuwan et al., 2009) สำหรับปริมาณปริมาณวิตามินซีของน้ำสับปะรดพันธุ์ควีนที่วิเคราะห์ได้จากการทดลองนี้พบว่ามีค่าต่ำสุด จากรายงานของ Siti Rashima et al. (2019) กล่าวว่า ปริมาณวิตามินซีของสับปะรด Moris ซึ่งเป็นสับปะรดพันธุ์ควีนที่เพาะปลูกในประเทศมาเลเซียนั้นมีค่าเท่ากับ 19.84±0.55 mg/100g

ตารางที่ 6.6 ปริมาณวิตามินซีและสมบัติของการเป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของน้ำสับปะรดคั้นสด

สมบัติ	ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน*		
	MD2	Pattawia	Queen
วิตามินซี (mg/L)	260.39 ± 67.77^{A}	36.61 ± 13.03^{B}	12.61 ± 2.96^{B}
TPC (mg GAE/L)	980.03 ± 65.77^{A}	553.30 ± 72.40^{C}	741.21 ± 116.32^{B}
FRAP (mmol $Fe2^{+}$/L)	12.17 ± 1.39^{A}	4.22 ± 1.01^{C}	8.30 ± 1.13^{B}
DPPH (%inhibition)	76.98 ± 2.13^{A}	69.64 ± 3.05^{C}	72.98 ± 4.08^{B}
Beta-carotene (ppm)	16.56 ± 3.13^{A}	13.73 ± 1.46^{B}	12.24 ± 2.53^{B}
เอนไซม์โบรมิเลน (CDU/ml)	256.64 ± 104.68^{B}	268.97 ± 51.58^{B}	366.69 ± 38.39^{A}

* A B และ C หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ในแนวนอน

สมบัติของการเป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพอื่นๆ ของสับปะรดที่ทำการวิเคราะห์ในการทดลองนี้ ได้แก่ ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด (TPC; mg GAE/L) ความสามารถของการให้อิเลคตรอนกับสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP (FRAP; mmol $Fe2^{+}$/L) เปอร์เซ็นต์การยับยั้งสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH (% inhibition) ปริมาณสารประกอบเบต้าแคโรทีน (ppm) และกิจกรรมของเอนไซม์โบรมิเลน (CDU) ดังแสดงในตารางที่ 6.6 จากผลค่า TPC ที่พบในน้ำสับปะรดมีค่าอยู่ระหว่าง 500 - 1,000 mg GAE/L โดยพบว่า น้ำสับปะรดพันธุ์ MD2 มี มีค่า TPC สูงสุด เท่ากับ 980.03 ± 65.77 mg GAE/L ตามด้วยพันธุ์ควีน และพันธุ์ปัตตาเวียมีปริมาณ TPC ต่ำสุด จากรายงานของอำภา คงสุวรรณ

และคณะ (2553) กล่าวว่า ปริมาณ TPC ของสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียมีค่าเท่ากับ 8.20-34.11 mg GAE/100g F.W. ในขณะที่ Gardner et al. (2000) รายงานว่ามีค่าเท่ากับ 358 ± 3 mg GAE/ml สำหรับปริมาณ TPC ของสับปะรดที่เพาะปลูกในประเทศไทย ได้แก่ ภูแลและนางแล พบว่ามีค่า TPC เท่ากับ 26.20 ± 0.49 และ 20.28 ± 1.18 mgGAE/100 gFW ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาความสามารถของการให้อิเลคตรอนกับสารต้านอนุมูลอิสระ (FRAP) ของน้ำสับปะรดคั้นสดโดยใช้โพแตสเซียมเฟอร์ริกไซยาไนด์ ($Fe3^{+}$) เป็นสารรับอิเลคตรอน เมื่อทำปฏิกิริยากับสารต้านอนุมูลอิสระมาตรฐานหรือสารต้านอนุมูลอิสระที่อยู่ในน้ำสับปะรดจะเปลี่ยนรูปเป็นโพแตสเซียมเฟอร์โรไซยาไนด์ (Fe^{2+}) พบว่า น้ำสับปะรดพันธุ์ MD2 มีความสามารถในการให้อิเลคตรอนสูงสุดเท่ากับ 12.17 ± 1.39 mmol $Fe2^{+}$/L ตามด้วยพันธุ์ควีนและพันธุ์ปัตตาเวียตามลำดับ จากรายงานของอำภา คงสุวรรณ และคณะ (2553) กล่าวว่า ค่า FRAP ของสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียมีค่าอยู่ระหว่าง 154.92-170.65 mol AAE/100g F.W. และสับปะรดภูแล และนางแล มีค่าเท่ากับ 165.28 ± 2.04 และ 205.73 ± 9.15 mol AAE /100g FW ตามลำดับ (Kongsuwan et al., 2009) และจากการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์การยับยั้งสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH โดยใช้ Trolox เป็นสารมาตรฐาน พบว่าน้ำสับปะรดพันธุ์ MD2 มีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งสารต้านอนุมูลอิสระสูงสุด โดยมีค่าเท่ากับ 76.98 ± 2.13 % รองมาได้แก่พันธุ์ควีนและพันธุ์ปัตตาเวีย ตามลำดับ

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณสารเบต้าแคโรทีนพบว่า ปริมาณเบต้าแคโรทีนของน้ำสับปะรดพันธุ์ MD2 มีค่าสูงสุด รองมาคือพันธุ์ปัตตาเวียและพันธุ์ควีน ตามลำดับ สารประกอบเบต้าแคโรทีนเป็นลิพิด (lipid) กลุ่มรงควัตถุ (pigment) ที่มีสีส้ม สีเหลือง อยู่ในกลุ่มแคโรทีนอยด์ (carotenoid) และเป็นแคโรทีนอยด์พวกที่เป็นสารตั้งต้นของวิตามินเอ (pro vitamin A) และเป็นสารที่มีสมบัติต้านอนุมูลอิสระที่พบในธรรมชาติ พบมากในอาหารจำพวกผักและผลไม้ที่มีสีเหลืองและส้ม (Karnjanawipagul et al., 2010) และจากรายงานของอำภา คงสุวรรณ และคณะ (2553) พบว่า ปริมาณเบต้าแคโรทีนของ ของสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียมีค่าอยู่ระหว่าง 1.54 – 5.66 µg/100 F.W. และสับปะรดภูแลและนางแลมีค่าเท่ากับ 3.35 ± 0.27 และ 1.41 ± 0.01 µg/100 F.W. ตามลำดับ (Kongsuwan et al., 2009) จากผลการวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซี TPC FRAP เปอร์เซ็นต์การยับยั้งสารต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณเบต้าแคโรทีน พบว่า สมบัติของการเป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของสับปะรดนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณวิตามินซีที่มีสมบัติต้านอนุมูลอิสระในเนื้อผลสับปะรด โดยน้ำสับปะรดพันธุ์ MD2 มีปริมาณวิตามินซี TPC และ เบต้าแคโรทีนสูงสุดจึงส่งผลให้มีสมบัติของการเป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพสูงเช่นกัน

สำหรับผลกิจกรรมของเอนไซม์โบรมิเลนในน้ำสับปะรดทั้ง 3 สายพันธุ์ พบว่า น้ำสับปะรดที่มีกิจกรรมของเอนไซม์โบรมิเลนสูงสุด ได้แก่ น้ำสับปะรดพันธุ์ควีนโดยมีค่าเท่ากับ 366.69 ± 38.39 CDU/ml ตามด้วยพันธุ์ปัตตาเวียและ MD2 ตามลำดับ สอดคล้องกับรายงานของอรวินทร์ วงศ์มีเกียรติ และคณะ (2527) ที่ศึกษาเปรียบเทียบปริมาณเอนไซม์โบรมิเลนในแต่ละสายพันธุ์สับปะรด พบว่า ส่วนเนื้อของสับปะรดภูเก็ตซึ่งเป็นสับปะรดพันธุ์ควีนมีปริมาณเอนไซม์โบรมิเลนสูงที่สุด และปริมาณเอนไซม์ที่พบว่ามีน้อยที่สุดคือแกนของสับปะรดทั้งพันธุ์ปัตตาเวียและภูเก็ต และค่าที่ได้มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) นอกจากนี้ วราพันธุ์ จินตณวิชญ์ และคณะ (2547) กล่าวว่า กิจกรรมของเอนไซม์โบรมิเลนของสับปะรดพันธุ์ควีนสูงกว่าสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย แต่ค่าที่ได้มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณเอนไซม์โบรมิเลนจากส่วนต่างๆของผลสับปะรดพบว่าส่วนเนื้อสับปะรดมีปริมาณเอนไซม์อยู่มากที่สุด รองลงมาคือสับปะรดทั้งผล เปลือก และแกน เช่นเดียวกับ อรวินทร์ วงศ์มีเกียรติ และคณะ (2527) ที่พบว่าเอนไซม์โบรมิเลนในผลสับปะรดพบมากในส่วนเนื้อ เปลือก แกน และจุก ตามลำดับ

เอนไซม์โบรมิเลนเป็นเอนไซม์ในกลุ่มซิสเตอีนโปรติเอส (cysteine protease) ที่พบในสับปะรด (*Ananas comosus* (L.) Merr.) ที่เป็นพืชตระกูล Bromeliaceae (Devakate et al., 2009) โบรมิเลนพบได้ในทั้งส่วนเนื้อเยื่อลำต้น ผล และใบของสับปะรด (Devakate et al., 2009) โบรมิเลนจากส่วนของลำต้นหรือ stem bromelain (EC 3.4.22.32) มีจุดตัดกว้างจำเพาะกับตำแหน่งกรดอะมิโนไลซีน อะลานีน ไทโรซีน ไกลซีน และแอสพาราจีน (Silverstain and Kezdy, 1975) โบรมิเลนจากส่วนของผลหรือ fruit bromelain (EC 3.4.22.33) ที่พบในน้ำสับปะรดนั้นทำหน้าที่ตัดพันธะเปปไทด์ในโมเลกุลของโปรตีน จึงสามารถใช้น้ำสับปะรดที่มีกิจกรรมของเอนไซม์โบรมิเลนนี้ไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหารและยาได้ เช่น ผลิตผงทำให้เนื้อนุ่ม ทำให้เบียร์ใส ผลิตโปรตีนไฮโดรไลเสท และผลิตยาช่วยย่อยอาหารและยาขับปัสสาวะ เป็นต้น

ผลการทดลองที่ได้จากงานวิจัยนี้สามารถนำมาใช้เป็นข้อมูลสมบัติพื้นฐานของการคัดเลือกสายพันธุ์สับปะรดเพื่อนำมาใช้ประโยชน์ โดยเฉพาะการนำมาใช้เป็นวัตถุดิบและส่วนผสมในตำรับการปรุงอาหารไทย อุตสาหกรรมการผลิตอาหาร และยารักษาโรค ซึ่งปริมาณความต้องการของผู้ผลิตในการนำสับปะรดแต่ละสายพันธุ์ไปใช้งานในด้านต่างๆ จะเป็นข้อมูลสำคัญและมีประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับใช้วางแผนเพาะปลูกของเกษตรกร เพื่อให้สามารถสร้างผลผลิตในแต่ละสายพันธุ์ให้มีปริมาณเพียงพอและเหมาะสมกับความต้องการของผู้ใช้ประโยชน์สับปะรดได้ ซึ่งจะสามารถช่วยลดปัญหาผลผลิตสับปะรดล้นตลาดในอนาคตได้ต่อไป

7. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

7.1 ลักษณะทางกายภาพของผลสับปะรด

จากการตรวจสอบลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ น้ำหนัก ความยาวและความยาวเส้นรอบวงเฉลี่ยของผลสับปะรดพันธุ์ควีนมีค่าต่ำสุด เมื่อเปรียบเทียบกับผลสับปะรดพันธุ์ MD2 และปัตตาเวีย และพบว่าลักษณะทางกายภาพของผลสับปะรดพันธุ์ MD2 และ ปัตตาเวีย มีค่าที่ใกล้เคียงกันทั้ง น้ำหนัก ความยาว และเส้นรอบวงของผล ซึ่งอาจสามารถใช้สับปะรดพันธุ์ปลูก MD2 ทดแทนพันธุ์ปัตตาเวียสำหรับการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์สับปะรดต่างๆ ได้ สำหรับสีของเนื้อผลสับปะรด พบว่าเนื้อผลสับปะรดพันธุ์ MD2 มีสีเหลืองเข้มตลอดทั้งผล ซึ่งมีลักษณะของสีคล้ายกับเนื้อผลของสับปะรดพันธุ์ควีน ในขณะที่เนื้อผลของสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียมีสีเหลืองซีด

7.2 สมบัติทางเคมีของผลสับปะรด

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อผลสับปะรด พบว่าเนื้อผลสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียมีปริมาณน้ำสูงสุด และมีองค์ประกอบอื่นๆ ได้แก่ ไขมัน โปรตีน เยื่อใย คาร์โบไฮเดรต และพลังงาน ที่ใกล้เคียงกันทั้ง 3 สายพันธุ์ และเมื่อนำเนื้อผลสับปะรดมาวิเคราะห์ข้อมูลองค์ประกอบเชิงลึกโดยวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลและกรดอินทรีย์ที่เป็นองค์ประกอบหลัก พบว่า ปริมาณน้ำตาลที่เป็นองค์ประกอบหลัก ได้แก่ น้ำตาลซูโครส โดยพบว่ามีปริมาณมากกว่าน้ำตาลฟรุกโตสและกลูโคสประมาณ 2-5 เท่าขึ้นกับชนิดของสายพันธุ์ และสับปะรดที่มีปริมาณน้ำตาลรวมสูงสุดได้แก่ สายพันธุ์ MD2 และจากผลปริมาณกรดอินทรีย์พบว่ากรดซิตริกเป็นกรดอินทรีย์หลักที่มีปริมาณสูงสุดของน้ำสับปะรดทั้ง 3 สายพันธุ์ และปริมาณกรดอินทรีย์อื่นๆ ที่มีปริมาณรองลงมา ได้แก่ กรดมาลิก กรดอะซิติก และกรดซัคซินิก โดยปริมาณของกรดอินทรีย์แต่ละชนิดนั้นขึ้นกับสายพันธุ์ของสับปะรด และฤดูกาลเพาะปลูก

สายพันธุ์สับปะรดที่มีปริมาณวิตามินซีสูงสุด ได้แก่ พันธุ์ MD2 รองมาได้แก่พันธุ์ปัตตาเวียและควีนตามลำดับ โดยสับปะรดพันธุ์ MD2 นั้นมีปริมาณวิตามินซีมากกว่าพันธุ์ปัตตาเวียประมาณ 7 เท่า และจากผลการวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซี TPC FRAP เปอร์เซ็นต์การยับยั้งสารต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณเบต้าแคโรทีน พบว่า น้ำสับปะรดพันธุ์ MD2 มีปริมาณวิตามินซี TPC และ เบต้าแคโรทีน สูงสุดจึงส่งผลให้มีค่าที่แสดงสมบัติของการเป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ได้แก่ FRAP และ เปอร์เซ็นต์การยับยั้งสารต้านอนุมูลอิสระสูงสุดเช่นกัน สำหรับผลกิจกรรมของเอนไซม์โบรมิเลน พบว่า น้ำสับปะรดพันธุ์ควีนมีกิจกรรมของเอนไซม์โบรมิเลนสูงสุด

ข้อเสนอแนะ

ควรนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษานี้ มาเปรียบเทียบกับผลการศึกษาสมบัติของสับปะรดพันธุ์ปลูกที่เพาะปลูกในภูมิภาคอื่นของประเทศไทยอย่างเป็นระบบ เพื่อสามารถเชื่อมโยงให้เห็นความสัมพันธ์ของสภาพภูมิประเทศและภูมิอากาศของแหล่งเพาะปลูกต่อคุณภาพและสมบัติของเนื้อผลสับปะรดที่ผลิตได้

ผลผลิต (Output)

ได้ข้อมูลสมบัติองค์ประกอบทางกายภาพเคมี คุณค่าทางโภชนาการ และสมบัติของการเป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของเนื้อผลสับปะรดสายพันธุ์ปลูกหลักในเขตภาคตะวันออก ผลการทดลองที่ได้จากงานวิจัยนี้สามารถนำมาใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานของการคัดเลือกสายพันธุ์สับปะรดเพื่อนำมาใช้ประโยชน์ โดยเฉพาะการนำมาใช้เป็นวัตถุดิบและส่วนผสมในตำรับการปรุงอาหารไทย อุตสาหกรรมการผลิตอาหาร และยารักษาโรค ซึ่งปริมาณความต้องการของผู้ผลิตในการนำสับปะรดแต่ละสายพันธุ์ไปใช้งานในด้านต่างๆ จะเป็นข้อมูลสำคัญและมีประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับใช้วางแผนเพาะปลูกของเกษตรกร เพื่อให้สามารถสร้างผลผลิตในแต่ละสายพันธุ์ให้มีปริมาณเพียงพอและเหมาะสมกับความต้องการของผู้ใช้ประโยชน์สับปะรดได้ ซึ่งจะสามารถช่วยลดปัญหาผลผลิตสับปะรดล้นตลาดในอนาคตได้ต่อไป

เอกสารอ้างอิง (Reference)

http://chemistry.tutorvista.com/organic-chemistry/phenolic-compounds.html (วันที่ค้นข้อมูล: 26 สิงหาคม 2561).

http://www.chm.bris.ac.uk/motm/carotene/beta-carotene_structure.html (วันที่ค้นข้อมูล: 26 สิงหาคม 2561).

กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข.[ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://nutrition.anamai.moph.go.th/temp/main/public.php (วันที่ค้นข้อมูล: 28 กันยายน 2561).

จิดารัตน์ วีระวุฒิ. 2541. สับปะรดและสรีรวิทยาการเจริญเติบโตของสับปะรด. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จิรภา พงษ์จันตา, อัณณ์กาญจน์ นวลบุญเรือง, ลชินี ปานใจ และธัญลักษณ์ บัวผัน (2554). การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดอินทรีย์และน้ำตาลในน้ำสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย (*Ananas comosus* cv. Smooth Cayenne) ที่ต่างพื้นที่ปลูกและระดับความสุก ใน ในรายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 49: สาขาอุตสาหกรรมเกษตร. กรุงเทพฯ, 2554, หน้า 267-274.

ธีระชัย ไทยเจริญ และ มัทนา สงเหล่า. (2555) การคัดแยกและจำแนกลักษณะของยีสต์ที่เกี่ยวข้องกับการหมักน้ำสับปะรดกลุ่มควีนแบบธรรมชาติเพื่อการผลิตน้ำสับปะรดหมัก. โครงการปัญหาพิเศษ, ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา

มนตรี กล้าขาย. (2554). สับปะรดตราดสีทอง พืชทอง ของคนเมืองตราด. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.matichon.co.th/news. (วันที่ค้นข้อมูล: 26 สิงหาคม 2556).

วราพันธุ์ จินตณวิชญ์, อุทัย คันโธ, สุกัญญา จัตตุพรพงษ์ และ ปุณฑริกา หะริณสุต (2547) การศึกษาปริมาณเอนไซม์โบรมิเลน องค์ประกอบทางเคมีจากน้ำคั้นสับปะรดและการนำไปใช้ประโยชน์ย่อยโปรตีนในกากถั่วเหลือง ในรายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 42: สาขาสัตว์ สาขาสัตวแพทยศาสตร์ 3-6 ก.พ. 2547. กรุงเทพฯ, หน้า 26-32.

อรวินทร์ วงศ์มีเกียรติ และทนง ภัครัชพันธุ์ (2527) ปฏิกริยาการทำงานของบรอมิเลนจากสับปะรด ใน รายงานการประชุมทางวิชาการครั้งที่ 22 ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สาขาอุตสาหกรรมเกษตร 30-31 มกราคม 2527. กรุงเทพฯ, 2527, ส่วนที่ 1: หน้า 222.

อำภา คงสุวรรณ วาริช ศรีละออง และ สุทธิวัลย์ สีทา (2553) ความแปรปรวนของปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญทางชีวภาพและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียในประเทศไทย. ว. วิทย์. กษ. 41(3/1)(พิเศษ): 385-388.

AOAC (2000). *Official Methods of Analysis* (17th ed.). AOAC International.

Bartolome, A. P., Rupbrez, P., & Carmen, F. (1995). Pineapple fruit: morphological characteristics, chemical composition and sensory analysis of Red Spanish and Smooth Cayenne cultivars. *Food Chemistry, 53*, 75-79.

Benzie, I.F.F. and Strain, J.J. (1996). The ferric reducing ability of plasma as a measure of “antioxidant power.” The FRAP assay. *Analytical Biochemistry*. 239, 70-76.

Bhui, K., Prasad, S., George, J., & Shukla, Y. (2009). Bromelain inhibits COX-2 expression by blocking the activation of MAPK regulated NF-kappa B against skin tumor-initiation triggering mitochondrial death pathway. *Cancer Letters*, 282(2), 167-176.

Blois, M.S. (1958). Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature*. 181, 1199-1200.

Chan, Y. K., Coppens d’Eeckenbrugge, G., & Sanewski, G. M. (2003). Breeding and variety improvement. In D. P. Bartholomew, R. E. Paull & K. G. Rohrbach (Eds.), *The pineapple: botany, production and uses*, (pp. 33-55): CABI publishing, UK.

Chinnici F., Umberto Spinabelli, Claudio Riponi, Aureliano Amati. (2005) Optimization of the determination of organic acids and sugars in fruit juices by ion-exclusion liquid chromatography. *Journal of Food Composition and Analysis* 18: 121–130.

Diplock, A.T. (1994). Antioxidants and disease prevention. *Molecular Aspects of Medicine*, 15, 293±376.

Dizy, M., P.J.Martín-Alvarez, M.D. Cabezudo, and M.C. Polo. (1992) Grape, apple and pineapple juice characterisation and detection of mixtures. *J. Sci. Food Agric.* 60: 47–53.

Embree, N. D., Ames, S. R., Lehman, R. W. & Harris, P. L. (1957) Determination of vitamin A. *Methods Biochem. Anal.* 4, 43-98.

Gardner, P. T., Tamsin, T. C., White, A. C., McPhail, D. B., & Duthie, G. D. (2000). The relative contributions of vitamin C, carotenoids and phenolics to the antioxidant potential of fruit juices. *Food Chemistry, 68*, 471-474.

Genkinger, J. M., Platz, E. A., Hoffman, S. C., Comstock, G. W., & Helzlsouer, K. (2004). Fruit, vegetable, and antioxidant intake and all-cause cancer. and cardiovascular disease mortality in a community-dwelling population in Washington County Maryland. *American Journal of Epidemiology*, 160(12), 1223-1233.

Joshipura, K.J., Hu, F. B., Manson, J. E., Stampfer, M. J., Limm, F. B., Speizaer, F. E., Colditz, G., Ascherio, A., Rosner, B., Seigelmano, D., & Willett, W. C. (2001). The effect of fruit and vegetable intake on risk for coronary heart disease. *Annual Internal Medicine*, 134, 1106-1114.

Kaewtathip, T., Charoenrein, S. (2012) Changes in volatile aroma compounds of pineapple (*Ananas comosus*) during freezing and thawing International *Journal of Food Science & Technology*, 47(5): 985–990

Karnjanawipagul, P. W. Nittayanuntawech, P. Rojsanga and L. Suntornsuk. (2010) Analysis of Beta-Carotene in Carrot by Spectrophotometry. *Mahidol University Journal of Pharmaceutical Science*, 37(1-2), 8-16.

Kongsuwan, A., Suthiluk, P., Theppakorn, T., Srilaong, V., and Setha, S. Bioactive compounds and antioxidant capacities of phulae and nanglae pineapple. *Asian Journal of Food and Agro-Industry*. 2009, Special Issue, S44-S50.

Kuneman, D.W., J.K. Braddock, and L.L.McChesney. (1988) HPLC profile of amino acids in fruit juices as their (1-fluoro-2,4-dinitrophenyl)-5-Lalanine amide derivatives. *J. Agric. Food Chem*. 36: 6–9.

Maurer, H. R. (2001). Bromelain: biochemistry, pharmacology and medical use. *Cellular and Molecular Life Sciences*, 58(9), 1234-1245.

Moore, D. J. and J.C. Caygill. (1979) Proteolytic activity of Malaysian pineapples. *Trop. Sci*. 21(2):97–103.

Onken E., Greer K. Paula, Calingaert Brian, Hale P. Laura. (2008) Clinical Immunology Bromelain treatment decreases secretion of pro-inflammatory cytokines and chemokines by colon biopsies in vitro. *Clin Immunol*. 126(3), 345–352.

Popluechai, S., Onto, S., & Eungwanichayapant, P. D. (2007). Relationships between some Thai cultivars of pineapple (*Ananus comosus*) revealed by RAPD analysis. *Songklanakarin Journal of Science and Technology, 29*(6), 1491-1497.

Rice-Evans, C.A. (1995) The relative antioxidant activities of plant-derived polyphenolic flavonoids. *Free Rad. Res.* 22(4): 3785-93.

Secor Jr ER, Carson IV WF, Cloutier MM, Guernsey LA, Schramm CM, Wu CA, (2005) Bromelain exerts anti-inflammatory effects in an ovalbumin-induced murine model of allergic airway disease. *Cell Immunol*, 237(1):68–75.

Singleton, V.L., Orthofer, R. and Lamuela-Raventos, R.M. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*. 299, 152-178.

Sosulski, F., Krygier, K., Hogge, L. (1982) Free, esterified, and insoluble-bound phenolic acids. 3. Composition of phenolic acids in cereal and potato flours. *J. Agric. Food Chem*., 30 (2), 337-340.

Sun, J., Chu, Y.-F., Wu, X., & Liu, R. H. (2002). Antioxidant and antiproliferative activities of common fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 50*, 7449-7454.

Wardy, Wisdom, Firibu Kwesi Saalia, Matilda Steiner-Asiedu, Agnes S. Budu and Samuel, Sefa-Dedeh. (2009) A comparison of some physical, chemical and sensory attributes of three pineapple (Ananas comosus) varieties grown in Ghana. *African Journal of Food Science*, 3(1):022-025.

Wei, Chang-Bin, Sheng-Hui, Liu, Yu-Ge, Liu, Ling-Ling, Lv, Wen-Xiu, Yang and Guang-Ming, Sun. (2011) Characteristic Aroma Compounds from Different Pineapple Parts. *Molecules*, *16*, 5104-5112.

Wen, L., & Wrolstad, R. E. (2002). Phenolic composition of authentic pineapple juice. *Journal of Food Science, 67*(1), 155-161.

ภาคผนวก (Appendix)

ภาคผนวก ก
สายพันธ์ปลูกสับปะรด

MD2

ปัตตาเวีย

ควีน

ภาคผนวก ข
การชั่งน้ำหนัก วัดความยาว และเส้นรอบวงของผลสับปะรด

ภาคผนวก ค
การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด

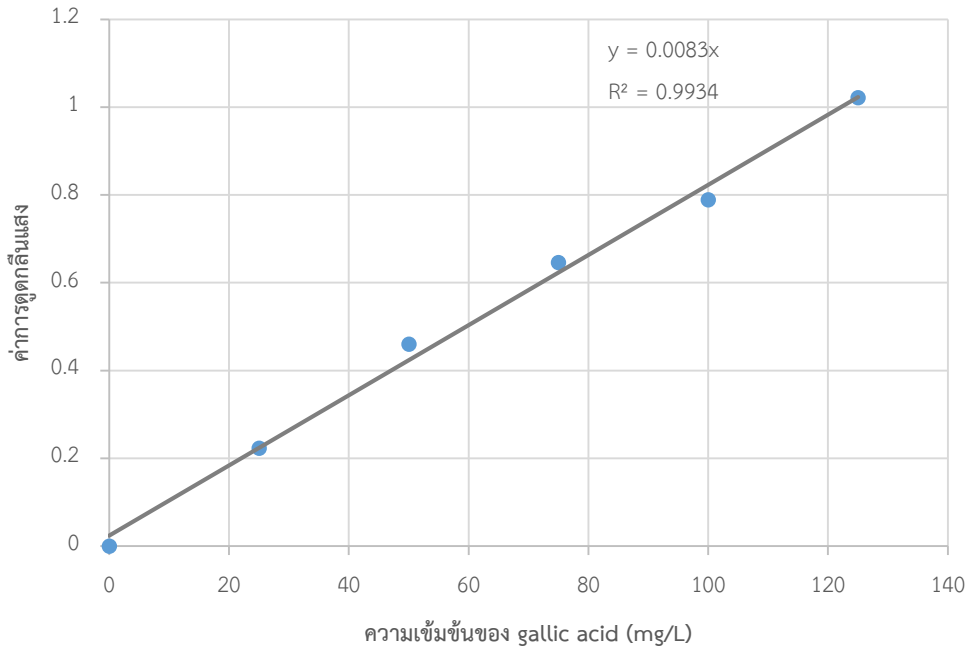
การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด

ในการวิเคราะห์ปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดทำการวิเคราะห์โดยใช้ Folin–Ciocalteu reagent (Paixet , 2007) นำตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร ใส่หลอดทดลองที่มี deionized water 5 มิลลิลิตร เติม Folin–Ciocalteu reagent 1 มิลลิลิตร และสารละลาย Na_2CO_3 20% 3 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน นำไปเก็บไว้ในที่มืด ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 30 นาที จากนั้น นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร (blank จะถูกเตรียมเหมือนกับการเตรียมตัวอย่างแต่จะใช้น้ำกันแทนตัวอย่าง) นำค่าที่ได้เทียบกับกราฟมาตรฐานของ Gallic acid ที่ความเข้มข้นระหว่าง 0-125 mg/L แสดงแสดงเป็นปริมาณ gallic acid (mg GAE / L)

การทำกราฟมาตรฐาน

ตารางที่ ค-1 ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐาน Gallic acid ที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร

Gallic acid (mg/L)	ค่าการการดูดกลืนแสง			
	1	2	3	ค่าเฉลี่ย
0	0	0	0	0
25	0.223	0.224	0.221	0.223
50	0.46	0.461	0.459	0.460
75	0.648	0.644	0.645	0.646
100	0.792	0.79	0.793	0.792
125	1.024	1.022	1.02	1.022



รูปที่ ค-1 กราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐาน Gallic acid ที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร

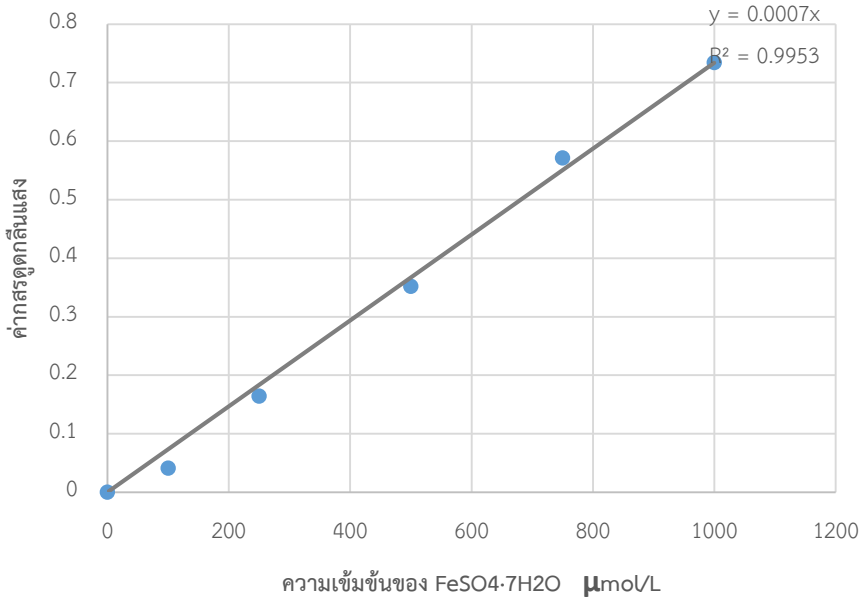
ภาคผนวก ง
การวิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสะด้วยวิธี FRAP

ในการวิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP ดัดแปลงจากวิธีของ Benzie and Strain (1996) นำตัวอย่างใส่หลอดทดลองปริมาณ 0.1 มิลลิลิตร เติม FRAP reagent 3 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน เก็บไว้ที่มืดที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 595 nm โดยใช้ FRAP reagent เป็น blank นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ไปเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานที่สร้างจากสารละลาย iron(II) sulfate ที่ความเข้มข้นระหว่าง 100-1000 μmol/L

การทำกราฟมาตรฐาน

ตารางที่ ง-1 ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐาน iron(II) sulfate ที่ความยาวคลื่น 595 นาโนเมตร

ความเข้มข้นของ $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ μmol/L	ค่าการการดูดกลืนแสง			
	1	2	3	ค่าเฉลี่ย
0	0.000	0.000	0.000	0.000
100	0.041	0.039	0.042	0.041
250	0.162	0.164	0.165	0.164
500	0.352	0.350	0.354	0.352
750	0.571	0.572	0.570	0.571
1000	0.780	0.784	0.782	0.782



รูปที่ ง-1 กราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐาน iron(II) sulfate ที่ความยาวคลื่น 595 นาโนเมตร

ภาคผนวก จ
การวิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสะด้วยวิธี DPPH

การวิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH

ในการวิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ดัดแปลงจากวิธีของ Brand-Williams et al. (1995) นำตัวอย่างใส่หลอดทดลองปริมาณ 0.7 มิลลิลิตร และนำสารละลายมาตรฐาน (เมทานอล) ใส่หลอดทดลองปริมาณ 0.7 มิลลิลิตร เติมสารละลาย DPPH ที่เตรียมในเมทานอล 100 ไมโครโมล ในตัวอย่างและสารละลายมาตรฐาน ผสมให้เข้ากัน เก็บไว้ในที่มืด ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 20 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ไปเทียบกับกราฟมาตรฐานที่สร้างจากสารละลาย Trolox และนำไปคำนวณเปอร์เซ็นต์การต้านอนุมูลอิสระโดยใช้สูตร

$$\text{Inhibition percentage} = [(Abs_{control} - Abs_{sample}) / Abs_{control}] * 100$$

โดย

$Abs_{control}$ = ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐาน

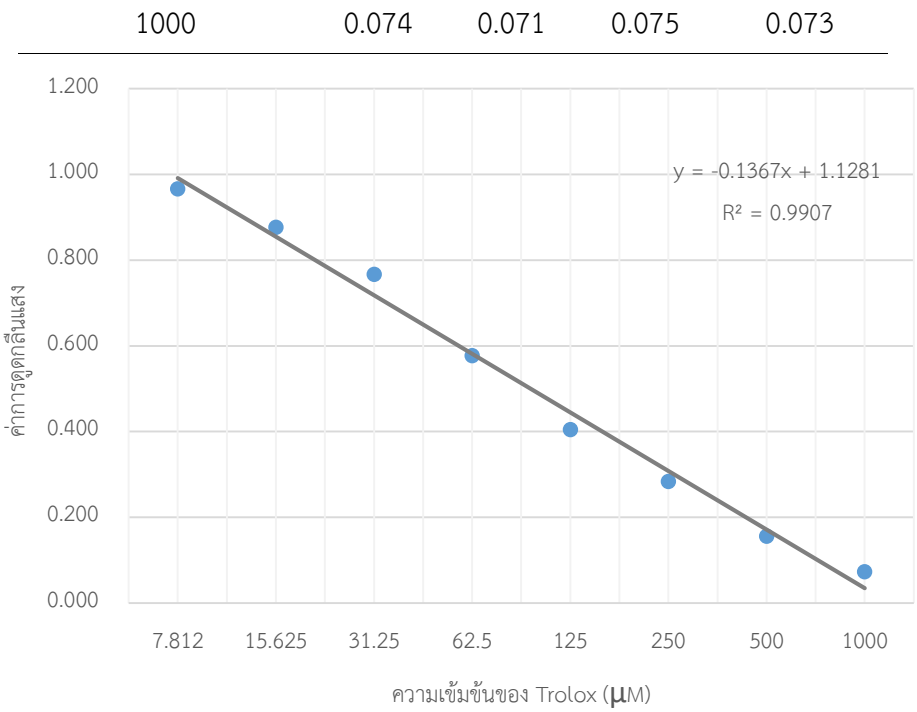
Abs_{sample} = ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่าง

โดยเทียบกับกราฟมาตรฐานโดยใช้ Trolox ที่ความเข้มข้น 0-1000 µM

การทำกราฟมาตรฐาน

ตารางที่ จ-1 ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐาน Trolox ที่**ความยาวคลื่น** 515 นาโนเมตร

ความเข้มข้นของ	ค่าการการดูดกลืนแสง			
Trolox (µM)	1	2	3	ค่าเฉลี่ย
7.812	0.967	0.964	0.969	0.967
15.625	0.877	0.874	0.879	0.877
31.25	0.764	0.768	0.768	0.767
62.5	0.578	0.575	0.579	0.577
125	0.405	0.408	0.402	0.405
250	0.284	0.286	0.281	0.284
500	0.154	0.158	0.155	0.156



รูปที่ จ-1 กราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐาน Trolox ที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร

การหาค่า IC50 หาได้จากการนำค่า Inhibition percentage และค่าที่เปรียบเทียบจากสารละลายมาตรฐาน Trolox มาพลอตกราฟ จากนั้นจะได้สมการของกราฟ เช่น y = 35.364ln(x) - 79.197 โดยทำการแทนค่า y ด้วย 50 ซึ่งจะได้ค่า x ออกมา โดยที่ค่า x คือค่า IC50 ของตัวอย่าง

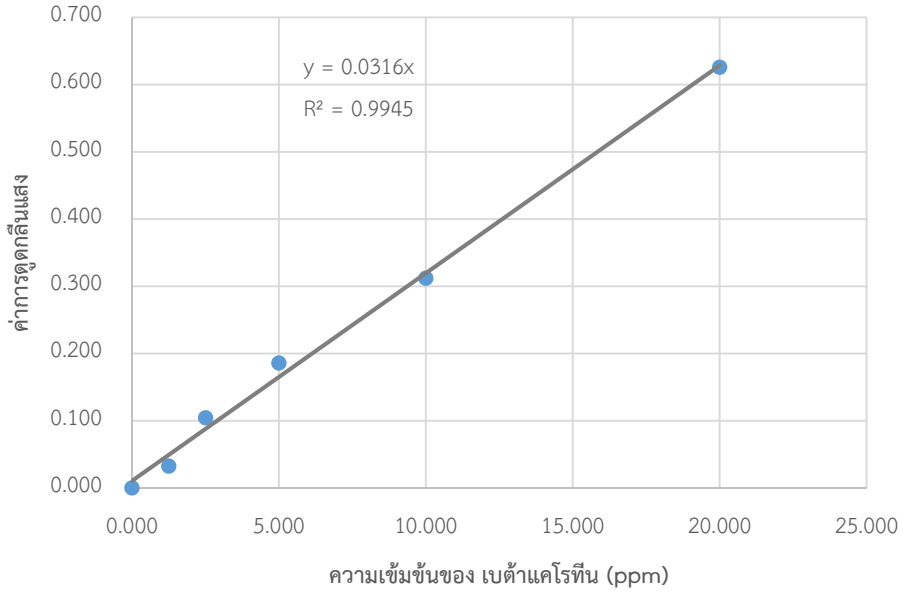
ภาคผนวก ฉ
การวิเคราะห์ปริมาณ β-carotene

ในการวิเคราะห์ β-carotene ดัดแปลงจากวิธีของ Kundu และคณะ (2016) โดยนำตัวอย่าง 0.3 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 0.3 มิลลิลิตร และเติมเอทานอล 0.6 มิลลิลิตร จากนั้นเติมเฮกเซน 1.2 มิลลิลิตร นำไปปั่นเหวี่ยงที่ 2000*g ที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 460 นาโนเมตร นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ไปเทียบกับกราฟมาตรฐานที่สร้างจากสารละลาย β-carotene

การทำกราฟมาตรฐาน

ตารางที่ ฉ-1 ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐาน β-carotene ที่**ความยาวคลื่น**
460 นาโนเมตร

ความเข้มข้นของเบต้าแคโรทีน (ppm)	ค่า Absorbance				
	1	2	3	ค่าเฉลี่ย	S.D.
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1.250	0.034	0.032	0.031	0.032	0.002
2.500	0.101	0.105	0.106	0.104	0.003
5.000	0.184	0.187	0.186	0.186	0.002
10.000	0.312	0.310	0.314	0.312	0.002
20.000	0.624	0.625	0.628	0.626	0.002



รูปที่ ฉ-1 กราฟมาตรฐาน β-carotene ที่**ความยาวคลื่น** 460 นาโนเมตร

ภาคผนวก ช
การวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์โบรมิเลน

ในการวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์โบรมิเลน ดัดแปลงจากวิธีของ Shinya et al. (2003) นำสารละลายเอนไซม์ที่ได้เติมฟอสเฟตบัฟเฟอร์ความเข้มข้น 0.05 โมลาร์ pH 8.0 เติม EDTA ความเข้มข้น 2 มิลลิโมลาร์ และซีลเตอีนความเข้มข้น 5 มิลลิโมลาร์ เพื่อเจือจางเอนไซม์และเร่งปฏิกิริยาให้เข้ากัน จากนั้นนำสารละลายเอนไซม์ที่เจือจาง 1.0 มิลลิลิตร มาทำปฏิกิริยากับเคซีนความเข้มข้นร้อยละ 2 ปริมาตร 1 มิลลิลิตรในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ความเข้มข้น 0.05 โมลาร์ pH 8.0 2 มิลลิลิตร บ่มที่ อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 20 นาที (blank ใช้น้ำปราศจากไอออนแทนตัวอย่าง) เติม TCA ความเข้มข้นร้อยละ 3 ปริมาตร 5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่ อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 30 นาที นำไปปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็ว 4000 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 15 นาที นำส่วนใสวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 280 นาโนเมตร นำค่าที่ได้ไปหาปริมาณกรดอะมิโนโดยเปรียบเทียบจากกราฟมาตรฐาน (กราฟมาตรฐานทำโดยการนำสารละลายมาตรฐานเจือจางให้ได้ความเข้มข้น 0, 20, 40, 60, 80 และ 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) นำค่าที่ได้ไปคำนวณกิจกรรมของเอนไซม์ในหน่วย Casein Digestion Unit (CDU)/ml

โดยใช้สูตร

$$CDU/ml = (E_t - E_b) / E_s \times \text{ความเข้มข้นของสารมาตรฐานไทโรซีน} \times V_r / t_r \times DF$$

โดยที่

E_t คือ ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่าง

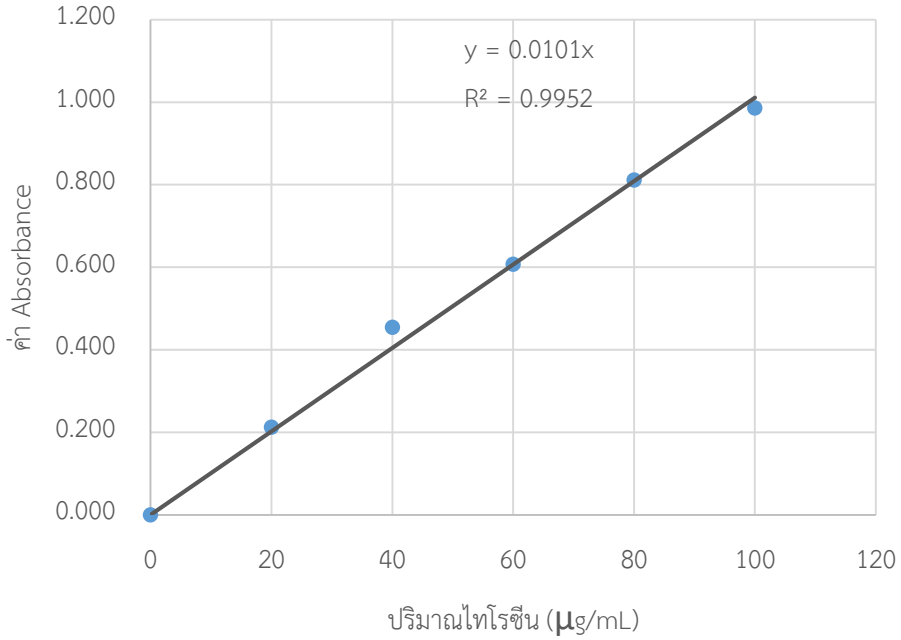
E_b คือ ค่าการดูดกลืนแสงของเอนไซม์blank

E_s คือ ค่าการดูดกลืนแสงของไทโรซีน

V_r คือ ปริมาณที่ใช้ทำปฏิกิริยา

t_r คือ เวลที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา

DF คือ ค่าการเจือจาง



รูปที่ ช-1 กราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานไทโรซีน ที่ความยาวคลื่น 280 นาโนเมตร

ภาคผนวก ซ
การวิเคราะห์ทางสถิติ

ตารางที่ ซ-1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักของผลสับปะรด 3 สายพันธุ์

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Sample	2	7846468	3923234	47.91	0.000*
Error	145	11874137	81891		
Total	147	19720605			

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

ตารางที่ ซ-2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความยาวของผลสับปะรด 3 สายพันธุ์

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Sample	2	25.37	12.684	4.12	0.018*
Error	145	446.68	3.081		
Total	147	472.05			

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

ตารางที่ ซ-3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของเส้นรอบวงของผลสับปะรด 3 สายพันธุ์

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Sample	2	775.6	387.816	70.42	0.000*
Error	145	798.6	5.508		
Total	147	1574.2			

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

ตารางที่ ซ-4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า L* ของเนื้อผลสับปะรด 3 สายพันธุ์

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Sample	2	7571	3785.70	270.93	0.000*
Error	205	2864	13.97		
Total	207	10436			

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

ตารางที่ ซ-5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า a* ของเนื้อผลสับปะรด 3 สายพันธุ์

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Sample	2	2010.6	1005.30	528.37	0.000*
Error	205	390.0	1.90		
Total	207	2400.7			

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

ตารางที่ ซ-6 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า b* ของเนื้อผลสับปะรด 3 สายพันธุ์

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Sample	2	20430	10214.9	524.41	0.000*
Error	205	3993	19.5		
Total	207	24423			

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

ตารางที่ ซ-7 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณความชื้นของเนื้อผลสับปะรด 3 สายพันธุ์

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Sample	2	57.71	28.853	24.50	0.000*
Error	51	60.07	1.178		
Total	53	117.77			

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

ตารางที่ ซ-8 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณโปรตีนของเนื้อผลสับปะรด 3 สายพันธุ์

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Sample	2	0.05311	0.026556	5.07	0.010*
Error	51	0.26732	0.005242		
Total	53	0.32043			

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

ตารางที่ ซ-9 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณไขมันของเนื้อผลสับปะรด 3 สายพันธุ์

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Sample	2	0.07768	0.038840	9.43	0.000*
Error	51	0.21017	0.004121		
Total	53	0.28785			

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ ซ-10 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณเถ้าของเนื้อผลสับปะรด 3 สายพันธุ์

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Sample	2	0.09526	0.047631	50.66	0.000*
Error	51	0.04795	0.000940		
Total	53	0.14321			

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ ซ-11 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณเยื่อใยของเนื้อผลสับปะรด 3 สายพันธุ์

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Sample	2	0.2179	0.10896	10.69	0.000*
Error	51	0.5200	0.01020		
Total	53	0.7379			

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ ซ-12 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณคาร์โบไฮเดรตของเนื้อผลสับปะรด 3 สายพันธุ์

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Sample	2	54.78	27.392	24.49	0.000*
Error	51	57.05	1.119		
Total	53	111.83			

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ ซ-13 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณพลังงานของเนื้อผลสับปะรด 3 สายพันธุ์

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Sample	2	632.5	316.25	17.14	0.000*
Error	51	940.70	18.45		
Total	53	1573.2			

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

ตารางที่ ซ-14 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณวิตามินซีของน้ำสับปะรด 3 สายพันธุ์

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Sample	2	556677	278339	239.18	0.000*
Error	50	58186	1164		
Total	52	614864			

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

ตารางที่ ซ-15 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณกรดซิตริกของน้ำสับปะรดคั้นสด 3 สายพันธุ์

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Sample	2	0.8240	0.41198	11.98	0.000*
Error	51	1.7536	0.03438		
Total	53	2.5776			

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

ตารางที่ ซ-16 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณกรดมาลิกของสับปะรดคั้นสด 3 สายพันธุ์

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Sample	2	0.01258	0.006288	0.97	0.386
Error	48	0.31099	0.006479		
Total	50	0.32357			

ตารางที่ ซ-17 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณกรดอะซิติกของสับปะรดคั้นสด 3 สายพันธุ์

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Sample	2	0.1863	0.09317	8.25	0.001*
Error	48	0.5420	0.01129		
Total	50	0.7284			

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

ตารางที่ ซ-18 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณกรดซัคซินิกของสับปะรดคั้นสด 3 สายพันธุ์

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Sample	2	0.08092	0.04046	0.91	0.424
Error	15	0.66691	0.04446		
Total	17	0.74783			

ตารางที่ ซ-19 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณกรดแลคติกของน้ำสับปะรดคั้นสด 3 สายพันธุ์

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Sample	2	0.004884	0.002442	7.46	0.002*
Error	37	0.012106	0.000327		
Total	39	0.016990			

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

ตารางที่ ซ-20 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณน้ำตาลฟรุกโตสของน้ำสับปะรดคั้นสด 3 สายพันธุ์

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Sample	2	44.52	22.2587	45.05	0.000*
Error	50	24.70	0.494		
Total	52	69.22			

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

ตารางที่ ซ-21 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณน้ำตาลกลูโคสของน้ำสับปะรดคั้นสด 3 สายพันธุ์

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Sample	2	34.53	17.266	16.22	0.000*
Error	50	53.23	1.065		
Total	52	87.76			

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ ซ-22 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณน้ำตาลซูโครสของน้ำสับปะรดคั้นสด 3 สายพันธุ์

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Sample	2	49.83	24.913	3.95	0.025*
Error	50	315.04	6.301		
Total	52	364.87			

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)