

สัญญาเลขที่ 51/ 2552

รหัสโครงการวิจัย 52105010025



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

องค์ประกอบในน้ำคั้นและฤทธิ์การต้านออกซิเดชันในสับปะรดพันธุ์ต่างๆที่
ปลูกในประเทศไทย

Juice Components and Antioxidant Capacity of Pineapple Varieties
Cultivated in Thailand

โดย

ดร. สุทธิวัลย์ สีทา

สำนักวิชาอุตสาหกรรมเกษตร

ดร. พันธุ์สิริ สุทธิลักษณ์

สำนักวิชาอุตสาหกรรมเกษตร

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง
ประจำปี พ.ศ.2552

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวงในการสนับสนุนทุนวิจัยเรื่อง องค์ประกอบใน
น้ำคั้นและฤทธิ์การต้านออกซิเดชันในสับปะรดพันธุ์ต่างๆที่ปลูกในประเทศไทย ประจำปีงบประมาณ
2552

ขอขอบคุณ ผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่าน ที่ช่วยตรวจ ประเมิน เสนอแนะ ตลอดจนคำแนะนำต่าง ๆ
ที่เป็นประโยชน์ ทำให้โครงการวิจัยนี้เสร็จสิ้นสมบูรณ์ด้วยดี

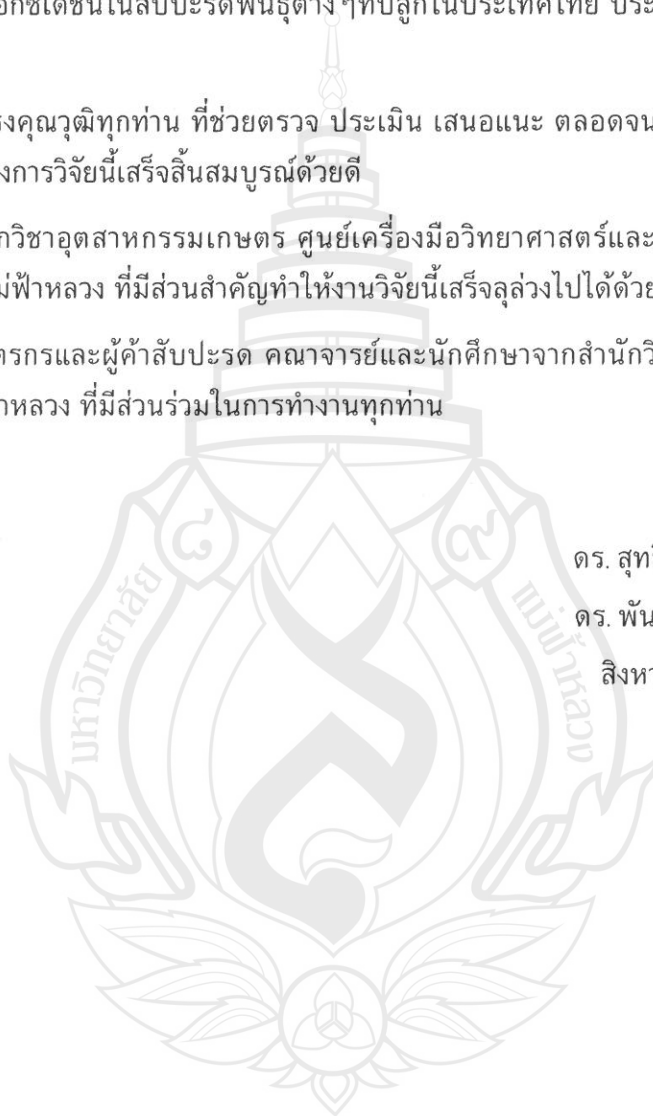
ขอขอบคุณ สำนักวิชาอุตสาหกรรมเกษตร ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และ
สถาบันฯ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง ที่มีส่วนสำคัญทำให้งานวิจัยนี้เสร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ เกษตรกรและผู้ค้าสับปะรด คณาจารย์และนักศึกษาจากสำนักวิชาอุตสาหกรรม
เกษตร มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง ที่มีส่วนร่วมในการทำงานทุกท่าน

ดร. สุทธิวัลย์ สีทา

ดร. พันธิ์สิริ สุทธิลักษณ์

สิงหาคม 2556



บทสรุปผู้บริหาร

สับปะรดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของไทย ด้วยการสร้างรายได้จากการส่งออกมากกว่า 20,000 ล้านบาทต่อปี ประเทศไทยสามารถผลิตสับปะรดได้มากเป็นอันดับ 2 ของโลก ในปี 2553 มีปริมาณการผลิต 2.39 ล้านตัน ประเทศไทยสามารถผลิตสับปะรดได้เกือบตลอดทั้งปี และสามารถปลูกได้เกือบทั่วทุกภาคของประเทศ แหล่งเพาะปลูกที่สำคัญได้แก่ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ระยอง ราชบุรี เพชรบุรี ชลบุรี กาญจนบุรี ลำปาง หนองคาย และ เชียงราย ซึ่งสับปะรดพันธุ์ที่นิยมปลูกสำหรับแปรรูป บริโภคสด หรือส่งออกไปจำหน่ายยังต่างประเทศ ได้แก่ พันธุ์ปัตตาเวียและพันธุ์ภูเก็ต และสับปะรดพันธุ์พื้นเมืองอีกสองพันธุ์ที่น่าจะมีการส่งเสริมให้มีการส่งออกต่อไปในอนาคตได้แก่พันธุ์ภูแลและนางแล ถึงแม้ว่าประเทศไทยจะสามารถผลิตและส่งออกสับปะรดได้มากเป็นอันดับ 2 ของโลก และสามารถปลูกได้เกือบทั่วทุกภาคของประเทศ แต่งานวิจัยทางวิทยาศาสตร์โดยเฉพาะข้อมูลพื้นฐานทางด้านโภชนาการและความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของสับปะรดยังไม่ได้มีการศึกษาวิจัยแพร่หลายนัก ข้อมูลส่วนใหญ่เป็นผลงานวิจัยจากต่างประเทศ ดังนั้นหากมีการศึกษาถึงปริมาณสารสำคัญต่าง ๆ เหล่านี้ ในสับปะรดพันธุ์ที่ปลูกเพื่อเป็นการค้าในแต่ละพื้นที่การผลิตที่สำคัญของประเทศ ข้อมูลและหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ที่ได้ นอกจากจะเป็นการเพิ่มมูลค่าของสินค้าเกษตรและขยายโอกาสในการส่งออกสับปะรดในรูปของผลสดได้แล้ว ยังเป็นการช่วยกระตุ้นให้ผู้บริโภคเล็งเห็นความสำคัญของการบริโภคผลไม้ให้มากขึ้น เป็นผลดีทั้งในด้านการลดค่าใช้จ่ายในการดูแลสุขภาพ รวมถึงลดการนำเข้าผลิตภัณฑ์อาหารเสริมบำรุงสุขภาพ ซึ่งมีราคาแพงแต่เป็นที่นิยมกันมากในปัจจุบัน ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาองค์ประกอบของน้ำคั้นและฤทธิ์ในการต้านออกซิเดชัน ในสับปะรดพันธุ์ที่ผลิตทางการค้าได้แก่ พันธุ์ปัตตาเวีย ภูเก็ต ภูแล และนางแล จากแหล่งผลิตสับปะรดในแต่ละภูมิภาคของประเทศไทย สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียเก็บเกี่ยวจาก 11 จังหวัด คือ ประจวบคีรีขันธ์ ระยอง ราชบุรี ชลบุรี เพชรบุรี อุทัยธานี กาญจนบุรี ลำปาง ตราด หนองคาย และอุดรธานี สับปะรดพันธุ์ภูเก็ตเก็บเกี่ยวจาก 3 จังหวัด คือ ระยอง ตราด และภูเก็ต สับปะรดพันธุ์ภูแลและนางแลเก็บเกี่ยวจากจังหวัดเชียงราย โดยเก็บเกี่ยวผลสับปะรดที่ระยะเปลือกมีสีเหลืองประมาณ 20-40% ของผล แล้วนำมาวิเคราะห์ ดังนี้ สีเปลือก สีเนื้อ pH ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TA) และปริมาณ TSS/TA ปริมาณฟีนอลทั้งหมด วิตามินซี แคโรทีนอยด์ และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธีวิเคราะห์ 2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) และ ferric reducing antioxidant power (FRAP) ผลการทดลองพบว่า ปริมาณ TSS, TA, และ TSS/TA มีความแปรปรวนแตกต่างกันไปตามพันธุ์และพื้นที่ผลิต ปริมาณฟีนอลทั้งหมดมีค่าอยู่ระหว่าง 8.20-34.11 mg gallic acid equivalent (GAE)/100g fresh

weight (FW) ปริมาณวิตามินซีมีค่าอยู่ระหว่าง 3.46-19.60 mg/100g FW ปริมาณแคโรทีนอยด์มีค่าอยู่ระหว่าง 9.68-18.92 μg β -carotene/100g FW กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระในสับปะรดซึ่งวิเคราะห์ด้วยวิธี DPPH มีค่าอยู่ระหว่าง 97.15-158.46 mol Trolox equivalent (TE)/100g FW กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระวิเคราะห์โดยวิธี FRAP มีค่าอยู่อยู่ระหว่าง 154.92-205 mol Ascorbic acid equivalent (AAE)/100g FW จากผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย ภูเก็ต นางแล และภูเก็ตมีองค์ประกอบในน้ำคั้นและความสามารถในการต้านออกซิเดชันต่างกัน โดยสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียจากจังหวัดราชบุรีมีปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดสูงที่สุด สับปะรดพันธุ์ภูเก็ตมีปริมาณวิตามินซี ปริมาณแคโรทีนอยด์สูงสุด และฤทธิ์การต้านออกซิเดชันที่วิเคราะห์ด้วยวิธี DPPH สูงสุด สับปะรดพันธุ์นางแลมีฤทธิ์การต้านออกซิเดชันวิเคราะห์ด้วยวิธี FRAP สูงที่สุด ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้จะช่วยสนับสนุนการบริโภคสับปะรดในเชิงสุขภาพและเป็นข้อมูลพื้นฐานทางด้านโภชนาการและการทดลองพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อสารออกฤทธิ์สำคัญทางชีวภาพและฤทธิ์การต้านออกซิเดชันอาจจะขึ้นอยู่กับพันธุ์และพื้นที่ผลิตที่ทำให้สับปะรดมีปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญทางชีวภาพและฤทธิ์การต้านออกซิเดชันแตกต่างกันไป ดังนั้นข้อมูลต่าง ๆ ดังกล่าวนี้นสามารถนำไปใช้เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาและปรับปรุงระบบการผลิต เพื่อให้ได้สับปะรดที่มีสารออกฤทธิ์สำคัญทางชีวภาพและฤทธิ์การต้านออกซิเดชันในปริมาณสูงเพื่อเพิ่มศักยภาพและมูลค่าสับปะรดให้กับเกษตรกรผู้ผลิตต่อไป

บทคัดย่อ

สับปะรดเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทยและมีการส่งออกในปริมาณมาก แต่อย่างไรก็ตามข้อมูลพื้นฐานทางด้านคุณค่าทางโภชนาการและความสามารถในการต้านออกซิเดชันยังไม่มีการศึกษามากนัก ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาองค์ประกอบของน้ำคั้นและฤทธิ์ในการต้านออกซิเดชันในสับปะรดพันธุ์ที่ผลิตเพื่อการค้าในประเทศไทย จำนวน 4 พันธุ์ ได้แก่ ปัตตาเวีย ภูเก็ต ภูเก็ต และนางแล โดยเก็บเกี่ยวสับปะรดที่เปลือกมีสีเหลือง 20-40% ของผลจากพื้นที่ที่ผลิตเพื่อการค้า แล้วนำมาวิเคราะห์ดังนี้ สีเปลือก สีเนื้อ pH ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TA) ฟีนอลทั้งหมด วิตามินซี แคโรทีนอยด์ และความสามารถในการต้านออกซิเดชันด้วยวิธี 2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) และ Ferric reducing antioxidant power (FRAP) ผลการทดลองพบว่า สีเปลือก สีเนื้อ pH, TSS, TA, TSS/TA มีความแปรปรวนแตกต่างกันระหว่างสายพันธุ์และพื้นที่ผลิต และพบว่าสารออกฤทธิ์สำคัญและสารต้านอนุมูลอิสระมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียจากจังหวัดราชบุรีมีปริมาณฟีนอลทั้งหมดสูงสุด (34.11 mg GAE/100g FW) สับปะรดพันธุ์ภูเก็ตมีปริมาณวิตามินซี (19.60 mg/100 g FW) และแคโรทีนอยด์ (18.92 μg β -carotene/100g FW) และมีฤทธิ์ในการต้านออกซิเดชันวิเคราะห์ด้วยวิธี DPPH สูงสุด (158.49 mol TE/100g FW) แต่เมื่อวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านออกซิเดชันด้วยวิธี FRAP พบว่ามีค่าสูงสุดในสับปะรดพันธุ์นางแล (205.70 mol AAE/100g FW) และพบว่าความสัมพันธ์ระหว่างวิตามินซีและค่า DPPH มีค่าสูง ($r^2 = 0.9461$) ในขณะที่สับปะรดพันธุ์ภูเก็ตพบว่าปริมาณแคโรทีนอยด์มีความสัมพันธ์กันสูงกับค่า FRAP ($r^2 = 0.7665$)

คำสำคัญ: สารต้านอนุมูลอิสระ สารออกฤทธิ์สำคัญ สับปะรด

ABSTRACT

Pineapple (*Ananas comosus* L. Merryl) is an economic fruits of Thailand and has high potentiality for export. However, the nutritional values and antioxidant capacity in pineapple fruit have not been well studied. Thus, the objective of this study is to determine juice components and antioxidant capacity in different fruit varieties and production area. Four pineapple varieties; Pattawia, Phuket, Phulae, and Nanglae pineapple varieties were collected from different commercial cultivated area at 20-40 % yellow peel color. They were investigated mainly on fruit quality; total soluble solids (TSS), tritrateable acidity (TA) and pH in fruit juice, peel and pulp color, vitamin C, total carotenoid and total phenolics contents. The antioxidant capacities were analyzed by ferric reducing antioxidant power (FRAP) and 2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) methods. The result found that TA, TSS and pH in fruit juice, peel and pulp color were different among varieties and production area. Bioactive compound and antioxidant capacity of four varieties were also significantly different. Pattawia variety from Ratchaburi had the highest total phenolics contents (34.11 mg GAE/100g FW). Phuket variety had the highest vitamin C (19.60 mg/100g FW), total carotenoid contents (18.92 μg β -carotene/100g FW) and antioxidant capacity by DPPH assay (158.49 mol TE/100g FW). Nanglae variety had the highest antioxidant capacity by FRAP assay (205.70 mol AAE/100g FW). The highly correlated of vitamin C and DPPH activity was observed in Nanglae ($r^2 = 0.9461$). While, the correlation between total carotenoid and FRAP value were higher in Phulae ($r^2 = 0.7665$) than the other varieties.

Keywords: Antioxidant, Bioactive Compound, Pineapple

สารบัญ

บทที่		หน้า
	กิตติกรรมประกาศ	i
	บทสรุปผู้บริหาร (Executive Summary)	ii
	บทคัดย่อภาษาไทย	iv
	บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	v
	สารบัญ	vi
	สารบัญตาราง	viii
	สารบัญภาพ	ix
บทที่ 1	บทนำ	1
	1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำวิจัย	1
	1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
	1.3 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	1
	1.4 ขอบเขตการวิจัย	2
	1.5 ระยะเวลาในดำเนินงาน	2
	1.6 นิยามศัพท์	2
	1.7 คณะวิจัยและที่ปรึกษางานวิจัย	2
บทที่ 2	แนวคิดทฤษฎี และเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
	2.1 ที่มาและความสำคัญ	3
	2.2 กลุ่มของสับปะรดที่ปลูกในประเทศไทย	3
	2.3 แหล่งเพาะปลูกที่สำคัญในประเทศไทย	6
	2.4 ดัชนีการเก็บเกี่ยวผลสับปะรด	6
	2.5 องค์ประกอบทางเคมีของสับปะรด	8
	2.6 สารออกฤทธิ์ที่สำคัญในสับปะรด	10
	2.7 สารต้านอนุมูลอิสระกับโรคและภาวะต่างๆ	12
	2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	13

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3	15
วิธีการดำเนินการวิจัย	15
3.1 การเตรียมสัปดาห์	15
3.2 การวิเคราะห์ลักษณะกายภาพและองค์ประกอบทางเคมี	16
3.3 การวิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญและฤทธิ์การต้านออกซิเดชัน	17
3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	18
บทที่ 4	19
ผลการศึกษาวิจัย	19
4.1 ลักษณะทางกายภาพ	19
4.2 องค์ประกอบทางเคมี	20
4.3 สารออกฤทธิ์สำคัญทางชีวภาพ	21
4.4 การต้านออกซิเดชัน	22
4.5 ความสัมพันธ์	23
บทที่ 5	29
สรุปและข้อเสนอแนะ	29
5.1 สรุปผล	29
5.2 ข้อเสนอแนะ	29
บรรณานุกรม	31
ภาคผนวก	35
การเผยแพร่ผลงานวิจัยในรูปแบบบทความทางวิชาการ เรื่องที่ 1 (full paper)	37
การเผยแพร่ผลงานวิจัยในรูปแบบบทความทางวิชาการ เรื่องที่ 2 (full paper)	45
ประวัตินักวิจัย	49

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2-1 ปริมาณและมูลค่าการส่งออกสับปะรด (สดแช่เย็น) ของประเทศไทยปี 2548-2551	6
ตารางที่ 2-2 ระดับความบริบูรณ์ของสับปะรดโดยใช้สีเปลือกเป็นดัชนี	7
ตารางที่ 2-3 ส่วนประกอบทางเคมีของผลสับปะรด	9
ตารางที่ 3-1 ชนิดพันธุ์ของสับปะรดแบ่งแยกตามพื้นที่ศึกษาในแต่ละจังหวัด	15
ตารางที่ 4-1 ลักษณะทางกายภาพของสับปะรดแต่ละพันธุ์	19
ตารางที่ 4-2 Peel (hue) and pulp (L^*) color of the pineapple	24
ตารางที่ 4-3 Physicochemical of the pineapple	25
ตารางที่ 4-4 Bioactive components of the pineapple	26
ตารางที่ 4-5 Antioxidant activities of the pineapple	27
ตารางที่ 4-6 Correlation between bioactive compound and fruit color	28
ตารางที่ 4-7 Correlation between antioxidant capacities and bioactive compound	28

สารบัญภาพ

	หน้า
รูปที่ 2-1	สัปปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย
รูปที่ 2-2	สัปปะรดพันธุ์ภูเก็ต
รูปที่ 2-3	สัปปะรดพันธุ์นางแล
รูปที่ 2-4	สัปปะรดพันธุ์ภูแล



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำวิจัย

สับปะรดเป็นผลไม้ที่อุดมไปด้วยสารอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย องค์ประกอบภายในเนื้อมากกว่าร้อยละ 80 ของน้ำหนักสด คือ น้ำ นอกจากนี้ยังประกอบไปด้วยวิตามิน แร่ธาตุ และสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ เช่น bromelain มีฤทธิ์กระตุ้นการหลั่งน้ำย่อย ช่วยการย่อยโปรตีน ด้านการอักเสบ และการเกาะตัวของเกล็ดเลือด สับปะรดยังเป็นผลไม้ที่ให้กากใยอาหารมากจึงมีส่วนช่วยในระบบขับถ่ายของร่างกาย นอกจากนั้นสับปะรดยังอุดมไปด้วยวิตามินซี สารในกลุ่มแคโรทีนอยด์และโพลีฟีนอล ซึ่งมีฤทธิ์การต้านออกซิเดชันที่มีบทบาทสำคัญในการต้านการชรา โรคหัวใจ โรคประสาท และมะเร็ง ถึงแม้ว่าประเทศไทยจะสามารถผลิตและส่งออกสับปะรดได้มากเป็นอันดับ 1 ของโลก และสามารถปลูกได้เกือบทั่วทุกภาคของประเทศ แต่งานวิจัยทางวิทยาศาสตร์โดยเฉพาะข้อมูลพื้นฐานทางด้านโภชนาการและความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของสับปะรดยังไม่ได้มีการศึกษาวิจัยแพร่หลายนัก ข้อมูลส่วนใหญ่เป็นผลงานวิจัยจากต่างประเทศ ดังนั้นหากมีการศึกษาถึงปริมาณสารสำคัญต่าง ๆ เหล่านี้ ในสับปะรดพันธุ์ที่ปลูกเพื่อเป็นการค้าในแต่ละพื้นที่การผลิตที่สำคัญของประเทศ ข้อมูลและหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ที่ได้ นอกจากจะเป็นการเพิ่มมูลค่าของสินค้าเกษตร และขยายโอกาสในการส่งออกสับปะรดในรูปของผลสดได้แล้ว ยังเป็นการช่วยกระตุ้นให้ผู้บริโภคเล็งเห็นความสำคัญของการบริโภคผลไม้ให้มากขึ้น เป็นผลดีทั้งในด้านการลดค่าใช้จ่ายในการดูแลสุขภาพ รวมถึงลดการนำเข้าผลิตภัณฑ์อาหารเสริมบำรุงสุขภาพซึ่งมีราคาแพงแต่เป็นที่นิยมกันมากในปัจจุบัน

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

เพื่อศึกษาองค์ประกอบในน้ำคั้นและฤทธิ์การต้านออกซิเดชันในสับปะรดพันธุ์ต่างๆที่ปลูกในประเทศไทย

1.3 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 เผยแพร่ข้อมูลองค์ประกอบในน้ำคั้นและฤทธิ์การต้านออกซิเดชันในสับปะรดแต่ละพันธุ์ที่ผลิตในประเทศไทยผ่านทาง website หรือ เอกสาร แผ่นประชาสัมพันธ์

1.3.2 ผลงานตีพิมพ์ใน Journal Online ของมหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง หรือวารสารอื่น ๆ 1 เรื่องในหัวข้อเรื่อง “Juice Components and Antioxidant Capacity of Pineapple Varieties Cultivated in Thailand”

1.4 ขอบเขตการวิจัย

ศึกษาปริมาณ กรด ของแข็งที่ละลายน้ำได้ วิตามินซี แคโรทีนอยด์ โพลีฟีนอลทั้งหมด และฤทธิ์การต้านออกซิเดชัน ในสับปะรดพันธุ์ที่ผลิตทางการค้าได้แก่ พันธุ์ปัตตาเวีย ภูเก็ต ภูเก็ต และนางแล จากแหล่งผลิตสับปะรดในแต่ละภูมิภาคของประเทศไทย

1.5 ระยะเวลาในดำเนินงาน

โครงการวิจัยนี้มีระยะดำเนินงานวิจัย 8 เดือน โดยมีแผนการดำเนินงานตลอดโครงการ ปีงบประมาณ 2552

1.6 นิยามศัพท์

สารต้านออกซิเดชัน (Antioxidant) คือ สารที่ทำหน้าที่ยับยั้งหรือต่อต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน หรือสารที่สามารถขจัดอนุมูลอิสระออกจากร่างกาย

สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (Bioactive compound) คือ สารจากสิ่งมีชีวิตตามธรรมชาติที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิตทั้งคน สัตว์ และพืช สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่ดีต้องเป็นสารที่มีผลจำเพาะเจาะจง เช่น มีฤทธิ์จำเพาะต่อเซลล์ของมะเร็งเต้านม มีฤทธิ์ จำเพาะต่อเชื้อวัณโรค มีฤทธิ์จำเพาะต่อเชื้อมาลาเรีย เป็นต้น

แคโรทีนอยด์ (Carotenoids) คือ แคโรทีนอยด์เป็นรงควัตถุที่พบทั่วไปในธรรมชาติจะถูกสังเคราะห์ขึ้นในคลอโรพลาสต์ของ พืช และพบมากในผักและผลไม้สุก

สับปะรด (Pineapple) [ชื่อไม้ล้มลุกชนิด *Ananas comosus* Merr. ในวงศ์ Bromeliaceae ไม่มีลำต้นปรากฏบนพื้นดิน ใบเป็นกาบยาวให้โยใช้ทำสิ่งทอ ขอบใบมีหนาม ผลมีตาโดยรอบรับประทานได้มีรสชาติเปรี้ยวหวาน

1.7 คณะวิจัยและที่ปรึกษางานวิจัย

หัวหน้าโครงการ	ดร. สุทธิวัลย์ สิทา (80%)
ผู้ร่วมโครงการ	ดร. พันธุ์สิริ สุทธิลักษณ์ (20%)
สำนักวิชาอุตสาหกรรมเกษตร	
มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง	

บทที่ 2

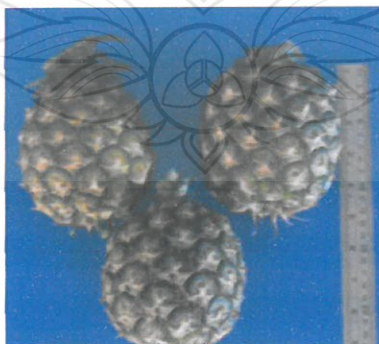
แนวคิดทฤษฎี และเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ที่มาและความสำคัญ

สับปะรดมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Ananas comosus* (L.) Merr. อยู่ในวงศ์ Bromeliaceae มีถิ่นกำเนิดในทวีปอเมริกาใต้ สับปะรดเป็นพืชที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีในเขตร้อน (จินดารัฐ, 2541) สับปะรดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของไทย ด้วยการสร้างรายได้จากการส่งออกมากกว่า 20,000 ล้านบาทต่อปี ประเทศไทยสามารถผลิตสับปะรดได้มากเป็นอันดับ 2 ของโลก ในปี 2553 มีปริมาณการผลิต 2.39 ล้านตัน ประเทศไทยสามารถผลิตสับปะรดได้เกือบตลอดทั้งปี แต่ช่วงที่เหมาะสม คือ ระหว่างเดือนพฤศจิกายน-พฤษภาคม (สมฤทัย, 2543) และสามารถปลูกได้ทั่วทุกภาคของประเทศ แหล่งเพาะปลูกที่สำคัญได้แก่ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ระยอง ราชบุรี เพชรบุรี ชลบุรี กาญจนบุรี ลำปาง นนทบุรี และ เชียงราย (สำนักงานเกษตรลำปาง, 2551) พันธุ์สับปะรดที่ปลูกเพื่อทางการค้าโดยทั่วไปอาจแบ่งออกได้เป็น 5 กลุ่มตามรูปร่างลักษณะของใบและผลคือ Cayenne, Queen, Pernambuco, Spanish และ Mordilona สำหรับสับปะรดที่ปลูกอยู่ในประเทศไทยจะพบเพียง 3 กลุ่ม คือ Cayenne, Queen และ Spanish (จินดารัฐ, 2541) ส่วนพันธุ์ที่นิยมปลูกสำหรับแปรรูป บริโภคสด หรือส่งออกไปจำหน่ายยังต่างประเทศ ได้แก่ พันธุ์ปัตตาเวียและพันธุ์เก็ด และสับปะรดพันธุ์พื้นเมืองอีกสองพันธุ์ที่น่าจะมีการส่งเสริมให้มีการส่งออกต่อไปในอนาคตได้แก่พันธุ์ภูแลและนางแล ซึ่งสับปะรดทั้ง 4 พันธุ์มีลักษณะเด่นสำคัญที่แตกต่างกัน

2.2 พันธุ์ของสับปะรดที่ปลูกในประเทศไทย

2.2.1 พันธุ์ปัตตาเวีย



รูปที่ 1 สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย

เป็นสับปะรดในกลุ่ม Cayenne หรือ Smooth Cayenne นำพันธุ์เข้ามาจากประเทศอินโดนีเซียและอินเดีย ได้รับความนิยมปลูกมากที่สุดในประเทศไทย รู้จักกันแพร่หลายในนาม ‘สับปะรดศรีราชา’ และชื่ออื่น ๆ เช่น ‘ปรางบุรี’ และ ‘สามร้อยยอด’ เป็นต้น แหล่งปลูกที่สำคัญในปัจจุบัน คือ ประจวบคีรีขันธ์ เพชรบุรี ชลบุรี และ ลำปาง มีลักษณะที่สำคัญคือ ขอบใบเรียบมีหนามเล็กน้อยที่ส่วนปลายใบ ผลมีขนาดและรูปร่างแตกต่างกันออกไป หนักประมาณ 2.3 – 3.6 กิโลกรัม หากผลมีขนาดใหญ่มากจะมีรูปทรงใหญ่ปลายเรียว (conical shape) หากเป็นผลขนาดเล็กมักมีทรงกลม (spherical shape) หรือ ทรงป้อม หรือ ทรงกระบอก (cylindrical shape) เปลือกผลเมื่อดิบจะมีสีเขียวเข้ม เมื่อแก่จัดจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองอมส้มประมาณครึ่งผลด้านล่างเนื้อจะมีสีเหลืองอ่อนแต่จะเปลี่ยนเป็นสีเข้มในฤดูร้อน ตาตื้น เยื่อใยปานกลาง เนื้อนุ่ม ฉ่ำน้ำรสชาติดี โดยเฉลี่ยมีปริมาณกรดร้อยละ 0.3–0.7 และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ร้อยละ 12–16 นิยมปลูกไว้เพื่อบริโภคสดและเป็นวัตถุดิบสำหรับอุตสาหกรรมสับปะรดกระป๋อง

2.2.2 พันธุ์ภูเก็ตหรือพันธุ์ตราดสีทอง



รูปที่ 2 สับปะรดพันธุ์ภูเก็ต

เป็นสับปะรดในกลุ่ม Queen ซึ่งนำพันธุ์มาจากเมืองปีนัง ประเทศมาเลเซีย แต่เดิมปลูกกันมากในจังหวัดภูเก็ต แต่ปัจจุบันมีการปรับปรุงพันธุ์และนำมาปลูกแพร่หลายในภูมิภาคอื่น ๆ เช่น บริเวณภาคใต้ตอนบน ได้แก่ ชุมพร ประจวบคีรีขันธ์ และในภาคตะวันออก เช่น จังหวัดตราด จึงมีชื่อเรียกตามแหล่งปลูกว่าพันธุ์ตราดสีทอง ลักษณะสำคัญของสับปะรดในกลุ่มนี้ คือ ใบมีสีเขียวปนแดง ขอบใบมีหนาม ผลมีขนาดเล็กประมาณหนึ่งกิโลกรัม รูปร่างทรงกระบอก ผลอ่อนยุบ ตาลึก เปลือกหนา เมื่อสุกเปลือกจะมีสีเหลือง เนื้อมีสีเหลืองเข้มและมีช่องว่าง (โพรง) ขนาดใหญ่ หวานกรอบ มีเยื่อใยน้อย กลิ่นหอม แก่นผลอ่อนนุ่มกว่าพันธุ์ปัตตาเวีย โดยเฉลี่ยมีปริมาณกรดร้อยละ 0.5–0.7 และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ร้อยละ 16–18 เหมาะสำหรับบริโภคสด (จารุพันธุ์, 2526)

2.2.3 พันธุ์นางแล



รูปที่ 3 สับปะรดพันธุ์นางแล

เป็นสับปะรดในกลุ่ม Cayenne เชื่อว่าเป็นพันธุ์ที่นำเข้ามาจากสิงคโปร์ นำมาปลูกแพร่หลายที่ ตำบลนางแล จังหวัดเชียงราย ผลจากภูมิประเทศและภูมิอากาศที่แตกต่างทำให้สับปะรดนางแลมีคุณสมบัติที่แตกต่างจากสายพันธุ์อื่นในกลุ่มเดียวกัน คือ มีขนาดผลกะทัดรัด ผิวบางจึงให้น้ำเนื้อนุ่ม ใสหวานไม่ฝืด เนื้อฉ่ำและละเอียด รสชาติหวานมาก และมีกลิ่นหอม จึงเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า พันธุ์น้ำผึ้ง สับปะรดนางแลโดยทั่วไปจะเก็บเกี่ยวเมื่อสีของผิวเปลือกเป็นสีเหลืองประมาณ 1 ใน 3 ของผลสับปะรด

2.2.4 พันธุ์ภูแล



รูปที่ 4 สับปะรดพันธุ์ภูแล

พันธุ์ภูแล เป็นสับปะรดในกลุ่ม Queen เช่นเดียวกับพันธุ์ภูเก็ต ความเป็นมาของสับปะรดพันธุ์นี้ เชื่อกันว่าเริ่มแรกมีผู้นำพันธุ์สับปะรดภูเก็ตมาปลูกที่ตำบลนางแล จังหวัดเชียงราย แต่ด้วยสภาพอากาศที่หนาวเย็นกว่า และภูมิประเทศที่ต่างกันไป ทำให้สับปะรดภูเก็ตมีขนาดผลเล็กลง และมีลักษณะเฉพาะคือ บริเวณใบมีหนามเล็กๆ ตามสับปะรดลูกโป๊ว ขนาดผลเล็กเท่ากำปั้น น้ำหนักเฉลี่ยผลละ 350 กรัม หรือขนาด 3 ผลต่อ 1 กิโลกรัม เนื้อผลแห้งสีเหลือง รสชาติหอมหวาน เนื้อกรอบไม่แข็ง สามารถรับประทานได้ทั้งแกน จึงเรียกชื่อกันต่อๆ มาตามแหล่งที่ปลูกครั้งแรก ผสมกับพันธุ์ดั้งเดิมว่า "สับปะรดภูแล" การสุกของสับปะรดภูแลนั้นสังเกต

ได้จากสีผิวของสับปะรด เมื่อเริ่มแก่ผิวจะเปลี่ยนสีจากสีเขียวอมม่วงมาเป็นสีเขียวและสีของตาจะเปลี่ยนจากสีชมพูม่วงมาเป็นสีน้ำตาลอ่อน สีขนตาจะซีดลงและเริ่มเหี่ยว สีผิวตาจึงเปลี่ยนเป็นสีเขียวอมเหลือง หรือเหลืองประมาณ 3-5 ตา

2.3 แหล่งเพาะปลูกสับปะรดที่สำคัญในประเทศไทย

แหล่งปลูกสับปะรดที่สำคัญในประเทศไทยอยู่ในภาคตะวันตก คือ จังหวัด ประจวบคีรีขันธ์ และเพชรบุรี ซึ่งมีพื้นที่ปลูกมากกว่าร้อยละ 50 ของประเทศไทย รองลงมาได้แก่ ภาคตะวันออก คือ จังหวัดชลบุรี และระยอง เป็นต้น ในภาคเหนือได้แก่ จังหวัดลำปาง ในปัจจุบันพื้นที่ปลูกสับปะรดได้แผ่ขยายออกไปทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคใต้เพิ่มขึ้น จังหวัดที่ได้รับการจัดให้เป็นเขตเกษตรเศรษฐกิจสำหรับสับปะรดส่งโรงงาน ได้แก่ ชุมพร ประจวบคีรีขันธ์ เพชรบุรี กาญจนบุรี อุทัยธานี ชลบุรี ระยอง ตราด ลำปาง หนองคาย และ นครพนม ปริมาณและมูลค่าการส่งออกสับปะรดสดแช่เย็น ของประเทศไทยในระยะ 5 ปีที่ผ่านมา แสดงดังตารางที่ 2-1

ตารางที่ 2-1 ปริมาณและมูลค่าการส่งออกสับปะรดสดแช่เย็น ของประเทศไทยปี 2550-2554

ปี	ปริมาณการส่งออก	
	ปริมาณ(พันตัน)	มูลค่า(ล้านบาท)
2550	6.00	187.28
2551	4.51	82.20
2552	3.39	65.52
2553	3.29	75.75
2554	2.86	101.08

ที่มา : ศูนย์อำนวยการเพื่ออุตสาหกรรมอาหาร สถาบันอาหาร ด้วยความร่วมมือจากกรมศุลกากร

2.4 ดัชนีการเก็บเกี่ยวผลสับปะรด

สับปะรดเป็นผลไม้ประเภท Non-climacteric มีอัตราการหายใจต่ำมากในระยะเก็บเกี่ยว คล้ายกับส้มมะนาว เงาะ และลิ้นจี่ ซึ่งไม่สามารถนำมาบ่มให้สุกได้ จึงเป็นสาเหตุให้เกิดปัญหาด้านคุณภาพของสับปะรด ทั้งนี้เนื่องจากสับปะรดในแปลงจะสุกไม่พร้อมกัน แต่จะทยอยกันสุกในช่วงระยะเวลา 3-5 สัปดาห์ ทำให้ต้องทำ การเก็บเกี่ยว 3-4 ครั้งจึงจะหมดแปลง (จารุพันธ์, 2526) เมื่อผลสับปะรดเจริญเติบโตถึงระยะเก็บเกี่ยวสีของเปลือกผลจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเหลือง เนื้อผลเปลี่ยนจากสีขาวเป็นสีเหลือง ในบางฤดูผลสับปะรดอาจจะสุกพร้อมที่จะเก็บเกี่ยวได้แล้ว โดยเนื้อภายในผลอาจจะสุกไปแล้วมากกว่าร้อยละ 50 แต่สีของเปลือกยังเป็นสีเขียวเช่นเดิมไม่

เปลี่ยนเป็นสีเหลือง การจะดูว่าผลสับปะรดพร้อมที่จะเก็บเกี่ยวได้หรือยังจึงดูจากสีเปลือกเพียงอย่างเดียวไม่ได้แต่ต้องพิจารณาร่วมกับลักษณะอื่นๆ ประกอบกันไปด้วย (จินตารัฐ, 2541) ดังนี้

2.4.1 ลักษณะภายนอกของผล

ลักษณะภายนอกของผล เช่น สีของเปลือกจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเหลืองหรือสีส้ม กลีบเลี้ยงเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีส้มหรือน้ำตาลอมแดง ตาของผลย่อยจะแบนราบ สีของตาเหลือง ไม่น้อยกว่าร้อยละ 90 แต่ตาจะมีสีส้มไม่เกินร้อยละ 20 ผลมีขนาดโตเต็มที่ ก้านผลเหี่ยวตามแนว ยาวและเป็นร่อง ผลมีความแข็งแรงลดลงและมีกลิ่นหอม (จารุพันธ์, 2526; สายชล, 2528) ระดับความบริบูรณ์ของสับปะรดโดยใช้สีเปลือกเป็นดัชนีแสดงดังตารางที่ 2-2

ตารางที่ 2-2 ระดับความบริบูรณ์ของสับปะรดโดยใช้สีเปลือกเป็นดัชนี

ระดับความบริบูรณ์ ของสับปะรด(เบอร์)	ลักษณะของสีเปลือก (สีเปลือก)
0	สีของเปลือกเขียวเข้มทั้งผล
1	มีสีเหลืองประมาณ 1/8 ของผล
2	มีสีเหลืองประมาณ 1/4 ของผล ขอบตามีสีเหลืองบ้างเล็กน้อย มีสีเหลืองประมาณ 1/2 ของผล ขอบตามีสีเหลืองปนกระจายทั่วทั้ง
3	ผล
4	มีสีเหลืองเกือบทั้งผล มีสีเขียวบ้างเล็กน้อย
5	มีสีเหลืองเกือบทั้งผล มีปริมาณสีเขียวน้อยกว่าระดับ 4
6	สุกหมดทั้งลูกมีสีเหลืองทั้งผล
7	สุกหมดทั้งลูกมีสีเหลืองทั้งผล อาจมีสีน้ำตาลอมแดงในกรณีเน่า ซ้ำ

ที่มา:สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, (2530)

2.4.2 การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมี

ผลสับปะรดเมื่อแก่จัดจะมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และความเป็นกรดเพิ่มขึ้น มากกว่าผลที่ยังอ่อน นอกจากนี้จะมีปริมาณน้ำตาลซูโครส และปริมาณน้ำตาลทั้งหมดเพิ่มขึ้น สูงสุด และมีปริมาณคงที่จนกว่าผลสับปะรดจะเริ่มเสื่อมสภาพ (จารุพันธ์, 2526)

2.4.3 การนับระยะเวลา

อายุของผลนับจากวันที่เริ่มแทงช่อดอกถึงผลดิบจะมีอายุน้อยกว่า 120 วัน ผลแก่ไม่จัดมี อายุ 120-150 วัน ผลแก่จัดมีอายุ 150-165 วัน และระยะผลเริ่มเสื่อมสภาพเมื่อมีอายุมากกว่า

165 วัน (จารุพันธ์, 2526) แต่อย่างไรก็ตามอายุของผลขึ้นอยู่กับพันธุ์และสภาพแวดล้อมในการปลูกด้วย

2.4.4 ความถ่วงจำเพาะ

การวัดความถ่วงจำเพาะเป็นวิธีที่สามารถคัดสับปะรดให้มีระยะความสุกเท่าๆกัน และเป็นวิธีที่ดีที่สุดซึ่งให้ผลแน่นอนโดยมีหลักการคือ สับปะรดที่ลอยน้ำจะสุกน้อยกว่าสับปะรดที่จมน้ำ และสับปะรดที่จมน้ำในสารละลายเกลือร้อยละ 3 จะสุกมาก (Smith, 1984) ส่วนใหญ่ในการเก็บเกี่ยวสับปะรดเกษตรกรจะอาศัยความชำนาญ ใช้การสังเกตจากสีของเปลือกเพียงอย่างเดียว การเก็บเกี่ยวสับปะรดระยะใดขึ้นกับระยะเวลาการเก็บรักษา การเก็บเกี่ยวเพื่อรับประทานผลสดในประเทศจะเก็บเกี่ยวเมื่อมีตาสีเหลืองร้อยละ 90 ตามีสีส้มไม่เกินร้อยละ 20 การเก็บเกี่ยวเพื่อรับประทานสดเพื่อส่งตลาดต่างประเทศ ผลสับปะรดควรมีตาสีเขียวทุกตาหรือมีตาสีเหลืองได้ไม่เกินร้อยละ 20 โดยเฉพาะการส่งออกทางเรือ ทั้งนี้เพราะสับปะรดที่สุกเกินไปจะเก็บในอุณหภูมิต่ำได้ไม่นาน จะเกิดอาการผิดปกติทางสรีรวิทยา เช่น เกิดอาการไส้สีน้ำตาล ซึ่งทำให้คุณภาพการบริโภคไม่ดีถ้าเกิดมากจะไม่สามารถรับประทานได้ ในกรณีที่ส่งออกทางเครื่องบินสามารถเก็บเกี่ยวเมื่อผลมีความแก่ร้อยละ 50 (จินดารัฐ, 2541)

2.5 องค์ประกอบทางเคมีของสับปะรด

สับปะรดเมื่อแก่จะมีรสหวานอมเปรี้ยว ผลสับปะรดสดประกอบด้วยน้ำร้อยละ 80-85 สารอาหารหลักที่พบในสับปะรดคือ คาร์โบไฮเดรต ซึ่งเป็นน้ำตาลร้อยละ 12-15 ประกอบด้วยน้ำตาลซูโครส น้ำตาลกลูโคส และน้ำตาลฟรุคโตส (Gonzalez, 1999) มีแป้งเป็นส่วนประกอบน้อยกว่าร้อยละ 0.002 ของน้ำหนัก นอกจากนี้ผลสับปะรดยังมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 0.4 และไขมันร้อยละ 0.1 สำหรับกรดอินทรีย์มีปริมาณร้อยละ 0.6 โดยกรดอินทรีย์ที่สำคัญในสับปะรดมี 2 ชนิด คือ กรดซิตริกและกรดมาลิก (Dull, 1971; Smith, 1984) องค์ประกอบทางเคมีของสับปะรดขึ้นอยู่กับช่วงระยะเวลาการสุก และสภาพแวดล้อมขณะปลูก เช่น การบำรุงดูแลรักษา (Salvi, 1995) สำหรับส่วนประกอบทางเคมีของผลสับปะรดแสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2-3 ส่วนประกอบทางเคมีของผลสับปะรด

ชนิด	ปริมาณ (%)
น้ำ	81.2-86.2
น้ำตาลที่ละลายน้ำได้ (soluble solid; SS)	10.8-17.5
ซูโครส (sucrose)	5.9-12.0
กลูโคส (glucose)	1.0-3.2
ฟรุคโตส (fructose)	0.6-2.3
เซลลูโลส (cellulose)	0.43-0.54
เพคติน (pectin)	0.06-0.16
กรดที่ไทเทรตได้ (titratable acidity; TA)	0.6-1.62
กรดซิตริก (citric acid)	0.32-1.22
กรดมาลิก (malic acid)	0.1-0.47
กรดออกซาลิก (oxalic acid)	0.005
เถ้า (ash)	0.32-0.42
เยื่อใย (fiber)	0.30-0.61
ชนิด	ปริมาณ (mg/100g FW)
แคโรทีน (carotene)	0.13-0.29
แซนโทฟิลล์ (xanthophyll)	0.03
ไนอาซิน (niacin)	200-280
กรดแพนโทธีน (pantothenic acid)	75-163
ไทเอมีน (thiamine)	69-125
ไรโบฟลาวิน (riboflavin)	20-88
กรดอะมิโนเบนโซอิก (aminobenzoic acid)	17-22
วิตามินบี 6 (vitamin B6)	10-140
กรดแอสคอร์บิก (vitamin C)	10-25
กรดโฟลิก (folic acid)	2.5-4.8
วิตามินเอ (vitamin A)	0.02-0.04

ที่มา: Dull (1971)

2.6 สารออกฤทธิ์ที่สำคัญในผลไม้

ในพืชผักผลไม้ มีสาร Phytonutrients ที่มีประโยชน์ และเป็นแหล่งที่ดีที่สุดสำหรับสารต้านอนุมูลอิสระ การรับประทานพืชผักผลไม้ให้ได้ประโยชน์จากสารเคมีพืชมากที่สุด คือเลือกรับประทานพืชผักผลไม้หลายชนิด โดยการเลือกผักที่มีสีแตกต่างกัน ทั้งสีเขียวแก่ เขียวเข้ม สีส้ม เหลือง แดง ม่วง น้ำเงิน ฯลฯ การรับประทานพืชผักผลไม้สดเป็นประจำจะลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคต่างๆ

2.6.1 สารประกอบฟีนอล

ผักและผลไม้มีปริมาณสารฟีนอล และเอนไซม์ซึ่งออกซิไดส์สารฟีนอล (Phenol Oxidizing Enzymes) อยู่เป็นจำนวนมาก มีคุณสมบัติเป็นตัวให้อิเล็กตรอน (reducing agent) จับโลหะ(chelating agent) ป้องกันพืชจากอันตรายที่จะเกิดขึ้นจากสิ่งแวดล้อม เช่น รังสีอัลตราไวโอเล็ต (ultraviolet ray) แสง และจุลินทรีย์ นอกจากนี้สารฟีนอลยังเป็นสารกำจัดอนุมูลอิสระ (scavenging agent) สารประกอบฟีนอลเป็นสารที่มีโมเลกุลขนาดเล็กอยู่ในแวคคิวโอลของเซลล์ ลิกนินซึ่งเป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์ที่ตายแล้วนั้นก็เป็นฟีนอลรูปหนึ่งที่มีโมเลกุลใหญ่ รงควัตถุบางชนิด เช่น แอนโทไซยานิน และฟลาโวนอยด์ ซึ่งอยู่ในเม็ดสีนั้นก็เป็นฟีนอล ซึ่งช่วยในการสังเคราะห์แสงบ้าง ให้สีแก่ผลผลิต ทำให้ดึงดูดผู้บริโภค และรงควัตถุเหล่านี้ เมื่อปรากฏอยู่ในกลีบดอกไม้จะช่วยในการผสมเกสรให้ดอกไม้ด้วย เซลล์ที่อยู่ใกล้ๆ ผิวของผักและผลไม้จะมีปริมาณของสารประกอบฟีนอลและเอนไซม์อยู่สูง เมื่อเซลล์เหล่านี้ถูกทำลายโดยทางกายภาพ หรือโดยเชื้อจุลินทรีย์ก็ตาม สารฟีนอลจะถูกเอนไซม์ออกซิไดส์ เกิดเป็นสารประกอบตัวใหม่ที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งการแพร่กระจายของเชื้อจุลินทรีย์ ดังนั้นสารฟีนอลจึงมีส่วนในการต้านโรคของผลผลิต ตัวอย่างซึ่งศึกษากันมานานแล้วคือ กรณีสารฟีนอลในหอมหัวใหญ่พันธุ์ที่มีสีน้ำตาล มีผลทำให้ต้านทานโรค Smudge แต่หัวหอมพันธุ์สีขาวจะมีสารฟีนอลน้อยมาก ทำให้อ่อนแอต่อโรคเดียวกันนี้ สารฟีนอลนี้คาดว่าทำหน้าที่ที่เกี่ยวข้องกับการทำให้เกิดความต้านทานหลายประการ เช่น ทำให้เอนไซม์ที่ย่อยสลายผนังเซลล์ของผลผลิตซึ่งสร้างโดยจุลินทรีย์เสื่อมสภาพ และการที่ลิกนินสะสมที่ผนังเซลล์ทำให้ผนังเซลล์มีความแข็งแรงขึ้น (Van, 1989)

2.6.2 เบต้าแคโรทีน

เบต้าแคโรทีนอยู่ในกลุ่มแคโรทีนอยด์ แคโรทีนอยด์ในอาหารธรรมชาติมีประมาณ 600 ชนิด ที่พบมากมี 6 ชนิด คือ เบต้าแคโรทีน แอลฟาแคโรทีน เบต้าคริปโตแซนทิน ไลโคพีน ลูทีน และซีแซนทิน ซึ่ง 3 ชนิดแรกสามารถเปลี่ยนรูปเป็นเรตินอลได้ในทางเดินอาหาร ดังนั้นจึงจัดเป็นแคโรทีนอยด์พวกที่เป็นสารตั้งต้นของวิตามินเอ ส่วน 3 ตัวหลังไม่มีคุณสมบัติเป็นวิตามินเอ หลังจากสารเหล่านี้ถูกดูดซึมเข้าไปในร่างกายแล้วจะพบได้ที่เนื้อเยื่อไขมัน ตับ ไต และต่อมหมวกไต โดยที่เนื้อเยื่อไขมันและตับจะเป็นที่สะสมของสารเหล่านี้อยู่มากที่สุด บทบาทหน้าที่ของแคโรทีนอยด์มีหลายอย่างคือ นอกจากจะเป็นสารตั้งต้นของวิตามินเอแล้ว ยังทำหน้าที่ต้านอนุมูลอิสระ

ช่วยเสริมสร้างภูมิคุ้มกัน ยับยั้งการก่อกลายพันธุ์ ป้องกันเนื้องอก และมีความเกี่ยวข้องกับสุขภาพด้านอื่นๆ ได้แก่ ลดความเสี่ยงเกี่ยวกับการเสื่อมของตาเนื่องจากสูงอายุ และต่อกระดูก ลดความเสี่ยงจากโรคกระดูกบางชนิด และโรคหัวใจและหลอดเลือด การบริโภคเบต้าแคโรทีนจากแหล่งธรรมชาติจะทำให้ได้รับสารแคโรทีนอยด์ตัวอื่นๆด้วย เช่น แอลฟาแคโรทีน แคนโทแซนทีน แกมมาแคโรทีน โอเมก้าแคโรทีน แคโรทีนอยด์เหล่านี้มีฤทธิ์ต้านอนุมูลได้ทั้งสิ้น อาหารประเภทผักและผลไม้ที่มีแคโรทีนอยด์สูงได้แก่ ผักที่มีสีเขียวเข้ม และผลไม้ที่มีสีเหลืองส้ม เช่น ผักตำลึง ผักกวางตุ้ง ผักบุ้ง และฟักทอง มะม่วงสุก มะละกอ มะเขือเทศ เป็นต้น การบริโภคไขมันพร้อมกับแคโรทีนอยด์ จะช่วยเพิ่มการดูดซึมแคโรทีนอยด์ได้ร้อยละ 5-25 ปริมาณเบต้าแคโรทีนจะลดลงได้จากการประกอบอาหาร เช่น ต้ม นึ่ง ผัด โดยใช้ความร้อนสูงเป็นเวลานาน (กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, 2546)

2.6.3 วิตามินซี

วิตามินซีมีหน้าที่ที่สำคัญต่อขบวนการเมตาบอลิซึมหลายอย่างเช่น บทบาทในการเป็นโคแฟกเตอร์ (cofactor) สำคัญในเอนไซม์หลายชนิดที่ใช้สังเคราะห์คอลลาเจน คาร์นิทีน และสารเหนี่ยวนำกระแสประสาท (neurotransmitter) บทบาทที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งของวิตามินซีคือ การเป็นสารต้านอนุมูลอิสระและป้องกันการถูกทำลายจากอนุมูลอิสระ โดยวิตามินซีทำหน้าที่ในการยับยั้งการเปลี่ยนแปลงของ LDL (low density lipoprotein) จากขบวนการเปอร์ออกซิเดชันของกรดไขมันไม่อิ่มตัว โดยยับยั้งอนุมูลอิสระที่อยู่ในสิ่งแวดล้อมที่เป็นน้ำ นอกจากนี้วิตามินซียังช่วยในการเปลี่ยนวิตามินอีที่ถูกใช้ในขบวนการต่อต้านอนุมูลอิสระ (vitamin E radical) กลับเป็นวิตามินอีตามเดิม แหล่งอาหารของวิตามินซี อาหารที่มีวิตามินซีมากได้แก่ ฝรั่ง มะขามป้อม มะเขือเทศ สตรอเบอร์รี่ ผักใบเขียว อาหารที่มีวิตามินซีน้อยหรือไม่มีเลย ได้แก่ ข้าว เนื้อสัตว์ นม เป็นต้น ปริมาณวิตามินซีในอาหารประเภทผักและผลไม้จะขึ้นอยู่กับฤดูกาล การเพาะปลูก สถานที่ปลูก การเก็บเกี่ยว และการหุงต้ม (กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, 2544)

2.6.4 สารต้านอนุมูลอิสระ

อนุมูลอิสระ (free radicals) คือ โมเลกุลที่ไม่เสถียรเนื่องจากขาดอิเล็กตรอนไป 1 ตัว ปกติแร่ธาตุทั้งหลายในร่างกายของเราจะมีอิเล็กตรอนอยู่วงรอบเป็นจำนวนคู่ซึ่งทำให้โมเลกุลนั้นไม่มั่นคง ตัวอย่างของอนุมูลอิสระได้แก่

O_2^- Superoxide anion (อนุมูลซูเปอร์ออกไซด์)

OH- Hydroxyl radical (อนุมูลไฮดรอกซิล)

ROO Peroxy radical (อนุมูลเปอร์ออกซี)

H_2O_2 Hydrogen Peroxide (ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์)

นอกจากนี้ก็ยังอีกมาก อนุมูลอิสระจึงเป็นสารพิษต่อเซลล์ร่างกาย ถ้ามีมากในเซลล์ก็เป็นอันตรายได้โดยจะทำลาย DNA เยื่อหุ้มเซลล์ และอื่นๆ แต่เซลล์ร่างกายพวกเม็ดเลือดขาวก็

ใช้สารพวกนี้กำจัดแบคทีเรียหลังจากที่เซลล์แบคทีเรียเข้าไปในตัวแล้ว อนุมูลอิสระเชื่อว่ามีผลต่อการอักเสบและทำลายเนื้อเยื่อระยะสั้น ในระยะยาวอาจมีผลต่อความเสื่อมหรือการแก่ของเซลล์ และอาจเป็นสารก่อมะเร็ง โรคหัวใจ และ ต้อกระจก อนุมูลอิสระมีที่มาจากแหล่งภายนอกในร่างกาย ได้แก่ มลพิษในอากาศ โอโซน ไนโตรสออกไซด์ ไนโตรเจนไดออกไซด์ เป็นต้น และแหล่งภายในร่างกาย ได้แก่ ออกซิเจน เป็นต้น (มุกดา, 2527) ร่างกายก็มีกลไกที่จะกำจัดอนุมูลอิสระเหล่านี้ได้ 2 วิธี คือเอนไซม์ต่างๆในร่างกายเช่น superoxide dismutase (SOD) และไม่ใช่เอนไซม์ได้แก่ วิตามินอี เบต้าแคโรทีน และวิตามินซี เนื่องจากมีผู้สังเกตว่าเอนไซม์ ต่างๆที่ใช้กำจัดอนุมูลอิสระ เช่น SOD มีได้จำกัด แต่สารที่เราสามารถรับประทานเสริมได้แก่ วิตามินอี วิตามินซี เบต้าแคโรทีน ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระหรือมีอีกชื่อว่า antioxidant เนื่องจากเบต้าแคโรทีนมีมากในผักและผลไม้บางชนิด จึงมีการสนับสนุนให้มีการบริโภคสิ่งเหล่านี้มากขึ้น โดยมีความเชื่อว่าอาจลดการก่อมะเร็ง ลดการเป็นโรคหัวใจขาดเลือดและโรคอื่นๆ สารต้านอนุมูลอิสระน่าจะมีส่วนต่อร่างกาย และอาจลดมะเร็งต่างๆและลดอุบัติการณ์โรคหัวใจขาดเลือดได้จริง แต่กลับพบว่าฤทธิ์เด่นชัดกลับอยู่ในรูปของผักสดและผลไม้มากกว่าสารสกัดหรือตัววิตามินโดยตรง ดังนั้น การรับประทานผักสดและผลไม้จึงเป็นสิ่งที่ทำได้ไม่ยาก และมีผลดีต่อสุขภาพอย่างแท้จริง (วิลรัตน์, 2543)

2.7 สารต้านอนุมูลอิสระกับโรคและภาวะต่าง ๆ

2.7.1 โรคหลอดเลือดหัวใจอุดตัน

เนื่องจากโรคหลอดเลือดหัวใจอุดตันเกิดขึ้นจากขบวนการเปอร็อกซิเดชันของไขมันโดยมีการสร้าง โฟมเซลล์ขึ้นที่ชั้นในของหลอดเลือดแดง ทำให้ชั้นในของหลอดเลือดแดงหนาตัวขึ้นเรื่อยๆในที่สุดเกิดเป็นโรคหลอดเลือดหัวใจอุดตัน สารอาหารต้านอนุมูลอิสระ(วิตามินอี วิตามินซี เบต้าแคโรทีน) สามารถชะลอการเกิดขบวนการเหล่านี้ได้ โดยพบว่าวิตามินอีจะช่วยลดการเกาะตัวของไขมันกับผนังชั้นในของหลอดเลือด เมื่อคนมีอายุมากขึ้นระดับวิตามินอีในเกล็ดเลือดจะต่ำลง ทำให้มีการเกาะตัวของเกล็ดเลือดเพิ่มขึ้น ซึ่งอาจมีผลทำให้เกิดโรคหลอดเลือดหัวใจอุดตันและยังพบว่าวิตามินซีจะทำให้มีการเพิ่มขึ้นของเฮพดีแอลโคเลสเตอรอล ซึ่งเป็นโคเลสเตอรอลที่ดี นอกจากนั้นจากงานวิจัยบางแห่งพบว่าเบต้าแคโรทีนสามารถช่วยลดอุบัติการณ์ของการเกิดโรคกล้ามเนื้อหัวใจตายได้

2.7.2 โรคมะเร็ง

อนุมูลอิสระเป็นตัวการสำคัญในการทำให้เกิดมะเร็งและทำให้เซลล์มะเร็งเจริญเติบโตมากขึ้น โดยทำให้เกิดการแตกของโครโมโซมและทำลายดีเอ็นเอ นอกจากนั้นโรคที่มีการอักเสบเรื้อรังจาก อนุมูลอิสระจะสามารถทำให้เกิดมะเร็งตามมาได้ สารต้านอนุมูลอิสระหลายตัวพบว่ามีคุณสมบัติเป็นตัวต่อต้านการเกิดมะเร็ง เนื่องจากสารเหล่านี้ช่วยป้องกันดีเอ็นเอไม่ให้ถูกทำลาย และยังทำให้ภูมิคุ้มกันต้านทานดีขึ้นอีกด้วย วิตามินอีและวิตามินซี สามารถยับยั้งการเกิดการผ่าเหล่า

(mutation) ของเซลล์และสามารถยับยั้งการสร้างสารไนโตรซามีนที่เกิดจากอาหาร ควันบูห์รี ในเตรทและไนโตรท์ ส่วนเบต้าคาโรทีนสามารถป้องกันการเกิดมะเร็งอันเนื่องมาจากแสงยูวี

2.7.3 โรคต่อกระดูก

มีรายงานพบว่าในผู้ที่เป็โรคต่อกระดูกมีระดับของวิตามินซี วิตามินอีและคาร์โรทีนอยด์ในเลือดต่ำกว่าผู้ที่ไม่เป็นโรคต่อกระดูกและยังพบว่าเลนส์มีระดับของวิตามินซีและกลูต้าไทโอน (glutathione) ต่ำ ดังนั้นวิตามินซีและวิตามินอีจะช่วยป้องกันหรือยืดระยะเวลาของการเกิดโรคนี้

2.7.4 ภูมิต้านทานโรคติดเชื้อ

จากงานวิจัยพบว่าเบต้าคาโรทีนและวิตามินอีสามารถทำให้ภูมิต้านทานโรคดีขึ้น เนื่องจากเบต้า-คาโรทีนจะทำให้จำนวนของ T4 lymphocyte เพิ่มขึ้น และพบว่าในผู้สูงอายุที่มีระดับของพลาสมาวิตามินอีสูงจะมีโอกาสเกิดโรคติดเชื้อต่ำกว่าคนที่มึระดับวิตามินอีต่ำ เป็นต้น

2.7.5 ความแก่ชรา

ได้มีผู้ตั้งทฤษฎีเกี่ยวกับอนุมูลอิสระกับความแก่ชราว่า การเสื่อมสลายของเซลล์ที่เกิดในภาวะ ความแก่ชรานั้นเกิดจากการกระทำของอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นจากกระบวนการเมตาโบลิซึม โดยพบว่าเซลล์มีการตายไปมากกว่าการแบ่งตัวเพื่อเพิ่มปริมาณ ในปัจจุบันเริ่มมีความเชื่อว่าสารอาหารบางชนิดสามารถช่วยชะลอความชราได้ เช่น วิตามินอี วิตามินซี เบต้า-คาโรทีน กรดยูริค เซเลเนียม เป็นต้น ซึ่งยังไม่มีใครทราบชัดเจนยังคงต้องค้นคว้าวิจัยต่อไปอีกมาก

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สับปะรดจัดเป็นผลไม้ประเภท non-climacteric มีอัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีนในปริมาณต่ำ (Biale and Young, 1985) จึงควรเก็บเกี่ยวเมื่อผลบิบุรณ์พร้อมที่จะบริโภค เพราะหลังการเก็บเกี่ยวสับปะรดจะไม่มีการพัฒนากระดับความบิบุรณ์ (maturity) ให้เพิ่มมากขึ้น ผลสับปะรดควรมีปริมาณ soluble solid (SS) อย่างน้อยร้อยละ 12 และปริมาณกรดไม่เกินร้อยละ 1 จึงจะมีรสชาติเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค (Kader, 1996) การกำหนดความบิบุรณ์ของสับปะรดทำได้หลายวิธี แต่วิธีทั่วไปที่นิยมใช้กัน คือ การกำหนดจากสีของเปลือกสับปะรดเนื่องจากเป็นวิธีที่ง่าย สะดวก และเหมาะสมสำหรับสับปะรดที่ปลูกในเขตร้อนซึ่งมีสภาพภูมิอากาศเหมือนกันตลอดทั้งปี (Abd Shukor และคณะ, 1998)

สับปะรดเป็นผลไม้ที่อุดมไปด้วยสารอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย องค์ประกอบภายในของเนื้อมากกว่าร้อยละ 80 ของน้ำหนักสดคือน้ำ และในเนื้อสับปะรดยังประกอบไปด้วยวิตามิน เช่น ในอาซิน ไทเอมีน วิตามินบี 6 วิตามินซี กรดโฟลิก และ วิตามินเอ ในส่วนของสารอาหารสำคัญอื่นๆ ได้แก่ กรดซิตริก เบต้าแคโรทีน น้ำตาลซูโครส กลูโคส และ ฟรุคโตส นอกจากนั้น สับปะรดยังเป็นแหล่งใยอาหาร (fiber) ที่สำคัญอีกด้วย (Dull, 1971) อย่างไรก็ตาม คุณค่าทางอาหารรวมไปถึงองค์ประกอบทางเคมีของสับปะรดที่ต่างพันธุ์กันย่อมมีความแตกต่างกัน เช่น ปริมาณกรดแอสคอบิกในสับปะรดพันธุ์ Queen, Red Spanish และ Cayenne

เป็น 34 29 และ 20 mg/100 ml ตามลำดับ (Kerns และคณะ, 1963) ซึ่งความแตกต่างทั้งชนิดและปริมาณของสารประกอบต่างๆภายใน ส่งผลให้สับปะรดแต่ละพันธุ์มีคุณสมบัติต่างกัน

ในผลสับปะรดน้ำหนักแห้ง 100 กรัมประกอบไปด้วย phytoestrogens 38 ไมโครกรัม isoflavones 21 ไมโครกรัมและ lignans 17 ไมโครกรัม (Kuhnle และ คณะ 2009) ในปี ค.ศ 2004 Hernandez และคณะได้ทำการทดสอบเกี่ยวกับผลของอาหารที่มี phytoestrogens ต่อความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งปากมดลูกระยะเริ่มต้น แต่ไม่พบความสัมพันธ์กับการบริโภคสับปะรดติดต่อกันในช่วงระยะเวลา 1 ปีของการเก็บข้อมูลในอาสาสมัคร(Hernandez และ คณะ 2004) มีรายงานถึงฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ เนื่องมาจากปริมาณวิตามินซี สารประกอบฟีนอลิก และฟลาโวนอยด์ในผล(Garder และ คณะ 2000, Mhatre และ คณะ 2009) โดยในผลสด 100 กรัมพบสารประกอบฟีนอลิก 48 ± 7.1 มิลลิกรัม และมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ อย่างอ่อนๆ จากการทดสอบด้วยวิธี ABTS และ DPPH เทียบกับ trolox (Reddy และ คณะ 2010) น้ำคั้นสับปะรดมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ แต่น้อยกว่าน้ำส้มคั้นและน้ำคั้นมะม่วง (Swatsitang 2000) สารสำคัญที่อยู่ในสับปะรดคือ โบรมิเลน เป็นเอนไซม์ชนิดหนึ่งที่สามารถย่อยโปรตีนได้ (Roxas 2008) พบว่า การให้เอนไซม์โบรมิเลนที่ระดับความเข้มข้น 10-100 ไมโครกรัมต่อ มิลลิลิตรแก่ผู้ทดสอบจำนวน 7 วัน เป็นผลทำให้ผู้ทดสอบมีภูมิคุ้มกันในร่างกายเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (Barth และ คณะ 2005) นอกจากนี้ยังมีรายงานว่า การให้เอนไซม์โบรมิเลนในปริมาณสูง (1-2.4 กรัมต่อวัน) ช่วยรักษามะเร็งบางชนิด เช่น มะเร็งเต้านมและมะเร็งรังไข่ได้ (Eckert และ คณะ 1999) ยังมีงานวิจัยทางคลินิกที่ศึกษาในผู้ป่วยมะเร็งเต้านมและอาสาสมัครสุขภาพดีแสดงให้เห็นว่าการให้เอนไซม์โบรมิเลนช่วยกระตุ้นให้เกิดการทำลายเซลล์มะเร็ง นอกจากนี้ก็มีการใช้เอนไซม์ชนิดนี้ในการรักษาการอักเสบของโรคผิวหนัง (Engwerda และ คณะ 2001)

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 การเตรียมสับปะรด

กำหนดพื้นที่เก็บตัวอย่างสับปะรดพันธุ์ต่างๆ และติดต่อประสานงานเพื่อจัดซื้อสับปะรดในแต่ละภูมิภาคของประเทศไทยดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3-1 ชนิดพันธุ์ของสับปะรดแบ่งแยกตามพื้นที่ศึกษาในแต่ละจังหวัด (อ้างอิงตามปริมาณการผลิต*)

พื้นที่ศึกษา	พันธุ์			
	ปัตตาเวีย	ภูเก็ต	นางแล	ภูแล
ประจวบคีรีขันธ์	/	×	×	×
ระยอง	/	/	×	×
ราชบุรี	/	×	×	×
ชลบุรี	/	×	×	×
เพชรบุรี	/	×	×	×
อุทัยธานี	/	×	×	×
กาญจนบุรี	/	×	×	×
ลำปาง	/	×	×	×
ตราด	/	/	×	×
หนองคาย	/	×	×	×
เชียงราย	×	×	/	/
อุดรธานี	/	×	×	×
ภูเก็ต	×	/	×	×

* รายงานสถานการณ์การผลิตสับปะรด 2549 (สำนักงานเกษตรจังหวัดลำปาง, 2551)

/ หมายถึง พันธุ์ที่มีการผลิตเพื่อทางการค้าในจังหวัด

×

เก็บเกี่ยวและขนส่งผลสับปะรดพันธุ์นางแลและภูแลที่ผลิตในเขตพื้นที่จังหวัดเชียงราย พันธุ์ปัตตาเวียจากจังหวัด ลำปาง อุดรธานี หนองคาย อุทัยธานี กาญจนบุรี ราชบุรี เพชรบุรี และ พันธุ์ภูเก็ตจากจังหวัดระยอง ตราด ภูเก็ต ในระหว่างเดือนตุลาคมถึงเดือนพฤศจิกายน 2551 โดยในแต่ละพื้นที่จังหวัดสุ่มเก็บจำนวนพันธุ์ละ 20 ผล โดยคัดเลือกผลที่สมบูรณ์ ปราศจาก

บาดแผล ต่ำหนีจากโรคและแมลง มีขนาดผลรูปร่างและความบริบูรณ์ใกล้เคียงกัน โดยทำการทดลองทั้งหมด 4 ซ้ำ ซ้ำละ 5 ผล เก็บเกี่ยวผลสับปะรดตามดัชนีเก็บเกี่ยวเพื่อทางการค้า (Commercial maturity index) คัดเลือกผลสับปะรดที่เปลือกมีสีเหลืองอยู่ระหว่างร้อยละ 20-40 ของผล มีผลสมบูรณ์ ปราศจากบาดแผล ต่ำหนีจากโรคและแมลง ขนส่งโดยรถโดยสารมาที่ห้องปฏิบัติการหลังการเก็บเกี่ยวมหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง นำสับปะรดมาล้างและทำความสะอาดผล ตรวจสอบคุณภาพเพื่อเป็นดัชนีชี้วัดความบริบูรณ์ของผลสับปะรด จากนั้นเก็บตัวอย่างโดยหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ นำเนื้อสับปะรดไปแช่ในไนโตรเจนเหลว เก็บตัวอย่างไว้ที่อุณหภูมิ -30°C เพื่อทำการวิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญและฤทธิ์การต้านออกซิเดชัน

3.2 การวิเคราะห์ลักษณะกายภาพและองค์ประกอบทางเคมี

3.2.1 ค่าสีของเนื้อและเปลือก

วัดด้วยเครื่องวัดสี (Minolta Model DP-301) บันทึกค่าที่ได้เป็นค่าในระบบ Hunter scale และค่า L

- ค่า Hue angle (Ho) เป็นค่าที่รายงานถึงการเปลี่ยนแปลงของโทนสีในระดับต่างๆ ที่เปลี่ยนไปตามค่ามุม ซึ่งคำนวณได้จากสูตร

Hue angle (Ho) = $\tan^{-1}(b/a)$ เมื่อค่า $a > 0$ และ $b \geq 0$

Hue angle (Ho) = $180^{\circ} + \tan^{-1}(b/a)$ เมื่อค่า $a < 0$

Hue angle (Ho) = $360^{\circ} + \tan^{-1}(b/a)$ เมื่อค่า $a > 0$ และ $b < 0$

- ค่า L เป็นค่าที่รายงานถึงความสว่างของสี มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 100 ถ้าค่า L สูง หมายถึงมีความสว่างมาก แต่ถ้าค่า L ต่ำ หมายถึง มีสีเข้มมาก

3.2.2 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)

วัด pH ของน้ำคั้นจากเนื้อสับปะรดทั้งผล โดยใช้ pH meter

3.2.3 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (Total Soluble Solids; TSS)

ใช้น้ำคั้นจากเนื้อสับปะรดหยดลงบน hand refractometer อ่านค่าและรายงานผลในหน่วยเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

3.2.4 ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริก (titratable acidity; TA)

ไทเทรตน้ำคั้นจากเนื้อสับปะรดจำนวน 5 ml ด้วยสารละลายด่างมาตรฐาน NaOH ความเข้มข้น 0.1 N โดยใช้ phenolphthalein ความเข้มข้นร้อยละ 1 จำนวน 1-2 หยด เป็น indicator ไทเทรตจนกระทั่งถึงจุด end point คือจุดที่สารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพู จากนั้นนำค่าปริมาตรสารละลายด่างมาตรฐาน NaOH ที่ใช้ไป มาคำนวณหาปริมาณกรดในรูปของเปอร์เซ็นต์กรดซิตริก จากสูตร

$$\% \text{ citric acid} = \frac{(\text{ml NaOH}) (\text{N NaOH}) (\text{meq.wt of citric acid}) \times 100}{\text{ml of sample}}$$

ml NaOH คือ ปริมาตร (ml) ของ NaOH ที่ใช้ในการไทเทรต

N NaOH คือ Normality ของสารละลายต่างมาตรฐาน (0.1 N)

meq.wt of citric acid คือ 0.06404

3.3 การวิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญและฤทธิ์การต้านออกซิเดชัน

3.3.1 ปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมด (Folin-Ciocalteu methods)

ปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดวิเคราะห์โดยใช้วิธีของ Folin-Ciocalteu โดย Singleton และคณะ (1999) น้ำคั้นสับปะรด 1 มิลลิลิตร ผสมกับ 5 มิลลิลิตรของสาร Folin-Ciocalteu (เจือจาง 100 เท่า) จากนั้นเติมร้อยละ 20 โซเดียมคาร์บอเนต 4 มิลลิลิตร ทิ้งไว้เกิดปฏิกิริยาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 ชั่วโมง วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 760 nm รายงานผลการทดสอบเป็น mgGAE/100g FW

3.3.2 ปริมาณวิตามินซี (HPLC method)

ปริมาณวิตามินซีวิเคราะห์โดยใช้เครื่อง High performance liquid chromatography (HPLC) วิเคราะห์โดยดัดแปลงจากวิธีของ Leong and Shui (2002) เติม 3% metaphosphoric acid 18 มิลลิลิตรในเนื้อสับปะรด 2 กรัมนำไป homogenize หลังจากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 1500 rpm เป็นเวลา 15 นาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นำตัวอย่างไปกรองด้วย Millipore membrane (0.2 µm) และฉีดเข้าเครื่อง HPLC โดยใช้คอลัมน์ชนิด C18 (250*4.6 mm) ใช้ 3 mM KH₂PO₄ ในร้อยละ 0.35 ortho-phosphoric acid เป็น mobile phase ใช้อัตราการไหล 1.0 มิลลิลิตร/นาที ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ตรวจวัดที่ความยาวคลื่น 248 nm วิเคราะห์คุณภาพโดยเทียบ spectrum กับวิตามินซีมาตรฐานดังนี้ นำสารละลายมาตรฐาน ascorbic acid เข้มข้น 5, 10, 20, 40, 80, 100 และ 200 ppm มาตรวจวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC จากนั้นใช้ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์สร้างกราฟมาตรฐานโดยพล็อตระหว่างพื้นที่ใต้กราฟ (peak area) กับความเข้มข้น หาปริมาณโดยวิธี external standard method รายงานผลในหน่วย mg/100g

3.3.3 ปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมด

ปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดวิเคราะห์โดยดัดแปลงวิธีของ Desobry และคณะ (1997) เนื้อสับปะรดสด 0.5 กรัม เติมน้ำกลั่น 2.5 มิลลิลิตรและร้อยละ 95 hexane 25 มิลลิลิตร นำไป homogenize เป็นเวลา 1 นาที แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงที่ 500 rpm เป็นเวลา 30 นาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นนำมาวิเคราะห์ด้วย Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 450 nm โดยเทียบกับค่า β-carotene มาตรฐาน รายงานผลในหน่วย µg β-carotene/100g FW

3.3.4 DPPH radical scavenging activity

DPPH radical scavenging activity วิเคราะห์โดยดัดแปลงวิธีของ Blois (1997) สารสกัดสับปะรด 2 มิลลิลิตรทำปฏิกิริยากับ DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) 60 μ M ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาทีในที่มืด จากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 517 nm โดยใช้เมทานอลเป็น blank คำนวณร้อยละ Inhibition รายงานค่า DPPH radical scavenging activity โดยเทียบกับ Trolox มาตรฐาน รายงานผลในหน่วย mol TE/100g FW

3.3.5 Ferric reducing antioxidant power

Ferric reducing antioxidant power วิเคราะห์ตามวิธีของ Benzie และ Strain (1996) สารสกัดสับปะรด 1 มิลลิลิตร ผสมกับ 2.5 มิลลิลิตร ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ (0.2 M, pH 6.6) และร้อยละ 1 potassium hexacyanoferrate 2.5 มิลลิลิตร ภายหลังทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที เติมร้อยละ 10 TCA และปั่นเหวี่ยง ดูดสารละลายชั้นบน ผสมกับ 2.5 มิลลิลิตร น้ำกลั่น 2.5 มิลลิลิตร และร้อยละ 1 FeCl_3 0.5 มิลลิลิตร จากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 700 nm เทียบกับวิตามินซีมาตรฐาน รายงานผลค่า reducing power activity ในหน่วย mol AAE /100g FW

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบ Completely randomized design (CRD) ทำการทดลองทั้งหมด 4 ซ้ำ ซ้ำละ 5 ผล เปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติสารออกฤทธิ์สำคัญของสับปะรดในแต่ละพื้นที่ผลิตและในแต่ละพันธุ์โดยใช้โปรแกรม SAS เวอร์ชัน 8.0

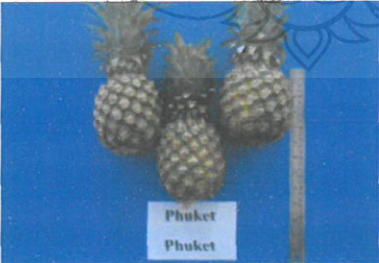
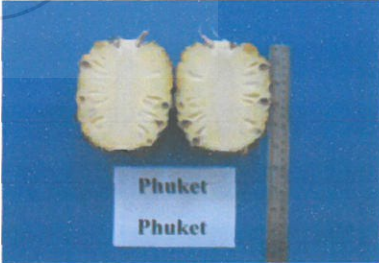
บทที่ 4

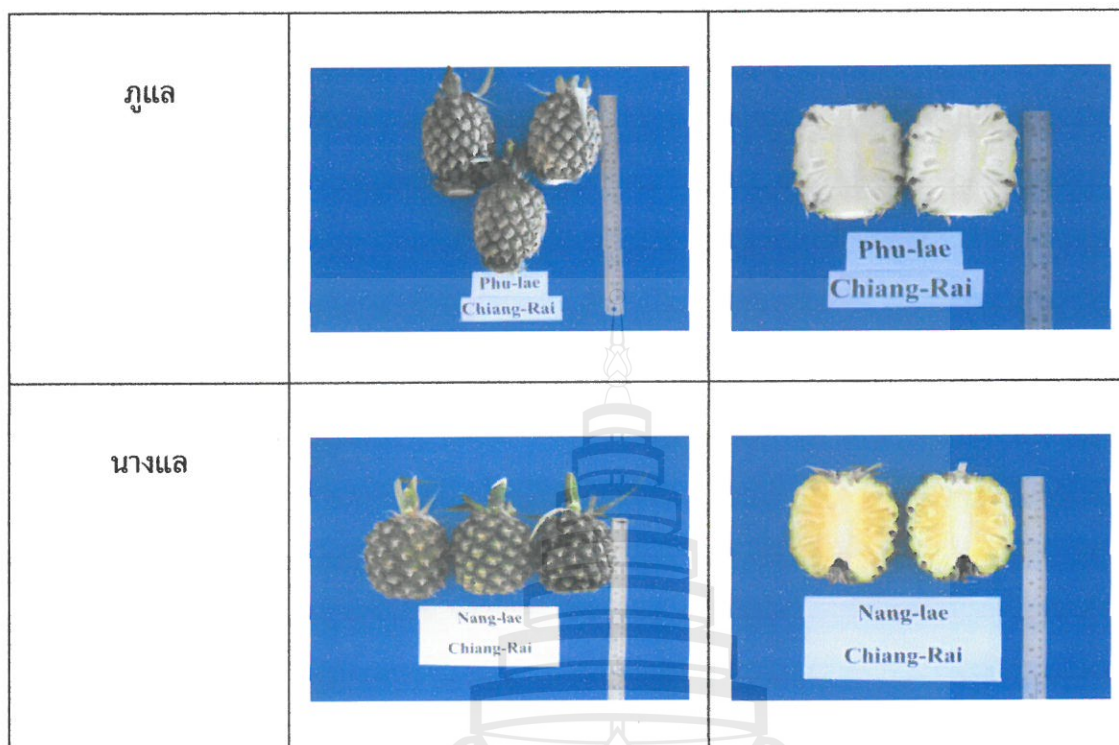
ผลการศึกษาวิจัยและวิจารณ์

4.1 ลักษณะทางกายภาพ

ตารางที่ 4-1 และ 4-2 แสดงลักษณะทางกายภาพและค่าสีเปลือกและค่าของสีเนื้อใน สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียและพันธุ์ภูเก็ตจากแหล่งปลูกต่างๆ และสับปะรดพันธุ์นางแลและพันธุ์ภูแลจากแหล่งปลูกในประเทศ ค่าสีเปลือกซึ่งรายงานผลในรูปของ Hue angle มีความแปรปรวนไปตามพันธุ์และพื้นที่ปลูก คือมีค่าอยู่ระหว่าง 65.62-90.09 สับปะรดพันธุ์ ปัตตาเวีย ภูเก็ต ภูแล และนางแลมีค่าสีเปลือกเฉลี่ย 81.17, 71.33, 77.88 และ 89.82 ตามลำดับ ค่าของสีเนื้อ รายงานในค่า L^* มีความแปรปรวนไปตามพันธุ์และพื้นที่ปลูก คือมีค่าอยู่ระหว่าง 35.65-73.83 สับปะรดพันธุ์ ปัตตาเวีย ภูเก็ต ภูแล และนางแลมีค่าสีเนื้อเฉลี่ย 57.12, 68.53, 60.55 และ 50.10 ตามลำดับ

ตารางที่ 4-1 ลักษณะทางกายภาพของสับปะรดแต่ละพันธุ์

พันธุ์	ลักษณะทางกายภาพ	
ปัตตาเวีย		
ภูเก็ต		



4.2 องค์ประกอบทางเคมี

ตารางที่ 4-3 แสดงลักษณะองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ TSS, TA, TSS:TA และ pH ของสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย ภูเก็ต นางแล และภูแลในแต่ละพื้นที่ผลิตดังนี้ ปริมาณ TSS, TA, TSS:TA และ pH ในผลสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียและพันธุ์ภูเก็ตจากแหล่งปลูกต่างๆ และสับปะรดพันธุ์นางแลและพันธุ์ภูแลจากแหล่งปลูกในประเทศ จากการศึกษาพบว่า TSS มีค่านี้อยู่ระหว่างร้อยละ 13.97 ถึง 35.52 สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย ภูเก็ต ภูแล และนางแลมีค่า TSS เฉลี่ย 13.58, 13.60, 14.45 และ 13.09 ตามลำดับ ปริมาณ TA มีค่านี้อยู่ระหว่างร้อยละ 0.42 ถึง 0.95 สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย ภูเก็ต ภูแล และนางแลมีค่า TA เฉลี่ย 0.61, 0.66, 0.65 และ 0.65 ตามลำดับ ปริมาณ TSS:TA มีค่านี้อยู่ระหว่างร้อยละ 13.97 ถึง 35.52 สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย ภูเก็ต ภูแล และนางแลมีค่า TSS:TA เฉลี่ย 24.69, 21.79, 22.60 และ 21.46 ตามลำดับ ปริมาณ pH มีค่านี้อยู่ระหว่างร้อยละ 3.40 ถึง 4.68 สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย ภูเก็ต ภูแล และนางแลมีค่า pH เฉลี่ย 3.96, 4.10, 3.55 และ 4.57 ตามลำดับ จากการทดลองพบว่าค่าสีเปลือก สีเนื้อ TSS TA TSS: TA และ pH ในสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียและพันธุ์ภูเก็ตจากแหล่งปลูกต่างๆ และสับปะรดพันธุ์นางแลและพันธุ์ภูแลจากแหล่งปลูกในจังหวัดเชียงรายมีความแตกต่างกันไปตามพันธุ์และในแต่ละพื้นที่ผลิต ซึ่งจะเห็นว่านอกจากพันธุ์แล้ว ภูมิศาสตร์ สภาพอากาศ วิธีการปลูก ความสมบูรณ์ของผล ก็อาจเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ลักษณะและคุณภาพในผลสับปะรดมีความแตกต่างกัน ซึ่งมีผลสอดคล้องกับงานของ Gortner และคณะ (1967) พบว่า

ความแปรปรวนขององค์ประกอบทางเคมีในสับปะรดสุกขึ้นอยู่กับ ระยะการสุก สภาพภูมิอากาศ และปัจจัยทางด้านสิ่งแวดล้อม

4.3 สารออกฤทธิ์สำคัญทางชีวภาพ

ปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดในผลสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียและพันธุ์ภูเก็ตจากแหล่งปลูกต่าง ๆ และสับปะรดพันธุ์นางแลและพันธุ์ภูเก็ตจากแหล่งปลูกในประเทศดังแสดงตารางที่ 4-4 จากการศึกษาพบว่าโพลีฟีนอลทั้งหมดมีปริมาณแตกต่างกันไปตามพันธุ์และพื้นที่ปลูก คือมีค่าอยู่ระหว่าง 8.20 ถึง 34.11 mg galic acid (GAE)/100g fresh weight (FW) สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียจากจังหวัดราชบุรีมีปริมาณสูงกว่าสับปะรดจากแหล่งอื่น คือมีปริมาณ 34.11 mg GAE/100g FW พันธุ์ภูเก็ตจากจังหวัดภูเก็ตมีปริมาณสูงกว่าสับปะรดจากแหล่งอื่น คือมีปริมาณ 29.78 mg GAE/100g FW รองลงมาได้แก่ สับปะรดพันธุ์ภูเก็ตแลมีปริมาณ 26.19 mg GAE/100g FW และพันธุ์นางแลมีปริมาณ 20.25 mg GAE/100g FW จากรายงานของ Kahkonen และคณะ (1999) พบว่าสารฟีนอลิกมีคุณสมบัติการต้านออกซิเดชันซึ่งอยู่ในรูปของกรดฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ ปริมาณฟีนอลิกในสับปะรดพันธุ์สายน้ำผึ้งอยู่ระหว่าง 34.7 ถึง 54.7 mg GAE/100 ml ของสารสกัด (Alothman และคณะ, 2009)

ปริมาณวิตามินซีในผลสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียและพันธุ์ภูเก็ตจากแหล่งปลูกต่าง ๆ และสับปะรดพันธุ์นางแลและพันธุ์ภูเก็ตจากแหล่งปลูกในประเทศ ดังแสดงตารางที่ 4-4 จากการศึกษาพบว่าวิตามินซีมีปริมาณแตกต่างกันไปตามพันธุ์และพื้นที่ปลูก คือมีค่าอยู่ระหว่าง 3.46 ถึง 19.60 mg/100g FW สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียจากจังหวัดหนองคายมีปริมาณสูงกว่าสับปะรดจากแหล่งอื่น คือมีปริมาณ 9.19 mg/100g FW สับปะรดพันธุ์ภูเก็ตจากจังหวัดภูเก็ตมีปริมาณสูงกว่าสับปะรดจากแหล่งอื่น คือมีปริมาณ 19.60 ± 1.14 mg/100g FW สับปะรดพันธุ์ภูเก็ตแลมีปริมาณ 17.89 mg/100g FW และพันธุ์นางแลมีปริมาณ 6.04 mg/100g FW น้ำสับปะรดประกอบด้วยวิตามินซีประมาณ $4.4 \mu\text{M}$ (Gardner และคณะ, 2000) ปริมาณวิตามินซีในผักและผลไม้ขึ้นอยู่กับชนิดของพันธุ์และเนื้อเยื่อ จากการทดลองปริมาณวิตามินซีในสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียและพันธุ์ภูเก็ตจากแหล่งปลูกต่าง ๆ และสับปะรดพันธุ์นางแลและพันธุ์ภูเก็ตจากแหล่งปลูกในจังหวัดเชียงรายมีความแตกต่างกันไปตามพันธุ์และในแต่ละพื้นที่ผลิต ซึ่งสอดคล้องกับงานของ Klein และคณะ (1982) รายงานว่าสภาพภูมิอากาศรวมทั้งอุณหภูมิเฉลี่ยและแสงมีอิทธิพลต่อองค์ประกอบทางเคมีของพืชสวน

ปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดในผลสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียและพันธุ์ภูเก็ตจากแหล่งปลูกต่าง ๆ และสับปะรดพันธุ์นางแลและพันธุ์ภูเก็ตจากแหล่งปลูกในประเทศ ดังแสดงตารางที่ 4-4 จากการศึกษาพบว่าแคโรทีนอยด์ทั้งหมดมีปริมาณแตกต่างกันไปตามพันธุ์และพื้นที่ปลูก คือมีค่าอยู่ระหว่าง 3.68–18.92 $\mu\text{g } \beta\text{-carotene}/100\text{g FW}$ สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียจากจังหวัดราชบุรี

มีปริมาณสูงกว่าสับปะรดจากแหล่งอื่น คือมีปริมาณ 12.27 μg β -carotene/100g FW สับปะรดพันธุ์ภูเก็ตจากจังหวัดภูเก็ตมีปริมาณสูงกว่าสับปะรดจากแหล่งอื่น คือมีปริมาณ 18.92 μg β -carotene/100g FW สับปะรดพันธุ์กล้วยแลมีปริมาณ 14.18 μg β -carotene/100g FW และพันธุ์นางแลมีปริมาณ 10.59 μg β -carotene/100g FW การทดลองพบว่าปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดในสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียและพันธุ์ภูเก็ตจากแหล่งปลูกต่างๆ และสับปะรดพันธุ์นางแลและพันธุ์กล้วยแลจากแหล่งปลูกในจังหวัดเชียงรายมีความแตกต่างกันไปตามพันธุ์และในแต่ละพื้นที่ผลิต นอกจากปัจจัยในเรื่องของพันธุ์แล้ว ปัจจัยทางด้านสภาพแวดล้อม เช่นแสงและอุณหภูมิ การเก็บเกี่ยว ตลอดจนวิธีการเพาะปลูกน่าจะเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดแตกต่างกัน ดังมีรายงานว่าปริมาณและคุณภาพปุ๋ยในดินมีผลต่อการสังเคราะห์แคโรทีนอยด์ (Gross, 1987)

4.4 ฤทธิ์การต้านออกซิเดชัน

ฤทธิ์การต้านออกซิเดชันวิเคราะห์ด้วยวิธี DPPH และ FRAP ในผลสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียและพันธุ์ภูเก็ตจากแหล่งปลูกต่างๆ และสับปะรดพันธุ์นางแลและพันธุ์กล้วยแลจากแหล่งปลูกในประเทศดังแสดงตารางที่ 4-5 จากการศึกษาพบว่าฤทธิ์การต้านออกซิเดชันมีปริมาณแตกต่างกันไปตามพันธุ์และพื้นที่ปลูก คือมีค่าอยู่ระหว่าง 97.15 ถึง 158.46 mol TE/100 g FW สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียจากจังหวัดหนองคายมีปริมาณสูงกว่าสับปะรดจากแหล่งอื่น คือมีปริมาณ 150.60 mol TE/100g FW สับปะรดพันธุ์ภูเก็ตจากจังหวัดภูเก็ตมีปริมาณสูงกว่าสับปะรดจากแหล่งอื่น คือมีปริมาณ 158.46 mol TE/100g FW สับปะรดพันธุ์กล้วยแลมีปริมาณ 118.17 mol TE/100g FW และพันธุ์นางแลมีปริมาณ 152.93 mol TE/100g FW ปริมาณฤทธิ์การต้านออกซิเดชันที่วิเคราะห์ด้วยวิธี FRAP ในผลสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียและพันธุ์ภูเก็ตจากแหล่งปลูกต่างๆ และสับปะรดพันธุ์นางแลและพันธุ์กล้วยแลจากแหล่งปลูกในประเทศจากการศึกษาพบว่าฤทธิ์การต้านออกซิเดชันมีความแตกต่างกันไปตามพันธุ์และพื้นที่ปลูก คือมีค่าอยู่ระหว่าง 154.92 ถึง 205.70 mol AAE/100g FW จำนวนของสารออกฤทธิ์สำคัญทางชีวภาพได้ถูกรายงานอย่างกว้างขวางในสับปะรดสายพันธุ์ต่างๆ (Hernandez และคณะ, 2006) จากการทดลองพบว่าปริมาณการต้านออกซิเดชันในสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียและพันธุ์ภูเก็ตจากแหล่งปลูกต่างๆ และสับปะรดพันธุ์นางแลและพันธุ์กล้วยแลจากแหล่งปลูกในจังหวัดเชียงรายมีความแตกต่างกันไปตามพันธุ์และในแต่ละพื้นที่ผลิต ซึ่งมีผลสอดคล้องกับงานของ Charoensiri และคณะ (2009) รายงานว่าความเข้มข้นที่แตกต่างกันอาจมีผลจากปัจจัย ชนิดของสายพันธุ์ การเปลี่ยนแปลงทางธรรมชาติของผลไม้ สภาพอากาศ ดิน ปุ๋ย ภูมิศาสตร์ของแหล่งกำเนิด และรวมถึงวิธีการสกัดตัวอย่างและวิธีการวิเคราะห์ที่แตกต่างกันมีผลต่อจำนวนสารประกอบในสับปะรด (Alothman และคณะ, 2009; Mhatre, 2009) ซึ่งจากการทดลองพบว่าวิธีการที่แตกต่างกันมี

ผลต่อฤทธิ์การต้านออกซิเดชันต่างกัน การวิเคราะห์ด้วยวิธี FRAP ให้ค่าฤทธิ์การต้านออกซิเดชันในสับปะรดพันธุ์ ปัตตาเวีย ภูเก็ต ภูเก็ต และนางแลมากกว่าวิธีการ DPPH

4.5 ค่าความสัมพันธ์

ตารางที่ 4-6 แสดงค่าความสำคัญระหว่างสารออกฤทธิ์สำคัญทางชีวภาพและสีของเปลือกและเนื้อของสับปะรดทั้ง 4 พันธุ์ ไม่พบค่าความสัมพันธ์ระหว่างสารออกฤทธิ์สำคัญทางชีวภาพและสีของเปลือกและเนื้อในสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย ในขณะที่ในสับปะรดพันธุ์ภูเก็ตพบความสัมพันธ์ระหว่างสีของเปลือกและเนื้อกับปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมด คือ 0.6817 และ 0.7833 ตามลำดับ สับปะรดพันธุ์ภูเก็ตพบค่าความสัมพันธ์ระหว่างสีของเปลือกและฤทธิ์การต้านออกซิเดชันที่วิเคราะห์ด้วยวิธี FRAP ในสับปะรดพันธุ์ภูเก็ตเท่ากับ 0.7665 ในขณะที่สีของเนื้อมีความสัมพันธ์กับปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 0.8655 สับปะรดพันธุ์นางแลพบว่ามีค่าความสัมพันธ์ระหว่างสีของเปลือกและปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 0.6957 ในขณะที่สีของเนื้อมีความสัมพันธ์ที่สูงกับฤทธิ์การต้านออกซิเดชันที่วิเคราะห์ด้วยวิธี FRAP เท่ากับ 0.8119

ตารางที่ 4-7 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างสารออกฤทธิ์สำคัญทางชีวภาพและฤทธิ์การต้านออกซิเดชันในสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียไม่พบค่าความสัมพันธ์ระหว่างสารออกฤทธิ์สำคัญทางชีวภาพและการต้านออกซิเดชัน ในขณะที่ในสับปะรดพันธุ์ภูเก็ตพบว่ามีค่าความสัมพันธ์ระหว่างฤทธิ์การต้านออกซิเดชันที่วิเคราะห์ด้วย DPPH และปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดเท่ากับ 0.6300 ในขณะที่ฤทธิ์การต้านออกซิเดชันที่วิเคราะห์ด้วย FRAP มีความสัมพันธ์กับโพลีฟีนอลทั้งหมดเท่ากับ 0.6779 ในสับปะรดพันธุ์ภูเก็ตพบว่ามีค่าความสัมพันธ์สูงระหว่างฤทธิ์การต้านออกซิเดชันที่วิเคราะห์ด้วยวิธี FRAP และปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 0.8174 สับปะรดพันธุ์นางแลพบค่าความสัมพันธ์สูงระหว่างฤทธิ์การต้านออกซิเดชันที่วิเคราะห์ด้วยวิธี DPPH และปริมาณวิตามินซีคือมีค่าเท่ากับ 0.9461 ในขณะที่ฤทธิ์การต้านออกซิเดชันที่วิเคราะห์ด้วยวิธี FRAP มีความสัมพันธ์กับปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดเท่ากับ 0.5756

ปริมาณวิตามินซีมีความสัมพันธ์กับกิจกรรม DPPH radical scavenging มากกว่า Ferric reducing antioxidant power ในสับปะรดพันธุ์นางแล แต่ในขณะที่ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดมีความสัมพันธ์กับ Ferric reducing antioxidant power มากกว่า DPPH radical scavenging ในสับปะรดพันธุ์ภูเก็ต จากผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าวิตามินซีและฟีนอลิกมีบทบาทหลักต่อกิจกรรมการต้านออกซิเดชัน ดังมีรายงานว่าปริมาณการต้านออกซิเดชันในผลของ *Actinidia* ส่งผลอย่างมากต่อระดับวิตามินซีและโพลีฟีนอล (Du และคณะ, 2009)

Table 4-2 Peel (hue) and pulp (L^*) color of the pineapple

Cultivars/Area	Peel (hue)	pulp (L^*)
<i>Pattawia</i>		
Petchaburi	89.90±0.55a	35.65±0.00g
Uttaradit	87.17±2.71ab	58.80±1.86de
Nong Khai	76.80±1.82c	62.39±2.36bcd
Prachuap Khiri Khan	87.96±3.67ab	62.29±0.99bcd
Trat	80.65±2.60b	73.58±0.94a
Rayong	90.09±2.84a	45.60±3.39f
Kanchana Buri	77.96±3.17bc	44.51±1.58f
Uthai Thani	75.56±1.27c	62.30±1.92bcd
Ratchaburi	82.39±1.53b	60.61±1.09cde
Lampang	78.77±1.29bc	68.31±2.08ab
Chon Buri	65.62±2.11e	54.31±2.12e
<i>Phuket</i>		
Rayong	72.62±0.69cd	65.68±0.79bcd
Phuket	67.21±1.50d	73.83±0.77a
Trat	74.16±1.12c	66.09±1.03bc
<i>Phulae</i>		
Chiang Rai	77.88±1.22bc	60.55±2.92cde
<i>Nanglae</i>		
Chiang Rai	89.82±0.26a	50.10±1.91ef

Values are the mean ±SE of $n = 20$ fruits. Within a column, different letters show significant differences ($P < 0.05$) among different samples.

Table 4-3 Physicochemical of the pineapple

Cultivars/Area	TSS (°Brix)	TA (%)	TSS/TA	pH
<i>Pattawia</i>				
Petchaburi	14.13±0.31 bcd	0.42±0.02f	35.52±1.99a	3.58±0.08ef
Uttaradit	15.62±1.00a	0.60±0.03de	27.60±3.16b	3.68±0.08e
Nong Khai	12.23±0.76 ef	0.71±0.05bcd	17.67±2.37fg	4.12±0.03d
Prachuap Khiri Khan	13.92±0.33 bcd	0.58±0.03e	24.73±1.55bcde	3.51±0.08fe
Trat	13.19±0.35cde	0.95±0.03a	13.97±0.41g	3.22±0.01g
Rayong	14.15±0.23 bcd	0.44±0.03f	35.37±2.18a	4.57±0.06ab
Kanchana Buri	14.54±0.24 abc	0.59±0.03e	27.31±1.63bc	3.66±0.06e
Uthai Thani	15.68±0.33 a	0.77±0.12bc	20.89±70.84def	3.44±0.01f
Ratchaburi	15.17±0.32 ab	0.45±0.22f	34.28±2.17a	4.68±0.04a
Lampang	7.97±0.35 g	0.58±0.05e	14.14±0.98g	4.48±0.08bc
Chon Buri	12.83±0.44 de	0.66±0.06cde	20.15±2.69ef	4.36±0.05c
<i>Phuket</i>				
Rayong	14.47±0.18 abc	0.56±0.03e	26.30±1.01bcd	4.38±0.01c
Phuket	11.09±0.26f	0.80±0.02b	13.97±0.29g	3.40±0.01f
Trat	15.25±0.21ab	0.6±10.01de	25.10±0.24bcd	4.52±0.00abc
<i>Phulae</i>				
Chiang Rai	14.45±0.17 abc	0.65±0.02de	22.60±0.66bcdef	3.55±0.01ef
<i>Nanglae</i>				
Chiang Rai	13.09±0.43de	0.65±0.07de	21.46±2.91cdef	4.57±0.11ab

Values are the mean ±SE of $n = 20$ fruits. Within a column, different letters show significant differences ($P < 0.05$) among different samples.

Table 4-4 Bioactive compounds of the pineapple

Varieties/Area	Total phenolic (mg GAE/100g FW)	Vitamin C (mg/100 g FW)	Total carotenoid (μ g bata-carotene/100g FW)
<i>Pattawia</i>			
Petchaburi	21.87 $\pm$ 2.59cdef	5.16 $\pm$ 1.05efg	12.86 $\pm$ 0.51bc
Uttaradit	26.34 $\pm$ 1.39bc	3.46 $\pm$ 0.44g	8.68 $\pm$ 0.54g
Nong Khai	11.88 $\pm$ 1.36gh	9.19 $\pm$ 0.13cd	5.78 $\pm$ 0.34h
Prachuap Khiri Khan	22.39 $\pm$ 1.74cdef	7.34 $\pm$ 1.40cdef	9.44 $\pm$ 0.11efg
Trat	14.84 $\pm$ 2.27g	9.78 $\pm$ 1.24c	6.31 $\pm$ 0.23h
Rayong	14.65 $\pm$ 0.78g	6.40 $\pm$ 0.92defg	3.68 $\pm$ 0.43i
Kanchana Buri	15.79 $\pm$ 2.65g	7.84 $\pm$ 1.27cde	9.14 $\pm$ 0.62fg
Uthai Thani	26.52 $\pm$ 1.96bc	7.33 $\pm$ 0.39cdef	11.16 $\pm$ 0.91cde
Ratchaburi	34.11 $\pm$ 0.78a	4.58 $\pm$ 0.92fg	12.27 $\pm$ 0.58cd
Lampang	8.20 $\pm$ 1.09h	8.45 $\pm$ 1.31cd	9.70 $\pm$ 0.33efg
Chon Buri	20.83 $\pm$ 1.22fe	6.22 $\pm$ 0.11defg	12.08 $\pm$ 0.79cd
<i>Phuket</i>			
Rayong	25.42 $\pm$ 1.17bcde	15.5 $\pm$ 1.25b	14.09 $\pm$ 0.76b
Phuket	29.78 $\pm$ 0.26ab	19.60 $\pm$ 1.14a	18.92 $\pm$ 0.55a
Trat	21.38 $\pm$ 0.99def	15.37 $\pm$ 1.40b	11.45 $\pm$ 0.59cd
<i>Phulae</i>			
Chiang Rai	26.19 $\pm$ 0.50bcd	17.89 $\pm$ 0.59ab	14.18 $\pm$ 0.32b
<i>Nanglae</i>			
Chiang Rai	20.25 $\pm$ 1.19f	6.04 $\pm$ 0.66defg	10.59 $\pm$ 0.71def

Values are the mean $\pm$ SD of $n = 20$ fruits. Within a column, different letters show significant differences ($P < 0.05$) among different samples.

Table 4-5 Antioxidant activities of the pineapple

Varieties/Area	DPPH (mol TE/100g FW)	FRAP (mol AAE /100g FW)
<i>Pattawia</i>		
Petchaburi	134.30±9.87ab	159.71±4.57cd
Uttaradit	108.04±5.07bcd	167.44±2.60cd
Nong Khai	150.60±9.30a	154.92±1.91d
Prachuap Khiri Khan	120.32±8.30bcd	163.83±3.10cd
Trat	134.30±9.80ab	159.79±5.81cd
Rayong	121.25±6.13bcd	163.56±4.22cd
Kanchana Buri	114.69±3.95bcd	165.49±2.50cd
Uthai Thani	103.79±3.12cd	168.69±3.22cd
Ratchaburi	129.85±2.46abc	161.03±3.86cd
Lampang	97.15±18.84d	170.65±6.28cb
Chon Buri	131.89±3.36abc	160.42±3.00cd
<i>Phuket</i>		
Rayong	131.31±7.81abc	174.01±2.55bc
Phuket	158.46±10.80a	166.02±2.17cd
Trat	100.07±8.38d	183.20±4.54b
<i>Phulae</i>		
Chiang Rai	118.17±8.20bcd	165.28±2.03cd
<i>Nanglae</i>		
Chiang Rai	152.93±10.50a	205.70±9.15a

Values are the mean ±SD of $n = 20$ fruits. Within a column, different letters show significant differences ($P < 0.05$) among different samples.

Table 4-6 Correlation between bioactive compound and fruit color

r^2	Pattawia variety		Phuket variety		Phulae variety		Nanglae variety	
	Peel (Hue)	Pulp (L^*)	Peel (Hue)	Pulp (L^*)	Peel (Hue)	Pulp (L^*)	Peel (Hue)	Pulp (L^*)
Total phenolic	0.0235	0.0333	0.5239	0.6167	0.3764	0.1677	0.3362	0.3077
Vitamin C	0.0067	0.0879	0.2209	0.6264	0.3273	0.8655	0.6957	0.0637
Total carotenoid	0.0978	0.2580	0.6817	0.7833	0.3307	0.7668	0.1391	0.5822
DPPH	0.0020	0.0018	0.3639	0.3824	0.2619	0.1023	0.5543	0.1030
FRAP	0.0365	0.0042	0.2550	0.3868	0.7665	0.0277	0.0472	0.8119

Table 4-7 Correlation between antioxidant capacities and bioactive compound

r^2	Pattawia variety		Phuket variety		Phulae variety		Nanglae variety	
	DPPH	FRAP	DPPH	FRAP	DPPH	FRAP	DPPH	FRAP
Total phenolic	0.0044	0.0226	0.5649	0.6779	0.0427	0.8174	0.6394	0.4380
Vitamin C	0.1165	0.0431	0.2209	0.2720	0.0717	0.0329	0.9461	0.0589
Total carotenoid	0.0122	0.0005	0.6300	0.6055	0.0163	0.0570	0.6324	0.5756

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

จากการศึกษาองค์ประกอบในน้ำคั้นและฤทธิ์การต้านออกซิเดชันในสับปะรดพันธุ์ที่ผลิตเพื่อการค้า ได้แก่ ปัตตาเวีย ภูเก็ต นางแล และภูเก็ต ที่ปลูกในประเทศไทยพบว่าพันธุ์และพื้นที่ผลิตที่ต่างกันมีผลต่อองค์ประกอบในน้ำคั้นและฤทธิ์การต้านออกซิเดชัน จากผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าสับปะรดพันธุ์ ปัตตาเวีย ภูเก็ต นางแล และภูเก็ตมีองค์ประกอบในน้ำคั้นและฤทธิ์การต้านออกซิเดชันต่างกัน โดยปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดสูงที่สุดในสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียจากจังหวัดราชบุรี ปริมาณวิตามินซี ปริมาณแคโรทีนอยด์ และฤทธิ์ในการต้านออกซิเดชันที่วิเคราะห์ด้วยวิธี DPPH มีค่าสูงสุดในสับปะรดพันธุ์ภูเก็ตจากจังหวัดภูเก็ต ในขณะที่ฤทธิ์การต้านออกซิเดชันที่วิเคราะห์ด้วยวิธี FRAP มีค่าสูงสุดในสับปะรดพันธุ์นางแล สับปะรดพันธุ์นางแลมีความสัมพันธ์สูงระหว่างวิตามินซี และฤทธิ์การต้านออกซิเดชันวิเคราะห์ด้วยวิธี DPPH ในขณะที่สับปะรดพันธุ์ภูเก็ตมีความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดและฤทธิ์การต้านออกซิเดชันวิเคราะห์ด้วยวิธี FRAP สูงกว่าพันธุ์อื่นๆ

5.2 ข้อเสนอแนะ

6.2.1 ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้จะช่วยสนับสนุนการบริโภคสับปะรดในเชิงสุขภาพ และเป็นข้อมูลพื้นฐานโภชนาการ

6.2.2 จากการทดลองพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อสารออกฤทธิ์สำคัญทางชีวภาพและฤทธิ์การต้านออกซิเดชันอาจจะขึ้นอยู่กับพันธุ์และพื้นที่ผลิตที่ทำให้สับปะรดมีปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญทางชีวภาพและฤทธิ์การต้านออกซิเดชันแตกต่างกันไป ดังนั้นข้อมูลต่างๆดังกล่าวนี้ สามารถนำไปใช้เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาและปรับปรุงระบบการผลิต เพื่อให้ได้สับปะรดที่มีสารออกฤทธิ์สำคัญทางชีวภาพและฤทธิ์การต้านออกซิเดชันในปริมาณสูงเพื่อเพิ่มศักยภาพและมูลค่าสับปะรดให้กับเกษตรกรผู้ผลิตต่อไป

บรรณานุกรม

กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย
กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์องค์การทหารผ่านศึก 2544

คณะกรรมการจัดทำข้อกำหนดสารอาหารที่ควรได้รับประจำวันสำหรับคนไทย กองโภชนาการ
กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข ปริมาณสารอาหารอ้างอิงที่ควรได้รับประจำวันสำหรับคน
ไทย พ.ศ 2546 กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์ (รสป)
2546:149-156.

คณะกรรมการจัดทำข้อกำหนดสารอาหารที่ควรได้รับประจำวันสำหรับคนไทย กองโภชนาการ
กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข ปริมาณสารอาหารอ้างอิงที่ควรได้รับประจำวันสำหรับคน
ไทย พ.ศ 2546 กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์ (รสป) 2546:
165-167.

จารุพันธุ์ ทองแถม, 2526, สับปะรดและอุตสาหกรรมสับปะรดในประเทศไทย, ภาควิชาพืชสวน
คณะเกษตรมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 158 น.

จินดารัฐ วีระวุฒิ, 2541, สับปะรดและสรีรวิทยาการเจริญเติบโตของสับปะรด.สำนักพิมพ์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 196 น.

พจน์ ศรีบุญลือ และคณะ, 2545, ตำราชีวเคมี. ขอนแก่น : ภาควิชาชีวเคมี คณะแพทยศาสตร์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

มุกดา รัฐะสุด, 2527, สารชีวโมเลกุล. พิมพ์ครั้งที่ 1. ไทยวัฒนาพานิช : กรุงเทพมหานคร.

วิมลรัตน์ วคินนิตวงศ์ , 2543, 100คำถามเรื่องอาหารการกิน. พิมพ์ครั้งที่ 2. นานมีบุ๊ค
กรุงเทพมหานคร.

สายชล เกตุษา, 2528, สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวของผักและผลไม้, โรงพิมพ์
ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพง
แสน, นครปฐม, 364 น.

สมฤทัย นุชเนื้อ, 2543, การวิเคราะห์ผลกระทบต่อการส่งออกสับปะรดกระป๋องของไทยจากการ
ยกเลิกสิทธิพิเศษทางภาษีศุลกากรในตลาดสหภาพยุโรป. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ

สำนักงานเกษตรลำปาง, 2551, รายงานสถานการณ์การผลิตสับปะรด 49. แหล่งที่มา
<http://lampang.doae.go.th/pineapple.pdf>

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2530, มาตรฐานในการรับซื้อสับปะรดของโรงงาน.
 28-30น.

Abd Shukor, A.R., Faridah, A., Abdullah, H. and Chan, Y.K. (1998). Pineapple, pp.137-190, In P.P. Shaw, H.T. Jr. Chan and S. Nagy, eds. Tropical and Subtropical Fruits. AgScience, Inc., Florida.

Alothman, M., Bhat, R., Karim, A.A. (2009). Antioxidant capacity and phenolic content of selected tropical fruits from Malaysia, extracted with different solvents. *Food Chemistry*, 115, 785-788.

Barth, H., Guseo, A., Klein, R. (2005). *Eur J Med Res*, 0(8), 325-331.

Biale, J. B. and Young, R.E. (1985). Respiration and ripening in fruit- retrospect and prospect, pp. 1-40. In Friend J. and Rhodes M.J.C., eds. Recent Advances in the Biochemistry of Fruits and Vegetables. Academic Press, London.

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

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

Charoensiri, R., Kongkachuichai, R., Suknicom, S., Sungpuag. (2009). Beta-carotene, Lycopene, and alpha-tocopherol contents of selected Thai fruits. *food chemistry*, 113, 202-207.

Chobotova, K., Vernallis, A.B., Majid, F.A.A. (2010). *Cancer Letters*. 290(2), 148-156.

Desobry, S.A., Netto, M., Labuza, T., P. (1997). Comparision of spray-drying, Drum drying and Freeze drying for bata-carotene Encapsulation and Preservatio. *Food Science*, 63.

Du, G., Li, M., Ma, F., Liang, D. (2009). Antioxidant capacity and the relationship with polyphenol and vitamin C in *Actinidia* fruits. *Food Chemistry*, 113, 557-562.

Dull, G.C. (1971). The pineapple: general, pp. 303-324. In Hulm A.C., ed. The Biochemistry of Fruit and Their Products, vol II. Academic Press, New York.

Eckert, K., Grabowska, E., Stange, R., Schneider, U., Eschmann, K., Maurer, H.R. (1999). *Onco Rep*. 6, 1191-1199.

Engwerda, C.R., Andrew, D., Ladhams, A., Mynott, T.L. (2001). *Cell Immunol*. 210(1), 66-75.

- Engwerda, C.R., Andrew, D., Murphy, M., Mynott, T.L. (2001). Cell Immunol. 210(1),5-10.
- Gardner, P.T., White, T.A.C., Mcphail, D.B., Duthie, G.G. (2000). The relation contributions of vitamin C, carotenoids and phenolics to the antioxidant potential of fruit juices. *Food chemistry*, 68, 471-474.
- Goldc, D.W. (2003) Vitamin C in cancer, integrative cancer therapeutics. 2,158-159.
- Hui, Y.H. Encyclopedia of Food and Science and Technology. New York, John Wiley, 1992
- González, J., Remaud, G., Jamin, E., Naulet, N. and Martin, G.G. (1999) Specific natural isotope profile studied by isotope ratio mass spectrometry (SNIP-IRMS): $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ratios of fructose, glucose, and sucrose for improved detection of sugar addition to pineapple juices and concentrates, *Agricultural and Food Chemistry*, 47, 2316-2321.
- Gortner, W. (1967). Relation of chemical structure to plant growth-regulator activity in the pineapple plant: retarding senescence of pineapple fruit with applications of 2,4,5- trichlorophenoxyacetic acid and 1-naphthaleneacetic acid. *Food Science*, 6, 577- 580.
- Gross, J. (1987). *Pigment in fruits*. London: Academic Press.
- Hernandez, Y., Lobo, G. M., Gonzalez, M. (2006). Determination of vitamin C in tropical fruits; a comparative evaluation of methods. *Food Chemistry*. 96, 654-664.
- Hernandez, B.Y., Mcduffie, K., Franke, A.A., Killeen, J. Goodman, M.T. (2004). Nutrition and cancer. 49(2), 109-124.
- Kader, A.A. (1996). Recommendation for maintaining postharvest quality of pineapple. *Perishable Handling Newsletter*. 88, 19-20.
- Kahkonen, M. P., Hopia, A. I., Vuorela, H. J., Rauha, J. P., Pihlaja, K., Kujala, T.S., and Heinonen, M. (1999). Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compound. *Agricultural and Food Chemistry*, 50, 5878-5883.
- Kerns, K.R. Collins, J.L. Kim, H. (1936). Vitamin C in pineapple varieties and hybrids. *Pineapple Quart.* 6, 47-48.
- Klein, B.P., Perry, A.K. (1982). Ascorbic acid and vitamin A activity in selected vegetables from different geographical areas of the United States. *Food Science*,
- Kuhnle, G.G.C., Dellaquila, C., Aspinall, S.M., Runswick, S.A., Joosen, A.M.C.P., Mulligan, A.A., Bingham, S.A. (2009). *Food Chem.* 116, 542-544.
- Leong, L.P., Shui, G. (2002). An investigation of antioxidant capacity of fruits in Singapore markets. *Food Chemistry*. 76, 69-75.

- Mhatre, M., Jain, J.T., De, S., Devassagayam, T.P.A. (2009). Evaluation of the antioxidant activity of non-transformed and transformed pineapple: A comparative study. *Food and Chemical Toxicology*.
- Reddy, C.V.K., Sreeramulu, D., Raghunath, M. (2010). *Food Res Inter.* 43(1), 285-288.
- Rock, L.(1997) Carotenoids biology and treatment, *Elsevier Science*. 75,185-197.
- Roxas, M. (2008). *Altern Med Rev.* 3(4), 307-314.
- Salvi, M.J. and Rajput, J.C. (1995). Pineapple, pp. 171 -182., In D.K. Salunkhe and S.S. Kadam(eds.), *Handbook of Fruit Science and Technology Production, Composition, Storage and Processing*, Mercel Dekker. Inc., New York.
- Singleton, V.L., Orthofer, R., 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.
- Smith, L.G. (1984). Pineapple specific gravity as an index of eating quality, *tropical agriculture*. 61,196-199.
- Swatsitang, P. (2000). Phenolic antioxidants in fruit. Nottingham. University of Nottingham Sutton Bonington Campus.
- Van Sumere, C.F. (1989). Phenols and phenolic acids, in *Methods in plant Biochemistry*, Volume 1, Plant phenolics, Harborne, J.B., Ed., Academic press, London, pp. 29-74.



ภาคผนวก

Asian Journal of Food and Agro-Industry

ISSN 1906-3040

Available online at www.ajofai.info

Research Article

Bioactive compounds and antioxidant capacities of *phulae* and *nanglae* pineapple

A. Kongsuwan¹, P. Suthiluk¹, T. Theppakorn¹, V. Srilaong² and S. Setha^{1*}

¹ School of Agro-Industry, Mae Fah Luang University, Chiang Rai, 57100, Thailand.

² Faculty of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10150, Thailand.

*Author to whom correspondence should be addressed, email: sutthiwal@hotmail.com

This paper was originally presented at Go Organic, August 2009, Bangkok, Thailand.

Abstract

Bioactive compounds and antioxidant capacities of "*Phulae*" and "*Nanglae*" pineapple (*Ananas comosus* L. Merr) which are important geographical indications of Chiang Rai, Thailand were investigated. Two pineapple varieties were collected at 20-40 % yellow peel colour. Total soluble solids (TSS), titratable acidity (TA), total polyphenols, β -carotene, vitamin C and antioxidant capacity (ferric reducing antioxidant power (FRAP) assay and 2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazil (DPPH assay) were analyzed in the fruit pulp. The TSS, TA and TSS/TA contents of both varieties were not significantly different. "*Phulae*" pineapple had vitamin C content, total polyphenol and β -carotene higher than "*Nanglae*" pineapple. However the antioxidant capacities (DPPH-assay and FRAP-assay) of "*Phulae*" were found to be significantly lower than "*Nanglae*" pineapple. This result indicates that vitamin C, phenolic compounds and β -carotene do not play a major role in the antioxidant capacity of pineapples and thus it may be a consequence of other bioactive compounds.

Keywords: antioxidant capacity, bioactive compound, DPPH assay, TSS, TA, FRAP, Thailand

Introduction

"*Phulae*" and "*Nanglae*" pineapple (*Ananas comosus* L. Merr) are important geographical indications of Chiang Rai Province, Thailand. "*Phulae*" pineapple refers to the Queen pineapple

variety. The fruit is small, weighing 150-1,000 grams; the skin is rather thick and suitable for long distance transport. When the fruit is ripe, the skin will be yellow or greenish yellow. The pineapple fresh colour is relatively light yellow, crispy and aromatic. The core is crispy and edible (Fig. 1-left). *Nanglae* pineapple refers to the Honey pineapple variety, a sub-variety of the Pattavia pineapple. The fruit is round and stout. The skin is thin. Its colour is green with some black or a mixture of yellow to dark orange, clearly bulging out at the eyes. The flesh is delicate with low fibre content. Its colour is yellow like honey. Fruit taste has a juicy sweetness than “*Phulae*” cultivar (Fig.1-right) [1]. Recently, both pineapple cultivars are becoming popular not only for local consumption, but also for export market. Considering the economic importance of Chiang Rai pineapple, it is surprising that study on their bioactive compounds and antioxidant capacities are limited.

Natural antioxidants, particularly in fruit and vegetables have gained increasing interest among consumers and researchers because epidemiological studies have indicated that frequent consumption of natural antioxidants is associated with a lower risk of cardiovascular disease and cancer [2]. The defensive effects of natural antioxidants in fruit and vegetables are related to three major groups; vitamin, phenolics and carotenoids. Ascorbic acid and phenolics are known as hydrophilic antioxidants, while carotenoids are known as lipophilic antioxidants [3]. Pineapple fruit is considered a highly nutritious fruit because it contains a high level of vitamin C, a natural antioxidant which may inhibit the development of major clinical conditions including heart disease and certain cancers [4]. The fruit also contains phenolic compounds and β -carotene [5, 6], which constitute natural sources of antioxidants. Therefore information regarding antioxidants and antioxidant capacity of “*Phulae*” and “*Nanglae*” pineapples is needed for the benefit of consumers. The objective of this study is to investigate the physical and physicochemical characteristics, including bioactive compounds and antioxidant capacity of these two pineapple cultivars. The information obtained from this study will be useful for promoting and increasing fruit consumption and their economic value.

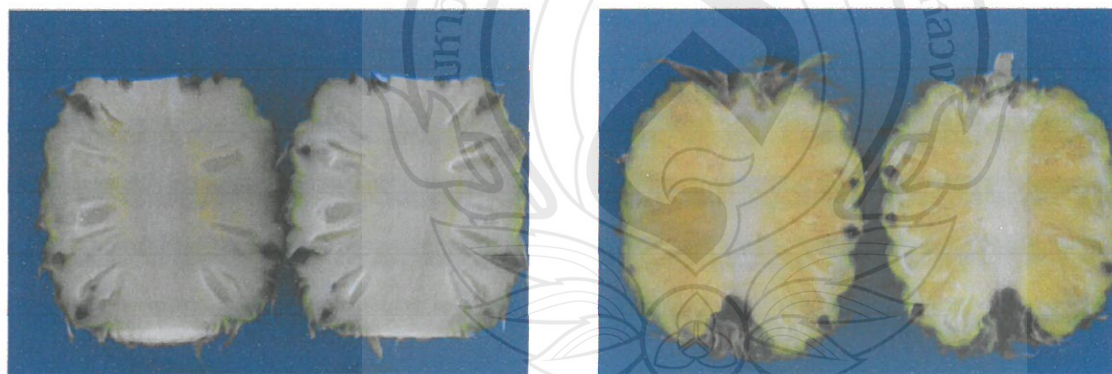


Figure 1. “*Phulae*” (left) and “*Nanglae*” (right) pineapple used for the study.

Materials and Methods

Plant Materials

Two pineapple cultivars “*Phulae*” and “*Nanglae*” (*Ananas comosus* L. Merr) were harvested at the commercial maturity stage (20-40% yellow colour of fruit peel) from Chiang Rai, Thailand in October to November, 2008. Fruit of each cultivar consisted of four replications and there were

five fruits per replication. Fruit pulp was immediately frozen in liquid nitrogen and stored under -30°C until analysis of the total phenolic, β -carotene, vitamin C and antioxidant capacity.

Physical and physicochemical analysis

Peel and pulp colour were measured on the middle part of the fruit by colorimeter (Color Quest XE Hunter Lab, USA) using the hunter scale (L^* , a^* and b^*) and expressed in hue and lightness (L^*) values for fruit peel and pulp respectively. Pulp firmness was measured by texture analyzer TA-XT2 (Stable Micro System, Surrey, UK). Total soluble solids (TSS) were determined using a hand refractometer (ATAGO, Japan). Titratable acidity (TA) was measured on 1 ml juice titrated with 0.1 N NaOH and expressed as percentage of citric acid. Then pH of fruit juice was measured by pH meter (Eutech, pH 510). For moisture content analysis, fruit pulp was dried in a hot air oven at $100 \pm 5^\circ\text{C}$ to a constant weight according to the Association of Official Analytical Chemists Method [7].

Vitamin C content

Vitamin C content was analyzed by using liquid chromatography on an RP-Phase with UV detection according to Leong and Shui [8], with some modification. Standard solution of ascorbic acid at 5, 10, 20, 40, 80, 100 and 200 $\mu\text{g/ml}$ was prepared. Two grams of frozen pulp were homogenized in 18 ml of cold 3% meta-phosphoric acid and centrifuged at $1500 \times g$ for 15 min at 4°C . Then the sample was immediately filtered through a Millipore membrane ($0.2\mu\text{m}$) before injection. The separation was performed on a C18 column ($250 \times 4.6 \text{ mm i.d.}$) using 3mM KH_2PO_4 in 0.35% *ortho*-phosphoric acid as the mobile phase at a flow rate 1.0 ml / min at 30°C oven temperature and the eluent was monitored at 248 nm. The vitamin C contents were expressed as milligram per 100 g fresh weight (FW) of pineapple.

β -Carotene content

β -Carotene was analyzed according to the method of Queensland Health Scientific Service [9]. Ten grams of frozen pulp in 50 ml of petroleum ether were homogenized and centrifuged at $2000 \times g$ for 20 min at 4°C . The supernatant were collected and the residue was twice extracted. The combined extracts were transferred to rotary evaporators and evaporated to dryness. The samples were then dissolved in 25 ml of *iso*-propanol and filtered through a nylon syringe filter ($0.45 \mu\text{m}$) prior to injection into HPLC. The analysis of β -carotene was performed using Agilent HPLC series HP 110 and a mobile phase mixture consisting of acetonitrile: methanol (70:30), with flow rate 1.6 ml/min. The separation was carried out on a Hypersil ODS C18, $5\mu\text{m}$ ($125 \times 4.0 \text{ mm}$) at 40°C oven temperature and equipped with a Diode Array Detector monitoring at 450 nm. β -Carotene content in the fruit pulp was expressed as microgram β -carotene per 100 g FW of pineapple.

Total phenolic content

Total phenolic content was measured using the Folin-Ciocalteu method described by Singleton *et al.* [10]. One millilitre of aqueous extract of pineapple pulp was added to 10 ml Folin-Ciocalteu reagent, followed by addition of 4 ml of an aqueous 7.5% solution of sodium carbonate. The mixture was stirred and allowed to stand for one hour. The solution was measured by spectrophotometer at 765 nm. A blank sample consisting of water and reagents was used as a reference. The results were expressed as milligrams of gallic acid equivalent (GAE) per 100 g FW of pineapple.

DPPH radical scavenging assay

DPPH radical scavenging assay was determined based on the method described by Blois [11], with minor modifications. Fifty microlitres of aqueous extract of pineapple pulp were mixed with 2 ml of 60 μ M DPPH in methanol and allowed to stand in the dark for 60 min. Absorbance at 517 nm was measured using methanol as a blank. The control and standard were subjected to the same procedure as the sample except only distilled water was added to the control and the sample extracted was replaced with 0-1000 μ M Trolox as for a standard. The radical scavenging activity was calculated as described by Ribeiro [12]. Results were expressed as micromole Trolox equivalent (TE) antioxidant capacity per 100 g FW of pineapple.

Ferric reducing antioxidant power (FRAP)

The FRAP assay was undertaken according to Benzie and Strain [13], with some modifications. One millilitre of aqueous extract of pineapple pulp was mixed with 2.5 ml of phosphate buffer (0.2 M, pH6.6) and 2.5 ml of a 1% trichloroacetic acid was added and incubated at 50°C for 30 min. Then 2.5 ml of water, 0.5 ml of 0.1% aqueous FeCl_3 were added, mixed with vortex mixture and the absorbance was recorded at 700 nm. The control and standard was subject to the same procedure as the sample except only distilled water was added to the control. For the standard, the extract was replaced with 0-1000 μ M ascorbic acid standard. Iron (III) reducing activity was determined as micromole equivalent of ascorbic acid (AAE) per 100 g FW of pineapple.

Statistical analysis

Analysis of variance was performed by ANOVA procedures (SAS 8.0 for Windows). Significant differences were calculated according to the student's t test. Differences at $P < 0.05$ were considered statistically significant.

Results and Discussion

The physical and physicochemical characteristics of “Phulae” and “Nanglae” pineapple are summarized in Table 1. The fruit pulp colour, firmness, pH and moisture content were significantly different between both pineapple cultivars, but there was no significant difference in fruit peel colour, TSS, TA and TSS/TA ratios.

Table 1. Physical and physicochemical characteristics of “Phulae” and “Nanglae” pineapple.

Characteristics	Phulae	Nanglae
Peel colour (hue)	77.95 $\pm$ 2.47 a	75.10 $\pm$ 6.28a
Pulp colour (L)	61.03 $\pm$ 1.49b	70.99 $\pm$ 0.64a
Firmness (N)	17.19 $\pm$ 0.01a	15.64 $\pm$ 0.01b
TSS ($^\circ$ Brix)	14.45 $\pm$ 0.18a	13.10 $\pm$ 0.43a
TA (%)	0.65 $\pm$ 0.03a	0.68 $\pm$ 0.08a
TSS/TA	22.60 $\pm$ 0.66 a	21.45 $\pm$ 2.92a
pH	3.55 $\pm$ 0.01b	4.56 $\pm$ 0.06a
Moisture content (%)	84.87 $\pm$ 0.18b	86.79 $\pm$ 0.52a

Values are the mean $\pm$ SE of $n = 20$ fruit.

Within a row, different letters show significant differences ($P < 0.05$) between two cultivars.

Bioactive compounds and antioxidant capacities of “Phulae” and “Nanglae” pineapple are shown in Table 2. Vitamin C contents were 18.88 and 6.45 mg/100 g FW in “Phulae” and “Nanglae” respectively. There was almost three times higher vitamin C content in “Phulae” than “Nanglae”

cultivars. The β -carotene contents were found to be relatively low in both cultivars but they were significantly higher in “Phulae” than “Nanglae” cultivar. In addition, total phenolic contents were 26.20 ± 0.49 and 20.28 ± 1.18 mg GAE/ 100 FW in “Phulae” and “Nanglae” respectively. The amounts of these bioactive compounds have been widely reported in pineapple varieties with differences in their concentration [6, 14, 15]. Differences in the concentration may be due to a number of factors, including cultivars, natural variation of fruit, climatic conditions or soil, fertilizer or geographical origin [6]. Methods for sampling, preparing and determination also influences the amounts of these compounds in pineapple [15, 16].

There is not only vitamin C, carotenoids and phenolic compounds existing in pineapple and there might be other varieties of antioxidants contained in the fruit. Therefore, measuring the antioxidant capacity of each compound separately becomes very difficult. Several methods have been developed to estimate the antioxidant capacity of different plant material [17]. In this study two different methods have been used to evaluate the antioxidant capacity of the aqueous extract of two pineapple cultivars; they were DPPH radical scavenging assay and FRAP reducing power assay. It was found that “Nanglae” had significantly better scavenging ability than “Phulae” cultivar. The DPPH radical scavenging capacities in aqueous extract of pineapple pulp were 152.93 ± 10.51 and 118.18 ± 8.19 $\mu\text{mol TE}/100\text{g FW}$ for “Nanglae” and “Phulae” cultivars respectively. Moreover, both pineapple cultivars had reducing power. The FRAP value of “Nanglae” cultivar was 205.73 ± 9.15 $\mu\text{mol AAE}/100\text{g FW}$ which showed it to be significantly higher in reducing power than “Phulae” (165.28 ± 2.04 $\mu\text{mol AAE}/100\text{g FW}$). In honey pineapple, the recovery of phenol, FRAP and DPPH values were dependent on the solvent extracted. The 50% acetone in aqueous solvent was the most efficient solvent for extracting phenols and giving highest FRAP value than the aqueous or other organic solvents [15]. It has also been suggested that antioxidant activities gave higher measurements in organic systems than in aqueous systems [18]. Therefore, the relationship between various extraction solvents and antioxidant capacity must be further investigated in both “Phulae” and “Nanglae” pineapple.

Table 2. Bioactive compounds and antioxidant capacities of “Phulae” and “Nanglae” pineapple.

Bioactive compounds and antioxidant capacities	Phulae	Nanglae
Vitamin C (mg/100 g FW)	$18.88 \pm 0.03\text{a}$	$6.45 \pm 0.68\text{b}$
β -carotene ($\mu\text{g}/100$ g FW)	$3.35 \pm 0.27\text{a}$	$1.41 \pm 0.01\text{b}$
Total phenolics (mg GAE/100g FW)	$26.20 \pm 0.49\text{a}$	$20.28 \pm 1.18\text{b}$
DPPH ((mol TE/100g FW)	$118.18 (8.19\text{b})$	$152.93(10.51\text{a})$
FRAP ((mol AAE /100g FW)	$165.28 (2.04\text{b})$	$205.73(9.15\text{a})$

Values are the mean $\pm$ SE of n = 4 determinations.

Within a row, different letters show significant differences ($P < 0.05$) between two cultivars.

The correlation coefficient between antioxidant capacities and bioactive compounds of “Phulae” and “Nanglae” pineapple were also investigated. It was obvious that the vitamin C, β -carotene and total phenolic contents showed a much higher correlation with FRAP reducing power ($R^2 = 0.91$, 0.71 and 0.78 , respectively) than with the DPPH radical scavenging activity ($R^2 = 0.60$, 0.52 and 0.22 , respectively). Moreover, vitamin C content strongly correlated with antioxidant capacity as determined by both DPPH radical scavenging activity and FRAP reducing power. No similar association was found for total phenolic content in DPPH radical scavenging assay.

In general, antioxidant activity is influenced by the amount of antioxidants in fruit. However, in this study it was found that the amount of these antioxidant compounds was not directly proportional to their antioxidant capacity, since “*Phulae*” contained higher amounts of vitamin C, carotenoids and total phenolics than “*Nanglae*”, but they were significantly lower in antioxidant activity. This result indicates that vitamin C, phenolic compounds and β -carotene do not play a major role for the antioxidant capacity of pineapples and it may be a consequence of other bioactive compounds. Similar findings have been observed by Hassimoto *et al.* [19] that the levels of phenolics, anthocyanins and flavonoids fluctuated in diverse plant extracts and there is no relationship between the content and its antioxidant activity. This suggests that antioxidant activity is the result of a combination of different compounds having synergistic and antagonistic effect.

Conclusion

The results of this study indicate that both the “*Phulae*” and “*Nanglae*” pineapple varieties contain bioactive compounds and have antioxidant capacity as determined by DPPH and FRAP assay. The “*Phulae*” pineapple had a higher content of vitamin C, total phenolics and β -carotene than the “*Nanglae*” cultivar. However, the antioxidant capacity of “*Phulae*” was found to be significantly lower than the “*Nanglae*” cultivar.

Acknowledgements

The authors would like to thank to the Thailand Research Fund and Mae Fah Luang University, for financial support.

References

1. Ministry of Commerce (2006). Geographical Indication Gazette (Thailand). Publication of *Registration for Geographical Indications* List, 2 (3), 1-14.
2. Renaud, S.C., Gueguen, R., Schenker, J. and d'Houtaud, A., (1998). Alcohol and mortality in middle-aged men from France. *Epidemiology*, 9, 184-188.
3. Halliwell, B. (1996). Antioxidants in human health and disease. *Annual Review of Nutrition*. 16, 33-50.
4. Diplock, A.T. (1994). Antioxidants and disease prevention. *Molecular Aspects of Medicine*. 15, 293-376.
5. Gardner, P.T., White, T.A.C., McPhail, D.B. and Duthie, G.G. (2000). The relative contributions of vitamin C, carotenoids and phenolics to the antioxidant potential of fruit juices. *Food Chemistry*. 68, 471-474.
6. Charoensiri, R., Kongkachuichai, R., Suknicom S. and Sungpuag, P. (2009). Beta-carotene, lycopene, and alpha-tocopherol contents of selected Thai fruits. *Food Chemistry*. 113, 202-207
7. AOAC (2000). *Official Methods of Analysis* (17th ed.). AOAC International, Gaithersburg, MD, USA.

8. Leong, L.P. and Shui, G. (2002). An investigation of antioxidant capacity of fruits in Singapore markets. **Food Chemistry**. 76, 69-75.
9. Queensland Health Scientific Service (1994). Vitamin A (α and β -carotene) Analysis.
10. 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.
11. Blois, M.S. (1958). Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. **Nature**. 181, 1199-1200.
12. Ribeiro, S.M.R., Barbosa, L.C.A., Queiroz, J.H., Knodler, M. and Schieber, A. (2008). Phenolic compounds and antioxidant capacity of Brazilian mango (*Mangifera indica* L.) varieties. **Food Chemistry**. 110, 620-626.
13. 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.
14. Hernandez, Y., Lobo, G.M. and Gonzalez, M. (2006). Determination of vitamin C in tropical fruits; a comparative evaluation of methods. **Food Chemistry**. 96, 654-664.
15. Alothman, M., Bhat, R. and Karim, A.A. (2009). Antioxidant capacity and phenolic content of selected tropical fruits from Malaysia, extracted with different solvents. **Food Chemistry**. 115, 785-788.
16. Mhatre, M. Tilak-Jain, J., De, S. and Devasagayam, T.P.A. (2009). Evaluation of the antioxidant activity of non-transformed and transformed pineapple: a comparative study. **Food and Chemistry Toxicology**, (article in press) doi:10.1016/j.fct.2009.06.031
17. Guo, C., Yang, J., Wei, J., Li, Y., Xu, J. and Jiang, Y. (2003). Antioxidant activities of peel, pulp and seed fractions of common fruits as determined by FRAP assay. **Nutrition Research**. 23, 1719-1726.
18. Imai, J., Ide, N., Nagae, S., Moriguchi, T., Matsuura, H. and Itakura, Y. (1994). Antioxidant and radical scavenging effects of aged garlic extract and its constituents. **Planta Medica**. 60, 417-420.
19. Hassimoto, N.M., Genovese, M.I. and Lajolo, F.M. (2005). Antioxidant activity of dietary fruits, vegetables, and commercial frozen fruit pulps. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 53, 2928-2935.

ความแปรปรวนของปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญทางชีวภาพและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียในประเทศไทย

Variation of Bioactive Components and Antioxidant Activities in 'Pattawia' Pineapple in Thailand

อำภา คงสุวรรณ¹ วาริช ศรีละออง² และ สุทธิวัลย์ สีทา¹
Kongsuwan, A.¹, Srilaoong, V.² and Setha, S.¹

Abstract

The objective of this study is to determine the variation of bioactive components and antioxidant activities in 'Pattawia' pineapple from different locations in Thailand. 'Pattawia' pineapple was collected at 20-40 % yellow peel color. Total soluble solid (TSS), titratable acidity (TA), total phenolics, beta-carotene, vitamin C and antioxidant activities by ferric reducing antioxidant power (FRAP) and 2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazil (DPPH) assays were investigated in the fruit pulp. The result showed that TA, TSS and TSS/TA in fruit juice varied among different production areas. The total phenolics content varied from 8.20 to 34.11 mgGAE/100 gFW and pineapple collected from Ratchaburi Province had the highest content. Vitamin C content varied from 3.46 to 9.78 mg/100 gFW, pineapple collected from Trat Province was the highest content. The beta-carotene content varied from 1.54 to 5.66 μ g/100 gFW and pineapple from Nong Khai Province showed the highest content. The antioxidant activity by DPPH-assay varied from 97.15 to 150.60 mol TE/100 gFW which showed the highest value in pineapple collected from Nong Khai. While the antioxidant activity by FRAP-assay was not significantly different among different locations, however, the activity varied from 154.92 to 170.65 mol AAE/100 gFW. The finding information from this studied will be useful as a guidance for consumer.

Keywords: antioxidant, bioactive compound, pineapple

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความแปรปรวนของปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญทางชีวภาพ และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียจากที่ต่างๆในประเทศไทย โดยเก็บเกี่ยวผลสับปะรดที่ระยะเปลือกมีสีเหลืองประมาณ 20-40% ของผล แล้วนำมาวิเคราะห์ ดังนี้ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (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 มีความแปรปรวนแตกต่างกันไประหว่างพื้นที่ผลิต ปริมาณฟีนอลทั้งหมดมีค่าอยู่ระหว่าง 8.20-34.11 mgGAE/100 gFW และพบว่าสับปะรดจากจังหวัดราชบุรีมีปริมาณฟีนอลทั้งหมดสูงสุด ปริมาณวิตามินซีมีค่าแปรปรวนอยู่ระหว่าง 3.46-9.78 mg/100 gFW และพบว่าสับปะรดจากจังหวัดตราดมีปริมาณสูงสุด ปริมาณเบต้าแคโรทีนมีค่าอยู่ระหว่าง 1.54-5.66 μ g/100 gFW และสับปะรดจากจังหวัดหนองคายมีปริมาณเบต้าแคโรทีนสูงที่สุด กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระในสับปะรดซึ่งวิเคราะห์ด้วยวิธี DPPH มีค่าอยู่ระหว่าง 97.15-150.60 mol TE/100 gFW โดยสับปะรดจากหนองคายมีค่าที่สูงที่สุด แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี FRAP แต่อย่างไรก็ตามกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระวิเคราะห์โดยวิธี FRAP มีค่าอยู่แปรปรวนอยู่ระหว่าง 154.92-170.65 mol AAE/100 gFW ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้จะเป็นแนวทางที่เป็นประโยชน์สำหรับผู้บริโภค

คำสำคัญ: สารต้านอนุมูลอิสระ สารออกฤทธิ์สำคัญ สับปะรด

¹สำนักวิชาอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง 333 หมู่ 1 ตำบล ท่าซุด อำเภอ เมือง จังหวัด เชียงราย 57100

¹School of Agro-Industry Mae Fah Luang University 333 Moo1, Thasud, Muang, Chiang Rai 57100

²คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ, 10150

²Faculty of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10150

คำนำ

สับปะรดเป็นไม้ผลเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย มีปริมาณการผลิตและการส่งออกสูงเป็นอันดับหนึ่งของโลกคิดเป็นมูลค่าการส่งออกนับหมื่นล้านบาทต่อปี อีกทั้งเป็นผลไม้ที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ประกอบไปด้วย วิตามินซี และ แคลโรทีนอยด์ ซึ่งสารทั้งสองตัวดังกล่าวนับว่าเป็นสารที่มีฤทธิ์ในการต้านออกซิเดชันจึงสามารถยับยั้งการพัฒนาของโรคหัวใจและโรคเมเร็งบางชนิด (Diplock, 1994) แต่อย่างไรก็ตามข้อมูลพื้นฐานทางด้านคุณค่าทางโภชนาการและความสามารถในการต้านออกซิเดชันยังไม่มีการศึกษามากนัก ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความแปรปรวนของปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญทางชีวภาพ และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียซึ่งเป็นพันธุ์ที่มีการผลิตและบริโภคผลสดมากเป็นอันดับหนึ่งของประเทศ จากแหล่งผลิตเพื่อการค้าที่สำคัญของประเทศ

อุปกรณ์และวิธีการ

สุ่มเก็บเกี่ยวผลสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียจากพื้นที่ผลิตต่างๆ ดังแสดงใน Table 1 โดยเก็บเกี่ยวผลสับปะรดที่ระยะเปลือกมีสีเหลืองประมาณ 20 -40% ของผล โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 4 ซ้ำ ซ้ำละ 5 ผล แล้วนำมาวิเคราะห์ ดังนี้ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TA) และปริมาณ TSS/TA ปริมาณฟีนอลทั้งหมด วิตามินซี เบต้าแคโรทีน และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธีวิเคราะห์ 2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) และ Ferric reducing antioxidant power (FRAP) (Kongsuwan และคณะ, 2009)

Table 1 พื้นที่ผลิตสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียและลักษณะทางภูมิศาสตร์ของพื้นที่ผลิต

พื้นที่ผลิต	อุณหภูมิ(°C) ¹	ปริมาณน้ำฝน (mm) ¹	ลักษณะของดิน ²
ลำปาง	26.1	82.9	ดินร่วนปนทรายปนเปื้อน ดินร่วนหรือดินร่วนเหนียวปนทรายปนเปื้อน
อุตรดิตถ์	27.2	108.8	ดินร่วนปนดินเหนียวหรือดินร่วนเหนียวปนทรายปนเปื้อน
หนองคาย	25.9	194.3	ดินร่วนปนทรายหรือดินร่วน
อุทัยธานี	27.8	78.7	ดินร่วนปนทราย
กาญจนบุรี	27.8	110.4	ดินเหนียวปนทราย
ราชบุรี	27.0	84.0	ดินเป็นดินเหนียวปนทรายปนเปื้อนตลอด
เพชรบุรี	28.4	105.9	ดินร่วนปนทรายหรือดินร่วนเหนียวปนทราย
ชลบุรี	27.8	100.1	ดินเป็นดินทรายหรือดินทรายปนดินร่วน
ระยอง	37.6	27.2	ดินร่วน ดินร่วนปนดินเหนียวหรือดินร่วนเหนียวปนทรายปนเปื้อน
ตราด	28.0	73.5	ดินร่วนปนทราย ดินร่วนหรือดินร่วนปนทรายปนเปื้อน
ประจวบคีรีขันธ์	27.3	77.7	ดินทรายบางแห่งมีเปลือกหอยปะปนอยู่ในเนื้อดิน

แหล่งที่มา: ¹กรมอุตุนิยมวิทยา; ²กรมพัฒนาที่ดิน

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ความแปรปรวนขององค์ประกอบทางเคมีของสับปะรดนอกจากจะขึ้นอยู่กับปัจจัยของพันธุ์แล้ว ยังขึ้นอยู่กับปัจจัยของสภาพสิ่งแวดล้อมอีกด้วย (Gortner และคณะ, 1967) จากการทดลองพบว่าสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียที่เก็บเกี่ยวมาจากพื้นที่ต่างๆ มีความแตกต่างทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของน้ำคั้น (Table 2) ปริมาณ TSS มีค่าแปรปรวนอยู่ระหว่างร้อยละ 7.97 ถึง 15.62 ปริมาณ TA มีค่าแปรปรวนอยู่ระหว่างร้อยละ 0.42 ถึง 0.95 และค่า TSS/TA มีค่าแปรปรวนอยู่ระหว่าง 13.97 ถึง 35.52 จากการทดลองพบว่าพื้นที่ผลิตที่แตกต่างกันมีผลต่อลักษณะทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากสภาพภูมิอากาศและลักษณะทางภูมิศาสตร์ที่แตกต่างกัน เช่นเดียวกับที่มีรายงานไว้ว่า สภาพภูมิอากาศรวมไปถึง แสงและค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิมีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีของพืชสวน (Klein และคณะ, 1982)

ปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญทางชีวภาพของสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย มีความแปรปรวนแตกต่างกันไประหว่างพื้นที่ผลิต ดังแสดงใน Table 3 ปริมาณฟีนอลทั้งหมดมีค่าอยู่ระหว่าง 8.20–34.11 mgGAE/100 gFW และพบว่าสับปะรดจากจังหวัดราชบุรีมีปริมาณฟีนอลทั้งหมดสูงสุด ปริมาณวิตามินซีมีค่าแปรปรวนอยู่ระหว่าง 3.46–9.78 mg/100 gFW และพบว่าสับปะรดจากจังหวัดตราดมีปริมาณสูงสุด ปริมาณเบต้าแคโรทีนมีค่าอยู่ระหว่าง 1.54–5.66 µg/100 gFW และสับปะรดจากจังหวัด

หนองคายมีปริมาณเบต้าแคโรทีนสูงที่สุด สอดคล้องกับรายงานของ Charoensiri และคณะ (2009) พบว่าปริมาณของสารออกฤทธิ์สำคัญในผลไม่มีความแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น พันธุ์ ระยะการพัฒนาของผล สภาพภูมิอากาศ ดิน ปุ๋ยและลักษณะทางภูมิศาสตร์

Table 2 Physical and physicochemical characteristic of 'Pattawia' pineapple

Area	Hue	L	TSS	TA	TSS/TA
Lampang	76.73±1.4d	67.76±2.1b	7.97±0.4f	0.58±0.1c	14.14±1.0e
Uttaradit	87.17±2.7abc	58.80±2.4cd	15.62±1.0a	0.60±0.0c	27.60±3.2b
Nong Khai	76.80±1.8d	62.39±1.0bc	12.23±0.8e	0.71±0.1b	17.67±2.4de
Uthai Thani	75.75±2.2d	63.29±2.1bc	15.68±0.3a	0.77±0.0b	20.89±0.8cd
Kanchana Buri	77.96±3.2d	44.51±1.6e	14.54±0.2abc	0.59±0.0c	27.31±1.6b
Ratchaburi	82.39±1.5bcd	60.61±1.1c	15.17±0.3ab	0.45±0.0d	34.28±2.2a
Chon Buri	75.62±2.1d	54.31±2.1d	12.83±0.4de	0.66±0.1bc	20.15±2.7cd
Rayong	90.09±2.8a	45.60±3.4e	14.15±0.2abcd	0.44±0.0d	35.37±2.2a
Trat	80.65±2.6cd	73.58±0.9a	13.19±0.3cde	0.95±0.0a	13.97±0.4e
Petchaburi	89.90±0.6a	35.65±1.9f	14.13±0.3abcd	0.42±0.0d	35.52±2.9a
Prachuap Khiri Khan	87.96±3.7ab	62.29±1.6bc	13.92±0.3bcd	0.58±0.0c	24.73±1.5bc

Values are the mean $\pm$ SE of $n = 20$ fruits. Within a row, different letters show significant differences ($P < 0.05$)

กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระในสับประรดซึ่งวิเคราะห์ด้วยวิธี DPPH มีค่าอยู่ระหว่าง 97.15 – 150.60 mol TE/100 gFW โดยสับประรดจากหนองคายมีค่าที่สูงที่สุด แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี FRAP ซึ่งกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ วิเคราะห์โดยวิธี FRAP มีค่าแปรปรวนอยู่ระหว่าง 154.92 – 170.65 mol AAE/100 gFW (Table 3) จากรายงาน Alothman และคณะ (2009) และ Mhatre และคณะ (2009) พบว่า นอกเหนือจากปัจจัยของพันธุ์และพื้นที่ผลิตแล้ว วิธีการสกัดและการวิเคราะห์ ก็ยังมีผลต่อความแตกต่างของปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญ และกิจกรรมการต้านออกซิเดชันของผลสับประรดอีกด้วย

Table 3 Bioactive components and antioxidant activities of 'Pattawia' pineapple.

Area	Total phenolic (mg GAE/100g FW)	Vitamin C (mg/100 g FW)	Beta-carotene (μ g/100 g FW)	DPPH (mol TE/100g FW)	FRAP (mol AAE /100g FW)
Lampang	8.20±1.1e	8.45±1.3ab	2.03±0.4d	97.15±18.8d	170.65±6.3a
Uttaradit	26.34±1.4b	3.46±0.4e	1.96±0.2d	108.04±5.1abc	167.44±2.6ab
Nong Khai	11.88±1.4de	9.19±0.1ab	5.66±1.7a	150.60±9.3a	154.92±1.9b
Uthai Thani	26.52±2.0b	7.33±0.4abcd	1.88±0.3d	103.79±3.1cd	168.69±3.2a
Kanchana Buri	15.79±2.7d	7.84±1.3abc	3.21±0.5bcd	114.69±3.9bcd	165.49±2.5ab
Ratchaburi	34.11±0.8a	4.58±0.9de	4.72±0.4abc	129.85±2.5abc	161.03±3.9ab
Chon Buri	20.83±1.2c	6.22±0.1bcde	3.19±0.6bcd	131.89±3.4abc	160.42±3.0ab
Rayong	14.65±0.8d	6.40±0.6bcde	5.19±0.2ab	121.25±6.1bcd	163.56±4.2ab
Trat	14.84±2.3d	9.78±1.2a	1.80±0.2d	134.05±9.8ab	159.79±5.8ab
Petchaburi	21.87±2.6bc	5.16±1.1cde	3.04±0.7cd	134.30±9.9ab	159.71±4.6ab
Prachuap Khiri Khan	22.39±1.7bc	7.34±1.4abcd	1.54±0.1d	120.32±8.3bcd	163.83±3.1ab

Values are the mean $\pm$ SE of $n = 4$ determinations. Within a row, different letters show significant differences ($P < 0.05$)

สรุปผล

จากผลการทดลองพบว่า ลักษณะทางกายภาพ องค์ประกอบทางเคมีของน้ำคั้น ปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญทางชีวภาพ และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย มีความแปรปรวนแตกต่างกันไปตามพื้นที่ผลิต ทั้งนี้อาจขึ้นอยู่กับปัจจัยทางสภาพภูมิศาสตร์และความแตกต่างกันของสภาพอากาศ โดยสับปะรดจากจังหวัดราชบุรีมีปริมาณฟีนอลทั้งหมดสูงที่สุด สับปะรดจากจังหวัดตราดมีปริมาณวิตามินซีสูงที่สุด สับปะรดจากจังหวัดหนองคายมีปริมาณเบต้าแคโรทีน และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระวิเคราะห์ด้วยวิธี DPPH สูงที่สุด และสับปะรดจากลำปางมีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระจากการวิเคราะห์ด้วยวิธี FRAP สูงที่สุด ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้ นอกจากจะเป็นประโยชน์สำหรับผู้บริโภคแล้ว ยังอาจนำไปใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงวิธีการผลิตสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียต่อไป

คำขอบคุณ

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) และมหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวงในการสนับสนุนทุนวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- Alothman, M., Bhat, R. and Karim, A.A., 2009, Antioxidant Capacity and Phenolic Content of Selected Tropical Fruits from Malaysia, Extracted with Different Solvents, *Food Chemistry*, 115(3): 785-788.
- Charoensiri, R., Kongkachuichai, R., Suknicom S. and Sungpuag, P., 2009, Beta-carotene, Lycopene, and Alpha-tocopherol Contents of Selected Thai fruits, *Food Chemistry*, 113(1): 202-207.
- Diplock, A.T., 1994, Antioxidants and Disease Prevention, *Molecular Aspects of Medicine*, 15(4): 293-376.
- Gortner, W., 1967, Relation of Chemical Structure to Plant Growth-regulator Activity in the Pineapple Plant: Retarding Senescence of Pineapple Fruit with Applications of 2, 4, 5-Trichlorophenoxyacetic Acid and 1-Naphthaleneacetic Acid, *Journal of Food Science*, 34(6): 577- 580.
- Klein, B.P. and Perry, A.K., 1982, Ascorbic Acid and Vitamin A Activity in Selected Vegetables from Different Geographical Areas of the United States, *Journal of Food Science*, 47(3): 941-945.
- Kongsuwan, A., Suthiluk, P., Theppakorn, T., Srilaong, V. and Seta, S., 2009, Bioactive Compounds and Antioxidant Capacities of *Phulae* and *Nanglae* Pineapple, *Asian Journal of Food and Agro-Industry*, Special Issue, S44-S50.
- Mhatre, M., Tilak-Jain, J., De, S. and Devasagayam, T.P.A., 2009, Evaluation of the Antioxidant Activity of Non-transformed and Transformed Pineapple: A comparative Study. *Food and Chemistry Toxicology*, 47(11): 2696-2702.
- Thongtham, J., 1983, *Pineapple and Pineapple Industry in Thailand*, Kasetsart University Press, Bangkok.

ประวัติคณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

ชื่อ-นามสกุล

(ภาษาไทย) นางสาวสุทธิวัลย์ สีทา

(ภาษาอังกฤษ) Ms. SUTTHIWAL SETHA

ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์

หน่วยงานที่สังกัด สำนักวิชาอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง
333 หมู่ 1 ตำบลท่าสุต อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย 57100

โทรศัพท์ 0-5391-6738 โทรสาร 0-5391-6739

E-mail sutthiwal@hotmail.com, sutthiwal.set@mfu.ac.th

ประวัติการศึกษา (ปริญญาตรี – เอก; สาขา และสถาบัน)

2005-2007	Hiroshima Prefectural University, Japan Postdoctoral Fellows
2002-2005	Hiroshima Prefectural University, Japan Ph.D. Applied Bioscience
1996-1999	King Mongkut's University of Technology Thonburi M.Sc. Postharvest Technonogy
1990-1995	Ramkhamhaeng University B.Sc. Food Technology

ผลงานวิจัย

ผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์ในวารสารระดับชาติและนานาชาติ

Setha S. and Kondo S. Absciscic acid and antioxidant activity affected by a cytochrome P450 inhibitor in apple seedling. 2008. Plant Growth Regul. (In submission)

Zios V., Bonghi C., Bregoli A. M., Trainotti L., Biondi S., **S. Setha**, S. Kondo, Costa G. and Torrigiani P. Jasmonate-induced transcriptional changes suggest a negative interference with the ripening syndrome in peach fruit. J. Exp. Bot. 2008; 59: 563 -573

- Kondo S, Yamada H, and **S. Setha**. Effect of jasmonates differed at fruit ripening stages on 1-aminocyclopropane-1-carboxylate (ACC) synthase and ACC oxidase gene expression in pears. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 2007; 132:120-125.
- Setha S**, Kondo S, Hirai N, and Ohigashi H. Changes of xanthoxin levels during fruit development in sweet cherries. *J. Jpn. Soc. Hort. Sci.* 2006; 75:185-187.
- Setha S**, Kondo S, Hirai N, and Ohigashi H. Quantification of ABA and its metabolites in developing of sweet cherry fruit using deuterium-labeled internal standards. *Plant Growth Regul.* 2005; 45: 183-188.
- Kondo S, **Setha S**. Effect of calcium application on fruit quality of apples produced in warm regions. *Environ. Cont. Biol.* 2005; 43:21-25.
- Kondo S, **Setha S**, Rudell DR, Buchanan DA, Mattheis JP. Aroma volatile biosynthesis in apples affected by 1-MCP and methyl jasmonate. *Postharvest Biology and Technology.* 2005; 36: 61-68.
- Setha S**, Kondo S, Hirai N, Ohigashi H. Xanthoxin, abscisic acid and its metabolite levels associated with apple fruit development. *Plant Science* 2004; 166 : 493-499.
- Kondo S, Sungcome K, **Setha S**, Hirai N. ABA catabolism during development and storage in mangoes: Influence of jasmonates. *J. Hort. Sci. Biotechnol.* 2004; 79:891-896.
- Kondo S, Ponrod W, **Setha S**. Polyamines in developing mangosteens and their relationship to postharvest chilling injury. *J. Jpn. Soc. Hort. Sci.* 2003; 72: 318-320.
- Setha S**, Kondo S. Water stress, ABA regulation, and antioxidant activity in apple seedlings. *J. Jpn. Soc. Hort. Sci. Supple.* 2007 pp. 57.
- Setha S**, Kondo S. The interaction between jasmonates and abscisic acid during ripening of apple fruit. *Proc. 5th Int. Symp. Eds. F. Mencarelli and P. Tonutti. Acta Hort, ISHS* 2005; 628, vol. 1: 337-342
- Setha S**, Kondo S, Hirai N, Ohigashi H. Xanthoxin, abscisic acid and its metabolite levels associated with fruit development in sweet cherries. *J. Jpn. Soc. Hort. Sci. Supple.* 2004;73 (Supple 2): 9: pp. 598
- Kondo, S, **Setha S**, Matteis J. Aroma volatile biosynthesis in apples affected by 1-MCP and methyl jasmonates. *J. Jpn. Soc. Hort. Sci. Supple.* 2004; 73 (Supple 2): 9: pp.604.

- Setha S**, Kanlayanarat S, Gemma H. Effect of various molecular weights of chitosan coating on the ripening of Cavendish banana. in International Postharvest Symposium 2000, Jerusalem, Israel, 26th-31st March 2000.
- Setha S**, Uthairatanakij A, Kanlayanarat S, Gemma H. Chitosan coating delays ripening of Cavendish banana. in International Symposium on Tropical and Subtropical Fruits, Cairns Australia, 26th November- 1st December 2000. pp. 84.
- Setha S**, Uthairatanakij A, Kanlayanarat S, and Gemma H. The use of edible coatings for delay ripening of Cavendish banana, in International Symposium on Tropical and Subtropical Fruits, Cairns Australia, 26th November- 1st December 2000: pp. 85
- Setha S**, Kanlayanarat S, Gemma H. Effect of various molecular weights of chitosan coating on the ripening of Cavendish banana. Proceeding of APEC symposium on postharvest handling systems, Bangkok, Thailand, 1-3 September 2003: 395-402.
- Setha S**, Kanlayanarat S, Gemma H. Chitosan coating delays ripening of Cavendish banana. Proceeding of APEC symposium on postharvest handling systems, Bangkok, Thailand, 1-3 September 2003: 411-418.
- Setha S**, Kanlayanarat S, Gemma H. The use of edible coating for delay ripening of Cavendish banana. Proceeding of APEC symposium on postharvest handling systems, Bangkok, Thailand, 1-3 September 2003: 425-432.
- Setha S**, Kanlayanarat S, Srilaong V. Change in polyamine level and peroxidase activities in 'Khakdam' papaya (*carica papaya* L.) under low temperature storage conditions. Quality Assurance in Agricultural Produce, ACIAR Proceeding No. 100. Proceedings of 19th ASEAN and 1st APEC Seminar on Postharvest Technology, Ho Chi Min City, Vietnam, 9-12th November 1999: p. 593-598.

สาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง

- Fruit growth physiology with special emphasis on plant growth regulators
- Plant responses to environmental stresses
- Postharvest physiology of perishable crops
- Postharvest handling system of perishable crops

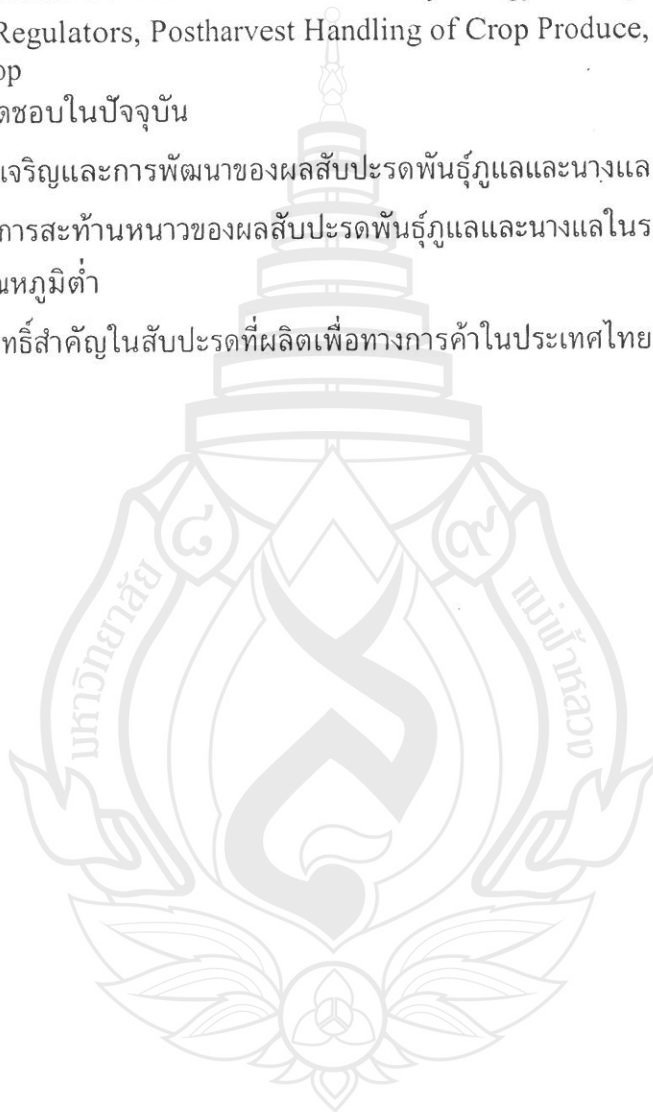
ภาระงานในปัจจุบัน

1. งานประจำ

- อาจารย์ประจำสาขาเทคโนโลยีการจัดการผลิตผลเกษตรและการบรรจุ สำนักวิชา
อุตสาหกรรมเกษตร สอนวิชา Postharvest Physiology of Crop Produce, Plant
Growth Regulators, Postharvest Handling of Crop Produce, Postharvest of
Field Crop

2. งานวิจัยที่รับผิดชอบในปัจจุบัน

- ศึกษาการเจริญและการพัฒนาของผลสับปะรดพันธุ์ภูแลและนางแล
- การลดอาการสะท้อนขาวของผลสับปะรดพันธุ์ภูแลและนางแลในระหว่างการเก็บ
รักษาที่อุณหภูมิต่ำ
- สารออกฤทธิ์สำคัญในสับปะรดที่ผลิตเพื่อทางการค้าในประเทศไทย



ผู้ร่วมโครงการ

ชื่อ-นามสกุล

(ภาษาไทย) นางสาวพันธีลรี สุทธิลักษณ์

(ภาษาอังกฤษ) Ms. PHUNSIRI SUTHILUK

ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์

หน่วยงานที่สังกัด สำนักวิชาอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

333 หมู่ 1 ตำบลท่าสุต อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย 57100

โทรศัพท์ 0-5391-6738 โทรสาร 0-5391-6739

E-mail psrstl@hotmail.com

ประวัติการศึกษา (ปริญญาตรี - เอก; สาขา และสถาบัน)

- 2001 B.S. (Food Science and Technology, First Class Honours),
Faculty of Agro-Industry, Kasetsart University
- 2004 M.S. (Biosystem Science), Graduate School of Biosystem Studies,
University of Tsukuba, Japan
- 2007 Ph.D. (Bioresource Engineering), Graduate School of Life and
Environmental Sciences, University of Tsukuba, Japan

ผลงานวิจัย

ผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์ในวารสารระดับชาติและนานาชาติ

Suthiluk, P., Saranwong S., Kawano, S, Numthum, S., Satake, T.: Possibility of using near infrared spectroscopy for evaluation of bacterial contamination in shredded cabbage, International Journal of Food Science and Technology

Suthiluk, P., Numthum, S., Satake, T. : Reduction of microflora in mixed fresh-cut vegetables treated with electrolyzed water, Journal of the Society of Agricultural Structures, Japan, 38(1) (2007)

Suthiluk, P., Satake, T., Saranwong, S., Kawano, S. : Assessment of Bacterial Contamination in Shredded Cabbage with Near Infrared Spectroscopy, JAPAN-THAILAND JOINT SYMPOSIUM ON NONDESTRUCTIVE EVALUATION TECHNOLOGY, Bangkok, THAILAND, May, 2004

Suthiluk, P., Satake, T., Saranwong, S., Kawano, S. : Assessment of Bacterial Contamination in Shredded Cabbage with NIR Spectroscopy, NIR Forum, Tsukuba, November, 164, 2005

Suthiluk, P., Numthuam, S., Kitamura, Y., Satake, T. : Evaluation of Microbial Reduction and Residual Chlorine in Mixed Fresh-cut Vegetables Treated with Electrolyzed Water, Annual Meeting of Japan Society for Food Engineering, Tsukuba, August, 115, 2006

Suthiluk, P., Numthuam, S., Saranwong, S., Kawano, S., Kitamura, Y., Satake, T. : Assessment of Bacterial Contamination in Shredded Cabbage with Near Infrared Spectroscopy, Joint Meeting on Environmental Engineering in Agriculture, Sapporo, September, 2006

สาขาวิชาที่เชี่ยวชาญ

- Quality control of fresh-cut produce
- Fruits and vegetables processing
- Food microbiology
- Food quality and safety

ภาระงานในปัจจุบัน

1. งานประจำ

อาจารย์ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร สำนักวิชาอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง รับผิดชอบสอนในรายวิชา Minimally Processed Fruit and Vegetables, Food Microbiology, Quality Characteristics of Agricultural Materials, Food Plant Sanitation and Food Safety, Basic Technology of Food Products และ Bakery Technology

2. งานวิจัยที่รับผิดชอบในปัจจุบัน

- การพัฒนากระบวนการแปรรูปตั้งฉ่ายจากกะหล่ำปลีให้มีคุณภาพและความปลอดภัย
- การพัฒนากระบวนการผลิตและความปลอดภัยของลูกตาว (*Arenga westerhoutii*) ในน้ำเชื่อมบรรจุปี๊บ
- การพัฒนาศักยภาพห้องปฏิบัติการทดสอบด้านจุลชีววิทยาของบริษัท ชวี เฉวียน ฟูดส์ จำกัด เข้าสู่มาตรฐานสากล