



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ “สารออกฤทธิ์สำคัญในสับปะรดพันธุ์ที่ผลิตเพื่อการค้าในประเทศไทย”

โดย

สุทธิวัลย์ สีทา และคณะ

มกราคม 2553

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ “สารออกฤทธิ์สำคัญในสับปะรดพันธุ์ที่ผลิตเพื่อการค้าในประเทศไทย”

คณะผู้วิจัย

สุทธิวัลย์ สีทา

พันธ์สิริ สุทธิลักษณ์

ธีรพงษ์ เทพกรณ์

วาริช ศรีละออง

สังกัด

สำนักวิชาอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ชุดโครงการ “สมุนไพรเพื่อคุณภาพชีวิต”

สนับสนุนโดย

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

EXECUTIVE SUMMARY

บทสรุปผู้บริหาร

สับปะรดเป็นผลไม้ที่อุดมไปด้วยสารอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย นอกจากวิตามินและแร่ธาตุต่างๆ แล้ว ยังมีรายงานว่า สับปะรดยังอุดมไปด้วยสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (Bioactive compound) ต่างๆ มากมาย แม้ว่าประเทศไทยจะสามารถผลิตและส่งออกสับปะรดได้มากเป็นอันดับ 1 ของโลก และสามารถปลูกได้เกือบทั่วทุกภาคของประเทศ แต่งานวิจัยทางวิทยาศาสตร์โดยเฉพาะข้อมูลพื้นฐานทางด้านโภชนาการ ชนิดและปริมาณของสารออกฤทธิ์สำคัญดังกล่าวในสับปะรดพันธุ์ต่างๆ ยังไม่ได้มีการศึกษาวิจัยแพร่หลายนัก ข้อมูลส่วนใหญ่เป็นผลงานวิจัยจากต่างประเทศ ดังนั้นโครงการวิจัยนี้จึงศึกษาปริมาณสารสำคัญต่างๆ ในสับปะรดพันธุ์ที่ปลูกเพื่อเป็นการค้า ได้แก่ สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียและพันธุ์ภูเก็ต ในแต่ละพื้นที่การผลิตที่สำคัญของประเทศ ตลอดจนสับปะรดพันธุ์ภูแลและนางแลจากจังหวัดเชียงราย ซึ่งสับปะรดทั้งสองพันธุ์หลังนี้ นอกจากจะมีความสำคัญในด้านเศรษฐกิจแล้ว ยังถือว่าเป็นสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ที่สำคัญของจังหวัดเชียงรายด้วย

จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าสับปะรดเป็นผลไม้ที่มีศักยภาพในการเป็นแหล่งของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญ ได้แก่ เอนไซม์โบรมิเลน เบต้าแคโรทีน และ แหล่งของใยอาหาร ซึ่งสับปะรดในแต่ละพันธุ์และจากแต่ละพื้นที่ผลิตจะมีปริมาณสารสำคัญเหล่านี้มากน้อยแตกต่างกันไป อาจกล่าวได้ว่าไม่เฉพาะปัจจัยทางด้านพันธุกรรมเท่านั้นที่มีผลทำให้ปริมาณของสารออกฤทธิ์สำคัญเหล่านี้มีปริมาณแตกต่างกัน แต่ปัจจัยทางภูมิศาสตร์ สภาพอากาศ และวิธีการเพาะปลูกก็น่าจะเป็นอีกปัจจัยสำคัญ ดังนั้นข้อมูลที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้นอกจากจะช่วยสนับสนุนการบริโภคสับปะรดในเชิงสุขภาพและเป็นข้อมูลทางด้านโภชนาการแล้ว ประโยชน์ที่ได้เพิ่มขึ้น คือสามารถนำไปใช้เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทางด้านโภชนาการและศักยภาพในการเป็น functional food ของสับปะรดพันธุ์ต่างๆ ที่ปลูกในประเทศไทย ตลอดจนข้อมูลที่ได้นี้สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงระบบการผลิตตั้งแต่ในแปลงปลูก เพื่อให้ได้สับปะรดที่มีสารสำคัญต่อสุขภาพในปริมาณที่สูง อันจะเป็นการเพิ่มมูลค่าสับปะรดให้กับเกษตรกรผู้ผลิตต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ ศ. ดร. นันทวัน บุญยะประกัศ ผู้ประสานงานโครงการสมุนไพรรักษาชีวิต ที่ได้ช่วยเหลือ ประสานงาน และสนับสนุนให้โครงการวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ ผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่าน ที่ช่วยตรวจสอบ ประเมิน เสนอแนะ ตลอดจนคำแนะนำต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ ทำให้โครงการวิจัยนี้เสร็จสิ้นสมบูรณ์ด้วยดี

ขอขอบคุณ สำนักวิชาอุตสาหกรรมเกษตร และศูนย์วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่มีส่วนสำคัญทำให้งานวิจัยนี้เสร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ เกษตรกรและผู้ค้าสัตว์ประรด คณาจารย์และนักศึกษาจากสำนักวิชาอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง ตลอดจนคณาจารย์และนักศึกษาจากคณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่มีส่วนร่วมในการทำงานทุกท่าน

คณะผู้วิจัย

บทคัดย่อ

สารออกฤทธิ์สำคัญในสับปะรดพันธุ์ที่ผลิตเพื่อการค้าในประเทศไทย

ศึกษาปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญ ได้แก่ ปริมาณโปรตีน กิจกรรมเอนไซม์โบรมิเลนและค่า เอนไซม์ specific activity ปริมาณเบต้าแคโรทีน โยอาหารที่ละลายน้ำ (SDF) โยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ (IDF) และปริมาณโยอาหารทั้งหมด (TDF) ในสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียจากจังหวัด ลำปาง อุตรดิตถ์ หนองคาย อุทัยธานี กาญจนบุรี ราชบุรี ชลบุรี ระยอง ตรัง เพชรบุรี ประจวบคีรีขันธ์ สับปะรดพันธุ์ภูเก็ตจากจังหวัด ระยอง ตรัง และภูเก็ต สับปะรดพันธุ์นางแล และภูเก็ตจากจังหวัดเชียงราย พบว่า ปริมาณโปรตีนในเนื้อผลสับปะรดมีความแตกต่างกันไปตามพันธุ์และในแต่ละพื้นที่ที่ผลิต คือมีปริมาณอยู่ระหว่าง 82.90-167.71 mg/100gFW โดยสับปะรดพันธุ์ภูเก็ตจากจังหวัดภูเก็ตมีปริมาณโปรตีนในเนื้อสูงสุด ปริมาณโปรตีนในแกนสับปะรดมีปริมาณโปรตีนต่ำกว่าในเนื้อผล คือมีปริมาณ 35.21-118.83 mg/100gFW กิจกรรมของเอนไซม์โบรมิเลนในเนื้อผลสับปะรดมีปริมาณแตกต่างกันไปตามพันธุ์และพื้นที่ผลิต คือมีค่าอยู่ระหว่าง 146.92-254.48 mg tyrosine/100 g/ min โดยในเนื้อสับปะรดพันธุ์ภูเก็ตมีค่ากิจกรรมของเอนไซม์สูงที่สุด กิจกรรมของเอนไซม์โบรมิเลนในแกนสับปะรดมีปริมาณต่ำกว่าในเนื้อผล ซึ่งพบแนวโน้มเช่นเดียวกันนี้ในสับปะรดทั้ง 4 พันธุ์และจากทุกๆพื้นที่ปลูก ค่า enzyme specific activity ในเนื้อผลสับปะรดมีค่าอยู่ระหว่าง 1.28 - 2.02 U/mg protein เนื้อสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียจากจังหวัดชลบุรีและอุทัยธานีมีค่า specific activity สูงสุด ซึ่งค่า specific activity ในแกนผลมีค่าใกล้เคียงกับในเนื้อผลคือ มีค่าอยู่ระหว่าง 0.99 - 2.5 U/mg protein ปริมาณเบต้าแคโรทีนมีความแตกต่างกันไปตามพันธุ์และพื้นที่ปลูกคือมีค่าอยู่ระหว่าง 1.41 - 8.40 ug/100gFW โดยพบว่าสับปะรดพันธุ์ภูเก็ตจากจังหวัดระยองมีปริมาณเบต้าแคโรทีนสูงกว่าสับปะรดจากแหล่งอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ปริมาณ SDF IDF และ TDF มีปริมาณแตกต่างกันไปตามพันธุ์และพื้นที่ปลูก โดยที่ SDF มีค่าอยู่ระหว่าง 0.06 -0.34 g/100gFW โดยสับปะรดพันธุ์ภูเก็ตและพันธุ์นางแลมีปริมาณ SDF สูงกว่าสับปะรดจากแหล่งอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) พบปริมาณ IDF ในปริมาณที่สูงกว่า SDF ในทุกๆ พันธุ์และพื้นที่ผลิต คือมีปริมาณอยู่ระหว่าง 1.05-1.69 g/100gFW สับปะรดพันธุ์ภูเก็ตจากจังหวัดภูเก็ตมีปริมาณสูงกว่าพันธุ์อื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) และ TDF มีปริมาณอยู่ระหว่าง 1.17-1.85 g/100gFW โดยสับปะรดพันธุ์ภูเก็ตจากจังหวัดภูเก็ตมีปริมาณสูงกว่าพันธุ์อื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความบริบูรณ์ของผล (ค่าสีเปลือก) สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียและพันธุ์ภูเก็ต กับปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญ ในสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย ค่าความสัมพันธ์ ระหว่างค่าสีเปลือกกับปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญในเนื้อสับปะรดค่อนข้างต่ำในทุกๆ ด้าน ($R^2 = 0.00-0.39$) แต่ในพันธุ์ภูเก็ตพบค่าความสัมพันธ์ระหว่างความบริบูรณ์ของผลกับค่า SDF IDF และ TDF มีค่าความสัมพันธ์กันสูง ($R^2 = 0.96$ 0.80 และ 0.90 ตามลำดับ) ซึ่งแสดงว่าเมื่อผลมีสีเหลืองมากหรือสุกมากขึ้น (ค่า hue ต่ำ) SDF IDF และ TDF มีปริมาณสูงขึ้น

ABSTRACT

Bioactive Compounds in Commercial Cultivated Cultivar of Pineapple in Thailand

Bioactive compounds including protein content, bromelain activity and enzyme specific activity, beta-carotene content, soluble dietary fiber (SDF), insoluble dietary fiber (IDF) and total dietary fiber (TDF) in 'Pattawia' cultivar from Lampang, Uttaradit, Nong Khai, Uthai Thani, Kanchana Buri, Ratchaburi, Chon Buri, Rayong, Trat, Petchaburi and Prachuap Khiri Khan; 'Phuket' cultivar from Rayong, Trat and Phuket; Nanglae and Phulae cultivars from Chiang Rai provinces were investigated. Protein content in the fruit pulp varied among the cultivars and the production areas. Its content ranged from 82.90-167.71 mg/100gFW and 'Phuket' cultivar from Phuket province was the highest content. Protein content in the core was lower than the pulp; its content was 35.21-118.83 mg/100gFW. A wide variation of bromelain activity in the fruit pulp was observed, the activity ranged from 146.92-254.48 mg tyrosine/100 g/ min and bromelain activity was highest in 'Phulae' cultivar. Enzyme activity was higher in the pulp than the core and this tendency was found in all cultivars and the production areas. For the enzyme specific activity in pineapple pulp ranged from 1.28 - 2.02 U/mg protein and their activity were similar with in the core. The 'Pattawia' cultivar from Chon Buri and Uthai-Thani showed higher enzyme specific activity than the others. . A wide variation of beta-carotene content among pineapple cultivars and their production areas were also investigated. Its content varied from 1.41 - 8.40 ug/100gFW and 'Phuket' cultivar from Rayong had significantly higher ($P < 0.05$) beta-carotene content than the other pineapples. The SDF, IDF and TDF contents were varied among the cultivars and the production areas. The SDF content ranged from 0.06 -0.34 g/100gFW and 'Phulae' and 'Nanglae' cultivars showed significantly higher than the other pineapple cultivars. It was found that, IDF were higher than SDF in all pineapple cultivars. Its content ranged from 1.05-1.69 g/100gFW. The 'Phuket' cultivar from Phuket province showed significantly higher in IDF and TDF than the other cultivars. In addition, the correlation between fruit maturity based on fruit peel color which were determined by hue value and the bioactive compound content were also investigated in 'Pattawia' and 'Phuket' cultivars. It was found that the difference in peel color were not related to the bioactive compound content in 'Pattawia' cultivar ($R^2 = 0.00-0.39$). However, in 'Phuket' cultivar there were highly correlated between peel color and SDF, IDF and TDF ($R^2 = 0.96$ 0.80 and 0.90 respectively). It suggests that SDF, IDF and TDF may increase upon fruit ripening.

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
Executive Summary	I
กิตติกรรมประกาศ	II
บทคัดย่อ	III
Abstract	IV
สารบัญ	V
สารบัญตาราง	VII
สารบัญรูป	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 บทนำ	1
1.2 ความเป็นมาและความสำคัญของเรื่อง	1
1.3 วัตถุประสงค์งานวิจัย	3
1.4 แนวทางการวิจัย	3
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	4
1.6 ระยะเวลาการวิจัย	4
1.7 งบประมาณ	4
บทที่ 2 ทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 สัมประสิทธิ์การค้าของประเทศไทย	5
2.2 สถานะการผลิตของประเทศไทย	7
2.3 ดัชนีการเก็บเกี่ยวผลสัมประรด	8
2.4 ลักษณะคุณภาพและองค์ประกอบทางเคมี	10
2.5 สารออกฤทธิ์ที่สำคัญในสัมประรด	12

เรื่อง	หน้า
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	17
3.1 เก็บตัวอย่างผลสับปะรด และวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพและเคมี	17
3.2 วิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญ	17
3.2.1 การเตรียมตัวอย่างเพื่อการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนและกิจกรรมเอนไซม์	17
3.2.2 การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน	17
3.2.3 การวิเคราะห์กิจกรรมเอนไซม์	18
3.2.4 การวิเคราะห์เบต้าแคโรทีน	19
3.2.5 ความชื้น	20
3.2.6 ปริมาณ Total dietary fiber, insoluble dietary fiber และ soluble dietary fiber	21
3.3. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	22
บทที่ 4 ผลและวิจารณ์	23
4.1 ลักษณะทางกายภาพและเคมี	23
4.2 ปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญ	25
4.2.1 ปริมาณโปรตีน กิจกรรมเอนไซม์โบรมิเลน และ ค่า specific activity	25
4.2.2 ปริมาณเบต้าแคโรทีน	27
4.2.3 ปริมาณใยอาหารที่ละลายน้ำ ปริมาณใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำและปริมาณใยอาหารทั้งหมด	30
4.2.4 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างสีผิวเปลือก กับปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญในเนื้อสับปะรด	31
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	34
5.1 สรุปผล	34
5.2 ข้อเสนอแนะ	35
เอกสารอ้างอิง	37
ภาคผนวก	39

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1	ระดับความบริบูรณ์ของสับปะรดโดยใช้สีเปลือกเป็นดัชนี
2.2	คุณค่าทางอาหารในเนื้อสับปะรดผลสุก
2.3	ผลของใยอาหารต่อพาริสภาพของร่างกาย
2.4	ผลของใยอาหารต่อทางเดินอาหาร
3.1	ชนิดพันธุ์ของสับปะรดแบ่งแยกตามพื้นที่ศึกษาในแต่ละจังหวัด
4.1	คุณลักษณะทางกายภาพและเคมีของสับปะรดพันธุ์ต่างๆจากแต่ละพื้นที่ผลิต
4.2	ปริมาณโปรตีนและกิจกรรมของเอนไซม์โบรมิเลนในเนื้อและแกนสับปะรดพันธุ์ต่างๆ
4.3	ปริมาณเบต้าแคโรทีนในเนื้อสับปะรดพันธุ์ต่างๆ
4.4	ปริมาณ soluble dietary fiber, insoluble dietary fiber, total dietary fiber and soluble dietary fiber as percentage of total dietary fiber
4.5	ค่าความสัมพันธ์ระหว่างสีผิวเปลือกกับปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญในเนื้อสับปะรด
ภาคผนวก 1.1	ตารางเปรียบเทียบการดำเนินกิจกรรม
ภาคผนวก 1.2	ผลที่คาดว่าจะได้รับ
ภาคผนวก 1.3	ตาราง Output

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
ภาคผนวก 2	ภาพสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย ภูเก็ต ภูเก็ต และนางแล จากแหล่งผลิตต่างๆ	44
ภาคผนวก 3-1	กราฟมาตรฐาน Bovine Serum Albumin (BSA)	49
ภาคผนวก 3-2	กราฟมาตรฐาน Tyrosine	49
ภาคผนวก 3-3	โครมาโทแกรมเบต้าแคโรทีนของสารมาตรฐาน และตัวอย่างสกัดจากเนื้อสับปะรด	50
ภาคผนวก 4-1	Protein content	52
ภาคผนวก 4-2	Enzyme activity	53
ภาคผนวก 4-3	Enzyme specific activity	54
ภาคผนวก 4-4	Beta-carotene content	55
ภาคผนวก 4-5	Soluble dietary fiber content	56
ภาคผนวก 4-6	Insoluble dietary fiber content	57
ภาคผนวก 4-7	Total dietary fiber content	58

บทที่ 1

บทนำ

1.1 บทนำ

สับปะรดเป็นผลไม้ที่อุดมไปด้วยสารอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย องค์ประกอบภายในของเนื้อมากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักสด คือ น้ำ นอกจากนี้ยังประกอบไปด้วยวิตามิน แร่ธาตุ และสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ เช่น bromelain มีฤทธิ์กระตุ้นการหลั่งน้ำย่อย ช่วยการย่อยโปรตีน ด้านการอักเสบและการเกาะตัวของเกล็ดเลือด สับปะรดยังอุดมไปด้วยวิตามิน C และ เบต้าแคโรทีน ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่มีบทบาทสำคัญในการต้าน การชรา โรคหัวใจ โรคประสาท และมะเร็ง นอกจากนี้ช่วยยับยั้งอนุมูลอิสระแล้วเบต้าแคโรทีนยังเป็นสารให้วิตามินเอด้วย นอกจากนั้นสับปะรดยังเป็นผลไม้ที่ให้กากใยอาหารมากจึงมีส่วนช่วยในระบบขับถ่ายของร่างกาย ถึงแม้ว่าประเทศไทยจะสามารถผลิตและส่งออกสับปะรดได้มากเป็นอันดับ 1 ของโลก และสามารถปลูกได้เกือบทั่วทุกภาคของประเทศ แต่งานวิจัยทางวิทยาศาสตร์โดยเฉพาะข้อมูลพื้นฐานทางด้านโภชนาการและศักยภาพในการเป็น functional food ของสับปะรดยังไม่ได้มีการศึกษาวิจัยแพร่หลายนัก ข้อมูลส่วนใหญ่เป็นผลงานวิจัยจากต่างประเทศ ดังนั้นหากมีการศึกษาถึงปริมาณสารสำคัญต่างๆ เหล่านี้ในสับปะรดพันธุ์ที่ปลูกเพื่อเป็นการค้าในแต่ละพื้นที่การผลิตที่สำคัญของประเทศ ข้อมูลและหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ที่ได้ นอกจากจะเป็นการเพิ่มมูลค่าของสินค้าเกษตร และขยายโอกาสในการส่งออกสับปะรดในรูปของผลสดได้แล้ว ยังเป็นการช่วยกระตุ้นให้ผู้บริโภคเล็งเห็นความสำคัญของการบริโภคผลไม้ให้มากขึ้น เป็นผลดีทั้งในด้านการลดค่าใช้จ่ายในการดูแลสุขภาพ รวมถึงลดการนำเข้าผลิตภัณฑ์อาหารเสริมบำรุงสุขภาพ ซึ่งเป็นที่นิยมกันมากในปัจจุบันแต่มีราคาแพง

1.2 ความเป็นมาและความสำคัญของเรื่อง

สับปะรด มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Ananas comosus* (L.) Merr. อยู่ในวงศ์ Bromeliaceae มีถิ่นกำเนิดในทวีปอเมริกาใต้ สับปะรดเป็นพืชที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีในเขตร้อน (จินดารัฐัน, 2541) ประเทศไทยมีลักษณะภูมิอากาศเหมาะในการปลูกสับปะรด สามารถผลิตและส่งออกสับปะรดได้มากเป็นอันดับ 1 ของโลก ในปี 2548 มีมูลค่าการส่งออกรวมประมาณ 19,272 ล้านบาท มูลค่าสินค้าส่งออกที่สำคัญ คือ สับปะรดกระป๋องและน้ำสับปะรด ส่วนปริมาณการส่งออกในรูปผลสดมีมูลค่าเพียง 50.8 ล้านบาท ประเทศไทยสามารถผลิตสับปะรดได้เกือบตลอดทั้งปี

แต่ช่วงที่เหมาะสม คือ ระหว่างเดือนพฤศจิกายน-พฤษภาคม (สมฤทัย, 2543) ปลูกได้ทั่วทุกภาคของประเทศ แหล่งเพาะปลูกที่สำคัญได้แก่ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ระยอง ราชบุรี เพชรบุรี ชลบุรี กาญจนบุรี ลำปาง และหนองคาย เป็นต้น (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 พันธุ์ปัตตาเวียและพันธุ์ภูเก็ต และสับปะรดพันธุ์พื้นเมืองอีกสองพันธุ์ที่น่าจะมีการส่งเสริมให้มีการส่งออกต่อไปในอนาคตได้แก่พันธุ์ภูแลและนางแล

พันธุ์ปัตตาเวียเป็นสับปะรดในกลุ่ม Cayenne หรือ Smooth Cayenne นำพันธุ์เข้ามาจากประเทศอินโดนีเซียและอินเดีย ได้รับความนิยมปลูกมากที่สุดในประเทศไทย รู้จักกันแพร่หลายในนาม 'สับปะรดศรีราชา' และชื่ออื่นๆ เช่น 'ปรางนบุรี' และ 'สามร้อยยอด' เป็นต้น แหล่งปลูกที่สำคัญในปัจจุบัน คือ ประจวบคีรีขันธ์ เพชรบุรี ชลบุรี และ ลำปาง มีลักษณะที่สำคัญคือ ผลมีขนาดและรูปร่างแตกต่างกันออกไป หนักประมาณ 2.3 – 3.6 Kg หากผลมีขนาดใหญ่มากจะมีรูปทรงใหญ่ปลายเรียว (conical shape) หากเป็นผลขนาดเล็กมักมีทรงกลม (spherical shape) หรือ ทรงป้อม หรือ ทรงกระบอก (cylindrical shape) เปลือกผลเมื่อดิบจะมีสีเขียวเข้ม เมื่อแก่จัดจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองอมส้มประมาณครึ่งผลด้านล่าง เนื้อมีสีเหลืองอ่อนแต่จะเปลี่ยนเป็นสีเข้มในฤดูร้อน ตาตื้น เยื่อใยปานกลาง เนื้อนุ่ม ฉ่ำน้ำ รสชาติดี โดยเฉลี่ยมีปริมาณกรด 0.3 – 0.7 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณ soluble solid (SS) 12-16 เปอร์เซ็นต์ นิยมปลูกไว้เพื่อบริโภคสดและเป็นวัตถุดิบสำหรับอุตสาหกรรมสับปะรดกระป๋อง

พันธุ์ภูเก็ตหรือพันธุ์ตราดสีทองเป็นสับปะรดในกลุ่ม Queen ซึ่งนำพันธุ์มาจากเมืองปีนัง ประเทศมาเลเซีย แต่เดิมปลูกกันมากในจังหวัดภูเก็ต แต่ปัจจุบันมีการปรับปรุงพันธุ์และนำมาปลูกแพร่หลายในภูมิภาคอื่นๆ โดยเฉพาะในภาคตะวันออก เช่น จังหวัดระยองและตราด จึงมีชื่อเรียกตามแหล่งปลูกว่าพันธุ์ตราดสีทอง ลักษณะสำคัญของสับปะรดในกลุ่มนี้ คือ ใบมีสีเขียวปนแดง ขอบใบมีหนาม ผลมีขนาดเล็กประมาณหนึ่งกิโลกรัม รูปร่างทรงกระบอก ผลย่อยนูนตาลึก เปลือกหนา เมื่อสุกเปลือกจะมีสีเหลือง เนื้อมีสีเหลืองเข้มและมีช่องว่าง (โพรง) ขนาดใหญ่ หวานกรอบ มีเยื่อใยน้อย กลิ่นหอม แก่นผลอ่อนนุ่มกว่าพันธุ์ปัตตาเวีย โดยเฉลี่ยมีปริมาณกรด 0.5-0.7 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณ soluble solid (SS) 16-18 เปอร์เซ็นต์ เหมาะสำหรับบริโภคสด (จารุพันธุ์, 2526)

สับปะรดพันธุ์พื้นเมืองที่น่าสนใจในจังหวัดเชียงรายได้แก่ พันธุ์นางแลและภูแล สับปะรดพันธุ์นางแลเป็นสับปะรดในกลุ่ม Cayenne ปลูกแพร่หลายที่ ตำบลนางแล จังหวัดเชียงราย ผลจากภูมิประเทศและภูมิอากาศที่

แตกต่างทำให้สับปะรดนางแลมีคุณสมบัติที่แตกต่างจากสายพันธุ์อื่นในกลุ่มเดียวกัน คือ มีขนาดผลกระทัดรัด ผิวบางจึงให้น้ำเนื้อมาก ตาสวยไม่ถี่ เนื้อนุ่มและละเอียด รสชาติหวานมาก และมีกลิ่นหอม จึงเรียกอีกชื่อหนึ่งว่าพันธุ์น้ำผึ้ง ส่วนอีกพันธุ์ได้แก่พันธุ์ภูแล พันธุ์ภูแลเป็นสับปะรดในกลุ่ม Queen เช่นเดียวกับพันธุ์ภูเก็ต แต่ความเป็นมาของสับปะรดพันธุ์นี้ยังไม่มีการศึกษากันอย่างชัดเจนมากนัก มีลักษณะเฉพาะคือ ผลมีขนาดเล็กกว่าพันธุ์ภูเก็ตโดยทั่วไป น้ำหนักเฉลี่ยผลละ 350 กรัม หรือขนาด 3 ผลต่อ 1 กิโลกรัม ตาสับปะรดเล็กโปน เนื้อผลแห้งสีเหลือง รสชาติหอมหวาน เนื้อกรอบไม่แข็ง สามารถรับประทานได้ทั้งแกน

นอกจากสับปะรดจะมีความแตกต่างกันไปตามลักษณะประจำพันธุ์แล้ว ปัจจัยทางภูมิศาสตร์และสภาพอากาศก็อาจมีผลทำให้ลักษณะ คุณภาพ และปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญต่างๆของสับปะรดมีความแตกต่างกันไป ดังนั้นเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานทางด้านโภชนาการและศักยภาพในการเป็น functional food ของสับปะรด วัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้เพื่อวิเคราะห์ปริมาณ bromelain, beta-carotene และ dietary fiber ในสับปะรดพันธุ์ที่ผลิตเพื่อการค้าจากในแต่ละพื้นที่การผลิตที่สำคัญของประเทศ

1.3 วัตถุประสงค์งานวิจัย

เพื่อศึกษา ชนิด ปริมาณ และสารออกฤทธิ์สำคัญในผลสับปะรดพันธุ์ที่ผลิตเพื่อทางการค้า ได้แก่ บัตตาเวีย ภูเก็ต นางแล และ ภูแล จากแหล่งผลิตสับปะรดในแต่ละภูมิภาคของประเทศไทย

1.4 แนวทางการวิจัย

1. เก็บตัวอย่างสับปะรดพันธุ์ที่ผลิตเพื่อทางการค้า ได้แก่ บัตตาเวีย ภูเก็ต นางแล และ ภูแล จากแหล่งผลิตสับปะรดในแต่ละภูมิภาคของประเทศไทย
2. วิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพและเคมี
3. วิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญ
 - 3.1 วิเคราะห์ปริมาณโปรตีนและกิกกรรมเอนไซม์ bromelain ในเนื้อและแกนผลสับปะรด
 - 3.2 วิเคราะห์เบต้าแคโรทีน
 - 3.3 ปริมาณ Total dietary fiber, insoluble dietary fiber และ soluble dietary fiber
4. วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ
5. จัดทำรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. เป็นข้อมูลพื้นฐานในด้านชนิด และสารออกฤทธิ์สำคัญของสับปะรดผลสดพันธุ์ที่ผลิต เพื่อทางการค้าในแต่ละภูมิภาคของประเทศไทย
2. เป็นข้อมูลพื้นฐานเพื่อเพิ่มศักยภาพและมูลค่าของสับปะรดไทย เพื่อการส่งออก
3. เป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนางานวิจัยที่เกี่ยวข้องด้านโภชนาการและศักยภาพในการเป็น Functional food ของสับปะรดที่ผลิตในประเทศไทย
4. เป็นการส่งเสริมให้เกษตรกรมีอาชีพที่มั่นคง และเป็นการพัฒนาระบบเกษตรกรรมไทยให้ยั่งยืน

1.6 ระยะเวลาการวิจัย

- 1 ปี (1 กันยายน 2551 ถึง 31 สิงหาคม 2552)

บทที่ 2

บททวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง

สับปะรด มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Ananas comosus* (L.) Merr. อยู่ในวงศ์ Bromeliaceae มีถิ่นกำเนิดในทวีปอเมริกาใต้ สับปะรดเป็นพืชที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีในเขตร้อน (จินดารัฐ, 2541) ประเทศไทยมีลักษณะภูมิอากาศเหมาะในการปลูกสับปะรด สามารถผลิตและส่งออกสับปะรดได้มากเป็นอันดับ 1 ของโลก ในปี 2548 มีมูลค่าการส่งออกประมาณ 19,272 ล้านบาท มูลค่าสินค้าส่งออกที่สำคัญ คือ สับปะรดกระป๋องและ น้ำสับปะรด ส่วนปริมาณการส่งออกในรูปผลสดมีมูลค่าเพียง 50.8 ล้านบาท ประเทศไทยสามารถผลิตสับปะรดได้เกือบตลอดทั้งปี แต่ช่วงที่เหมาะสม คือ ระหว่างเดือนพฤศจิกายน-พฤษภาคม (สมฤทัย, 2543) ปลูกได้ทั่วทุกภาคของประเทศ แหล่งเพาะปลูกที่สำคัญได้แก่ ได้แก่ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ระยอง ราชบุรี เพชรบุรี ชลบุรี กาญจนบุรี ลำปาง และหนองคาย (สำนักงานเกษตรลำปาง, 2551)

2.1 สับปะรดพันธุ์การค้าของประเทศไทย

พันธุ์สับปะรดที่ปลูกเพื่อทางการค้าโดยทั่วไปอาจแบ่งออกได้เป็น 5 กลุ่มตามรูปร่างลักษณะของใบและผลคือ Cayenne, Queen, Pernambuco, Spanish และ Mordilona สำหรับสับปะรดที่ปลูกอยู่ในประเทศไทยจะพบเพียง 3 กลุ่ม คือ Cayenne, Queen และ Spanish (จินดารัฐ, 2541) ส่วนพันธุ์ที่นิยมปลูกสำหรับแปรรูป บริโภคสด หรือส่งออก ไปจำหน่ายยังต่างประเทศ ได้แก่ พันธุ์ปัตตาเวียและพันธุ์ภูเก็ต และสับปะรดพันธุ์พื้นเมืองอีกสองพันธุ์ที่น่าจะมีการส่งเสริมให้มีการส่งออกต่อไปในอนาคตได้แก่พันธุ์ภูแลและนางแล ซึ่งสับปะรดทั้ง 4 พันธุ์มีลักษณะเด่นสำคัญที่ต่างกััน ดังนี้

1. พันธุ์ปัตตาเวีย

เป็นสับปะรดในกลุ่ม Cayenne หรือ Smooth Cayenne นำพันธุ์เข้ามาจากประเทศอินโดนีเซียและอินเดีย ได้รับความนิยมปลูกมากที่สุดในประเทศไทย รู้จักกันแพร่หลายในนาม ‘สับปะรดศรีราชา’ และชื่ออื่นๆ เช่น ‘ปรานบุรี’ และ ‘สามร้อยยอด’ เป็นต้น แหล่งปลูกที่สำคัญในปัจจุบัน คือ ประจวบคีรีขันธ์ เพชรบุรี ชลบุรี และ ลำปาง มีลักษณะที่สำคัญคือ ขอบใบเรียบมีหนามเล็กน้อยที่ส่วนปลายใบ ผลมีขนาดและรูปร่างแตกต่างกันออกไป หนักประมาณ 2.3 –

3.6 Kg หากผลมีขนาดใหญ่มากจะมีรูปทรงใหญ่ปลายเรียว (conical shape) หากเป็นผลขนาดเล็กมักมีทรงกลม (spherical shape) หรือ ทรงป้อม หรือ ทรงกระบอก (cylindrical shape) เปลือกผลเมื่อดิบจะมีสีเขียวเข้ม เมื่อแก่จัดจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองอมส้มประมาณครึ่งผลด้านล่าง เนื้อมีสีเหลืองอ่อนแต่จะเปลี่ยนเป็นสีเข้มในฤดูร้อน ตาดีน เยื่อใยปานกลาง เนื้อนุ่ม ฉ่ำน้ำ รสชาติดี โดยเฉลี่ยมีปริมาณกรด 0.3 – 0.7 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณ soluble solid (SS) 12-16 เปอร์เซ็นต์ นิยมปลูกไว้เพื่อบริโภคสดและเป็นวัตถุดิบสำหรับอุตสาหกรรมสับประดะกระป๋อง

2. พันธุ์ภูเก็ตหรือพันธุ์ตราดสีทอง

เป็นสับประดะในกลุ่ม Queen ซึ่งนำพันธุ์มาจากเมืองปีนัง ประเทศมาเลเซีย แต่เดิมปลูกกันมากในจังหวัดภูเก็ต แต่ปัจจุบันมีการปรับปรุงพันธุ์และนำมาปลูกแพร่หลายในภูมิภาคอื่นๆ เช่น บริเวณภาคใต้ตอนบน ได้แก่ ชุมพร ประจวบคีรีขันธ์ และในภาคตะวันออก เช่น จังหวัดตราด จึงมีชื่อเรียกตามแหล่งปลูกว่าพันธุ์ตราดสีทอง ลักษณะสำคัญของสับประดะในกลุ่มนี้ คือ ใบมีสีชมพูปนแดง ขอบใบมีหนาม ผลมีขนาดเล็กประมาณหนึ่งกิโลกรัม รูปร่างทรงกระบอก ผลย่อยนูน ตาลึก เปลือกหนา เมื่อสุกเปลือกจะมีสีเหลือง เนื้อมีสีเหลืองเข้มและมีช่องว่าง (โพรง) ขนาดใหญ่ หวานกรอบ มีเยื่อใยน้อย กลิ่นหอม แก่นผลอ่อนนุ่มกว่าพันธุ์ปัตตาเวีย โดยเฉลี่ยมีปริมาณกรด 0.5-0.7 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณ soluble solid (SS) 16-18 เปอร์เซ็นต์ เหมาะสำหรับบริโภคสด (จารุพันธุ์, 2526)

3. พันธุ์นางแล

เป็นสับประดะในกลุ่ม Cayenne เชื่อว่าเป็นพันธุ์ที่นำเข้ามาจากสิงคโปร์ นำมาปลูกแพร่หลายที่ ตำบลนางแล จังหวัดเชียงราย ผลจากภูมิประเทศและภูมิอากาศที่แตกต่างทำให้สับประดะนางแลมีคุณสมบัติที่แตกต่างจากสายพันธุ์อื่นในกลุ่มเดียวกัน คือ มีขนาดผลกะทัดรัด ผิวบางจึงให้น้ำมาก ตาสวยไม่ถี่ เนื้อฉ่ำและละเอียด รสชาติหวานมาก และมีกลิ่นหอม จึงเรียกอีกชื่อหนึ่งว่าพันธุ์น้ำผึ้ง สับประดะนางแลโดยทั่วไปจะเก็บเกี่ยวเมื่อสีของผิวเปลือกเป็นสีเหลืองประมาณ 1 ใน 3 ของผลสับประดะ

4. พันธุ์ภูแล

พันธุ์ภูแล เป็นสับประดะในกลุ่ม Queen เช่นเดียวกับพันธุ์ภูเก็ต แต่ความเป็นมาของสับประดะพันธุ์นี้ยังไม่มีการศึกษากันอย่างชัดเจนมากนัก เชื่อกันว่าเริ่มแรกมีผู้นำพันธุ์สับประดะภูเก็ตมาปลูกที่ตำบลนางแล จังหวัดเชียงราย แต่ด้วยสภาพอากาศที่หนาวเย็นกว่า และภูมิประเทศที่ต่างกันไป ทำให้สับประดะภูเก็ตมีขนาดผลเล็กลง และมีลักษณะเฉพาะคือ บริเวณใบมีหนามเล็กๆ ตาสับประดะลึกโปน ขนาดผลเล็กเท่ากำปั้น น้ำหนักเฉลี่ยผลละ 350 กรัม หรือขนาด 3 ผลต่อ 1 กิโลกรัม เนื้อผลแห้งสีเหลือง รสชาติหอมหวาน เนื้อกรอบไม่แข็ง สามารถรับประทานได้ทั้งแกน

จึงเรียกชื่อกันต่อๆ มาตามแหล่งที่ปลูกครั้งแรก ผสมกับพันธุ์ดั้งเดิมว่า "สับปะรดภูแล" การสุกของสับปะรดภูแลนั้นสังเกตได้จากสีผิวของสับปะรด เมื่อเริ่มแก่ผิวจะเปลี่ยนสีจากสีเขียวอมม่วงมาเป็นสีเขียวและสีของตาจะเปลี่ยนจากสีชมพูม่วงมาเป็นสีน้ำตาลอ่อน สีขนตาจะซีดลงและเริ่มเหี่ยว สีผิวดาจึงเปลี่ยนเป็นสีเขียวอมเหลือง หรือเหลืองประมาณ 3-5 ตา

2.2 สภาพการผลิตของประเทศไทย

สับปะรดเป็นพืชที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีในเขตร้อน การปลูกเป็นการค้าพบกระจายอยู่ทั่วไปในบริเวณระหว่างเส้นรุ้งที่ 30 องศาเหนือถึง 30 องศาใต้ แหล่งปลูกสับปะรดที่สำคัญของโลกได้แก่ สหภาพอัฟริกาใต้ ไ오วรีโคสต์ เคนยา เม็กซิโก สหรัฐอเมริกา (ฮาวาย) ออสเตรเลีย (ควีนส์แลนด์) ฟิลิปปินส์ ไต้หวัน มาเลเซีย อินโดนีเซีย และประเทศไทย เนื่องจากสับปะรดเป็นพืชที่ไม่สามารถทนทานต่อสภาพอุณหภูมิต่ำจนถึงจุดน้ำค้างแข็ง (frost) ได้ พื้นที่ที่มีสภาพแวดล้อมเหมาะสมต่อการปลูกจึงมักจะเป็นบริเวณใกล้ชายทะเลซึ่งมีระดับอุณหภูมิและความชื้นไม่แปรปรวนมากนัก คือ ไม่ร้อนจัด หนาวจัด หรือมีความชื้นสูงและต่ำแตกต่างกันมาก หรือบริเวณที่มีระดับสูงจากน้ำทะเลมาก (Bartholomew and Kadzimin, 1977)

พันธุ์สับปะรดที่นิยมปลูกกันมากคือพันธุ์ปัตตาเวีย เพราะมีคุณสมบัติเหมาะสมทั้งในการใช้บริโภคผลสด และใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมผลิตสับปะรดกระป๋อง การปลูกในแต่ละท้องถิ่นอาจมีการคัดเลือกสายพันธุ์ (clonal selection) ของพันธุ์ปัตตาเวียนี้ไว้ตามลักษณะที่ต้องการ และตั้งเป็นสายพันธุ์ต่างๆ กันออกไป ส่วนพันธุ์อื่นๆ นอกเหนือไปจากพันธุ์นี้ ก็มีการปลูกกันอยู่บ้างในบางประเทศหรือบางท้องถิ่น แต่มีปริมาณน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์ปัตตาเวีย (Bartholomew and Criley, 1983) ผลผลิตส่วนใหญ่จะแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์สับปะรดกระป๋องชนิดต่างๆ เช่น สับปะรดแว่น (slice) สับปะรดชิ้นยาว (spear) สับปะรดชิ้นใหญ่ (chunk) สับปะรดชิ้นลิ้ม (tidbits) สับปะรดลูกเต๋า (cube หรือ dice) และน้ำสับปะรด (pineapple juice) เป็นต้น

สำหรับประเทศไทยในระยะก่อนปีพ.ศ. 2510 สับปะรดเป็นพืชที่มีปลูกกันอยู่ทั่วไป ผลผลิตใช้บริโภคภายในท้องถิ่นหรือส่งจำหน่ายภายในประเทศเพื่อใช้รับประทานผลสด อุตสาหกรรมสับปะรดกระป๋องเริ่มต้นเมื่อประมาณปีพ.ศ. 2510 ในบริเวณพื้นที่จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ซึ่งเริ่มมีการตั้งโรงงานแปรรูปสับปะรดสดให้เป็นสับปะรดกระป๋อง การดำเนินงานในระยะแรกความเจริญเติบโตของอุตสาหกรรมดำเนินไปค่อนข้างช้ามีปัญหาวัตถุดิบไม่เพียงพอและไม่

สม่ำเสมอ แต่ก็เป็นจุดเริ่มต้นให้มีผู้ปลูกสับปะรดเพิ่มมากขึ้น ต่อมาโรงงานขนาดใหญ่เปิดเพิ่มขึ้นอีกหลายโรงงาน จนถึงปีพ.ศ. 2537 ประเทศไทยมีโรงงานผลิตสับปะรดกระป๋องมากกว่า 30 โรงงาน ส่วนใหญ่ตั้งอยู่ในจังหวัด ประจวบคีรีขันธ์ และกระจายอยู่ในจังหวัดอื่นที่อยู่ใกล้เคียงที่มีการผลิตวัตถุดิบ เช่น เพชรบุรี นครปฐม ชลบุรี ระยอง ลำปาง เป็นต้น

พื้นที่ปลูกสับปะรดของประเทศไทยในรอบ 10 ปีที่ผ่านมา มีประมาณ 4-6 แสนไร่ เปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นหรือลดลงตามปริมาณความต้องการของโรงงานผู้ผลิตสับปะรดกระป๋องและตามราคาที่ได้รับ การปลูกนิยมปลูกแบบเป็นแถวเดี่ยวหรือเป็นแถวคู่ การปลูกแบบแถวเดี่ยวจะได้จำนวนต้นต่อไร่ต่ำ และมักจะได้ผลขนาดใหญ่เกินความต้องการของโรงงานผลิตสับปะรดกระป๋อง แต่อาจจะเป็นที่นิยมสำหรับผู้ผลิตที่ผลิตเพื่อจำหน่ายให้ผู้บริโภคผลสด ซึ่งมักชอบผลขนาดใหญ่และคุณภาพดี ส่วนการปลูกแบบแถวคู่จะได้จำนวนต้นต่อไร่มากกว่า ขนาดผลเหมาะสมต่อความต้องการของโรงงานมีน้ำหนักประมาณ 1 – 2.5 กิโลกรัม

แหล่งปลูกสับปะรดที่สำคัญของประเทศไทยอยู่ในภาคตะวันตก คือ บริเวณจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ และเพชรบุรี ซึ่งมีพื้นที่ปลูกมากกว่า 50% ของประเทศ รองลงมาได้แก่ภาคตะวันออก เช่น จังหวัดชลบุรี ระยอง เป็นต้น ในภาคเหนือได้แก่จังหวัดลำปาง ในระยะหลังพื้นที่ปลูกสับปะรดได้แผ่ขยายออกไปทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคใต้เพิ่มขึ้น จังหวัดที่ได้รับการจัดให้เป็นเขตเกษตรเศรษฐกิจสำหรับสับปะรดส่งโรงงาน ได้แก่ ชุมพร ประจวบคีรีขันธ์ เพชรบุรี ราชบุรี กาญจนบุรี อุทัยธานี ชลบุรี ระยอง ตราด ลำปาง หนองคาย และนครพนม

2.3 ดัชนีการเก็บเกี่ยวผลสับปะรด

เนื่องจากประเทศไทยสามารถปลูกสับปะรดได้เกือบตลอดทั้งปี ดังนั้นการเก็บเกี่ยวผลผลิตสับปะรด จึงสามารถทำได้เกือบตลอดทั้งปีเช่นกัน แต่จะมีผลผลิตมากอยู่ 2 ช่วง คือ ช่วงระหว่างเดือนเมษายน – มิถุนายน ที่เรียกว่าสับปะรดปี และช่วงระหว่างเดือนตุลาคม-ธันวาคม ที่เรียกว่า สับปะรดทวาย ซึ่งในช่วงสับปะรดปีจะเก็บผลได้มากกว่าสับปะรดทวายประมาณ 3 เท่า แต่ในปัจจุบันเกษตรกรมีการขยายพื้นที่ปลูกมากขึ้นและใช้สารเคมีเร่งการออกดอก จึงทำให้ผลผลิตกระจายออกสู่ตลาดตลอดทั้งปี

การพิจารณาการสุกของสับปะรด ขึ้นอยู่กับความต้องการของตลาด โดยสามารถเก็บผลได้ตั้งแต่ผลดิบจนถึงผลสุกตลอดผล อายุการเก็บเกี่ยวของผลสับปะรดแตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่ ตามฤดูกาล ลักษณะภูมิประเทศ และวัตถุประสงค์ในการนำไปบริโภค โดยทั่วไปมีหลักในการพิจารณาการสุกของผลสับปะรดดังนี้

1. การนับอายุ โดยทั่วไปสับปะรดจะสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้หลังจากใช้สารเร่งการออกดอกประมาณ 150-160 วัน แต่ก็ขึ้นอยู่กับฤดูกาลด้วย ในพื้นที่ที่มีอากาศเย็น การสุกของผลจะล่าช้าออกไปเล็กน้อย ผลจะสามารถเก็บเกี่ยวได้เร็วขึ้นในฤดูฝน และเนื่องจากในปัจจุบันมีการนำสับปะรดไปแปรรูปทั้ง สับปะรดกระป๋อง น้ำสับปะรด สับปะรดอบแห้ง และ สับปะรดแช่แข็ง ซึ่งสับปะรดที่นำไปแปรรูปส่วนใหญ่ต้องการสับปะรดผลแก่แต่ไม่ถึงกับสุกมาก จึงต้องเก็บเกี่ยวเร็วกว่าปกติ การพิจารณาการสุกโดยการนับอายุนี้ เกษตรกรต้องมีการจดบันทึก เพื่อความแม่นยำในการกำหนดวันเก็บเกี่ยวด้วย

2. การเปลี่ยนแปลงลักษณะภายนอกผล โดยการสังเกตด้วยตาเปล่า ซึ่งการพิจารณาด้วยวิธีนี้ ต้องอาศัยประสบการณ์และความชำนาญ โดยพิจารณาจากส่วนต่างๆ ของลักษณะภายนอกดังนี้

2.1 สีของเปลือกผล ตามธรรมชาติการเปลี่ยนสีของเปลือกผลสับปะรด จะเริ่มเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเขียวเข้มเป็นมัน หรือเขียวอมเหลืองหรือส้ม โดยสีจะเริ่มเปลี่ยนจากส่วนโคนผลถึงปลายผลอย่างต่อเนื่อง ส่วนการจะพิจารณาว่าจะเก็บเกี่ยวในช่วงใดนั้น ขึ้นอยู่กับความต้องการของตลาดผู้รับซื้อ เช่น มาตรฐานในการรับซื้อผลสับปะรดของโรงงานโดยใช้สีเปลือกเป็นดัชนีความบริบูรณ์ของสับปะรด ในกรณีสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียโดยทั่วไปโรงงานแปรรูปกำหนดให้สีผิวเปลือกต้องอยู่ในมาตรฐานสีเบอร์ 2-5 (ตารางที่ 2.1) เมื่อผ่าตรวจเนื้อก็มีสีเหลืองครึ่งผลเป็นอย่างต่ำ แต่ในกรณีของผลรับประทานสดเปลือกมีสีเหลือง 1/3 ของผลขึ้นไป ส่วนในพันธุ์ภูเก็ต ภูแลและนางแล ส่วนใหญ่แล้วผลผลิตเพื่อการบริโภคสด โดยทั่วไปจะเก็บเกี่ยวเมื่อสีของผิวเปลือกเป็นสีเหลืองประมาณ 1 ใน 3 ของผล

ตารางที่ 2.1 ระดับความบริบูรณ์ของสับปะรดโดยใช้สีเปลือกเป็นดัชนี

ระดับความบริบูรณ์ของสับปะรด (เบอร์)	ลักษณะของผลสับปะรด (สีเปลือก)
0	สีของเปลือกเขียวเข้มทั้งผล
1	มีสีเหลืองประมาณ 1/8 ของผล
2	มีสีเหลืองประมาณ 1/4 ของผล ขอบตามีสีเหลืองบ้างเล็กน้อย
3	มีสีเหลืองประมาณ 1/2 ของผล ขอบตามีสีเหลืองปนกระจายทั่วทั้งผล
4	มีสีเหลืองเกือบทั้งผล มีสีเขียวบ้างเล็กน้อย
5	มีสีเหลืองเกือบทั้งผล มีสีเขียวน้อยกว่าระดับ 4
6	สุกหมดทั้งลูกมีสีเหลืองทั้งผล
7	สุกหมดทั้งลูกมีสีเหลืองทั้งผล อาจมีสีน้ำตาลอมแดงในกรณีเน่าช้า

ที่มา: สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2530: 28-30

2.2 ลักษณะของตาข่ายจะหนาแน่นขึ้น หรือที่เรียกว่า ตาเต็มร่องตาจะตึงเต็มที่ ขนาดของผลไม่เพิ่มขึ้นอีก ใบเล็กๆของตาข่าย จะเขียวและแห้งเป็นสีน้ำตาลหรือชมพู ส่วนสีของตาข่ายจะเปลี่ยนเป็นสีเหลือง เหลืองอมเขียว หรือสีส้มตั้งแต่ 2-3 ตาไปจนถึงครึ่งผลหรือทั้งผล ขึ้นอยู่กับพันธุ์และฤดูกาลด้วย โดยจะเริ่มเปลี่ยนตั้งแต่โคนผล

2.3 กลีบเลี้ยงที่อยู่ใต้ผลจะเปลี่ยนจากสีเขียว เป็นสีส้มหรือน้ำตาลอมชมพู และจะเหี่ยว

2.4 ลักษณะก้านผล เมื่อสับปะรดเริ่มสุกก้านผลจะเริ่มเหี่ยว มีรอยเส้นตามแนวยาวและผลจะเริ่มโน้มเอียง

2.5 ความแน่นของผล ผลสับปะรดเมื่อเริ่มสุกความแน่นของผลจะลดลง

2.6 การเปลี่ยนแปลงลักษณะภายในผล ผลสับปะรดที่สุกเนื้อจะเปลี่ยนจากสีขาวเป็นสีเหลือง มีรสชาติหวาน มีกลิ่นหอม ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวจะเริ่มเปลี่ยนจากส่วนโคนผลไปสู่ปลายผล แต่เนื่องจากในบางฤดูกาล สีผิวเปลือกจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงโดยยังเขียวอยู่ จึงอาจต้องใช้วิธีการผ่าดูเนื้อข้างใน โดยเฉพาะพันธุ์ปัตตาเวีย ซึ่งถ้าปล่อยให้ผิวมีสีออกเหลืองๆ อาจจะสุกเกินไป เน่าเสียเร็ว และมีอายุการวางจำหน่ายสั้น

2.4 ลักษณะคุณภาพและองค์ประกอบทางเคมี

สับปะรดจัดเป็นผลไม้ประเภท non-climacteric มีอัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีนในปริมาณต่ำ (Biale and Young, 1985) จึงควรเก็บเกี่ยวเมื่อผลบริบูรณ์พร้อมที่จะบริโภค เพราะหลังการเก็บเกี่ยวสับปะรดจะไม่มีการพัฒนาระดับความบริบูรณ์ (maturity) ให้เพิ่มมากขึ้น ผลสับปะรดควรมีปริมาณ soluble solid (SS) อย่างน้อย 12 %

และปริมาณกรด (TA) ไม่เกิน 1 เปอร์เซ็นต์ จึงจะมีรสชาติเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค (Kader, 1996) การกำหนดความบริสุทธิ์ ของสับปะรดทำได้หลายวิธี แต่วิธีทั่วไปที่นิยมใช้กัน คือ การกำหนดจากสีของเปลือกสับปะรด เนื่องจากเป็นวิธีที่ง่าย สะดวก และเหมาะสมสำหรับสับปะรดที่ปลูกในเขตร้อนซึ่งมีสภาพภูมิอากาศเหมือนกันตลอดทั้งปี (Abd Shukor et al. 1998)

สับปะรดเป็นผลไม้ที่อุดมไปด้วยสารอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย องค์ประกอบภายในของเนื้อมากกว่า 80% ของน้ำหนักสดคือน้ำ นอกจากนี้ยังประกอบไปด้วยวิตามิน แร่ธาตุและสารประกอบต่างๆ อีกมากมาย (ตารางที่ 2.2)

ตารางที่ 2.2 คุณค่าทางอาหารในเนื้อสับปะรดผลสุก

ชนิด	ปริมาณ (%)
Water	81.2-86.2
Total soluble solid	10.8-17.5
sucrose	5.9-12.0
Glucose	1.0-3.2
Fructose	0.6-2.3
Cellulose	0.43-0.54
Pectin	0.06-0.16
Titrateable acidity	0.6-1.62
Citric acid	0.32-1.22
Malic acid	0.1-0.47
Oxalic acid	0.005
Ash	0.32-0.42
Fiber	0.30-0.61
Nitrogen	0.045-0.115
ชนิด	ปริมาณ (mg)
Carotene	0.13-0.29
Xanthophyll	0.03

ชนิด	ปริมาณ (mg/100 gFW)
Niacin	200-280
Pantothenic acid	75-163
Thiamine	63-125
Riboflavin	20-88
Aminobenzoic acid	17-22
Vitamin B6	10-140
Vitamin C	10-25
Folic acid	2.5-4.8
Vitamin A	0.02-0.04

ที่มา: Dull (1971)

ดังที่ได้กล่าวในข้างต้นแล้วว่าสับปะรดเป็นผลไม้ที่อุดมไปด้วยวิตามินและแร่ธาตุที่เป็นประโยชน์มากมายต่อร่างกาย นอกจากนี้แล้วสับปะรดยังอุดมไปด้วยสารออกฤทธิ์สำคัญต่างๆ เช่น

2.5 สารออกฤทธิ์ที่สำคัญในสับปะรด

1. เอนไซม์โบรมิเลน

เอนไซม์โบรมิเลน เป็นเอนไซม์ที่สกัดได้จากสับปะรด เป็นกลุ่มเอนไซม์ที่ทำหน้าที่ย่อยโปรตีน (proteolytic enzyme) เช่น peroxidase acid phosphatase ซึ่งรวมทั้ง protease inhibitor เอนไซม์โบรมิเลน มีประโยชน์หลายอย่างในวงการแพทย์ เช่น ป้องกันการเกาะตัวของเกล็ดเลือด ป้องกันการอักเสบ ต่อต้านการเกิดมะเร็ง เพิ่มความสามารถในการดูดซึมตัวยาอื่นๆ ที่ใช้ร่วมด้วย ละลายมูกต่างๆ ในร่างกายไม่ให้จับตัวกัน เร่งให้แผลหายเร็วขึ้น และช่วยให้ระบบไหลเวียนเลือดดีขึ้น ถึงแม้ว่าการศึกษาฤทธิ์ทางยาของเอนไซม์ จะยังไม่มีการศึกษาอย่างสมบูรณ์แน่ชัดก็ตาม แต่โบรมิเลนก็ถือว่าเป็นเอนไซม์จากธรรมชาติที่ปลอดภัยและมีประสิทธิภาพ ดังที่มีรายงานว่าโบรมิเลน มีฤทธิ์ในการป้องกันโรคหัวใจขาดเลือด (Cardiac infarction) โดยการป้องกันไม่ให้เกล็ดเลือดจับตัวและทำให้เลือดที่เหนียวข้นมีความใสขึ้น ซึ่งการลดการจับตัวของก้อนเลือดนี้เองที่ทำให้เลือดไหลเวียนไปยังหัวใจและสมองได้ดีขึ้น ยังมีรายงานว่าโบรมิเลนมีผลต่อเนื้องอกที่รังไข่และเต้านม โดยพบว่าผู้ป่วยที่ได้รับเอนไซม์โบรมิเลน ขนาด 600 มิลลิกรัมต่อวัน เป็นเวลามากกว่า 6 เดือน สามารถลดการกระจายของเซลล์มะเร็ง แต่ก็ยังไม่มีรายงานที่แน่ชัดถึงกลไกของโบรมิเลนกับการรักษามะเร็ง แต่

ในขณะที่บทบาทของโบรมิเลนต่อการเพิ่มการดูดซึมยาเข้าสู่ร่างกายค่อนข้างได้ รับได้รับการพิสูจน์และยืนยันแล้วว่า ได้ผลดีและมีการนำไปใช้แพร่หลาย โดยเฉพาะการนำไปใช้รักษาร่วมกับยาปฏิชีวนะ ดังที่มีรายงานว่าผู้ป่วยที่ได้รับโบรมิเลน ปริมาณ 540 มิลลิกรัมต่อวัน ในรูปของยาเม็ดเคลือบร่วมกับยาปฏิชีวนะ Tetracycline พบว่ามีตัวยาดังกล่าวเพิ่ม เป็น 3 เท่าในเลือด เมื่อเทียบกับกลุ่มผู้ป่วยที่ไม่ใช่ในเลือด นอกจากนี้ยังมีรายงานเพิ่มเติมอีกว่าโบรมิเลน สามารถ รักษาอาการอักเสบ (Inflammation) อาการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อและลดอาการบวมได้ ดังนั้นในอนาคตอาจเป็นไปได้ว่าอาจมีการนำ bromelain มาใช้ประโยชน์ในทางการแพทย์มากขึ้น (สมศักดิ์, 2550)

ซึ่งจากคุณสมบัติต่างๆนี้เองที่ทำให้การบริโภคน้ำสับปะรดสามารถช่วยกระตุ้นการหลั่งน้ำย่อย ช่วยการย่อย โปรตีน ด้านการอักเสบ ช่วยการระบายอ่อนๆ ด้านการเกาะตัวของเกล็ดเลือด ในการศึกษาเปรียบเทียบปริมาณ bromelain ในน้ำคั้นจากส่วนของสับปะรดพบว่าส่วนเนื้อไม้มีปริมาณเอนไซม์สูงสุดและส่วนแกนมีปริมาณต่ำสุด แต่ไม่ พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในระหว่างสับปะรดพันธุ์ภูเก็ตและพันธุ์ปัตตาเวีย (วรพันธุ์ และ คณะ, 2547) นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าคุณสมบัติของ bromelain ที่ได้จากแกนและเนื้อผลมีคุณสมบัติไม่เท่ากัน แต่อย่างไร ก็ตามยังไม่มีรายงานปริมาณ bromelain ของสับปะรดที่ปลูกในแต่ละภูมิภาคของประเทศ ตลอดจนการศึกษาในพันธุ์ อื่นๆ

2. เบต้าแคโรทีน

นอกจาก bromelain แล้ว สารออกฤทธิ์สำคัญที่มีรายงานในสับปะรด คือ เบต้าแคโรทีน เป็นสารในกลุ่มคาโรทีนอยด์ มีสีเหลือง หรือ แดง พบได้ทั่วไปในปริมาณที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของผักและผลไม้ คาโรทีนอยด์ในพืช มากกว่า 65% เป็นเบต้าแคโรทีน การดูดซึมเบต้าแคโรทีนในร่างกายพบว่า ประมาณ 15 เปอร์เซ็นต์ ของเบต้าแคโรทีนสามารถดูดซึมในทางเดินอาหารได้ และ 3 เปอร์เซ็นต์จะถูกดูดซึมเข้ากระแสโลหิตเพื่อใช้เป็นสารตั้งต้นของการสังเคราะห์วิตามิน A อีก 10 เปอร์เซ็นต์เก็บไว้ในตับ ส่วนที่เหลือจะกระจายอยู่ในเนื้อเยื่อไขมัน และอยู่ในเซลล์ทั่วไปของร่างกาย ซึ่งฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญของเบต้าแคโรทีน ได้แก่ การต้านออกซิเดชั่น ในทางระบาดวิทยาพบว่า ผู้ที่บริโภคผักผลไม้ที่มีเบต้าแคโรทีนสูงเป็นประจำ จะลดอัตราเสี่ยงของโรคหัวใจขาดเลือดและโรคมะเร็ง โดยเฉพาะมะเร็งปอดได้มากขึ้น เบต้าแคโรทีนยังให้ฤทธิ์ของวิตามิน A ปกติ เบต้าแคโรทีน 6 มิลลิกรัม สามารถเปลี่ยนในตับไปเป็นวิตามิน A ได้ 1 มิลลิกรัม นอกจากนี้ยังพบว่า เบต้าแคโรทีนสามารถเพิ่มระดับของเซลล์ภูมิคุ้มกันชนิด natural killer T cells และ T helper cells (ศิริวรรณ, 2550)

3. โยอาหาร

ความสนใจในสุขภาพที่เพิ่มขึ้น ทำให้ผู้บริโภคตระหนักว่านอกเหนือจากสารอาหารหลัก เช่น โปรตีน วิตามิน แคลอรี่ แล้ว โยอาหาร (Dietary fiber; DF) ซึ่งเป็นส่วนของผนังเซลล์พืชที่ทนต่อการย่อยโดยเอนไซม์ในระบบทางเดินอาหาร เช่น cellulose pectin รวมทั้งสารประกอบคาร์โบไฮเดรตอื่นๆจากพืช โยอาหารอาจแบ่งเป็นกลุ่มตามลักษณะทางกายภาพ ดังนี้

3.1 กลุ่มที่ละลายน้ำ (Soluble dietary fiber; SDF) ได้แก่ pectins, gums, mucilage และ hemicellulose สารบางตัวในกลุ่มนี้ มักมีลักษณะ เหนียวหนืดและเป็นอาหารของแบคทีเรีย ทำให้เกิดการหมัก (fermentation) จึงอาจเรียกเป็นกลุ่ม soluble viscous-fermentable ส่วนใหญ่โยอาหารที่ละลายน้ำมักได้จากผักและผลไม้

3.2 กลุ่มที่ไม่ละลายน้ำ (Insoluble dietary fiber; IDF) ได้แก่ cellulose, lignin และ hemicellulose ส่วนใหญ่กลุ่มนี้ไม่ค่อยละลายน้ำ สลายตัวโดยแบคทีเรีย เรียกเป็นกลุ่ม Insoluble-non-viscous-nonfermentable insoluble หรือ crude fiber โยอาหารจากธัญพืชมักเป็นพวกที่ไม่ละลายน้ำ

ฤทธิ์ทางชีวภาพของโยอาหารที่มีผลต่อร่างกายสามารถสรุปได้ดังนี้

ตารางที่ 2.3 ผลของโยอาหารต่อพยาธิสภาพของร่างกาย

พยาธิสภาพ	โยอาหาร	หมายเหตุ
อ้วน	DF	ทำให้อิ่มเร็ว อิ่มนาน
ท้องผูก	IDF	bulk laxative
ริดสีดวงทวาร	DF	ป้องกัน และบรรเทาอาการ
Diverticulum disease	IDF	เพิ่มน้ำหนักรักษา ลดความดันของ colon
นิ่ว	DF	ป้องกันโรคนิ่วจากพฤติกรรมบริโภคที่ผิด
	ลิกนิน	อาจป้องกันการเกิดนิ่วในถุงน้ำดี
หัวใจและหลอดเลือด	SDF	ลดโคเลสเตอรอล โดยดูดซับเกลือน้ำดี เปลี่ยนไขมันเป็นโคเลสเตอรอล
เบาหวาน	DF	ป้องกันและลด non-insulin dependent DM
	SDF	โดยขัดขวางการดูดซึมสารอาหาร CHO, glu

พยาธิสภาพ	ใยอาหาร	หมายเหตุ
มะเร็งลำไส้ใหญ่	DF	ลดน้ำตาลในเลือด
	SDF	เจือจางสารพิษ เพิ่มการขับถ่ายสารพิษ สารก่อมะเร็ง เป็น cation exchanger จับสารก่อมะเร็งยับยั้งฤทธิ์การก่อกลายพันธุ์โดยสารไนเตรท
	lignan	SCFAS ทำให้ลำไส้เป็นกลางไม่เหมาะต่อการเกิดมะเร็ง
	เซลลูโลส	มีฤทธิ์ antiestrogenic
มะเร็งเต้านม/ต่อมลูกหมาก	DF	จับสารก่อมะเร็งบางชนิด ลดการเจริญของแบคทีเรียซึ่งจับ estrogen

ที่มา: (ศิริวรรณ, 2550)

ตารางที่ 2.4 ผลของใยอาหารต่อทางเดินอาหาร

สารในใยอาหาร	คุณสมบัติ	ผลต่อทางเดินอาหาร
Polysaccharide (เพคติน gum etc.)	รวมตัวกับน้ำ	เพิ่มอัตราการผ่านของอาหารจากกระเพาะไปลำไส้ เพิ่มการดูดซึมสารอาหาร และเพิ่มน้ำหนักอุจจาระ
Acidic polysaccharide	cation-exchange	เพิ่มการขับถ่ายเกลือแร่
Lignin, pectin, hemicellulose	ดูดซึมสารอินทรีย์	เพิ่มการจับและขับถ่ายของกรดน้ำดีและสารก่อมะเร็ง
Polysaccharide	ถูกย่อยโดยแบคทีเรีย	มีการสร้างกรดไขมันที่ระเหยได้ ทำให้ท้องอืด
SDF		เพิ่มความเป็นกรดและปริมาณอุจจาระ

ที่มา: (ศิริวรรณ, 2550)

ใยอาหารที่สกัดได้จากเปลือกสับปะรด พบว่าประกอบไปด้วย total dietary fiber ในกลุ่มที่ไม่ละลายในน้ำ อยู่ 70.6 เปอร์เซ็นต์ มี xylose และ glucose เป็นน้ำตาลหลักที่พบในใยอาหารจากสับปะรด ยิ่งไปกว่านั้นใยอาหารที่สกัดได้จากเปลือกสับปะรดยังมีคุณสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant activity) เนื่องจากสารประกอบพวก polyphenol โดยพบในปริมาณมากกว่าใยอาหารที่สกัดได้จาก แอปเปิ้ล และ ส้ม (Larraui et al., 1997).

นอกจากนี้แล้วสับปะรดยังอุดมไปด้วยวิตามิน C จึงมีคุณสมบัติในการต้านการเกิดมะเร็ง โดยวิตามิน C สามารถยับยั้ง endogenous nitrosation และยังช่วยลดการกลายพันธุ์ของสารก่อมะเร็งใน Ames Salmonella microsome test ได้ประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ (ศิริวรรณ, 2550) อย่างไรก็ตาม คุณค่าทางอาหารรวมไปถึงองค์ประกอบทางเคมีของสับปะรดที่ต่างพันธุ์กันย่อมมีความแตกต่างกัน เช่น ปริมาณกรดแอสคอร์บิกในสับปะรดพันธุ์ Queen Red Spanish และ Cayenne เป็น 34 29 และ 20 mg/100 ml ตามลำดับ (Kerns et al., 1963) ซึ่งความแตกต่างทั้งชนิดและปริมาณของสารประกอบต่างๆภายใน ส่งผลให้สับปะรดแต่ละพันธุ์มีคุณสมบัติต่างกัน

ถึงแม้ว่าประเทศไทยจะสามารถผลิตและส่งออกสับปะรดได้มากเป็นอันดับ 1 ของโลก และสามารถปลูกได้เกือบทั่วทุกภาคของประเทศ แต่งานวิจัยทางวิทยาศาสตร์โดยเฉพาะข้อมูลพื้นฐานทางด้านโภชนาการและศักยภาพในการเป็น functional food ของสับปะรดยังไม่ได้มีการศึกษาวิจัยแพร่หลายนัก ข้อมูลส่วนใหญ่เป็นผลงานวิจัยจากต่างประเทศ ดังนั้นหากมีการศึกษาถึงปริมาณสารสำคัญต่างๆ เหล่านี้ในสับปะรดพันธุ์ที่ปลูกเพื่อเป็นการค้าในแต่ละพื้นที่การผลิตที่สำคัญของประเทศ ซึ่งข้อมูลและหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ที่ได้ นอกจากจะเป็นการเพิ่มมูลค่าของสินค้าเกษตร และขยายโอกาสในการส่งออกสับปะรดได้แล้ว ยังเป็นการช่วยกระตุ้นให้ผู้บริโภคเล็งเห็นความสำคัญของการบริโภคผลไม้ให้มากขึ้น ซึ่งจะเป็นผลดีทั้งในด้านการลดค่าใช้จ่ายในการดูแลสุขภาพรวมถึงลดการนำเข้าผลิตภัณฑ์อาหารเสริมบำรุงสุขภาพซึ่งถึงแม้จะมีราคาแพงแต่ก็เป็นที่ยอดนิยมมากในปัจจุบัน

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 เก็บตัวอย่างผลสับปะรด และวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพและเคมี

กำหนดพื้นที่เก็บตัวอย่างสับปะรดพันธุ์ต่างๆ และติดต่อประสานงานเพื่อจัดซื้อสับปะรดในแต่ละภูมิภาคของประเทศไทยดังแสดงในตารางที่ 1 เก็บเกี่ยวและขนส่งผลสับปะรดพันธุ์นางแลและภูแลที่ผลิตในเขตพื้นที่จังหวัดเชียงราย พันธุ์ปัตตาเวียจากจังหวัด ลำปาง อุตรดิตถ์ หนองคาย อุทัยธานี กาญจนบุรี ราชบุรี เพชรบุรี และพันธุ์ภูเก็ตจากจังหวัดระยอง ตรัง ภูเก็ต ในระหว่างเดือนตุลาคมถึงเดือนพฤศจิกายน 2551 โดยสุ่มเก็บจำนวน 20 ผลต่อพันธุ์ในแต่ละจังหวัด ทำการทดลองทั้งหมด 4 ซ้ำ ซ้ำละ 5 ผล คัดเลือกผลสับปะรดโดยใช้สีเปลือกเป็นเกณฑ์ เลือกที่เปลือกมีสีเหลืองประมาณ 20-40 เปอร์เซ็นต์ของผล มีผลสมบูรณ์ ปราศจากบาดแผล ตาไหม้จากโรคและแมลงขนส่งโดยรถโดยสาร มาที่ห้องปฏิบัติการหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง นำมาล้างทำความสะอาด ตรวจสอบลักษณะทางกายภาพและเคมีเพื่อเป็นดัชนีชี้วัดความสมบูรณ์ของผลสับปะรดโดยการวัดค่าสีเปลือกและเนื้อผลด้วยเครื่องวัดสี (Minolta Model DP-301) บันทึกค่าที่ได้เป็นค่าในระบบ Hunter scale และวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total soluble solid; TSS) และ ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (Titratable acidity; TA) ในน้ำคั้น จากนั้นเก็บตัวอย่างโดยหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ แยกส่วนเนื้อและแกนผล freeze ด้วยไนโตรเจนเหลว เก็บไว้ที่อุณหภูมิ -30 องศาเซลเซียส เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญต่างๆ ดังนี้

3.2 วิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญ

3.2.1 การเตรียมตัวอย่างเพื่อการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนและกิจกรรมเอนไซม์

ชั่งตัวอย่างเนื้อ หรือแกนสับปะรด 10 กรัม ผสมกับ 50 mM ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ พีเอช 7.0 ปริมาตร 10 ml นำไปโฮโมจิไนซ์เป็นเวลา 1 นาที และหมุนเหวี่ยงเพื่อแยกส่วนไม่ละลายที่ความเร็ว 10,000 rpm อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 20 นาที แยกสารละลายส่วนใสไว้วิเคราะห์ปริมาณโปรตีนและกิจกรรมเอนไซม์

3.2.2 การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน (Bradford, 1976)

ปิเปต 1.0 ml ของสารละลายตัวอย่าง ผสมกับ Bradford reagent ปริมาตร 5 ml เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 10 นาที จากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 595 nm หาปริมาณโปรตีนโดยเทียบกับกราฟ

มาตรฐาน Bovine Serum Albumin (BSA) คำนวณปริมาณโปรตีนในหน่วยมิลลิกรัมโปรตีนต่อ 100 กรัมสับปะรด (mg/100 g)

3.2.3 การวิเคราะห์กิจกรรมเอนไซม์ (Murachi, 1976)

ปิเปต 0.1 ml ของสารละลายตัวอย่าง เติม activating agents (0.03 M *L*-cysteine และ 0.006 M EDTA disodium salt ใน 50 mM phosphate buffer pH 7.0) ปริมาตร 0.2 ml เขย่าให้เข้ากัน บ่มที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นเติม 1%w/v casein ที่บ่มที่อุณหภูมิเดียวกัน ภายหลังเวลา 10 นาที หยุดปฏิกิริยาด้วย 5% w/v trichloroacetic acid ปริมาตร 3.0 ml ทำให้เย็นในอ่างน้ำแข็ง นำไปหมุนเหวี่ยงเพื่อแยกตะกอนที่ความเร็ว 6,000 rpm อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 20 นาที นำสารละลายส่วนใสมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 275 nm หาปริมาณเปปไทด์ที่ถูกย่อยโดยเทียบกับกราฟมาตรฐานไทโรซีน คำนวณกิจกรรมเอนไซม์ที่ได้ในหน่วยยูนิต (U) โดย 1 ยูนิต แอคติวิตีหมายถึง ปริมาณเปปไทด์ที่เกิดขึ้น (เทียบเป็นมิลลิกรัมของไทโรซีน) ภายในเวลา 1 นาทีที่อุณหภูมิ 37 °C pH 7.0 ต่อ 100 กรัมของสับปะรด (mg tyrosine/100 g/ min)

ตารางที่ 3.1 ชนิดพันธุ์ของสับปะรดแบ่งแยกตามพื้นที่ศึกษาในแต่ละจังหวัด

	พันธุ์			
พื้นที่ศึกษา	ปัตตาเวีย	ภูเก็ต	นางแล	ภูแล
เชียงราย	×	×	✓	✓
ลำปาง	✓	×	×	×
อุดรดิตถ์*	✓	×	×	×
หนองคาย	✓	×	×	×
อุทัยธานี	✓	×	×	×
กาญจนบุรี	✓	×	×	×
ราชบุรี	✓	×	×	×
เพชรบุรี	✓	×	×	×
ชลบุรี	✓	×	×	×
ระยอง	✓	✓	×	×
ตราด	✓	✓	×	×
ประจวบคีรีขันธ์	✓	×	×	×
ภูเก็ต*	×	✓	×	×

✓ หมายถึง พันธุ์ที่มีการผลิตเพื่อทางการค้าในจังหวัด

×

หมายถึง พันธุ์ที่ไม่มีการผลิตเพื่อทางการค้าในจังหวัด

3.2.4 การวิเคราะห์ใบตัดแคโรทีน (Queensland Health Scientific Service, 1994)

ซึ่งตัวอย่างเนื้อสับปะรด 10 กรัม เติมนิโตรเลียมอีเทอร์ปริมาตร 50 ml นำไปโฮโมจีไนซ์ 1 นาที จากนั้นหมุนเหวี่ยง ที่ความเร็ว 5000 rpm เป็นเวลา 20 นาที แยกสารละลายชั้นบน นำตะกอนชั้นล่างมาสกัดซ้ำด้วยนิโตรเลียมอีเทอร์อีก 2 รอบ รวมสารละลายส่วนใสที่ได้ทั้งหมด นำไประเหยไล่ตัวทำละลายด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศจนแห้ง

ละลายส่วนที่เหลืออยู่ด้วย 25 ml iso-propanol นำไปกรองผ่าน 0.45µm nylon syringe filter และฉีดสาร 20 µl เข้าเครื่อง HPLC (HP 110 Agilent Technologies) เฟสเคลื่อนที่คือ acetonitrile และ methanol อัตราส่วน 70:30% v/v อัตราการไหล 1.6 ml/min คอลัมน์ที่ใช้แยกคือ Hypersil ODS C18, 5µm (125x4.0 mm) อุณหภูมิการวิเคราะห์ 40°C ตรวจวัดสารด้วย Diode Array Detector (DAD) ที่ความยาวคลื่น 450 nm หาปริมาณเบต้าแคโรทีนโดยการเทียบกับกราฟมาตรฐานเบต้าแคโรทีน รายงานผลในรูปของไมโครกรัมเบต้าแคโรทีนต่อ 100 กรัมน้ำหนักสับปะรดสด (µg/100 g wet basis)

3.2.5 ความชื้น

หาความชื้นในเนื้อผลสับปะรดโดยการอบแห้งในตู้อบลมร้อน ตามวิธีของ AOAC (2000)

3.2.6 ปริมาณ Total dietary fiber, insoluble dietary fiber และ soluble dietary fiber (Enzymatic-gravimetric method, AOAC, 1995)

3.2.6.1 การวิเคราะห์ Total dietary fiber (TDF)

ชั่งตัวอย่างเนื้อสับปะรด 0.5 กรัม (1 ตัวอย่าง วิเคราะห์ 2 ซ้ำ) บันทึกน้ำหนัก (Ws) เติม phosphate buffer pH 6.0 ปริมาตร 50 ml ตรวจสอบค่า pH ให้ค่าอยู่ระหว่าง 6.0 ± 0.2 จากนั้นเติม เอนไซม์ alpha-amylase ปริมาตร 50 µl นำไปวางใน shaking water bath อุณหภูมิ 95-100 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที จากนั้นตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง เติม 0.275 M NaOH 10 ml เพื่อปรับ pH ให้อยู่ในช่วง 7.5 ± 0.2 เติมเอนไซม์ protease 100 µl นำไปวางใน shaking water bath อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที เปิด shaking ตลอดการวิเคราะห์ ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง เติม 0.325 M HCl ปริมาตร 10 ml เพื่อปรับ pH ให้อยู่ในช่วง 4.0-4.6 เติมเอนไซม์ amyloglucosidase 200 µl นำไปวางใน shaking water bath 60 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที เขย่าตลอดการวิเคราะห์ ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง เติม 95% ethyl alcohol 280 ml นำมาวางใน water bath 60 องศาเซลเซียส 1 ชั่วโมง กรองตะกอนผ่าน glass filter (ที่ชั่งน้ำหนักรวมทั้ง crucible และ celite แล้ว) ล้างตะกอนด้วย 78% ethyl alcohol ปริมาตร 20 ml 3 ครั้ง แล้วล้างตะกอนด้วย 1 95% ethyl alcohol ปริมาตร 10 ml 2 ครั้ง และ ล้างตะกอนอีกครั้ง ด้วย acetone ปริมาตร 10 ml 2 ครั้ง อบตะกอนที่ได้ใน hot air oven อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ตลอดทั้งคืน ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นใน desicator ชั่งน้ำหนักครั้งที่ บันทึกค่าน้ำหนักที่อ่านได้ (W_2) จากนั้น นำตะกอนจากการวิเคราะห์ซ้ำที่ 1 มาวิเคราะห์โปรตีนโดยวิธี Kjeldahl บันทึกผลการวิเคราะห์โปรตีนที่ได้ (W_p) แล้วจึงนำตะกอนจากการ

วิเคราะห์ซ้ำที่ 2 วิเคราะห์เถ้า โดยเผาที่อุณหภูมิ 525 องศาเซลเซียส 5 ชั่วโมง ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นใน desicator ซึ่งจนน้ำหนักคงที่บันทึกค่าน้ำหนักเถ้า (W_3) และบันทึกผลการวิเคราะห์เถ้าที่ได้ (W_a) ส่วน Blank ทำตามขั้นตอนเช่นเดียวกันแต่ไม่ต้องใส่ตัวอย่างลงไป

3.2.6.2 การวิเคราะห์ Insoluble dietary fiber (IDF)

ปฏิบัติตามวิธีวิเคราะห์ Total dietary fiber จนกระทั่งกรองตัวอย่างที่ได้ผ่าน glass filler แล้วนำมาล้างตะกอนด้วยน้ำกลั่น 10 ml 2 ครั้ง จากนั้นล้างตะกอนด้วย 95% ethyl alcohol 10 ml 2 ครั้งแล้วล้างตะกอนด้วย acetone 10 ml 2 ครั้ง อบตะกอนที่ได้ใน hot air oven อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ตลอดทั้งคืน ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นใน dessicator ซึ่งจนน้ำหนักคงที่ บันทึกค่าน้ำหนักที่อ่านได้ (W_2) นำตะกอนจากการวิเคราะห์ซ้ำที่ 1 มาวิเคราะห์โปรตีนโดยวิธี Kjeldahl บันทึกผลการวิเคราะห์โปรตีนที่ได้ (W_p) นำตะกอนจากการวิเคราะห์ซ้ำที่ 2 วิเคราะห์เถ้า โดยเผาที่อุณหภูมิ 525 องศาเซลเซียส 5 ชั่วโมง ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นใน desicator ซึ่งจนน้ำหนักคงที่บันทึกค่าน้ำหนักเถ้า (W_3) และบันทึกผลการวิเคราะห์เถ้าที่ได้ (W_a) Blank เช่นเดียวกันแต่ไม่ต้องใส่ตัวอย่างลงไป

การคำนวณ

การคำนวณค่า Blank

Average Wt. Residue fiber Blank (W_{arb})(g) = average residue of duplicate blank

$$\text{Blank protein residue } (W_{pb}) \text{ (g)} = \frac{W_{arb} \times \% \text{ protein in blank (step A 13)}}{100}$$

$$\text{Blank ash residue } (W_{ab}) \text{ (g)} = \frac{W_{arb} \times \% \text{ ash in blank (step A 14)}}{100}$$

$$\text{Blank (B) (g)} = W_{arb} - W_{pb} - W_{ab}$$

การคำนวณ Total dietary fiber (TDF)

Average Wt. Residue fiber sample (W_{ar}) (g) = average residue of duplicate samples

$$\text{Sample protein residue } (W_p) \text{ (g)} = \frac{W_{ar} \times \% \text{ protein in sample (step A 13)}}{100}$$

$$\text{Sample ash residue (W}_a\text{) (g)} = \frac{W_{ar} \times \% \text{ ash in sample (step A 14)}}{100}$$

$$\text{Total dietary fiber (g)} = W_{ar} - B - W_p - W_a$$

$$\text{Total dietary fiber as dry basis (g/100g)} = \frac{\text{Total dietary fiber (g)} \times 100}{\text{Wt. sample (g)}}$$

$$\text{Total dietary fiber as wet basis (g/100g)} = \frac{\text{Total dietary fiber (g)} \times 100 \times (100 - \% \text{ Moisture})}{\text{Wt. sample (g)} \times 100}$$

การคำนวณ Insoluble dietary fiber (IDF)

คำนวณเหมือน Total dietary fiber

การคำนวณ Soluble dietary fiber (SDF)

$$\text{Soluble dietary fiber (g/100g)} = \text{Total dietary fiber (g/100g)} - \text{Insoluble dietary fiber (g/100g)}$$

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

เปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติสารออกฤทธิ์สำคัญของสับปะรดในแต่ละพื้นที่ผลิตและในแต่ละพันธุ์โดย

Duncan's New Multiple Range Test โดยใช้โปรแกรม Statistical Package for the Social Science (SPSS) version 11.5

บทที่ 4

ผลและวิจารณ์

4.1 ลักษณะทางกายภาพและเคมี

อายุการเก็บเกี่ยวของผลสับปะรดได้มาจากการสอบถามเกษตรกรผู้ปลูกดังนี้ โดยทั่วไปสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียและ พันธุ์ภูเก็ตจะมีอายุการเก็บเกี่ยวประมาณ 170-178 และ 150-155 วัน ตามลำดับ ส่วนพันธุ์นางแลและภูแลจะมีอายุการเก็บเกี่ยวประมาณ 160- 165 วัน ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามอายุการเก็บเกี่ยวของผลสับปะรดก็จะแตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่ ตามฤดูกาล ลักษณะภูมิประเทศ และวัตถุประสงค์ในการนำไปบริโภค จากมาตรฐานในการรับซื้อผลสับปะรดของโรงงานโดยใช้สีเปลือกเป็นดัชนีความบริบูรณ์ของสับปะรด ในกรณีสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย โดยทั่วไปโรงงานแปรรูปกำหนดให้สีผิวเปลือกต้องอยู่ในมาตรฐานสีเบอร์ 2-5 (ตารางที่ 2.1) เมื่อผ่าตรวจเนื้อจะมีสีเหลืองครึ่งผลเป็นอย่างต่ำ แต่ในกรณีของผลรับประทานสดเปลือกมีสีเหลือง 1/3 ของผลขึ้นไป ส่วนในพันธุ์ภูเก็ต ภูแล และนางแล ส่วนใหญ่แล้วผลิตเพื่อการบริโภคสด ดังนั้นในการศึกษาวิจัยครั้งนี้จึงใช้เกณฑ์การคัดเลือกผลสับปะรดอ้างอิงตามมาตรฐานในการรับซื้อ โดยใช้เกณฑ์เดียวกันในสับปะรดทั้ง 4 พันธุ์ดังกล่าว คือในการสุ่มเก็บตัวอย่างผลสับปะรดจากแหล่งปลูกจะคัดเลือกผลที่เปลือกมีสีเหลืองประมาณ 20-40% (เบอร์ 2-3 ในตารางที่ 2.1) แต่อย่างไรก็ตามในการขนส่งสับปะรดโดยรถโดยสารจากแต่ละพื้นที่ผลิตมายังห้องปฏิบัติการหลังการเก็บเกี่ยว ม. แม่ฟ้าหลวง จ. เชียงราย ใช้ระยะเวลาในการขนส่งประมาณ 1-3 วัน ขึ้นอยู่กับระยะทาง จึงทำให้ผลสับปะรดอาจมีการเปลี่ยนแปลงไปบ้างในระหว่างการขนส่ง ดังนั้นเพื่อเป็นการตรวจสอบความบริบูรณ์ของผลสับปะรดก่อนทำการวิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญต่างๆ จึงได้มีการวัดสีเปลือกและเนื้อผลแสดงโดยค่า hue angle ความชื้น และปริมาณ TSS และ TA ตลอดจนอัตราส่วนระหว่าง TSS: TA พบว่าค่าที่วัดได้มีความแตกต่างกันไปตามพันธุ์และในแต่ละพื้นที่ผลิต โดยมีค่าสีเปลือกและเนื้ออยู่ระหว่าง 67.32-90.08 และ 82.45-93.93 ซึ่งค่า hue ที่ต่ำกว่าแสดงว่าเปลือกผลหรือเนื้อผลนั้นมีสีเหลืองมากกว่า ค่าความชื้นอยู่ระหว่างร้อยละ 82.45-93.93 ปริมาณ TSS อยู่ระหว่างร้อยละ 8.11-15.43 ปริมาณ TA อยู่ระหว่าง 0.40-0.95 และ อัตราส่วนระหว่าง TSS:TA เป็น 13.80-35.13 (ตารางที่ 4.1) ซึ่งแสดงให้เห็นว่านอกจากสับปะรดจะมีความแตกต่างกันไปตามลักษณะประจำพันธุ์แล้ว ปัจจัยทางภูมิศาสตร์ สภาพอากาศ และวิธีการเพาะปลูก ความบริบูรณ์ของผล ก็อาจเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ลักษณะและคุณภาพในผลสับปะรดมีความแตกต่างกันไป

ตารางที่ 4.1 คุณลักษณะทางกายภาพและเคมีของสับปะรดพันธุ์ต่างๆจากแต่ละพื้นที่ผลิต

พันธุ์/พื้นที่ผลิต	สีเปลือก (hue angle)	สีเนื้อ (hue angle)	Moisture (%)	TSS (%)	TA (%)	TSS:TA
พันธุ์ปัตตาเวีย						
ลำปาง	78.99 ± 4.27 def	92.55 ± 1.89 abc	91.54 ± 0.56a	8.11 ± 1.00 h	0.58 ± 0.13 ef	13.98 ± 2.71 gh
อุดรดิตถ์	87.17 ± 8.57 abc	87.42 ± 1.85 g	84.71 ± 1.21ef	15.43 ± 1.93 a	0.62 ± 0.12 de	24.89 ± 5.94 bcd
หนองคาย	76.80 ± 5.756 def	91.68 ± 0.77 abcd	86.97 ± 2.05c	12.23 ± 1.78 f	0.72 ± 0.12 cd	16.99 ± 4.81 fg
อุทัยธานี	76.09 ± 7.90 def	89.57 ± 2.36 defg	83.85 ± 0.40f	15.68 ± 0.85 a	0.75 ± 0.12 bc	20.91 ± 3.39 de
กาญจนบุรี	77.96 ± 10.01 def	90.47 ± 1.95 cde	85.65 ± 0.61cde	14.02 ± 0.90 c	0.61 ± 0.19 ef	22.61 ± 8.26 cd
ราชบุรี	82.39 ± 4.85 bcd	88.86 ± 1.32 efg	83.97 ± 0.72f	15.19 ± 1.40 ab	0.44 ± 0.05 g	34.52 ± 5.70 a
ชลบุรี	75.62 ± 6.35 def	91.09 ± 1.75 bcde	87.02 ± 0.34c	12.79 ± 1.21 ef	0.66 ± 0.12 de	19.38 ± 5.24 ef
ระยอง	90.08 ± 8.98 a	93.17 ± 1.88 ab	86.05 ± 0.73cde	14.05 ± 0.84 c	0.40 ± 0.06 f	35.13 ± 5.83 a
ตราด	80.65 ± 8.23 cde	93.93 ± 1.34 a	86.55 ± 0.3cd	13.17 ± 0.83 de	0.95 ± 0.06 a	13.86 ± 1.06 h
เพชรบุรี	89.90 ± 1.75 a	82.45 ± 7.66 h	85.69 ± 0.76cde	14.16 ± 0.84 c	0.42 ± 0.08 g	33.71 ± 7.16 a
ประจวบ	87.95 ± 11.00 ab	90.27 ± 0.95 cdef	87.00 ± 0.38c	13.88 ± 0.77 cd	0.58 ± 0.10 ef	23.93 ± 4.49 bcd
พันธุ์ภูเก็ต						
ระยอง	72.62 ± 2.18 fg	87.57 ± 1.29 g	85.28 ± 0.9def	14.52 ± 0.58 bc	0.55 ± 0.06 f	26.40 ± 2.26 b
ตราด	74.53 ± 3.53 ef	87.75 ± 1.45 g	84.63 ± 0.65ef	15.27 ± 0.84 de	0.61 ± 0.04 ef	25.03 ± 1.81 bcd
ภูเก็ต	67.32 ± 5.02 g	88.88 ± 0.70 efg	88.64 ± 0.49b	11.04 ± 0.69 g	0.80 ± 0.05 b	13.80 ± 1.19 h
พันธุ์นางแล	81.23 ± 3.86 cde	88.76 ± 0.98 efg	86.85 ± 0.89c	13.08 ± 1.53 de	0.65 ± 0.16 de	20.12 ± 6.68 de
พันธุ์ภูแล	77.88 ± 3.86 def	87.92 ± 1.42 fg	84.87 ± 0.31ef	14.45 ± 0.71 bc	0.65 ± 0.11 de	22.23 ± 3.03 cde

* Value is mean ± SD

4.2 ปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญ

นอกจากรสชาติที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะสำหรับสับปะรดในแต่ละพันธุ์แล้ว สับปะรดพันธุ์เดียวกันแต่ต่างพื้นที่ หรือมีวิธีการเพาะปลูกที่ต่างกันก็ย่อมส่งผลต่อคุณภาพและรสชาติที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งในปัจจุบันผู้บริโภคได้ให้ความสนใจกับผลไม้นิยมมองเชิงสุขภาพเพิ่มมากขึ้นนอกเหนือจากรสชาติ ดังนั้นเพื่อเป็นข้อมูลด้านโภชนาการและบทบาททางด้านสุขภาพของสับปะรดให้มากขึ้น จึงได้นำสับปะรดพันธุ์ต่างๆ จากหลายๆพื้นที่ที่มีการผลิตเพื่อเป็นการค่านำมาวิเคราะห์หาปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญ ดังนี้

4.2.1 ปริมาณโปรตีน กิจกรรมเอนไซม์โบรมิเลน และ ค่า specific activity

จากผลการทดลองพบว่าปริมาณโปรตีนในเนื้อผลสับปะรดมีความแตกต่างกันไปตามพันธุ์และในแต่ละพื้นที่ผลิต คือมีปริมาณอยู่ระหว่าง 82.90-167.71 mg/100gFW โดยสับปะรดพันธุ์ที่เกิดจากแหล่งปลูกในจังหวัดภูเก็ตมีปริมาณโปรตีนในเนื้อสูงสุด และไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ระหว่างพันธุ์ที่เกิดที่ปลูกในจังหวัดภูเก็ตและจังหวัดตราด โดยพันธุ์ที่เกิดที่ปลูกในจังหวัดหวัดระยองพบปริมาณโปรตีนในเนื้อต่ำสุด (ตารางที่ 4.2) เช่นเดียวกันกับปริมาณโปรตีนในเนื้อสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียซึ่งพบว่ามีความแตกต่างกันไปตามแหล่งปลูก คือมีปริมาณอยู่ระหว่าง 82.90 - 158.58 mg/100gFW สับปะรดจากเพชรบุรีมีปริมาณโปรตีนสูงที่สุด รองลงมาได้แก่สับปะรดจากจังหวัด ลำปาง ระยอง ประจวบคีรีขันธ์ อุตรดิตถ์ ราชบุรี กาญจนบุรี อุทัยธานี หนองคาย ชลบุรี และตราด ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียที่ปลูกในจังหวัดเพชรบุรี ระยองและลำปาง ส่วนปริมาณโปรตีนในเนื้อผลสับปะรดพันธุ์นางแลและภูแลพบในปริมาณค่อนข้างสูงคือ 154.99 และ 154.68 mg/100gFW ตามลำดับ โดยที่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างปริมาณโปรตีนในเนื้อผลสับปะรดพันธุ์นางแล ภูแล และภูเก็ต ($P < 0.05$)

ปริมาณโปรตีนในแกนสับปะรดพันธุ์ต่างๆจากแหล่งที่ปลูกต่างๆ มีปริมาณโปรตีนต่ำกว่าในเนื้อผล คือมีปริมาณ 35.21-118.83 mg/100gFW โดยที่สับปะรดที่มีปริมาณโปรตีนในเนื้อสูงก็มีแนวโน้มที่จะมีปริมาณโปรตีนในแกนผลในปริมาณสูงเช่นกัน (ตารางที่ 4.2) ในแกนสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียปริมาณโปรตีนมีความแตกต่างกันไปตามแหล่งปลูกอยู่ระหว่าง 35.21 - 118.93 mg/100gFW โดยแกนสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียจากจังหวัดระยองมีปริมาณโปรตีนสูงสุด และแกนสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียจากจังหวัดตราดมีปริมาณต่ำสุด ส่วนปริมาณโปรตีนในแกนสับปะรดพันธุ์นางแลมีปริมาณค่อนข้างต่ำคือ 65.00 mg/100gFW ขณะที่ปริมาณโปรตีนในแกนสับปะรดพันธุ์ภูแลมีปริมาณสูง

คือ 101.93 mg/100gFW จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของปริมาณโปรตีนในแกน
ผลสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียและพันธุ์ภูเก็ตที่ปลูกในจังหวัดระยอง ($P < 0.05$)

กิจกรรมของเอนไซม์โบรมิเลนคำนวณในหน่วยยูนิต (U) โดย 1 ยูนิตแอกติวิตีหมายถึง ปริมาณเพปไทด์ที่
เกิดขึ้น เทียบเป็นมิลลิกรัมของไทโรซีน ภายในเวลา 1 นาทีที่อุณหภูมิ 37 °C pH 7.0 ต่อ 100 กรัมน้ำหนักสดของ
สับปะรด ซึ่งจากการศึกษาพบว่ากิจกรรมของเอนไซม์โบรมิเลนในเนื้อผลสับปะรดมีปริมาณแตกต่างกันไปตามพันธุ์
และพื้นที่ผลิต (ตารางที่ 4.2) คือมีค่าอยู่ระหว่าง 146.92-254.48 mg tyrosine/100 g/ min โดยในเนื้อสับปะรดพันธุ์ภูเก็ต
และมีค่ากิจกรรมของเอนไซม์สูงที่สุด คือ 254.48 mg tyrosine/100 g/ min รองลงมาได้แก่ เนื้อสับปะรดพันธุ์ภูเก็ตจาก
จังหวัดภูเก็ตและจังหวัดตราด เนื้อสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียจากจังหวัดเพชรบุรี แต่อย่างไรก็ตามเมื่อวิเคราะห์ผลทาง
สถิติพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างสับปะรดจากทั้ง 4 แหล่งดังกล่าว ($P < 0.05$) ส่วนเนื้อสับปะรด
จากจังหวัดตราดพบกิจกรรมของเอนไซม์ต่ำที่สุดคือ 146.92 mg tyrosine/100 g/ min ในขณะที่กิจกรรมของเอนไซม์
โบรมิเลนในแกนสับปะรดมีปริมาณต่ำกว่าในเนื้อผล ซึ่งพบแนวโน้มเช่นเดียวกันนี้ในสับปะรดทั้ง 4 พันธุ์และจากทุก ๆ
พื้นที่ปลูก ซึ่งกิจกรรมของเอนไซม์โบรมิเลนในแกนผล มีค่าอยู่ระหว่าง 38.36 - 161.50 mg tyrosine/100 g/ min โดย
แกนสับปะรดพันธุ์ภูเก็ตจากจังหวัดระยองมีกิจกรรมเอนไซม์สูงสุดรองลงมาได้แก่แกนสับปะรดพันธุ์ภูเก็ตแล แกนสับปะรด
พันธุ์ปัตตาเวียจากจังหวัดอุดรธานี ระยอง และพันธุ์ภูเก็ตจากจังหวัดภูเก็ต ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามไม่พบความ
แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อนำมาวิเคราะห์ผลทางสถิติ ($P < 0.05$) ในสับปะรดจากแหล่งต่างๆดังกล่าวนี และแกน
สับปะรดจากจังหวัดตราดมีกิจกรรมต่ำที่สุด (ตารางที่ 4.2) ผลการทดลองที่ได้นี้สอดคล้องเช่นเดียวกับรายงานของ
อรวิพันธ์ (2527) ว่าเอนไซม์โบรมิเลนในผลสับปะรดพบมากในส่วนเนื้อ เปลือก แกน และจุก ตามลำดับ นอกจากนี้ยังมี
รายงานเพิ่มเติมอีกว่า ปริมาณเอนไซม์โบรมิเลนในสับปะรดพันธุ์ภูเก็ตมีปริมาณสูงกว่าพันธุ์ปัตตาเวีย แม้ว่าจะไม่มี
ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติก็ตาม (วรพันธุ์ และคณะ, 2547) นอกจากนี้ยังมีรายงานว่ากิจกรรมของ
เอนไซม์โบรมิเลนจะพบมากในระยะการพัฒนาของผลสับปะรดแล้วจะเริ่มลดลงเมื่อผลสุกแก่ (Gortner and Singleton,
1965; Lodh et al., 1972)

ค่า specific activity คำนวณจากค่ายูนิตแอกติวิตีต่อปริมาณโปรตีน พบว่าค่า specific activity ในเนื้อผล
สับปะรดมีค่าอยู่ระหว่าง 1.28 - 2.02 U/mg protein เนื้อสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียจากจังหวัดชลบุรีและอุทัยธานีมีค่า
specific activity สูงสุด รองลงมาได้แก่ เนื้อสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียจากจังหวัดหนองคาย ตราด กาญจนบุรี พันธุ์ภูเก็ต

พันธุ์ปัตตาเวียจากราชบุรี และพันธุ์ภูเก็ตจากระยอง ตามลำดับ แต่เมื่อนำมาวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่าสับปะรดจากแหล่งต่างๆ ดังกล่าวไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) เนื้อสับปะรดจากจังหวัดลำปางมีค่า specific activity ต่ำสุด ส่วนเนื้อสับปะรดพันธุ์นางแล มีปริมาณเท่ากับ 1.46 U/mg protein ส่วนค่า specific activity ในแกนผลมีค่าใกล้เคียงกับในเนื้อผลคือ คือมีค่าอยู่ระหว่าง 0.99 - 2.5 U/mg protein โดยแกนผลสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียจากจังหวัดอุดรดิตถ์มีค่า specific activity สูงที่สุดและ แกนผลสับปะรดพันธุ์ภูเก็ตจากจังหวัดตราดมีค่าต่ำสุด ส่วนแกนผลสับปะรดพันธุ์นางแลและภูแลมีค่า specific activity เท่ากับ 1.76 และ 1.58 U/mg protein (ตารางที่ 4.2)

4.2.2 ปริมาณเบต้าแคโรทีน

ปริมาณเบต้าแคโรทีนในผลสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียและพันธุ์ภูเก็ตจากแหล่งปลูกต่างๆ และสับปะรดพันธุ์นางแลและภูแลจากแหล่งปลูกในจังหวัดเชียงราย ดังแสดงในตารางที่ 4.2 จากการศึกษาพบว่าเบต้าแคโรทีนมีปริมาณแตกต่างกันไปตามพันธุ์และพื้นที่ปลูก คือมีค่าอยู่ระหว่าง 1.41 - 8.40 ug/100gFW โดยพบว่าสับปะรดพันธุ์ภูเก็ตจากจังหวัดระยองมีปริมาณสูงกว่าสับปะรดจากแหล่งอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) คือมีปริมาณ 8.40 ug/100gFW รองลงมาได้แก่ สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียจากจังหวัดหนองคาย ระยอง ราชบุรี และพันธุ์ภูเก็ตจากภูเก็ตตามลำดับ และไม่พบความแตกต่างทางสถิติของปริมาณเบต้าแคโรทีนในสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียจากจังหวัดลำปาง อุดรดิตถ์ อุทัยธานี กาญจนบุรี ชลบุรี ตราด เพชรบุรี และประจวบคีรีขันธ์ สับปะรดพันธุ์ภูเก็ตจากจังหวัดตราด สับปะรดพันธุ์นางแล และภูแล ($P < 0.05$) ถึงแม้ว่าปริมาณเบต้าแคโรทีนในสับปะรดจะมีรายงานในปริมาณที่ต่างกันอย่างออกไป (นันทยา และคณะ, 2551; Charoensiri และคณะ, 2009) แต่ก็อาจกล่าวได้ว่า สับปะรดพันธุ์ที่มีเนื้อค่อนข้างเหลืองมีแนวโน้มที่จะมีปริมาณเบต้าแคโรทีนสูงกว่าพันธุ์ที่มีเนื้อค่อนข้างขาว ดังจะเห็นได้จากการที่สับปะรดพันธุ์ภูเก็ตมีปริมาณเบต้าแคโรทีนสูงกว่าสับปะรดพันธุ์อื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากปัจจัยในเรื่องของพันธุ์แล้ว ปัจจัยทางด้านสภาพแวดล้อม เช่น แสงและอุณหภูมิ ฤดูกาลเก็บเกี่ยว ตลอดจนวิธีการเพาะปลูก น่าจะเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ปริมาณเบต้าแคโรทีนมีความแตกต่างกันไป ดังที่มีรายงานว่าปริมาณและคุณภาพปุ๋ยในดินมีผลต่อการสังเคราะห์แคโรทีนอยด์ในผลไม้ (Gross, 1987)

ตารางที่ 4.2 ปริมาณโปรตีนและกิจกรรมของเอนไซม์โบรมิเลนในเนื้อและแกนสับประดพันธุ์ต่างๆ

พันธุ์/พื้นที่ผลิต	เนื้อ			แกน		
	Protein (mg/100g)	Activity (mg tyrosine /100g/ min)	Specific activity U/mg Protein	Protein (mg/100g)	Activity (mg tyrosine /100g/ min)	Specific activity U/mg Protein
พันธุ์ปัตตาเวีย						
ลำปาง	145.9±21.54abc	186.48±27.35gh	1.28±0.14c	70.07±16.63ef	130.14±24.25bcde	2.01±0.90ab
อุตรดิตถ์	122.67±9.62cdef	183.90±1.82h	1.51±0.12bc	63.29±9.40f	155.79±12.71ab	2.50±0.40a
หนองคาย	97.99±3.89fg	183.53±11.57h	1.88±0.17ab	59.79±22.24f	106.36±28.67def	2.02±1.02ab
อุทัยธานี	108.83±16.45efg	216.54±22.40def	2.02±0.35a	62.71±12.52f	121.36±23.97cdef	1.94±0.21abc
กาญจนบุรี	113.55±10.01def	197.36±21.30fgh	1.76±0.31ab	62.07±7.64f	90.07±24.92f	1.50±0.53bcde
ราชบุรี	116.34±12.46cdef	190.00±22.07gh	1.65±0.33abc	83.93±0.49de	103.21±29.36def	1.23±0.35cde
ชลบุรี	97.85±3.53fg	197.53±6.41fgh	2.02±0.14a	64.57±1.19f	99.36±16.29ef	1.54±0.27bcde
ระยอง	140.70±11.50abcd	209.80±15.88efg	1.49±0.04bc	118.93±12.32a	155.79±12.71ab	1.31±0.08bcde
ตราด	82.90±8.96g	146.92±6.38i	1.79±0.18ab	35.21±5.35g	38.36±10.77g	1.10±0.28de
เพชรบุรี	158.58±8.38ab	239.06±9.52abcd	1.51±0.12bc	102.36±5.27bc	134.00±25.90abcd	1.32±0.32bcde
ประจวบคีรีขันธ์	124.34±7.0cdef	186.96±13.54gh	1.51±0.18bc	66.00±9.07f	113.71±5.52def	1.75±0.24bc
พันธุ์ภูเก็ท						
ระยอง	134.26±5.91bcde	220.31±12.83cdef	1.64±0.11abc	111.71±13.92ab	167.00±28.28a	1.51±0.33bcde
ตราด	162.33±28.41ab	241.83±13.10abc	1.53±0.33bc	101.14±6.17bc	100.00±10.81def	0.99±0.12e
ภูเก็ต	167.71±21.03a	248.50±7.67ab	1.50±0.18bc	87.36±4.70cd	150.14±5.25abc	1.72±0.13bcde
พันธุ์นางแล	154.99±51.83ab	225.81±24.42bcde	1.60±0.59bc	65.00±13.97f	114.14±32.18def	1.75±0.33bc
พันธุ์ภูแล	154.68±12.68ab	254.48±7.48a	1.66±0.17abc	101.93±10.58bc	161.50±9.00ab	1.60±0.24bcde

* Value is mean ± SD

ตารางที่ 4.3 ปริมาณเบต้าแคโรทีนในเนื้อสับประรดพันธุ์ต่างๆ

พันธุ์/พื้นที่ผลิต	Beta -carotene (ug/100gFW)
พันธุ์ปัตตาเวีย	
ลำปาง	2.04±0.65d
อุดรดิตถ์	1.96±0.32d
หนองคาย	5.66±2.95b
อุทัยธานี	1.88±0.46d
กาญจนบุรี	3.21±0.84cd
ราชบุรี	4.72±0.78bc
ชลบุรี	3.19±0.91cd
ระยอง	5.19±0.34bc
ตราด	1.80±0.38d
เพชรบุรี	3.04±1.27cd
ประจวบ	1.54±0.2d
พันธุ์ภูเก็ต	
ระยอง	8.40±2.18a
ตราด	3.03±1.06cd
ภูเก็ต	4.49±1.21bc
พันธุ์หางแล	1.41±0.03d
พันธุ์ภูแล	3.35±0.65cd

* Value is mean $\pm$ SD

4.2.3 ปริมาณใยอาหารที่ละลายน้ำ (soluble dietary fiber; SDF) ปริมาณใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ (insoluble dietary fiber; IDF) และปริมาณใยอาหารทั้งหมด (total dietary fiber; TDF)

ปริมาณใยอาหารที่ละลายน้ำ (SDF) มีปริมาณแตกต่างกันไปตามพันธุ์และพื้นที่ปลูกคือมีค่าอยู่ระหว่าง 0.06 - 0.34 g/100gFW โดยสับปะรดพันธุ์ภูแลและพันธุ์นางแลมีปริมาณ SDF สูงกว่าสับปะรดจากแหล่งอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) คือมีปริมาณ 0.34 และ 0.30 g/100gFW ตามลำดับ เมื่อพิจารณาเฉพาะในพันธุ์ปัตตาเวียพบว่า สับปะรดจากจังหวัดชลบุรี ลำปาง อุตรดิตถ์ มีปริมาณ SDF สูงกว่าจากสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียจากจังหวัดอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ในขณะที่ปริมาณ SDF ในสับปะรดพันธุ์ภูเก็ตไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างพื้นที่ผลิตที่แตกต่างกัน (ตารางที่ 4.4)

ปริมาณใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ (IDF) พบในปริมาณที่สูงกว่า SDF ในทุกๆพันธุ์และพื้นที่ผลิต คือมีปริมาณอยู่ระหว่าง 1.05-1.69 g/100gFW โดยสับปะรดพันธุ์ภูเก็ตจากจังหวัดภูเก็ตมีปริมาณสูงกว่าพันธุ์อื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) รองลงมาได้แก่ สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียจากจังหวัดหนองคาย สับปะรดพันธุ์ภูแล สับปะรดพันธุ์ภูเก็ตจากจังหวัดตราด และพันธุ์ปัตตาเวียจากจังหวัดราชบุรี ตามลำดับ (ตารางที่ 4.4)

ปริมาณใยอาหารทั้งหมด (TDF) มีปริมาณแตกต่างกันไปตามพันธุ์และพื้นที่ปลูกคือมีค่าอยู่ระหว่าง 1.17-1.85 g/100gFW โดยสับปะรดพันธุ์ภูเก็ตจากจังหวัดภูเก็ตมีปริมาณสูงกว่าพันธุ์อื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ รองลงมาได้แก่ สับปะรดพันธุ์ภูแลจากจังหวัดเชียงราย คือมีปริมาณ 1.68 g/100gFW แต่อย่างไรก็ตามเมื่อนำมาวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่าสับปะรดทั้งสองพันธุ์ดังกล่าวไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (ตารางที่ 4.4)

ใยอาหารในสับปะรดมีรายงานในปริมาณที่แตกต่างกันออกไป เช่น จากการศึกษาของ Gorinstein และคณะ (1999) พบว่าปริมาณใยอาหารมีความแตกต่างกันไปตามพันธุ์ของสับปะรด เช่น สับปะรดพันธุ์ smooth cayenne มีปริมาณ SDF และ TDF อยู่ในช่วง 0.13-0.39 และ 0.36-0.72 g/100 g FW ตามลำดับ ในขณะที่สับปะรดพันธุ์ภูเก็ตมีปริมาณใยอาหารสูงกว่าคือ มีปริมาณ SDF และ TDF อยู่ในช่วง 0.16-0.42 และ 0.43-0.79 g/100 g FW ซึ่งผลการทดลองดังกล่าวนี้ สอดคล้องกับการศึกษาในครั้งนี้ คือสับปะรดในกลุ่ม queen (พันธุ์ภูเก็ตและภูแล) มีแนวโน้มปริมาณใยอาหารสูงกว่าสับปะรดในกลุ่ม smooth cayenne (ปัตตาเวียและภูแล) แต่อย่างไรก็ตาม สภาพทางภูมิศาสตร์และวิธีการเพาะปลูกที่แตกต่างกันก็อาจทำให้ปริมาณใยอาหารมีความแตกต่างกันออกไปได้ ดังจะเห็นได้จากการที่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของปริมาณใยอาหารในสับปะรดพันธุ์ภูเก็ตและพันธุ์ปัตตาเวียจากการศึกษาในหลายๆ

พื้นที่เพาะปลูก และเนื่องจากที่มีรายงานว่าแหล่งของ SDF ส่วนใหญ่มาจากผักและผลไม้ ดังนั้นในการศึกษาค้างนี้จึงหาค่าร้อยละของ SDF ต่อ TDF ในสับปะรดพันธุ์ต่างๆ พบว่าสับปะรดพันธุ์ภูแลมีค่าร้อยละของ SDF ต่อ TDF สูงสุดถึงร้อยละ 20.24 รองลงมาได้แก่สับปะรดพันธุ์นางแล (ร้อยละ 19.35) ในขณะที่สับปะรดพันธุ์ภูเกิดจากจังหวัดตราดมีค่าร้อยละของ SDF ต่อ TDF ต่ำที่สุดคือร้อยละ 5 ของปริมาณใยอาหารทั้งหมด ดังนั้นสับปะรดภูแลและนางแลจึงมีความน่าสนใจในการสนับสนุนให้มีการบริโภคมากขึ้นเพื่อเป็นแหล่งของ SDF จากผลไม้ (ตารางที่ 4.4)

4.2.4 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างสีผิวเปลือก กับปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญในเนื้อสับปะรด

ทั้งนี้เนื่องจากว่าผลสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียและพันธุ์ภูเกิดที่นำมาศึกษาในครั้งนี้มีการสุ่มตัวอย่างมาจากหลายพื้นที่ผลิต และพบว่ามีความแตกต่างในความบริสุทธิ์ของผลสับปะรดจากการวัดค่าสีเปลือกและเนื้อ ตลอดจนคุณภาพทางเคมีของน้ำคั้น ดังนั้นเพื่อเป็นการศึกษาว่าความบริสุทธิ์ที่ไม่เท่ากันในเบื้องต้นนั้นส่งผลต่อความแตกต่างของปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญในสับปะรดทั้งสองพันธุ์ดังกล่าวนี้หรือไม่ จึงนำค่าสีเปลือกซึ่งใช้เป็นดัชนีเบื้องต้นในการคัดเลือกผล แสดงโดยค่า hue มาหาค่าความสัมพันธ์กับปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 4.5 พบว่าในสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย ค่าความสัมพันธ์ ระหว่างค่าสีเปลือกกับปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญในเนื้อสับปะรดค่อนข้างต่ำในทุกๆ ด้าน ($R^2 = 0.00-0.39$) ในขณะที่พันธุ์ภูเกิดพบค่าความสัมพันธ์ระหว่างความบริสุทธิ์ของผลกับ SDF IDF และ TDF มีค่าความสัมพันธ์กันสูง คือ $R^2 = 0.96$ 0.84 และ 0.90 ตามลำดับ ซึ่งแสดงว่าเมื่อผลมีสีเหลืองมาก (ค่า hue ต่ำ) ระดับของ SDF IDF และ TDF มีปริมาณสูงขึ้น แต่ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างค่า hue กับ ปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญอื่นๆ

ตารางที่ 4.4 ปริมาณ soluble dietary fiber (SDF), insoluble dietary fiber (IDF), total dietary fiber (TDF) and soluble dietary fiber as percentage of total dietary fiber (SDF as % of TDF)

พันธุ์/พื้นที่ผลิต	SDF (g/100gFW)	IDF (g/100gFW)	TDF (g/100gFW)	SDF as % of TDF (%)
พันธุ์ปัตตาเวีย				
ลำปาง	0.19 ± 0.07 cd	1.24 ± 0.07 bcdef	1.43 ± 0.14 cd	13.38 ± 3.66 bc
อุดรดิตถ์	0.17 ± 0.08 cde	1.05 ± 0.08 f	1.22 ± 0.06 d	13.93 ± 6.50 bc
หนองคาย	0.14 ± 0.04 def	1.36 ± 0.06 b	1.50 ± 0.09 bc	9.33 ± 2.08 cde
อุทัยธานี	0.06 ± 0.04 f	1.11 ± 0.05 def	1.17 ± 0.09 d	5.12 ± 3.29 e
กาญจนบุรี	0.07 ± 0.03 ef	1.24 ± 0.10 bcdef	1.31 ± 0.08 cd	5.34 ± 2.40 e
ราชบุรี	0.10 ± 0.06 def	1.32 ± 0.04 bcd	1.42 ± 0.10 cd	7.04 ± 3.41 de
ชลบุรี	0.25 ± 0.11 bc	1.28 ± 0.24 bcde	1.53 ± 0.32 bc	16.34 ± 4.84 ab
ระยอง	0.12 ± 0.06 def	1.13 ± 0.07 cdef	1.25 ± 0.05 d	9.60 ± 5.0 cde
ตราด	0.16 ± 0.07 def	1.16 ± 0.04 bcdef	1.32 ± 0.09 cd	12.12 ± 4.73 bcd
เพชรบุรี	0.10 ± 0.04 def	1.09 ± 0.07 ef	1.19 ± 0.10 d	8.40 ± 2.87 cde
ประจวบคีรีขันธ์	0.13 ± 0.03 def	1.10 ± 0.13 ef	1.23 ± 0.13 d	10.57 ± 2.70 cde
พันธุ์ภูเก็ต				
ระยอง	0.11 ± 0.05 def	1.26 ± 0.05 bcdef	1.37 ± 0.09 cd	8.03 ± 0.67 cde
ตราด	0.07 ± 0.01 ef	1.33 ± 0.11 bc	1.40 ± 0.11 cd	5.00 ± 2.80 e
ภูเก็ต	0.16 ± 0.03 def	1.69 ± 0.29 a	1.85 ± 0.31 a	8.65 ± 1.51 cde
พันธุ์หางแล	0.30 ± 0.09 ab	1.25 ± 0.10 bcdef	1.55 ± 0.17 bc	19.35 ± 4.54 a
พันธุ์ภูแล	0.34 ± 0.03 a	1.34 ± 0.05 b	1.68 ± 0.08 ab	20.24 ± 0.75 a

* Value is mean ± SD

ตารางที่ 4.5 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างสีผิวเปลือกกับปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญในเนื้อสับปะรด

สารออกฤทธิ์สำคัญ	ค่า correlation (R^2)	
	พันธุ์ปัตตาเวีย	พันธุ์ภูเก็ต
ปริมาณโปรตีน (mg/100gFW)	0.39	0.16
กิจกรรมเอนไซม์ไทโรซิเนส (mg tyrosine/100 g/min)	0.10	0.22
เอนไซม์ specific activity (U/mg Protein)	0.30	0.21
เบต้าแคโรทีน (ug/100gFW)	0.00	0.01
ใยอาหารที่ละลายน้ำ (g/100gFW)	0.06	0.96
ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ (g/100gFW)	0.39	0.84
ใยอาหารทั้งหมด (g/100gFW)	0.37	0.90

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

จากการศึกษา ชนิด ปริมาณ และสารออกฤทธิ์สำคัญในผลสับปะรดพันธุ์ที่ผลิตเพื่อทางการค้า ได้แก่ บัตตาเวีย ภูเก็ต นางแล และ ภูเก็ต จากแหล่งผลิตสับปะรดในแต่ละภูมิภาคของประเทศไทย พบว่า

5.1.1 ปริมาณโปรตีน กิจกรรมเอนไซม์โบรมิเลน และ ค่า enzyme specific activity

ปริมาณโปรตีนในเนื้อผลสับปะรดมีความแตกต่างกันไปตามพันธุ์และในแต่ละพื้นที่ผลิต คือมีปริมาณอยู่ระหว่าง 82.90-167.71 mg/100gFW โดยสับปะรดพันธุ์ภูเก็ตจากแหล่งปลูกในจังหวัดภูเก็ตมีปริมาณโปรตีนในเนื้อสูงสุด ปริมาณโปรตีนในแกนสับปะรดมีปริมาณโปรตีนต่ำกว่าในเนื้อผล คือมีปริมาณ 35.21-118.83 mg/100gFW โดยแกนสับปะรดพันธุ์บัตตาเวียจากจังหวัดระยองมีปริมาณโปรตีนสูงสุด และแกนสับปะรดพันธุ์บัตตาเวียจากจังหวัดตราดมีปริมาณต่ำสุด

กิจกรรมของเอนไซม์โบรมิเลนในเนื้อผลสับปะรดมีปริมาณแตกต่างกันไปตามพันธุ์และพื้นที่ผลิต คือมีค่าอยู่ระหว่าง 146.92-254.48 mg tyrosine/100 g/ min โดยในเนื้อสับปะรดพันธุ์ภูเก็ตมีค่ากิจกรรมของเอนไซม์โบรมิเลนสูงสุด ส่วนเนื้อสับปะรดจากจังหวัดตราดพบกิจกรรมของเอนไซม์ต่ำที่สุด กิจกรรมของเอนไซม์โบรมิเลนในแกนสับปะรดมีปริมาณต่ำกว่าในเนื้อผล ซึ่งพบแนวโน้มเช่นเดียวกันนี้ในสับปะรดทั้ง 4 พันธุ์และจากทุกๆพื้นที่ปลูก กิจกรรมของเอนไซม์โบรมิเลนในแกนผล มีค่าอยู่ระหว่าง 38.36 - 161.50 mg tyrosine/100 g/ min โดยแกนสับปะรดพันธุ์ภูเก็ตจากจังหวัดระยองมีกิจกรรมเอนไซม์สูงสุด และแกนสับปะรดจากจังหวัดตราดมีกิจกรรมต่ำที่สุด

ค่า enzyme specific activity ในเนื้อผลสับปะรดมีค่าอยู่ระหว่าง 1.28 - 2.02 U/mg protein เนื้อสับปะรดพันธุ์บัตตาเวียจากจังหวัดชลบุรีและอุทัยธานีมีค่า specific activity สูงสุด เนื้อผลสับปะรดพันธุ์บัตตาเวียจากจังหวัดลำปางมีค่า specific activity ต่ำสุด ซึ่งค่า specific activity ในแกนผลมีค่าใกล้เคียงกับในเนื้อผลคือ มีค่าอยู่ระหว่าง 0.99 - 2.5 U/mg protein โดยแกนผลสับปะรดพันธุ์บัตตาเวียจากจังหวัดอุดรดิตถ์มีค่า specific activity สูงที่สุดและ แกนผลสับปะรดพันธุ์ภูเก็ตจากจังหวัดตราดมีค่าต่ำสุด

5.1.2 ปริมาณเบต้าแคโรทีน

ปริมาณเบต้าแคโรทีนมีความแตกต่างกันไปตามพันธุ์และพื้นที่ปลูกคือมีค่าอยู่ระหว่าง 1.41 - 8.40 ug/100gFW โดยพบว่าสับปะรดพันธุ์ภูเก็ตจากจังหวัดระยองมีปริมาณสูงกว่าสับปะรดจากแหล่งอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) และสับปะรดพันธุ์นางแลมีปริมาณต่ำสุด

5.1.3 ปริมาณใยอาหารที่ละลายน้ำ (SDF) ปริมาณใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ (IDF) และปริมาณใยอาหารทั้งหมด (TDF)

SDF IDF และ TDF มีปริมาณแตกต่างกันไปตามพันธุ์และพื้นที่ปลูก โดยที่ SDF มีค่าอยู่ระหว่าง 0.06 - 0.34 g/100gFW โดยสับปะรดพันธุ์ภูแลและพันธุ์นางแลมีปริมาณ SDF สูงกว่าสับปะรดจากแหล่งอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) พบปริมาณ IDF ในปริมาณที่สูงกว่า SDF ในทุกๆพันธุ์และพื้นที่ผลิต คือมีปริมาณอยู่ระหว่าง 1.05-1.69 g/100gFW สับปะรดพันธุ์ภูเก็ตจากจังหวัดภูเก็ตมีปริมาณสูงกว่าพันธุ์อื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) และ TDF มีปริมาณอยู่ระหว่าง 1.17-1.85 g/100gFW โดยสับปะรดพันธุ์ภูเก็ตจากจังหวัดภูเก็ตมีปริมาณสูงกว่าพันธุ์อื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ รองลงมาได้แก่สับปะรดพันธุ์ภูแลจากจังหวัดเชียงราย คือมีปริมาณ 1.68 g/100gFW แต่อย่างไรก็ตามเมื่อนำมาวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่าสับปะรดทั้งสองพันธุ์ดังกล่าวไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

5.1.4 ความสัมพันธ์ระหว่างความบริบูรณ์ของผล (ค่าสีเปลือก) สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียและพันธุ์ภูเก็ตกับปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญ

ในสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย ค่าความสัมพันธ์ ระหว่างค่าสีเปลือกกับปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญในเนื้อสับปะรดค่อนข้างต่ำในทุกๆ ด้าน ($R^2 = 0.00-0.39$) แต่ในพันธุ์ภูเก็ตพบค่าความสัมพันธ์ระหว่างความบริบูรณ์ของผลกับค่า SDF IDF และ TDF มีค่าความสัมพันธ์กันสูง ($R^2 = 0.96$ 0.80 และ 0.90 ตามลำดับ) ซึ่งแสดงว่าเมื่อผลมีสีเหลืองมากหรือสุกมากขึ้น (ค่า hue ต่ำ) ระดับของ SDF IDF และ TDF มีปริมาณสูงขึ้น

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าสับปะรดเป็นผลไม้ที่มีศักยภาพในการเป็นแหล่งของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (bioactive compounds) ที่สำคัญ ซึ่งได้แก่ เอนไซม์โบรมิเลน เบต้าแคโรทีน และ แหล่งของใยอาหาร ซึ่งจะพบปริมาณที่แตกต่างกันไปออกไปในสับปะรดแต่ละพันธุ์และจากแต่ละพื้นที่ผลิต ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้ นอกจากจะช่วยสนับสนุนการบริโภคสับปะรดในเชิงสุขภาพและเป็นข้อมูลทางด้านโภชนาการแล้ว ข้อมูลพื้นฐานที่

ได้ตั้งกล่าวนี้นำไปใช้เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนางานวิจัยที่เกี่ยวข้องด้านโภชนาการและศักยภาพในการเป็น functional food ของสับปะรดทั้งในด้านการบริโภคผลสด แปรรูป ตลอดจนการนำไปใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตภัณฑ์อาหารเสริมบำรุงสุขภาพ และจากผลการทดลองที่ได้ในครั้งนี้พบว่าไม่เฉพาะปัจจัยในด้านพันธุ์สับปะรดเท่านั้นที่มีผลต่อปริมาณของสารออกฤทธิ์สำคัญต่างๆ แต่ความแตกต่างของปัจจัยภายนอก ไม่ว่าจะเป็นปัจจัยทางภูมิศาสตร์ สภาพอากาศ และวิธีการเพาะปลูกน่าจะเป็นอีกปัจจัยสำคัญที่ทำให้สับปะรดมีปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญแตกต่างกันไป ดังนั้นข้อมูลต่างๆดังกล่าวนี้ สามารถนำไปใช้เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาและปรับปรุงระบบการผลิตตั้งแต่ในแปลงปลูก เพื่อให้ได้สับปะรดที่มีสารออกฤทธิ์สำคัญในปริมาณสูง อันจะเป็นการเพิ่มศักยภาพและมูลค่าสับปะรดให้กับเกษตรกรผู้ผลิตต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- จินดารัฐ วีระวุฒิ. 2541. สับปะรดและสรีรวิทยาการเจริญเติบโตของสับปะรด. สำนักพิมพ์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 196 น.
- จารุพันธุ์ ทองแถม. 2526. สับปะรดและอุตสาหกรรมสับปะรดในประเทศไทย. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,
กรุงเทพ ฯ
- วราพันธุ์ จินตณวิชัย, อุทัย คั่นโธ, สุกัญญา จัดตุพรพงษ์ และ ปุณทริกา หะรินสุต. 2547. การศึกษาปริมาณ
เอนไซม์โบรมิเลน องค์ประกอบทางเคมีจากน้ำคั้นสับปะรดและการนำไปใช้ประโยชน์ย่อยโปรตีนในการถั่ว
เหลือง. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 42, กรุงเทพ.
- นันทยา จงใจเทศ, ปิยนันท์ เฝ้าม่วง และ อัญชลี มหาเทียน. 2551. Thailand Journal of Health Promotion and
Environmental Health. January-March; 92-101.
- ศิริวรรณ สุทธจิตต์. 2550. ผลิตภัณฑ์ธรรมชาติเพื่อสุขภาพ. The knowledge Center, กรุงเทพฯ. 423 หน้า
- สมฤทัย นุชเนื้อ. 2543. การวิเคราะห์ผลกระทบต่อการส่งออกสับปะรดกระป๋องของไทยจากการยกเลิกสิทธิพิเศษ
ทางภาษีศุลกากรในตลาดสหภาพยุโรป. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
- สมศักดิ์ วรคามิน. 2550. เอนไซม์กัญแจแห่งชีวิต. พิมพ์ครั้งที่ 2. สามเจริญพาณิชย์ (กรุงเทพ) จำกัด. กรุงเทพฯ.
241 หน้า.
- สำนักงานเกษตรจังหวัดลำปาง. 2551. รายงานสถานการณ์การผลิตสับปะรด 49. แหล่งที่มา
<http://lampang.doe.go.th/pineapple.pdf>
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2530. มาตรฐานในการรับซื้อสับปะรดของโรงงาน. หน้า 28-30.
- อรวิรินทร์ วงศ์มีเกียรติ. 2527. การผลิตเอนไซม์โบรมิเลนจากส่วนเหลือทิ้งของสับปะรด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท.
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- AOAC. 1995. Official Methods of Analysis. AOAC International, Gaithersburg, MD.
- AOAC. 2000. Official Methods of Analysis. AOAC International, Gaithersburg, MD.
- Abd Shukor A.R., Faridah A., Abdullah H. and Chan Y.K. 1998. Pineapple. In Shaw H.T. Chan Jr. and
Nagy S. (eds). Tropical and Subtropical Fruits. AG Science, Inc., Florida. pp.137-190.
- Bartholomew D. P. and Criley R. A. 1983. Tropical fruit and beverage crops. In Nickel,
L. G. (ed.). Plant Growth Regulating Chemicals II. CRC Press, Inc, Boca Raton, Florida. p. 111

- Bartholomew D. P. and Kadzimin S. B.. 1977. Pineapple. In Alvim P. de T. and Kozlowski T. T. (eds). *Ecophysiology of Tropical Crops*. Academic Press, New York. pp.113-156
- Biale J. B. and Young R.E. 1985. Respiration and ripening in fruit-restropect and prospect, In Friend J. and Rhodes M.J.C. (eds.). *Recent Advances in the Biochemistry of Fruits and Vegetables*. Academic Press, London. pp. 1-40.
- Bradford M.M. 1976. A rapid sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilising the principle of protein-Dye Binding. *Anal Biochem*; 72:248-254.
- Charoensiri R., Kongkachuichai R., Suknicom S., Sungpuag P. 2009. Beta-carotene, lycopene, and alpha-tocopherol contents of selected Thai fruits. *Food Chem.* 113, 202-207
- Dull G.C. 1971. the pineapple: general,. In Hulm A.C. (ed.). *The Biochemistry of Fruit and Their Products*, vol II. Academic Press, New York. pp. 303-324
- Gross J. (1987). *Pigment in fruits*. London: Academic Press.
- Gorinstein S., Zemser M., Haruenki R., Chuthakorn R., Grauer F., Martin-Belloso O. And Trakhtenberg S. 1999. *J. Nutr. Biochem.* 10; 367-371.
- Gortner W. A. and Singleton V. L. 1965. Chemical and physical development of the pineapple fruit. III. Nitrogenous and enzyme constituents. *J. of Fooof Sci.* 30; 24-29.
- Kader A.A. 1996. Recommendation for maintaining postharvest quality of pineapple. *Perishable Handling Newsletter.* 88; 19-20.
- Kerns K.R. Collins J.L. and Kim H. 1936. Vitamin C in pineapple verities and hybrids. *Pineapple Quart.* 6; 47-48.
- Larraui A. J.,Ruperez P. and Calixto S. F. 1997. Pineapple shell as a source of dietary fiber with associated polyphenol. *J. Agric. Food. Chem.* 45; 4028-4031.
- Lodh S. B., Selvaraj Y., Chadcha K. L. and Melanta K. R. 1972. Biochemical changes associated with constituents. *Indian Journal of Horticulture.* 29; 287-291.
- Murachi T., 1976. Bromelain enzymes, in: L. Lorand (Ed.), *Methods in Enzymology*, vol. XLV, Academic Press, New York, pp. 475– 485.
- Queensland Health Scientific Service.1994. Vitamin A (α and β -carotene) Analysis.

ภาคผนวก 1

ตารางภาคผนวก1.1 เปรียบเทียบการดำเนินงานกิจกรรม

กิจกรรม	เดือนที่													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
กำหนดพื้นที่เก็บตัวอย่าง ติดต่อ ประสานงานเพื่อจัดซื้อ เก็บเกี่ยวและ ขนส่งสับปะรด จากแต่ละภูมิภาคของ ประเทศ														
วิเคราะห์ปริมาณโปรตีนและกิจกรรม เอนไซม์โบรมิเลนในเนื้อและแกน สับปะรด														
วิเคราะห์ปริมาณสารเบต้าแคโรทีนใน เนื้อสับปะรด														
วิเคราะห์ปริมาณ dietary fiber ในเนื้อ สับปะรด														
วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ														
จัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์ และเอกสาร เผยแพร่														



กิจกรรมที่ได้ดำเนินการไว้



กิจกรรมที่เกิดขึ้นจริง

ตารางภาคผนวก 1.2 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

เดือนที่	กิจกรรม (activities)	ผลงานที่คาดว่าจะได้รับ (outputs)
6 เดือนที่ 1	- กำหนดพื้นที่เก็บตัวอย่าง และติดต่อประสานงานเพื่อจัดซื้อสับปะรดในแต่ละภูมิภาคของประเทศไทย - เก็บเกี่ยว และขนส่งผลสับปะรดที่ผลิตในเขตพื้นที่จังหวัดกาญจนบุรี และ อุทัยธานี - เก็บเกี่ยว และขนส่งผลสับปะรดที่ผลิตในเขตพื้นที่จังหวัดลำปาง และ เชียงราย - เก็บเกี่ยว และขนส่งผลสับปะรดในเขตพื้นที่จังหวัดหนองคาย - วิเคราะห์ ชนิดและปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญในสับปะรดจากพื้นที่ในจังหวัดกาญจนบุรี อุทัยธานี ลำปาง เชียงราย และ หนองคาย	ได้ข้อมูล ชนิดและปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญของสับปะรดแต่ละพันธุ์จากแต่ละพื้นที่ในจังหวัดกาญจนบุรี อุทัยธานี ลำปาง เชียงราย และ หนองคาย
6 เดือนที่ 2	- เก็บเกี่ยว และขนส่งผลสับปะรดที่ผลิตในเขตพื้นที่จังหวัดราชบุรี เพชรบุรี และ ประจวบคีรีขันธ์ - เก็บเกี่ยว และขนส่งผลสับปะรดที่ผลิตในเขตพื้นที่จังหวัดชลบุรี ระยอง และ ตราด - วิเคราะห์ชนิดและปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญในสับปะรดจากแต่ละพื้นที่ใน - วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ - จัดทำรายงานผลการดำเนินการ และเอกสารแผ่นพับ หรือสื่อโฆษณา รวมทั้งเผยแพร่ข้อมูลที่ได้ผ่านทาง Website	- ได้ข้อมูลชนิดและปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญของสับปะรดแต่ละพันธุ์ จากแต่ละพื้นที่ในจังหวัดราชบุรี เพชรบุรี ประจวบคีรีขันธ์ ชลบุรี ระยอง และ ตราด - รายงานฉบับสมบูรณ์ที่มีข้อมูลชนิดและปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญของสับปะรดแต่ละพันธุ์ จากแต่ละพื้นที่และเอกสารเผยแพร่ข้อมูลดังกล่าว

ตารางภาคผนวก1.3 Output

Output		ในกรณีที่ผลสำเร็จไม่ถึง 100% ให้ท่านระบุสาเหตุ การแก้ไขที่ท่าน ดำเนินการ
กิจกรรมในข้อเสนอโครงการหรือจากการปรับแผน	ผลสำเร็จ	
1. กำหนดพื้นที่เก็บตัวอย่าง และติดต่อประสานงานเพื่อ จัดซื้อสับปะรดในแต่ละภูมิภาคของประเทศไทย	100 %	
2. วิเคราะห์ปริมาณโปรตีนและกิจกรรมเอนไซม์โบรมิเลน ในเนื้อและแกนสับปะรด	100 %	
3. วิเคราะห์ปริมาณสารเบต้าแคโรทีนในเนื้อสับปะรด	100 %	
4. วิเคราะห์ปริมาณ dietary fiber ในเนื้อสับปะรด	100 %	
5. วิเคราะห์ข้อมูล สรุปผลการดำเนินงาน จัดทำรายงาน ฉบับสมบูรณ์ และเผยแพร่ข้อมูล	100 %	

4. บทความสำหรับการเผยแพร่

บทความตีพิมพ์ในวารสาร Asian Journal of Food& Agro-Industry Volume 2, Special Issue, August
2009 เรื่อง “Bioactive compounds and antioxidant capacities of Phulae and Nanglae pineapple”

ลงนาม.....

(สุทธิวัลย์ สีทา)

หัวหน้าโครงการ

วันที่

ภาคผนวก 2

ภาพสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย ภูเก็ต ภูเก็ต และนางแล จากแหล่งผลิตต่าง ๆ

1. พันธุ์ปัตตาเวีย



จ. ลำปาง



จ. นนทบุรี



จ. ระยอง



จ. ราชบุรี



จ. ชลบุรี



จ. อุตรดิตถ์



จ. ประจวบคีรีขันธ์



จ. เพชรบุรี



จ. ตราด



จ. กาญจนบุรี



จ. อุทัยธานี

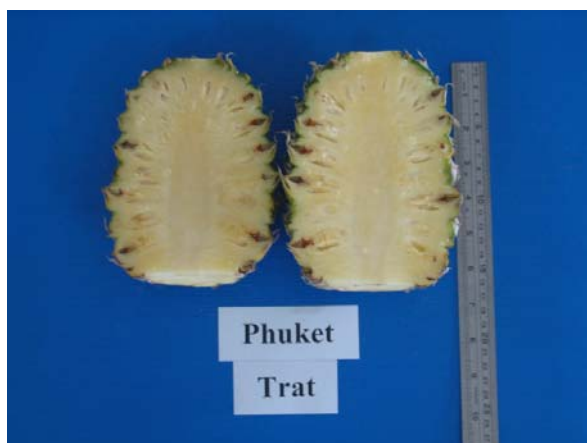
2. พันธุ์ภูเก็ต



จ. ภูเก็ต

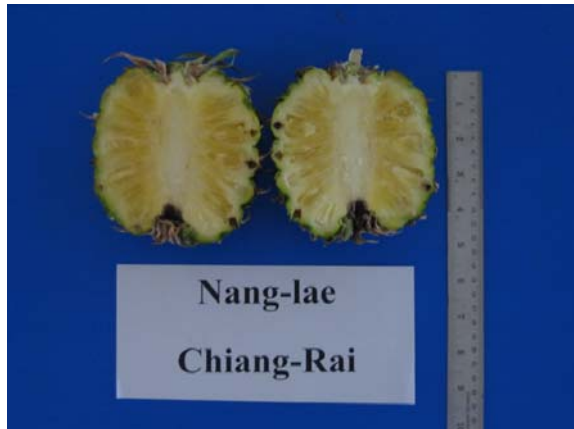


จ. ระยอง



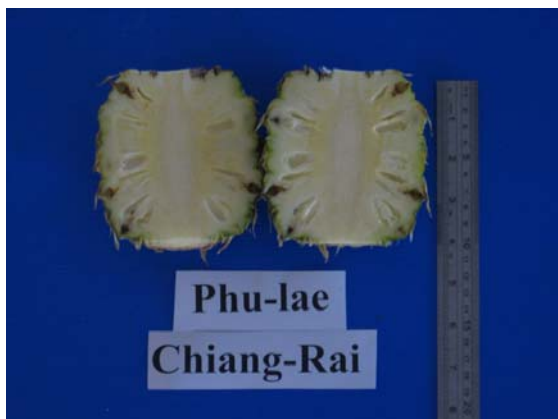
จ. ตรัง

3. พันธุ์หางแล



จ. เชียงราย

4. พันธุ์ภูแล



จ. เชียงราย

ภาคผนวก 3

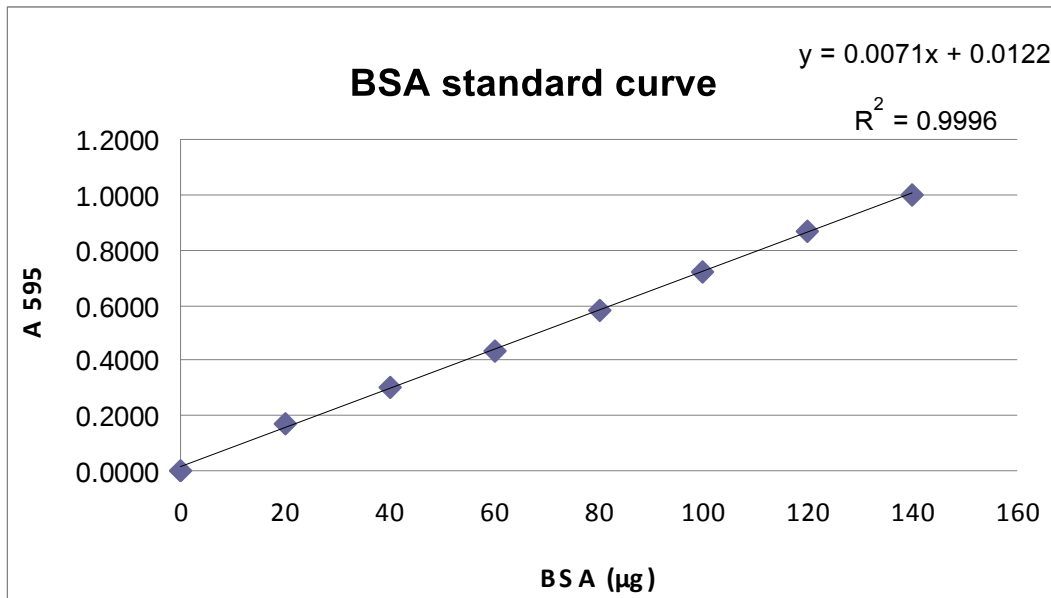


Figure 3-1 Standard curve of Bovine Serum Albumin (BSA)

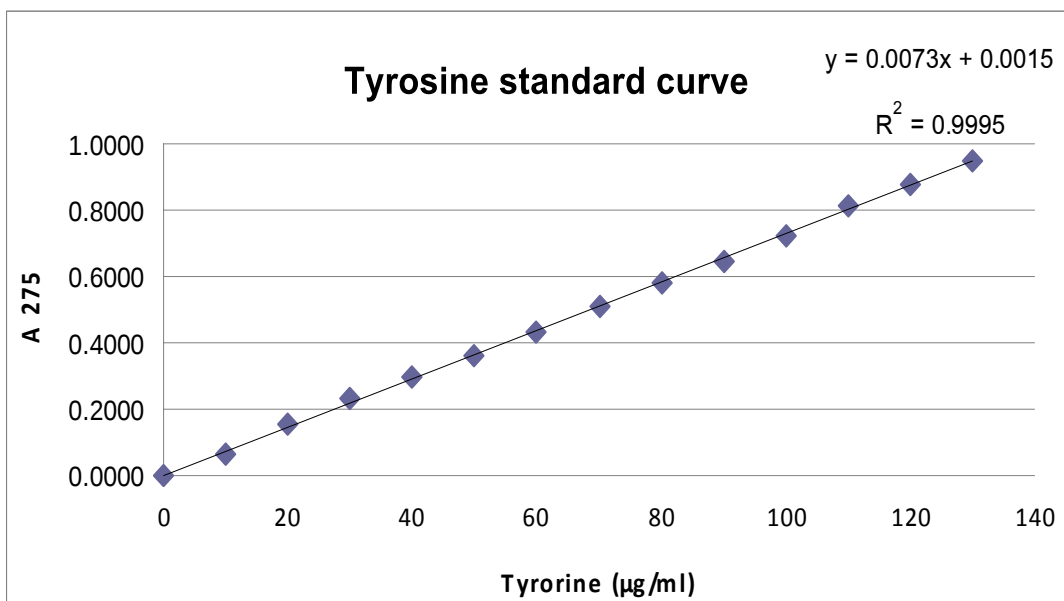


Figure 3-2 Standard curve of Tyrosine

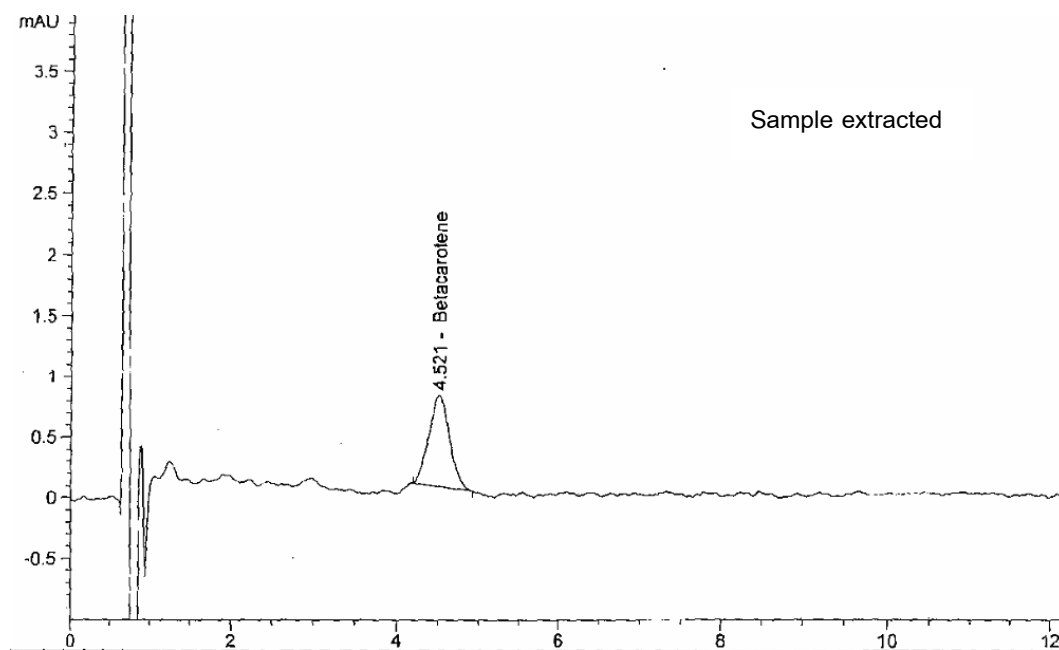
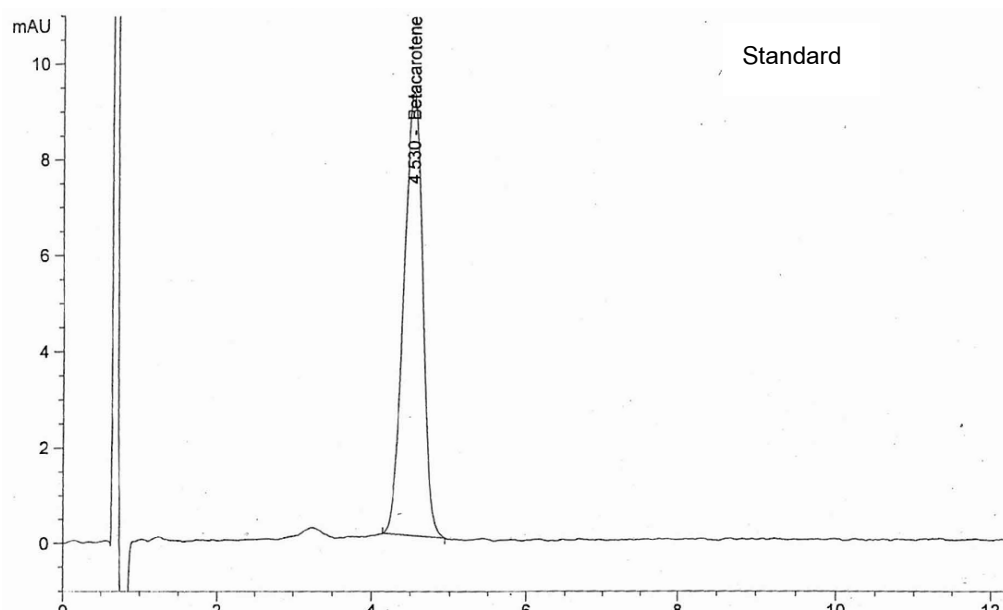


Figure 3-3 Typical chromatogram of standard beta-carotene (upper) and extracted pineapple pulp (lower)

ภาคผนวก 4

Protein

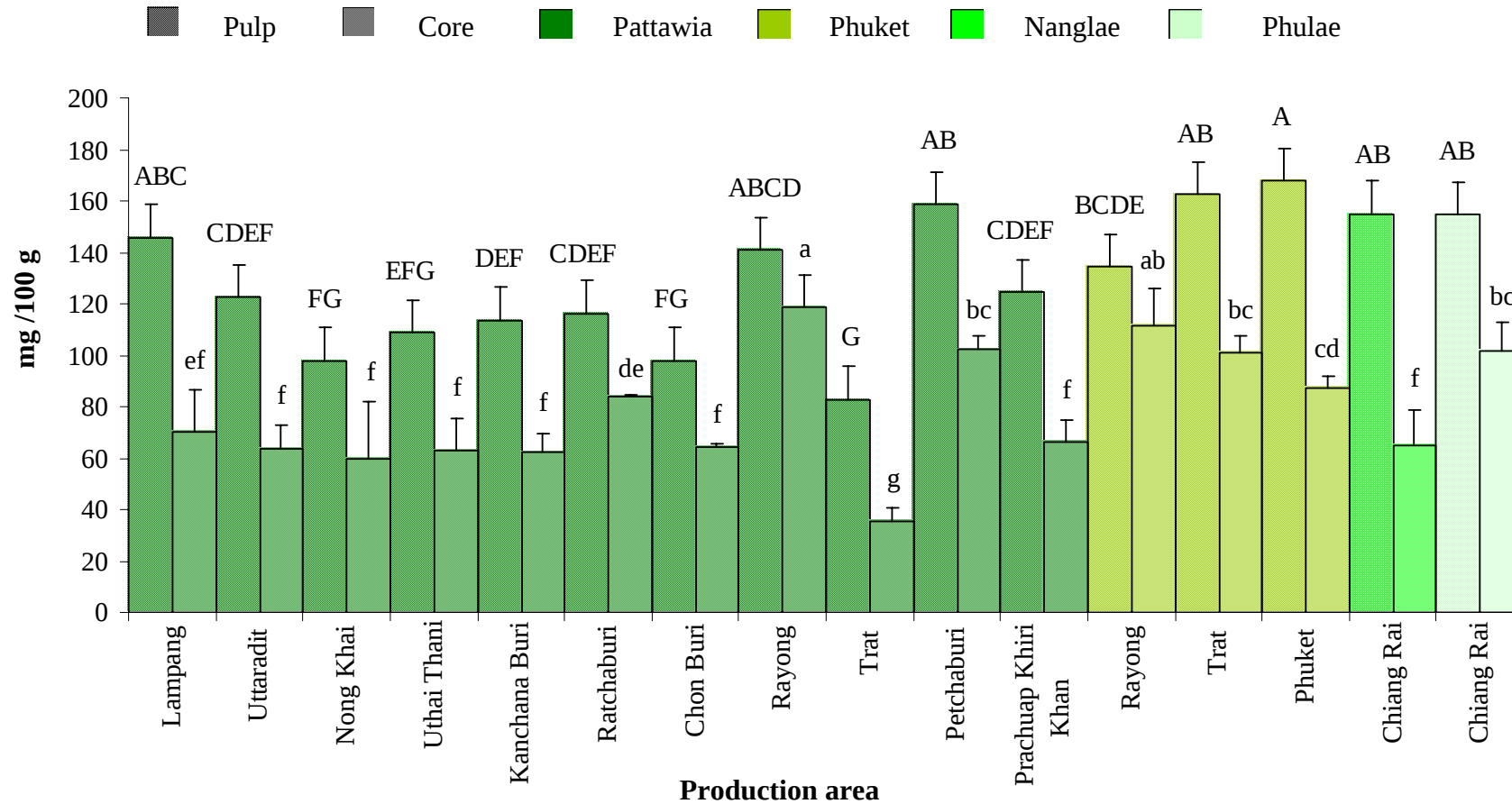


Figure 4-1 Protein content of four pineapple cultivars with the different production area of Pattawia and Phuket cultivars. Value are the mean $\pm$ SD of $n = 20$ fruits. Within a graph, different capital letter or small letters show significant difference ($P < 0.05$) among pulp or core of pineapple respectively.

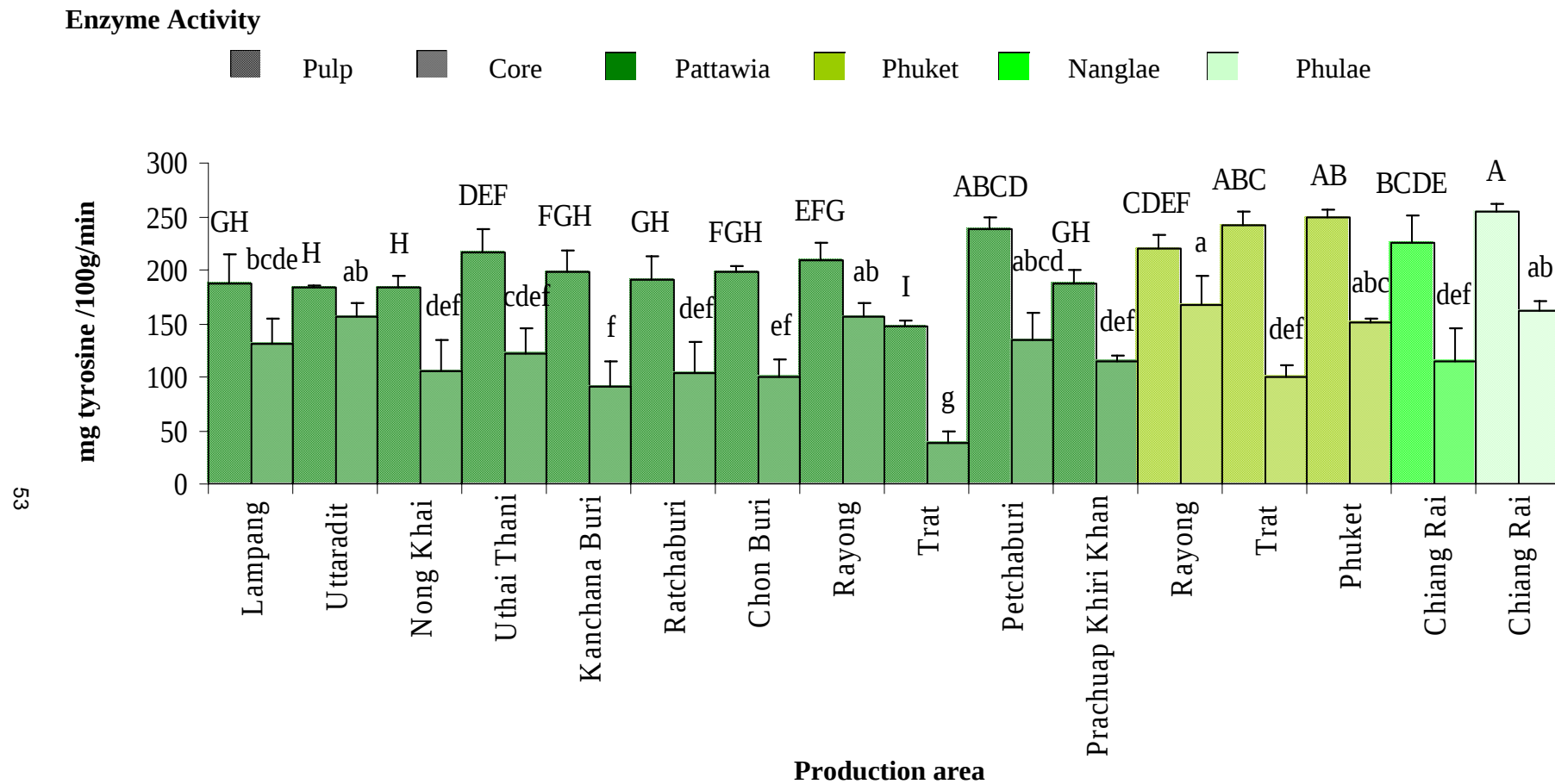


Figure 4-2 Enzyme activity of four pineapple cultivars with the different production area of Pattawia and Phuket cultivars. Value are the mean $\pm$ SD of $n = 20$ fruits. Within a graph, different capital letter or small letters show significant difference ($P < 0.05$) among pulp or core of pineapple respectively.

Specific activity

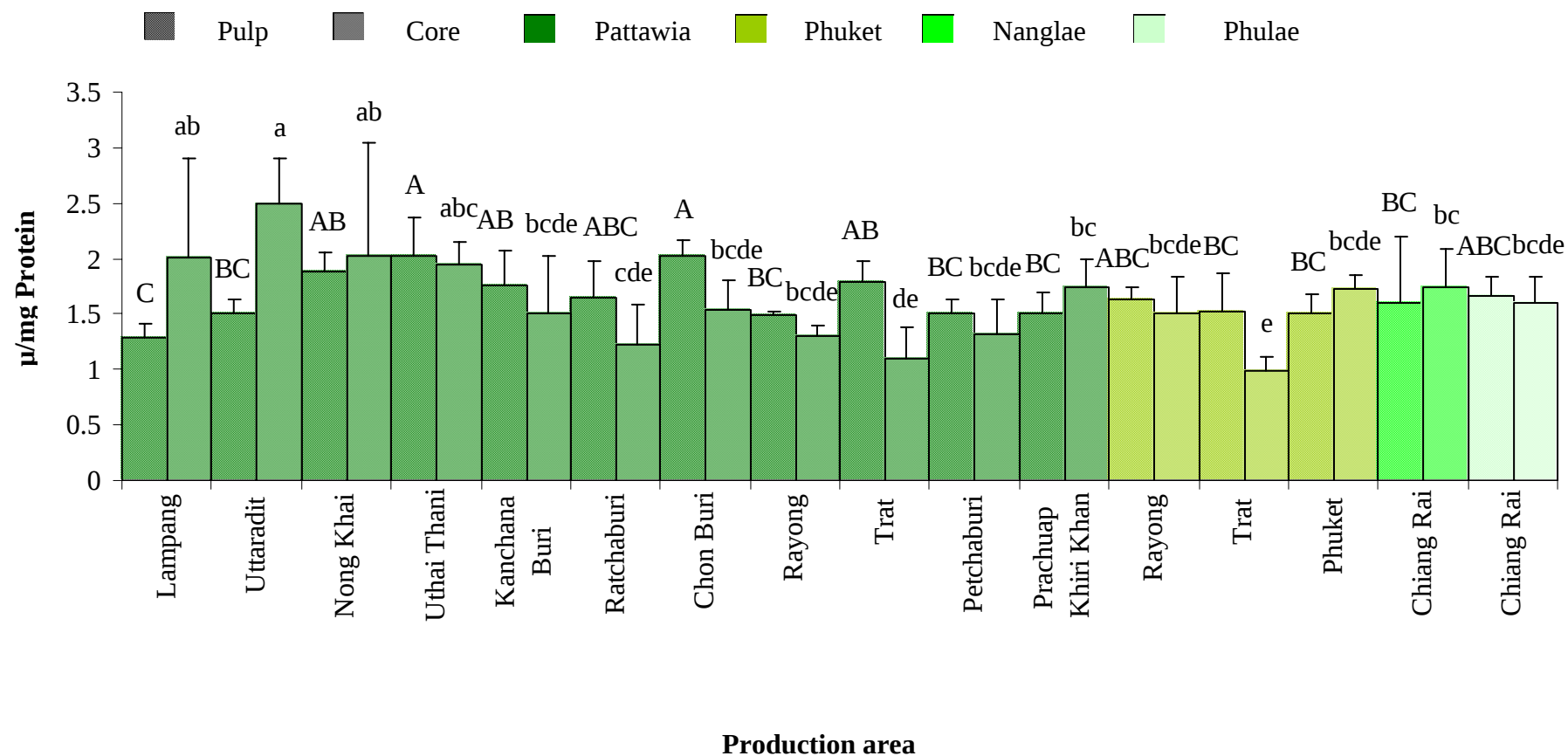


Figure 4-3 Enzyme specific activity of four pineapple cultivars with the different production area of Pattawia and Phuket cultivars. Value are the mean $\pm$ SD of $n = 20$ fruits. Within a graph, different capital letter or small letters show significant difference ($P < 0.05$) among pulp or core of pineapple respectively.

Beta-carotene

■ Pattawia ■ Phuket ■ Nanglae ■ Phulae

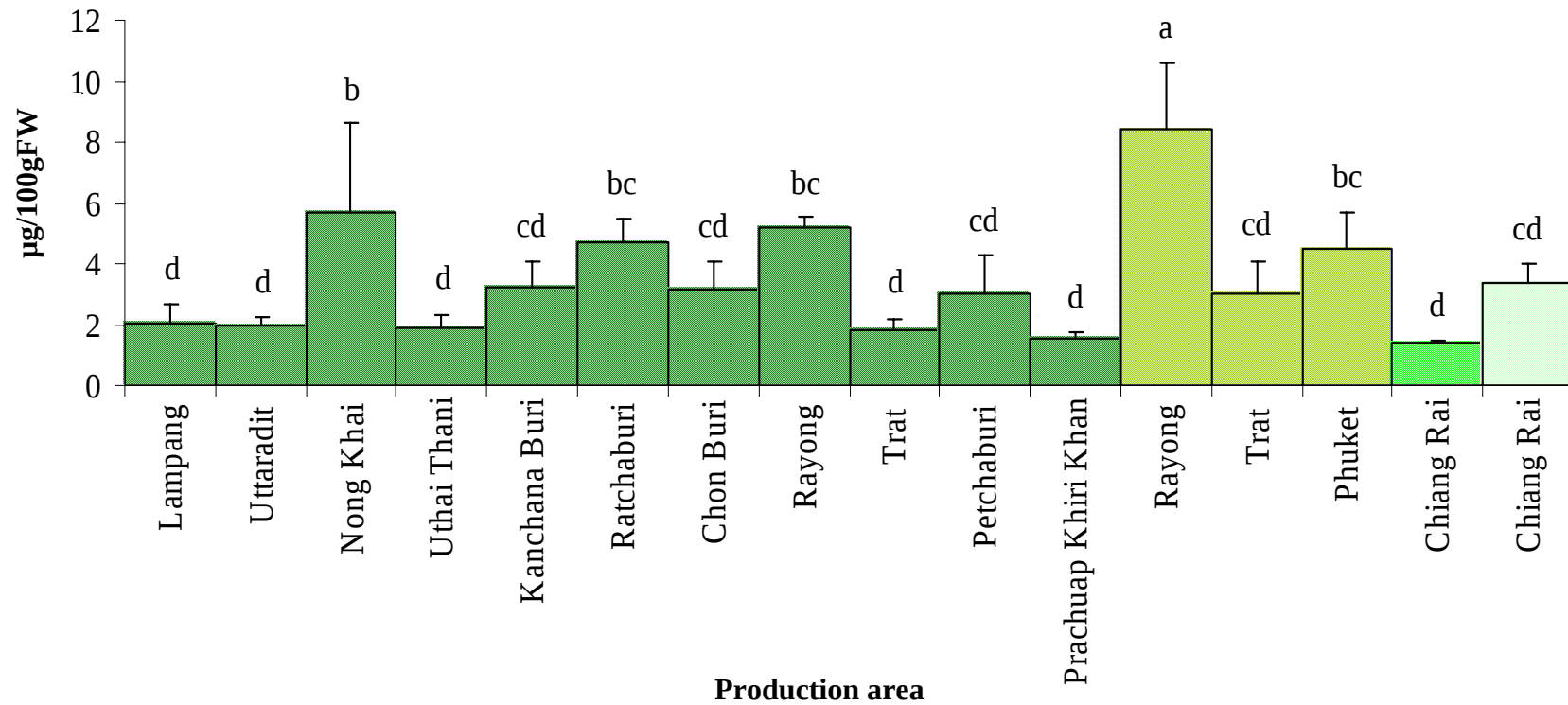


Figure 4-4 Beta-carotene content of four pineapple cultivars with the different production area of Pattawia and Phuket cultivars. Value are the mean $\pm$ SD of $n = 20$ fruits. Within a graph, different letter show significant difference ($P < 0.05$) among different samples.

Soluble Dietary Fiber

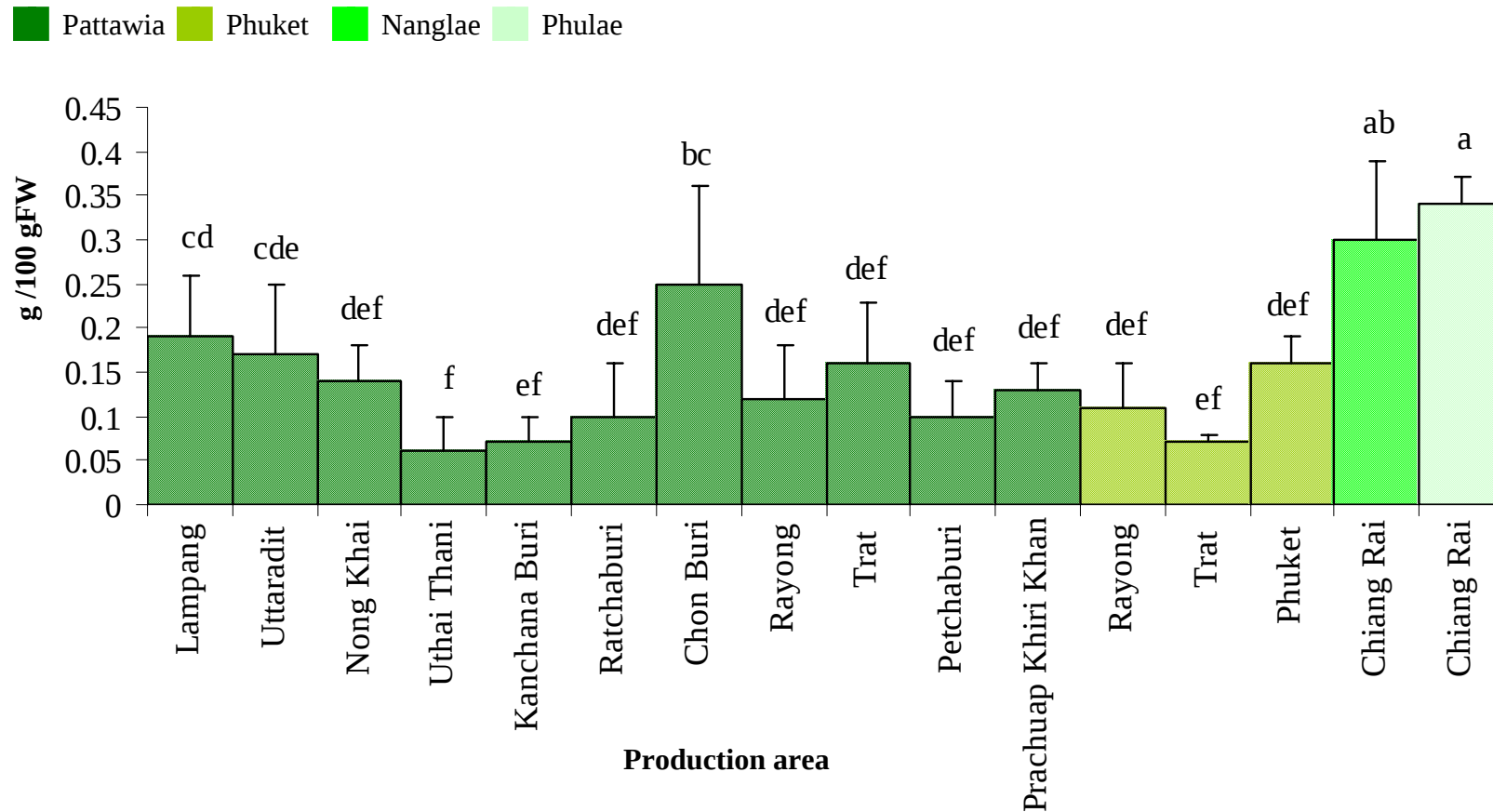


Figure 4-5 Soluble dietary fiber content of four pineapple cultivars with the different production area of Pattawia and Phuket cultivars. Value are the mean $\pm$ SD of $n = 20$ fruits. Within a graph, different letter show significant difference ($P < 0.05$) among different samples.

Insoluble Dietary Fiber

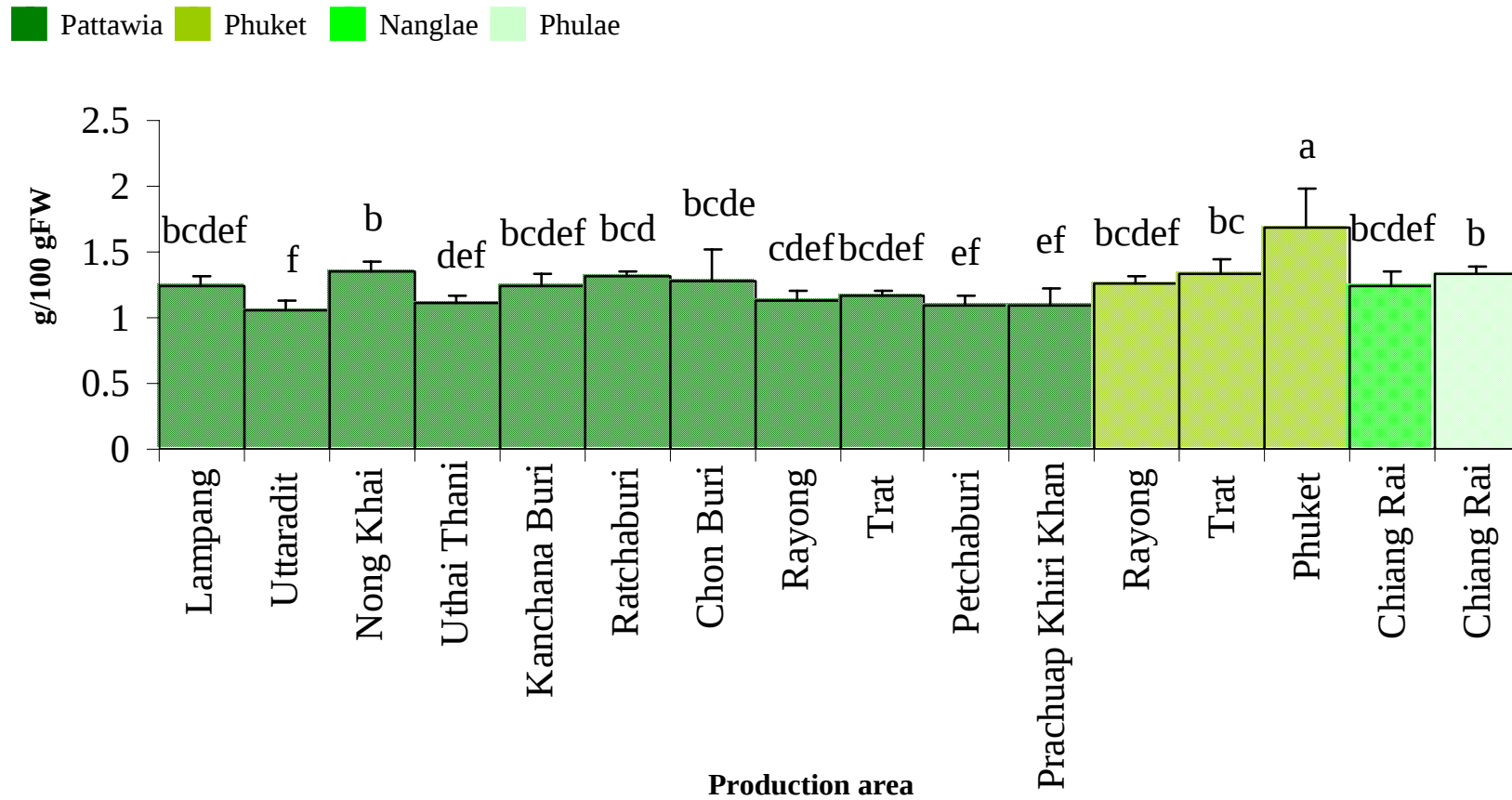


Figure 4-6 Insoluble dietary fiber content of four pineapple cultivars with the different production area of Pattawia and Phuket cultivars. Value are the mean $\pm$ SD of $n = 20$ fruits. Within a graph, different letter show significant difference ($P < 0.05$) among different samples.

Total Dietary Fiber

■ Pattawia ■ Phuket ■ Nanglae ■ Phulae

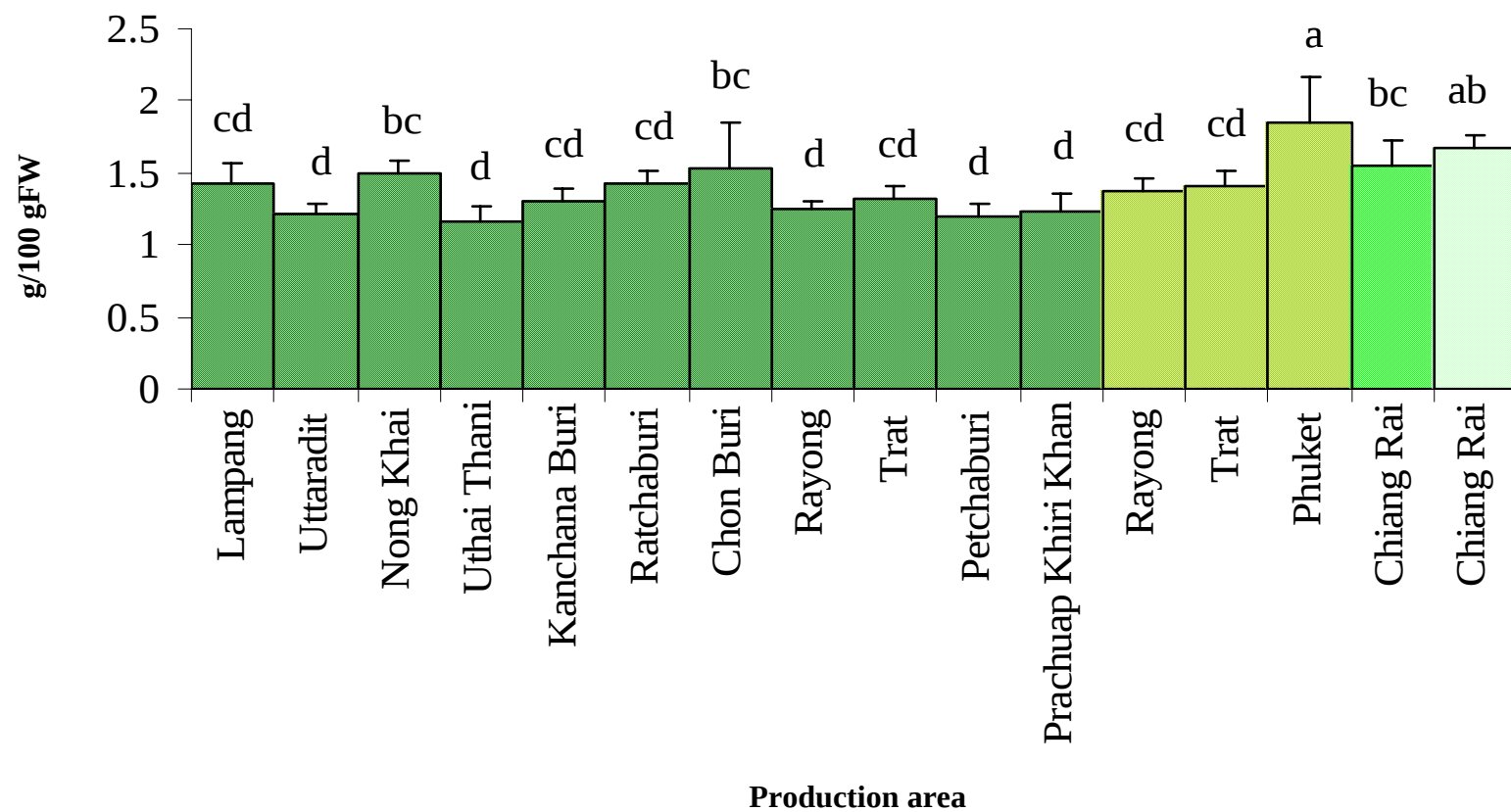


Figure 4-7 Total dietary fiber content of four pineapple cultivars with the different production area of Pattawia and Phuket cultivars. Value are the mean $\pm$ SD of $n = 20$ fruits. Within a graph, different letter show significant difference ($P < 0.05$) among different samples.

เอกสารแนบ

Bioactive compounds and antioxidant capacities of Phulae and Nanglae Pineapple

A. Kongsuwan¹, P. Suthiluk¹, T. Theppakorn¹, V. Srilaong², S. Seta^{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

* Corresponding author's e-mail address: sutthiwal@mfu.ac.th

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 color. Total soluble solid (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 the content of vitamin C, 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 for the antioxidant capacity of pineapples, and it may be a consequence of other bioactive compounds.

Key words: antioxidant capacity, bioactive compound, pineapple

1. 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 color 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 color 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 fiber content. Its color is yellow like honey. Fruit taste has a juicy sweetness than “Phulae” cultivar (Fig.1-right) (Ministry of Commerce, 2006). 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 later limited.

Natural antioxidants, particularly in fruits 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 (Renaud et al., 1998). 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 (Halliwell, 1996). Pineapple fruit is considered a highly nutritious fruit because it contains high level of vitamin C, a natural antioxidant which may inhibit the development of major clinical conditions including heart disease and certain cancers (Diplock, 1994). The fruit also contains phenolic compounds

and β -carotene (Gardner et al., 2000; Charoensiri et al., 2009) which constitute natural sources of antioxidants. Therefore the information regard on antioxidant and antioxidant capacity of “Phulae” and “Nanglae” pineapple are needed for the benefit of consumer. The objective of this study is to investigate the physical and physicochemical characteristic and including bioactive compounds and antioxidant capacity of these two pineapple cultivars. The information obtained from this study will be useful for promoting and increasing fruits consumption and their economic value.



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

2. Material and methods

2.1 Plant Materials

Two pineapple cultivars “Phulae” and “Nanglae” (*Ananas comosus* L. Merr) were harvested at the commercial maturity stage (20-40% yellow color of fruit peel) from Chiang Rai, Thailand in October to November, 2008. Fruits of each cultivar were consisted of four replications and there were five fruits per replication. Fruit pulps were immediately frozen in liquid nitrogen and stored under - 30 °C until analysis of the total phenolic, β -carotene, vitamin C, and antioxidant capacity.

2.2 Physical and physicochemical analysis

Peel and pulp color were measured on the middle part of the fruit by colorimeter (Color Quest XE Hunter Lab, USA) using the CIE system (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). A total soluble solid (TSS) was 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 ± 5 °C to a constant weight according to the Association of Official Analytical Chemists Method (AOAC, 2000).

2.3 Vitamin C content

Vitamin C content was analyzed by using liquid chromatography on an RP-Phase with UV detection according to Leong and Shui (2002) with some modification. Standard solution of ascorbic acid at 5, 10, 20, 40, 80, 100, and 200 $\mu\text{g/ml}$ was prepared. Two gram 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 μm) before injection. The separation was performed on

a C18 column (250 x 4.6 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.

2.4 β -Carotene content

β -Carotene was analyzed according to the method of Queensland Health Scientific Service (1994). Ten gram 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. Transfer the combined extracts to rotary evaporators and evaporated to dryness. The sample were then dissolved in 25 ml of *iso*-propanol and filtered through a nylon syringe filter (0.45 μm) 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 μm (125 x 4.0 mm) at 40 °C oven temperature and equipped with Diode Array Detector monitoring at 450 nm. β -Carotene content in the fruit pulp was expressed as microgram β -carotene per100 g FW of pineapple.

2.5 Total phenolic content

Total phenolic content was measured using the Folin-Ciocalteu method described by Singleton et al. (1999). One milliliter 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) per100 g FW of pineapple.

2.6 DPPH radical scavenging assay

DPPH radical scavenging assay was determined based on the method described by Blois (1958) with minor modifications. Fifties microliter of aqueous extract of pineapple pulp was mixed with 2 ml of 60 μM DPPH in methanol and allowed to stand in the dark for 60 min. Absorbance at 517 nm was measured using methanol as a blanks. The control and standard were subjected to the same procedure as the sample excepte only distilled water was added to the control and the sample extracted was replaced with 0-1000 μM Trolox as for a standard. The radical scavenging activity was calculated as described by Ribeiro (2008). Result was expressed as micromole Trolox equivalent (TE) antioxidant capacity per 100 g FW of pineapple.

2.7 Ferric reducing antioxidant power (FRAP)

The FRAP assay will be done according to Benzie and Strain (1996) with some modifications. One milliliter 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. A 2.5 ml of water, 0.5 ml of 0.1% aqueous FeCl_3 were added. Mixed with vortex mixture and the absorbance were recorded at 700 nm. The control and standard was subject to the same procedure as the sample excepted only distilled water was added to the control. For the standard, the extract was replaced with 0-1000 μM ascorbic acid standard. Iron (III) reducing activity was determined as micromole equivalent of ascorbic acid (AAE) per 100 g FW of pineapple.

2.8 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.

3. Results and discussion

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

Table 1

Physical and physicochemical characteristic of “Phulae” and “Nanglae” pineapple

Characteristics	Phulae	Nanglae
Peel color (hue)	77.95 $\pm$ 2.47 a	75.10 $\pm$ 6.28a
Pulp color (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 $n = 20$ fruits.

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 the Table 2. Vitamin C contents were 18.88 and 6.45 mg/100 g FW in “Phulae” and “Nanglae” pineapple respectively. There were almost three times higher in vitamin C content in “Phulae” than “Nanglae” cultivars. The β -carotene contents were found in relatively low in both cultivars but they were significantly higher in “Phulae” than “Nanglae” cultivar. In addition, total phenolic contents were 26.20 $\pm$ 0.49 and 20.28 $\pm$ 1.18 mg GAE/ 100 FW in “Phulae” and “Nanglae” respectively. The amounts of those bioactive compounds have been widely reported in pineapple varieties with the difference of their concentrations (Hernandez et al., 2006; Charoensiri et al., 2009; Alothman et al., 2009). Difference in the concentration may be due to a number of factors, including cultivars, natural variation of fruit, climatic conditions or soil, fertilizer, geographical origin (Charoensiri et al., 2009). Methods for sampling, preparing and determination also influenced the amounts of those compounds in pineapple (Alothman et al., 2009; Mhatre; 2009).

It is not only vitamin C, carotenoids and phenolic compounds existing in pineapple there might be other varieties of antioxidants containing in the fruits. 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 (Guo et al., 2003). 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 $\pm$ 10.51 and 118.18

± 8.19 $\mu\text{mol TE}/100\text{g FW}$ for “Nanglae” and “Phulae” cultivar respectively. Moreover, both pineapple cultivars had the reducing power. The FRAP value of “Nanglae” cultivar was 205.73 ± 9.15 $\mu\text{mol AAE}/100\text{g FW}$ which showed significantly higher reducing power than “Phulae” cultivars (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 were the most efficient solvent for extracting phenols and giving highest FRAP value than the aqueous or others organic solvent (Alothman, 2009). It has been also suggested that antioxidant activities were higher measurement in organic system than the aqueous system (Imai et al., 1994). Therefore, the relationship between various extraction solvents and antioxidant capacity must be further investigated in both “Phulae” and “Nanglae” pineapple.

Table2

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 phenolic (mg GAE/100g FW)	$26.20 \pm 0.49\text{a}$	$20.28 \pm 1.18\text{b}$
DPPH (mol TE/100g FW)	$118.18 \pm 8.19\text{b}$	$152.93 \pm 10.51\text{a}$
FRAP (mol AAE /100g FW)	$165.28 \pm 2.04\text{b}$	$205.73 \pm 9.15\text{a}$

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 compound 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 was influenced by the amount of antioxidant in fruit. However in this study found that the amount of those antioxidant compounds were not directly proportional to their antioxidant capacity since “Phulae” contained higher amount of vitamin C, carotenoids and total phenolic than “Nanglae” pineapple 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. Similarly finding has been observed by Hassimoto et al. (2005) that the levels of phenolics, anthocyanins and flavonoids were fluctuated in diverse plant extracts and there is no relationship between the content and its antioxidant activity. It suggests that antioxidant activity is the result of a combination of different compounds having synergistic and antagonistic effect.

5. Conclusion

In conclusion, our results indicate that the “Phulae” and “Nanglae” pineapple contain bioactive compounds and are effective in giving antioxidant capacity by DPPH and FRAP assay. The “Phulae” pineapple had the content of vitamin C, total phenolic and β -carotene higher than “Nanglae” cultivar. However the antioxidant capacities of “Phulae” were found to be significantly lower than “Nanglae” cultivar.

6. Acknowledgements

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

7. References

- Allothman, 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.
- AOAC (2000). *Official Methods of Analysis* (17th ed.). AOAC International, Gaithersburg, MD.
- 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.
- Blois, M. S. (1958). Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature*. 181, 1199-1200.
- Charoensiri, R., Kongkachuichai, R., Suknicom S., Sungpuag, P. (2009). Beta-carotene, lycopene, and alpha-tocopherol contents of selected Thai fruits. *Food Chemistry*. 113, 202-207
- Diplock, A. T. 1994. Antioxidants and disease prevention. *Molecular Aspects of Medicine*. 15, 293-376.
- Gardner, P. T., White, T. A. C., McPhail, D. B., 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.
- Guo, C., Yang, J., Wei, J., Li, Y., Xu, J., Jiang, Y. (2003). Antioxidant activities of peel, pulp and seed fractions of common fruits as determined by FRAP assay. *Nutrition Research*. 23, 1719-1726.
- Halliwel, B. (1996). Antioxidants in human health and disease. *Annual Review of Nutrition*. 16, 33-50.
- Hassimoto, N. M., Genovese, M. I. Lajolo, F. M. (2005). Antioxidant activity of dietary fruits, vegetables, and commercial frozen fruit pulps. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 53, 2928-2935.
- 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.
- Imai, J., Ide, N., Nagae, S., Moriguchi, T., Matsuura, H., Itakura, Y. (1994). Antioxidant and radical scavenging effects of aged garlic extract and its constituents. *Planta Medica*. 60, 417-420.
- Leong, L. P., Shui, G. (2002). An investigation of antioxidant capacity of fruits in Singapore markets. *Food Chemistry*. 76, 69-75.
- Mhatre, M. Tilak-Jain, J., De, S., 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
- Ministry of Commerce (2006). Geographical Indication Gazette (Thailand). Publication of *Registration for Geographical Indications* List, 2 (3), 1-14.
- Queensland Health Scientific Service (1994). Vitamin A (α and β -carotene) Analysis.
- Renaud, S. C. Gueguen, R., Schenker, J., d'Houtaud, A., 1998. Alcohol and mortality in middle-aged men from France. *Epidemiology*, 9, 184-188.

- Ribeiro, S. M. R., Barbosa, L. C. A., Queiroz, J. H., Knodler, M., Schieber, A. (2008). Phenolic compounds and antioxidant capacity of Brazilian mango (*Mangifera indica* L.) varieties. *Food Chemistry*. 110, 620-626.
- 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.