



รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การศึกษาปริมาณไนเตรทในเนื้อสับประดพันธุ์ปัตตาเวีย

วิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบโดยพิจารณาตำแหน่งและระดับความสุก

**Study of nitrate content in 'Pattawia' pineapple flesh: Comparative analysis
by consideration of positions and maturity**

นายสนธิสุข ชีระชัยชยติ

นางศศธร ศรีวิเชียร

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2556

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การศึกษาปริมาณไนเตรทในเนื้อสับประรดพันธุ์ปัตตาเวีย
วิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบโดยพิจารณาตำแหน่งและระดับความสุก

Study of nitrate content in 'Pattawia' pineapple flesh: Comparative analysis
by consideration of positions and maturity

นายสนธิสุข ชีระชัยชยุดิ
นางศศธร ศรีวิเชียร

RCH
๘192๗
๑๕๕๖

b. 12๗84๒๕4
i.

สาขา.....
เลขทะเบียน..... 142910
รับเดือนปี..... 6 ส.ค. 2559

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2556

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการ การศึกษาปริมาณไนเตรทในเนื้อสับประรดพันธุ์ปัตตาเวีย วิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบโดยพิจารณาตำแหน่งและระดับความสูง

ชื่อโครงการ Study of nitrate content in 'Pattawia' pineapple flesh: Comparative analysis by consideration of positions and maturity

แหล่งเงิน คณะอุตสาหกรรมเกษตรสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ประจำปีงบประมาณ 2556 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 110,000 บาท

ระยะเวลาการทำวิจัย 1 ปี (1 ตุลาคม 2555 - 30 กันยายน 2556)

ชื่อ-สกุล หัวหน้าโครงการ และผู้ร่วมโครงการวิจัย พร้อมระบุ หน่วยงานต้นสังกัด

รศ.ดร. สนธิสุข ชีระชัยชุกติ และนางศศธร ศรีวิเชียร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

ปริมาณไนเตรทในสับประรดเป็นปัญหาหลักปัญหาหนึ่งสำหรับโรงงานสับประรดบรรจุกระป๋อง เนื่องจากสารไนเตรทจะกีดกร่อนดินบุกซึ่งเคลือบกระป๋องทำให้อายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์สั้นลงทำให้ผิวเคลือบดินบุกภายในกระป๋องเปลี่ยนเป็นสีดำและเป็นอันตรายต่อผู้บริโภคในปัจจุบันการสุ่มเพื่อควบคุมและตรวจสอบปริมาณไนเตรทในสับประรดยังไม่มีการวิจัยตีพิมพ์รองรับดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจที่จะศึกษาเปรียบเทียบปริมาณไนเตรทในเนื้อสับประรดบริเวณส่วนหัว ส่วนกลาง และส่วนท้าย ของผลที่มีความสุกแก่ 3 ระดับ และปริมาณไนเตรทในผลสับประรดที่เก็บเกี่ยวในฤดูร้อนและฤดูฝนนอกจากนี้ยังศึกษาวิธีการสกัด และสภาวะที่เหมาะสม ในการตรวจวัดปริมาณไนเตรทด้วยเครื่อง HPLC งานวิจัยนี้ใช้ผลสับประรดจำนวน 82 ผล (เก็บเกี่ยว 2 ฤดู) แบ่งระยะความแก่ออกเป็น 3 ระดับ (สีเหลืองของตาบนเปลือก 25, 50% และ 75%) แต่ละผลแบ่งออกเป็น 3 ส่วน (ส่วนหัว, ส่วนกลาง และ ส่วนท้ายผล) สภาวะที่เหมาะสมต่อการสกัด คือ การสกัดไนเตรทในเนื้อสับประรดด้วย mobile phase A:B อัตราส่วน 90:10 ที่อุณหภูมิห้องและสภาวะที่เหมาะสมต่อการฉีด HPLC คือ ชนิดของเฟสเคลื่อนที่ A(0.01 M n-octylamine) ชนิดของเฟสเคลื่อนที่ B (5m Mtetrabutylammonium hydrogen sulphate) อัตราส่วน A:B 90:10 ความเร็วของอัตราการไหลของเฟสเคลื่อนที่ 0.5 มิลลิลิตรต่อนาที อุณหภูมิของคอลัมน์ 40 องศาเซลเซียส ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า สับประรดทั้งลูกมีปริมาณไนเตรทไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และสับประรดที่เก็บเกี่ยวที่ระยะของเปลือกมีสีเหลืองมากกว่า 50% มีปริมาณไนเตรทสูงกว่าสับประรดที่เก็บเกี่ยวระยะของเปลือกมีสีเหลืองน้อยกว่า 50% และ สับประรดที่เก็บเกี่ยวในฤดูฝนมีปริมาณไนเตรทสะสมมากกว่าสับประรดที่เก็บเกี่ยวในฤดูร้อน ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ปริมาณไนเตรทไม่มีความสัมพันธ์กับส่วนต่างๆของผลสับประรด แต่มีความสัมพันธ์กับ ระยะการเก็บเกี่ยวและฤดูการเก็บเกี่ยว

คำสำคัญ: Pineapple, Nitrate, Non-Acetonitrile, HPLC, สับประรด, ไนเตรท, ไม่ใช่สารอะซิโตไนไตรล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Abstract

The nitrate (NO_3) level in pineapple flesh is one of main problems in pineapple canning factory. It causes black stains on the surface of the cans. Knowledge of NO_3 content in pineapple is important for quality control due to checking of NO_3 content in pineapple is random. There is still no scientific evidence to support what a suitable procedure for nitrate inspection should be handled. Therefore this research was aimed to study the level of NO_3 in different part of pineapple fruit (top, middle and bottom) related to maturity stage and crop seasons, and the condition and extraction methods used high performance of liquid chromatography (HPLC) for detecting of NO_3 content in pineapple flesh. A batch of 82 pineapple fruits (harvested in 2 seasons) was used in this research. Pineapple fruit can be classified in three group of different skin color (25%, 50% and 75% of yellow). Each sample was divided into 3 parts (top, middle and bottom). The optimization conditions for extraction of NO_3 content in pineapple flesh was used mobile phase at room temperature and for HPLC was A (0.01 M n-octylamine): B (5m M tetrabutylammonium hydrogensulphate) ratio 90:10, flow rate 0.5 ml/min, temperature 40 °C. The NO_3 content in each part of pineapple flesh was determined by HPLC. By statistical analysis, the level of NO_3 at different cut sections of pineapple flesh was no significant difference. The NO_3 level of pineapples flesh harvested at more than 50% of yellow skin, and on summer season was significantly different to those of flesh harvested at less than 50% of yellow skin and on rainy season, respectively. Therefore, NO_3 content in pineapple wasn't related to cut section but it was related to skin color and crop season.

กิตติกรรมประกาศ

ในงานวิจัยนี้ ผู้จัดทำขอขอบพระคุณคณะกรรมการ เลขที่ ๑๒๓๔๕๖๗๘๙๐ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่อนุมัติเงินงบประมาณเพื่อมาสนับสนุนงานวิจัยนี้ และขอขอบคุณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่ให้การสนับสนุนในด้านต่างๆ จนทำให้งานวิจัยนี้เสร็จสิ้นด้วยดี

รศ.ดร.สนธิสุข ชีระชัยชยุติ

นางศศธร ศรีวิเชียร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4 วิธีการดำเนินการวิจัย	2
1.5 สมมติฐานงานวิจัย	4
1.6 คำสำคัญของการวิจัย	4
1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง/ทวนวรรณกรรม	5
2.1แนวคิด ทฤษฎีหลักตามประเด็น	5
2.2งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง/การทบทวนวรรณกรรม	5
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย	10
3.1การทดลองที่ 1 เปรียบเทียบสภาวะที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณไนเตรท	10
3.2 การทดลองที่ 2 ศึกษาวิธีการสกัดไนเตรทจากเนื้อสับประรด	10
3.3 การทดลองที่ 3 ศึกษาเปรียบเทียบปริมาณไนเตรทในเนื้อสับประรด บริเวณต่างๆของ ผล และมีความสุขแก่ของผลแตกต่างกัน	10
บทที่ 4 ผลการวิจัย	12
4.1การทดลองที่ 1 เปรียบเทียบสภาวะที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณไนเตรท	12
4.2 การทดลองที่ 2 ศึกษาวิธีการสกัดไนเตรทจากเนื้อสับประรด	13
4.3การทดลองที่ 3 ศึกษาเปรียบเทียบปริมาณไนเตรทในเนื้อสับประรด บริเวณต่างๆของผล และมีระยะเวลาแก่ของผลแตกต่างกัน	14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	21
เอกสารอ้างอิง	22
ภาคผนวก	26
ประวัตินักวิจัย	30



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางผนวกที่		หน้า
4.1	ปริมาณไนเตรตที่วัดได้จากกรรมวิธีที่ 1-4	27
4.2	ปริมาณไนเตรตที่ได้จากเนื้อสับประรดที่ระยะการเก็บเกี่ยวต่างกัน	27
4.3	ปริมาณไนเตรตที่ได้จากเนื้อสับประรดที่ส่วนหัว ส่วนกลาง และส่วนท้ายผล	28
4.4	ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (TSS) ที่ได้จากเนื้อสับประรดที่ระยะการเก็บเกี่ยวต่างกัน	28
4.5	ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (TSS) ที่ได้จากเนื้อสับประรดที่ส่วนหัว ส่วนกลาง และส่วนท้ายผล	28
4.6	ปริมาณกรดที่สามารถไตเตรตได้ (TA) ที่ได้จากเนื้อสับประรดที่ระยะการเก็บเกี่ยวต่างกัน	28
4.7	ปริมาณกรดที่สามารถไตเตรตได้ (TA) จากเนื้อสับประรดที่ส่วนหัว ส่วนกลาง และส่วนท้ายผล	29
4.8	ปริมาณอัตราส่วนของของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไตเตรตได้ (TSS/TA) จากเนื้อสับประรดที่ระยะการเก็บเกี่ยวต่างกัน	29
4.9	ปริมาณอัตราส่วนของของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไตเตรตได้ (TSS/TA) จากเนื้อสับประรดที่ส่วนหัว ส่วนกลาง และส่วนท้ายผล	29

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1.1	การแบ่งตัวอย่างออกเป็นส่วนต่างๆ	3
4.1	peak ในเรททของสารมาตรฐาน silver nitrate อัตราส่วน A:B 70:30	12
4.2	peak ในเรททของสารมาตรฐาน silver nitrate อัตราส่วน A:B 90:10	12
4.3	peak ในเรททของสับประรด อัตราส่วน A:B 90:10	12
4.4	peak ในเรททของสับประรด อัตราส่วน A:B 70:30	13
4.5	ปริมาณในเรททที่ได้จากวิธีการสกัดในเรททในเนื้อสับประรดวิธีต่างๆกัน (M1 = วิธีสกัดที่1, M2 = วิธีสกัดที่2, M3 = วิธีสกัดที่3 และM4 = วิธีสกัดที่4)	13
4.6	แสดงการแยก peak ของน้ำสับประรดที่ได้จากการสกัดด้วย mobile phase (a) และน้ำ DI (b)	14
4.7	ปริมาณในเรททที่ได้จากเนื้อสับประรดที่ระยะการเก็บเกี่ยวต่างกัน	14
4.8	ปริมาณในเรททที่ได้จากเนื้อสับประรดที่ส่วนหัว ส่วนกลาง และส่วนท้ายผล	15
4.9	ปริมาณในเรททที่ได้จากเนื้อสับประรดที่มีการเก็บเกี่ยวในฤดูฝนและฤดูร้อน	15
4.10	ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (TSS) ที่ได้จากเนื้อสับประรดที่ระยะการ เก็บเกี่ยวต่างกัน	16
4.11	ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (TSS) ที่ได้จากเนื้อสับประรดที่ส่วนหัว ส่วนกลาง และส่วนท้ายผล	17
4.12	ปริมาณกรดที่สามารถไตเตรตได้ (TA) ที่ได้จากเนื้อสับประรดที่ระยะการเก็บ เกี่ยวต่างกัน	18
4.13	ปริมาณกรดที่สามารถไตเตรตได้ (TA) ที่ได้จากเนื้อสับประรดที่ส่วนหัว ส่วนกลาง และส่วนท้ายผล	19
4.14	ปริมาณอัตราส่วนของของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไตเตรตได้ (TSS/TA)	19
4.15	ปริมาณอัตราส่วนของของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไตเตรตได้ (TSS/TA) จากเนื้อสับประรดที่ส่วนหัว ส่วนกลาง และส่วนท้ายผล	20
ภาพผนวกที่		
4.1	สถานะที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณในเรททในเนื้อสับประรดของเฟสเคลื่อนที่ A(0.01 M n-octylamine): B (5 mMtetraabutylammonium hydrogen sulphat) ในอัตราส่วน90: 10, 80:20, 70:30 และ 60:40	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

สับปะรดเป็นพืชไม้ผลเศรษฐกิจส่งออกที่สำคัญของประเทศไทยมีปริมาณการผลิตและการส่งออกสูงเป็นอันดับหนึ่งของโลกคิดเป็นมูลค่าการส่งออกประมาณปีละ 2.5 หมื่นล้านบาท ในแต่ละปีประเทศไทยส่งสับปะรดออกสู่ตลาดต่างประเทศในรูปของสับปะรดแปรรูปเช่นสับปะรดกระป๋องและน้ำสับปะรดโดยระหว่างเดือนมกราคม-ตุลาคม 2554 มีมูลค่า 16,287 และ 5,852 ล้านบาทหรือร้อยละ 65.80 และ 23.64 ของมูลค่าการส่งออกสับปะรดสดและผลิตภัณฑ์ตามลำดับ(สำนักส่งเสริมและจัดการสินค้าเกษตร,2555)แต่ปัญหาที่สำคัญของอุตสาหกรรมสับปะรดกระป๋องปัญหาหนึ่งคือการตกค้างของสารไนเตรทในผลสับปะรดซึ่งสารไนเตรทในสับปะรดมีผลต่อระบบการผลิตสับปะรดกระป๋องเนื่องจากสารไนเตรทจะกีดกร่อนดินบุกซึ่งเคลือบกระป๋องทำให้อายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์สั้นลงทำให้ผิวเคลือบดินบุกภายในกระป๋องเปลี่ยนเป็นสีดำและเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค (สมภพและคณะ, 2547) Col Scott (2001) ผู้จัดการด้านพืชสวนของบริษัท Golden Circle Ltd ซึ่งเป็นบริษัทผลิตสับปะรดบรรจุกระป๋องในประเทศออสเตรเลีย ได้เขียนบทความถึง ปริมาณไนเตรทในสับปะรดสำหรับบรรจุกระป๋องลงใน Newsletter of the Pineapple Working Group, International Society for Horticultural Science Issue No. 8 ประจำเดือนมิถุนายน 2001ว่า ถ้าสับปะรดมีปริมาณไนเตรทสูงกว่า 8 ppm. จะทำให้ดินบุกในกระป๋องหลุดลอกออกมาและยังเขียนว่าไนเตรทมีปริมาณสูงที่บริเวณส่วนหัว (Top) ส่วนท้าย (Bottom) และส่วน แกน (Core) ในขณะที่มีระดับค่อนข้างต่ำในเปลือกและเนื้อซึ่งสอดคล้องกับการบอกเล่าเกษตรกร และเกษตรกรยังอธิบายว่าในผลดิบจะมีปริมาณไนเตรทสูงกว่าผลสุก แต่ยังไม่มีการวิจัยตีพิมพ์รองรับการกล่าวอ้างเหล่านี้ มีเพียงการศึกษาเรื่องผลของปุ๋ยต่อการเจริญเติบโตของผลสับปะรดและปริมาณการตกค้างของไนเตรทในผลสับปะรดทั้งผล (เดช, 2536; นิกร, 2530) ในปัจจุบันการตรวจวัดปริมาณไนเตรทในการรับซื้อผลสับปะรดของโรงงานทำได้โดยการใช้ไนเตรทสตริป (Nitrate Strip) ซึ่งเป็นกระดาษเทียบสีแต่ละที่กึ่งกลางผลความลึก 2.5 - 3.75 เซนติเมตร จากผิวเปลือกและนำไปเทียบกับภาพมาตรฐาน (ราชกิจจานุเบกษา, 2543) เพื่อบอกปริมาณไนเตรทโดยประมาณค่ามาตรฐานที่โรงงานตั้งไว้คือห้ามมีปริมาณไนเตรทในเนื้อสับปะรดเกิน 25 ppm การดำเนินการดังกล่าวจึงเป็นเพียงการตรวจสอบเบื้องต้น และปัญหาปริมาณไนเตรทเกินข้อกำหนดจึงยังพบและเป็นปัญหาในการผลิตจนถึงปัจจุบัน การสะสมไนเตรทจะพบมากในช่วงเดือนสิงหาคมเนื่องจากเป็นช่วงฤดูฝนมีการคูดไนโตรเจนขึ้นไปมากทำให้ใช้ในโตรเจนไม่ทันและการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมสามารถช่วยลดปริมาณไนเตรทในผลได้ ดังนั้นจึงเป็นที่น่าสนใจว่าในผลสับปะรดส่วนใดที่จะมีปริมาณไนเตรทสูงที่สุด และสับปะรดวัยใดที่มีไนเตรทสูงที่สุด เพื่อที่จะนำไปใช้เป็นประโยชน์ในการกำหนดวิธีการตรวจหาปริมาณไนเตรทในผลสับปะรดและการวางแผนการผลิตเพื่อลด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหาปริมาณไนเตรทในผลสับปะรดที่มีผลกระทบต่อการผลิตต่อไป ด้วยเหตุนี้งานวิจัยนี้จึงสนใจที่จะศึกษา เปรียบเทียบปริมาณไนเตรทในเนื้อสับปะรดบริเวณส่วนหัว ส่วนกลาง และส่วนท้าย ของผลที่มีความสุกแก่ 3 ระดับ ด้วยเครื่อง HPLC ซึ่งวิเคราะห์ได้ละเอียดกว่าการวิเคราะห์ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์และไนเตรทสตริปทั้งนี้ในการวิเคราะห์ด้วย HPLC จะเลือกใช้เมทานอลเป็นเฟสเคลื่อนแทนสารอะซิโตไนไตรล์ เนื่องจากสารอะซิโตไนไตรล์เป็นสารที่มีความเป็นพิษสูง ต้องมีวิธีการกำจัดโดยเฉพาะ และราคาแพงกว่าเมทานอล นอกจากนี้กำลังมีการรณรงค์ให้ลดการใช้สารอะซิโตรไนไตรล์อีกด้วย (สำนักความปลอดภัยแรงงาน, 2553) ซึ่งผลที่ได้จากงานวิจัยนี้สามารถนำมาใช้ประโยชน์สำหรับอุตสาหกรรมการผลิตสับปะรด และสามารถนำมาใช้เป็นเอกสารอ้างอิงทางวิชาการ

1.2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1.2.1 เพื่อศึกษาเปรียบเทียบปริมาณไนเตรทในเนื้อสับปะรดบริเวณต่างๆของผล
- 1.2.2 เพื่อศึกษาเปรียบเทียบปริมาณไนเตรทในเนื้อสับปะรดที่ระดับความสุกของผลต่างกัน
- 1.2.3 เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการวัดปริมาณไนเตรทในเนื้อสับปะรดด้วย HPLC โดยไม่ใช้ acetonitrile

1.3. ขอบเขตของการวิจัย

เปรียบเทียบปริมาณ ไนเตรทในเนื้อสับปะรดบริเวณส่วนหัว ส่วนกลาง และส่วนท้าย ของผลที่มีความสุกแก่ 3 ระดับ ด้วยเครื่อง HPLC โดยไม่ใช้สารอะซิโตไนไตรล์

1.4. วิธีการดำเนินการวิจัย

- 1.4.1 การทดลองที่ 1เปรียบเทียบสภาวะที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณไนเตรท

1.4.1.1 ปัจจัยคงที่

1) น้ำสับปะรดคั้นสด กรองด้วย 0.45 ไมครอน syringe filter ก่อนนำไปวิเคราะห์ด้วย HPLC

2) ฉีดตัวอย่างปริมาณ 5 ไมโครลิตร

3) ชนิดของเฟสเคลื่อนที่ A (0.01 M n-octylamine)

4) ชนิดของเฟสเคลื่อนที่ B (5 mM tetraethylammonium hydrogen sulphate)

5) ความเร็วของอัตราการไหลของเฟสเคลื่อนที่ 0.5 มิลลิลิตรต่อนาที

อุณหภูมิของคอลัมน์ 40 องศาเซลเซียส

1.4.1.2 ปัจจัยที่ศึกษา

อัตราส่วนของเฟสเคลื่อนที่ A:B 90:10, 80:20, 70:30 และ 60:40 เลือกอัตราส่วน

ของเฟสเคลื่อนที่ที่สามารถแยก peak ของไนเตรทได้ดีที่สุด ไปใช้ในการทดลองที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4.2 การทดลองที่ 2 ศึกษาวิธีการสกัดไนเตรทจากเนื้อสับประรด

วิธีที่ 1. เติมสับประรดสับ 5 กรัม ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ที่มีน้ำปราศจากอิออน จำนวน 25 มิลลิลิตร กวนด้วยแท่งแม่เหล็กเป็นเวลา 10 นาที กรองสารละลายด้วย 0.45 ไมครอน syringe filter ก่อนนำไปวิเคราะห์ด้วย HPLC

วิธีที่ 2. เติมสับประรดสับ 5 กรัม ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ที่มีสารละลายเฟสเคลื่อนที่อัตราส่วนที่ได้จากการทดลองที่ 1 จำนวน 25 มิลลิลิตร กวนด้วยแท่งแม่เหล็กเป็นเวลา 10 นาที กรองสารละลายด้วย 0.45 ไมครอน syringe filter ก่อนนำไปวิเคราะห์ด้วย HPLC

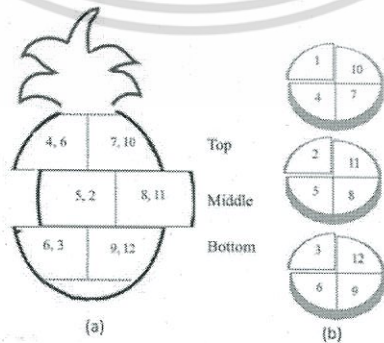
วิธีที่ 3. เติมเนื้อสับประรดสับ 5 กรัม ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ที่มีน้ำปราศจากอิออน อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส จำนวน 25 มิลลิลิตร กวนด้วยแท่งแม่เหล็กเป็นเวลา 10 นาที กรองสารละลายด้วย 0.45 ไมครอน syringe filter ก่อนนำไปวิเคราะห์ด้วย HPLC

วิธีที่ 4. เติมสับประรดสับ 5 กรัม ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ที่มีสารละลายเฟสเคลื่อนที่ อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส อัตราส่วนที่ได้จากการทดลองที่ 1 จำนวน 25 มิลลิลิตร กวนด้วยแท่งแม่เหล็กเป็นเวลา 10 นาที กรองสารละลายด้วย 0.45 ไมครอน syringe filter ก่อนนำไปวิเคราะห์ด้วย HPLC

1.4.3 การทดลองที่ 3 ศึกษาเปรียบเทียบปริมาณไนเตรทในเนื้อที่ บริเวณต่างๆของผล และมีความสูงแก่ของผลแตกต่างกัน

1.4.3.1 ซื้อผลสับประรดจากจังหวัดราชบุรี เส้นผ่านศูนย์กลาง และความยาวผลไม่น้อยกว่า 9 เซนติเมตร และไม่เกิน 15.5 เซนติเมตร และมีความแก่ไม่น้อยกว่า 25% (กรมวิชาการเกษตร, 2551) จำนวน 82 ผล

1.4.3.2 แบ่งผลสับประรดตามระยะความแก่ออกเป็น 3 ระดับ คือมีสีเหลืองของตาบน เปลือก 25, 50% และ 75% (Joomwong, 2005) ระยะละ 18, 29,37 ผล ตามลำดับ แต่ละผลแบ่งออกเป็น 12 ส่วนดังภาพภาพที่ 1.1



ภาพที่ 1.1 การแบ่งตัวอย่างออกเป็นส่วนต่างๆ

1.4.3.3 จากนั้นนำสับประรดมาตรวจวัดคุณภาพดังต่อไปนี้

1) TSS ด้วย Pocket Refractrometer (Atago PAL-3, Japan)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 2) ปริมาณกรดที่ไทเตรตได้ ด้วย NaOH 0.1N จุดยุติที่ pH8.2
- 3) อัตราส่วนของ TSS/TA
- 4) ปริมาณไนเตรทในเนื้อสับประรด ด้วย HPLC (UV detector, Agilent 1100, United States) (Marten et al., 2004)

1.5. สมมติฐานงานวิจัย

ปริมาณไนเตรท ในเนื้อสับประรดบริเวณส่วนหัว ส่วนกลาง และส่วนท้ายมีปริมาณของไนเตรทไม่เท่ากัน และผลดิบมีปริมาณไนเตรทสูงกว่าผลสุก

1.6. คำสำคัญของการวิจัย

Pineapple, Nitrate, Non-Acetonitrile, HPLC, สับประรด, ไนเตรท, ไม่ใช่สารอะซิโตไนไตรล์

1.7. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.7.1. สามารถใช้การกำหนดจุดตรวจปริมาณไนเตรทของผลสับประรดสำหรับโรงงาน
- 1.7.2. ผู้ประกอบการสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการใช้ประโยชน์จากส่วนต่างๆของผลสับประรดและผลสับประรดความสุกแก่ระยะต่างๆ ได้อย่างเหมาะสม โดยไม่เกิดปัญหาจากสารไนเตรท
- 1.7.3. ได้ผลงานทางวิชาการและเขียนเป็นบทความตีพิมพ์เผยแพร่เป็นส่วนหนึ่งของการผลิตบัณฑิตระดับปริญญาเอกและเป็นความรู้ให้แก่บุคคลทั่วไป
- 1.7.4. งานวิจัยที่ยืนยันองค์ความรู้ของเกษตรกร
- 1.7.5. บทความตีพิมพ์เผยแพร่ในระดับชาติ สามารถสร้างนักวิจัยรุ่นใหม่ สามารถผลิตบัณฑิตระดับปริญญาเอก

บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง/ทวนวรรณกรรม

2.1. แนวคิด ทฤษฎีหลักตามประเด็น

เนื้อสับประรดบริเวณส่วนหัว ส่วนกลาง และส่วนท้ายมีปริมาณของไนเตรทในผลไม่เท่ากัน และผลดิบมีปริมาณไนเตรทสูงกว่าผลสุก

2.2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง/การทบทวนวรรณกรรม

2.2.1 สับประรด

สับประรด *Ananas comosus* Merr. ชื่อวงศ์ Bromeliaceae จัดเป็นพืช CAM (Crassulacean Acid Metabolism) ซึ่งจะตรึง CO_2 ในเวลากลางคืนและเก็บไว้ในรูปของกรดอินทรีย์ที่มีคาร์บอน 4 อะตอมในแวคิวโอล (vacuole) กรดอินทรีย์เหล่านี้ส่วนใหญ่จะเป็นมาเลต (malate) เมื่อถึงเวลาที่มีแสง malate จะถูกเคลื่อนย้ายออกจาก vacuole และเปลี่ยนกลับไปเป็น CO_2 ต้นสับประรดจะใช้ CO_2 ที่ได้นี้ไปในการสร้างคาร์โบไฮเดรตการตรึง CO_2 แบบ CAM ของสับประรดนี้ทำให้ปริมาณกรดในใบสับประรดเพิ่มขึ้นในเวลากลางคืนและจะมีปริมาณสูงสุดในเวลาเช้าหลังจากนั้นปริมาณกรดในเนื้อเยื่อใบสับประรดจะค่อยๆ ลดลง (Malezieux et al., 2003; Qin et al., 2006) ปัจจัยทางด้านภูมิอากาศก็มีผลต่อการสะสมไนเตรทคือก่อนการเก็บเกี่ยวสับประรดถ้าอากาศมีอุณหภูมิสูงมีความเข้มของแสงแดดต่ำจะมีผลให้ประสิทธิภาพของไนเตรทรีดักเตสลดลงทำให้มีปริมาณไนเตรทสูงเช่นกัน (Smith, 1988) นอกจากนี้ การให้ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ให้สับประรดมีผลทำให้น้ำหนักเฉลี่ยของผลหรือน้ำหนักเป็นตันต่อไร่เพิ่มขึ้น สีของเนื้อผลมีสีเหลืองทอง (golden yellow) ความใสของเนื้อผล (fruit translucence) เพิ่มขึ้นและลดการตกค้างของไนเตรทในผลสับประรด (Lacoeuille, 1984) และสับประรดที่แก่จัดจะมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้และปริมาณไนเตรทในผลต่ำเมื่อนำผลสับประรดที่แก่จัดบรรจุกระป๋องพบว่าจะทำให้ผิวภายในกระป๋องกลายเป็นสีดำ (detinning) น้อยกว่าเมื่อมีการใช้ผลสับประรดที่มีอายุน้อยกว่าสำหรับระดับของ pH ของน้ำเชื่อมภายในกระป๋องจะสูงหรือต่ำขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของปริมาณกรดซिटริกและโพแทสเซียมไนเตรทโดยไนเตรทเพียงอย่างเดียวไม่ทำให้เกิด detinning ยกเว้นสภาพภายในเป็นกรดฉะนั้นการเกิดกระป๋องดำจะขึ้นอยู่กับไนเตรทและปริมาณกรดในผล (Farrow et al. 1971)

2.2.2 ดัชนีการเก็บเกี่ยวสับประรด

การผลิตสับประรดโรงงาน ภายใต้ “ระบบการจัดการคุณภาพ : GAP สับประรดโรงงาน” ของกรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (ราชกิจจานุเบกษา, 2551) ได้กำหนดให้เก็บเกี่ยวสับประรดที่มีสารไนเตรทในผลไม่เกิน 15 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักผล 1 กิโลกรัม (ppm) มีเส้นผ่านศูนย์กลางเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และความยาวผลไม่น้อยกว่า 9 เซนติเมตร และไม่เกิน 15.5 เซนติเมตร และมีความแก่ไม่น้อยกว่าร้อยละ 25 ของทั้งผล (สับปะรดสุกปาดเหลือง) โดย Joomwong (2005) ได้แบ่งการเก็บเกี่ยวสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย ตามสีของเปลือกออกเป็น 6 ระยะ คือ CS1 = สีเขียว(green) , CS2 = หยุดการเกิดสีเขียว (break), CS3 = เปลือกมีสีเหลือง 25%, CS4 = เปลือกมีสีเหลือง 50%, CS5 = เปลือกมีสีเหลือง 75% และ CS6 = เปลือกมีสีเหลือง 100%

2.2.3 การศึกษาปริมาณไนเตรทในสับปะรด

นิกร (2530) ศึกษาอิทธิพลของน้ำหนักรวมและอายุต้นที่ระยะเร่งดอกต่อขนาดคุณภาพผล และลักษณะบางประการของสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียพบว่า การให้ปุ๋ยไนโตรเจนกับสับปะรดส่งผลให้มีการเจริญเติบโตดีขึ้นแต่ถ้ามีไนโตรเจนปริมาณมากต้นสับปะรดจะย่อยสลายไม่ทันทำให้มีไนเตรทตกค้างในผลมาก

เดช (2536) ได้เขียนอธิบายไว้ในหัวข้อสารไนเตรทตกค้างในสับปะรดว่า ในฤดูฝนต้นสับปะรดสามารถดูดไนเตรทจากดินที่มีอยู่ตามธรรมชาติหรือจากปุ๋ยที่ใส่ไว้มากขึ้นจะนั้นระยะเวลาการเก็บเกี่ยวจึงมีผลต่อปริมาณไนเตรทที่สะสมในสับปะรดหากเก็บเกี่ยวในฤดูฝนจะมีระยะเวลาในการย่อยสลายไนเตรทน้อยทำให้ไนเตรทตกค้างมาก

วิชชุพร (2551) ศึกษาระยะเวลาการให้โพแทสเซียมคลอไรด์ที่มีผลต่อปริมาณไนเตรทคุณภาพผลและผลผลิตของสับปะรด พบว่า ควรฉีดพ่นโพแทสเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 3.6 % ที่ระยะเวลา 3 เดือนหลังบังคับปลูกเพราะนอกจากจะลดปริมาณไนเตรทในผลสับปะรดได้มากแล้วยังทำให้สิ้นเปลืองแรงงานน้อยที่สุดซึ่งการเจริญเติบโตของผลสับปะรดในฤดูฝนต้นสับปะรดสามารถดูดไนเตรทจากดินที่มีอยู่ตามธรรมชาติหรือจากปุ๋ยที่ใส่ไว้มากขึ้นจะนั้นระยะเวลาการเก็บเกี่ยวจึงมีผลต่อปริมาณไนเตรทที่สะสมในสับปะรดหากเก็บเกี่ยวในฤดูฝนจะมีระยะเวลาในการย่อยสลายไนเตรทน้อยทำให้ไนเตรทตกค้างมากกว่าผลสับปะรดที่เจริญเติบโตในฤดูแล้งและการฉีดพ่นโพแทสเซียมคลอไรด์ไม่มีผลกระทบต่อน้ำหนักเฉลี่ยของผลและคุณภาพของผลเช่นค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (TSS) และปริมาณกรดในผลสับปะรด

Osotsapar (2000) ศึกษาธาตุอาหารที่พืชต้องการในปริมาณน้อยในการผลิตพืชในประเทศไทย พบว่า การให้ปุ๋ยโมลิบดีนัม 11.7 มิลลิกรัมต่อต้น สามารถลดปริมาณไนเตรทในผลสับปะรดได้โดยไม่มีผลกระทบต่อความหวานของสับปะรด

Chairidchai (2000) ศึกษาปริมาณความสัมพันธ์ระหว่างไนเตรทกับปริมาณโมลิบดีนัมที่ใช้ในการปลูกสับปะรดในดินอินเซปติซอล ซึ่งเป็นดินที่มีธาตุบางอย่างปะปนอยู่และมีส่วนทำให้ดินมีลักษณะแปรสภาพเปลี่ยนไปจากเดิมซึ่งดินชนิดนี้จะมีลักษณะเป็นดินเหนียว ถึงเหนียวจัด เนื้อดินเป็นดินทรายจึงทำให้เหมาะแก่การปลูกพืชไร่เท่านั้นพบว่า การให้โมลิบดีนัมทางใบ 0-5.0 มิลลิกรัมต่อต้นพบว่า มีความสัมพันธ์ต่อ ปริมาณไนเตรทในจุก (Top) ($r^2=0.7$) ในขณะที่ในน้ำสับปะรดมีปริมาณไนเตรทลดลง จาก 90.1 ppm เป็น 55.2 ppm ($r^2=0.6$) การใช้โมลิบดีนัมส่งผลให้ดินมีความเป็นกรดสูงขึ้น

2.2.4 การใช้ HPLC ในการการวิเคราะห์ไนเตรทและไนไตรท์ในผักผลไม้

เนื่องจากการวิเคราะห์และทดสอบสารต่างๆ ด้วยเครื่อง High Performance Liquid Chromatographs (HPLC) ส่วนใหญ่จะต้องใช้ สารอะซิโตไนโตรลเป็นตัวพา (เฟสเคลื่อนที่, Mobile Phase) ในการวิเคราะห์และทดสอบสาร และในปัจจุบันนี้ สารอะซิโตไนโตรลซึ่งเป็นสารเคมีที่เป็นผลพลอยได้จากพลาสติก ที่ใช้ในการผลิตรถยนต์นั้นลดลง เพราะว่าจากสถานะเศรษฐกิจในปัจจุบันที่ตกต่ำ เป็นผลทำให้อัตราการผลิตและจำหน่ายรถยนต์ในตลาดโลกนั้นลดลงส่งผลต่อปริมาณการผลิตสารอะซิโตไนโตรลและเนื่องจากการ ผลิตสารอะซิโตไนโตรลนั้นมีต้นทุนในการผลิตที่สูงมาก(จักรพงษ์, 2553) นอกจากนี้จากอะซิโตไนโตรลจัดเป็นสารเคมีอันตรายตามประกาศกระทรวงมหาดไทยเรื่องความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับสารเคมี พ.ศ. 2534 โดยสารอะซิโตไนโตรลสามารถเข้าสู่ร่างกายได้ 3 ทาง ได้แก่ทางหายใจทางผิวหนังและทางเดินอาหารมีความเป็นพิษคือระคายเคืองกล้ามเนื้อเป็นตะคริวหัวใจเต้นไม่สม่ำเสมอเกิดอาการพิษของไซยาไนด์หายใจลำบากเจ็บหน้าอกปอดคั่งน้ำต่อมธัยรอยด์โต (สำนักความปลอดภัยแรงงาน, 2553) นอกจากนี้ในการกำจัด อะซิโตไนโตรล ต้องใช้วิธีการกำจัดเฉพาะ ไม่สามารถทิ้งลงบ่อบำบัดน้ำเสียได้เลย จึงมีการศึกษาเพื่อหาวิธีการต่างๆ ในการรองรับปัญหาการขาดแคลนและผู้ที่ใช้เพื่ออะซิโตไนโตรล ซึ่งก็มีมากมายหลายวิธีเช่นการลดขนาดของคอลัมน์ เพื่อให้ใช้อะซิโตไนโตรลในปริมาณที่น้อยลงหรือการเปลี่ยนแปลงเฟสเคลื่อนที่จากอะซิโตไนโตรลเป็นเฟสเคลื่อนที่อื่น ๆ เช่นเมทานอล เป็นต้น (จักรพงษ์, 2553) ได้มีผู้ศึกษาการวิเคราะห์ไนเตรทและไนไตรท์ ดังนี้

Chouet al. (2003) ได้ทำการศึกษาวิธีการวิเคราะห์ไนเตรทและไนไตรท์ ในผักด้วย HPLC โดยเลือกผักสดปลอดสาร 12 ชนิดจากตลาดในเมืองไทเป มาตัดแต่งและปั่นให้ละเอียด เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ทั้งนี้จนกระทั่งนำมาวิเคราะห์ เมื่อทำการวิเคราะห์นำตัวอย่าง 1 กรัม มาเติมน้ำปราศจากไอออน 15 มิลลิลิตร จากนั้นทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นนำไปต้มในอ่างน้ำร้อนอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาทีเขย่าจนกระทั่งเย็นลง และปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร ในขวดปรับปริมาตรด้วยน้ำปราศจากไอออนกรองตัวอย่างด้วย 0.45 ไมครอน syringe filter ทำการวิเคราะห์หาปริมาณไนเตรทและไนไตรท์ด้วย HPLC ภายใน 1 ชั่วโมงหลังจากเตรียมตัวอย่าง พบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการวิเคราะห์หาไนเตรทและไนไตรท์ในผักด้วย HPLC คือ ฉีดตัวอย่างปริมาณ 10 ไมโครลิตร ไหลผ่านคอลัมน์ Phenomenex Luna C18 (5 μ m, 250X4.6 mm) ที่มี 0.01 M octylammonium orthophosphate ละลายอยู่ใน 30% เมทานอล (v/v) ค่าความเป็นกรด-ด่าง 7.0 เป็นเฟสเคลื่อนที่ อัตราการไหล 0.8 มิลลิลิตรต่ออนาที ความยาวคลื่น 213 นาโนเมตร ใช้เวลาในการแยกสาร 10 นาทีต่อ 1 ตัวอย่าง สามารถตรวจหาปริมาณไนเตรทและไนไตรท์ได้ระหว่าง 96.6% ถึง 105.7%. คำสัมประสิทธิ์เอกสารถือเป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสัมพันธ์กราฟมาตรฐานที่ระดับความเข้มข้น 0.1, 1, 10, 50, 100 $\mu\text{g}/\text{mL}$ มีค่า 0.9990 หรือสูงกว่า และปริมาณไนเตรทและไนไตรท์ในผักปลอดสารทั้ง 12 ชนิดอยู่ระหว่าง 225~4,410 mg/kg and <5~200 mg/kg ตามลำดับ

Georget al. (2006) ได้แนะนำวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทและไนไตรท์ในอาหารเสริมสำหรับทารก(baby foods) โดยทำการเตรียมตัวอย่างอาหารเสริม 5 กรัม ใส่ลงในหลอดเหวี่ยงหนีศูนย์กลางขนาด 50 มิลลิลิตร สำหรับอาหารเสริมที่เป็นผักให้เติมน้ำกลั่นอุณหภูมิ 50-60 องศาเซลเซียส ส่วนอาหารเสริมที่เป็นผลไม้ให้เติม 15mM โซเดียมอะซิเตต ปริมาณ 25 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปแช่เป็นเวลา 10 นาที และเติมอะซิโตรไนไตรต์ 12.5 มิลลิลิตร จากนั้นปรับปริมาตรให้เป็น 50 มิลลิลิตร ด้วยสารน้ำกลั่นหรือ 15mM โซเดียมอะซิเตต ตามชนิดของอาหารเสริม จากนั้นนำไปหมุนเหวี่ยงหนีศูนย์กลางที่ความเร็วรอบ 5000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที กรองส่วนใสด้วย 0.45 ไมครอน syringe filter ทำการวิเคราะห์หาปริมาณไนเตรทและไนไตรท์ด้วย HPLC โดยฉีดตัวอย่างปริมาณ 10 มิลลิลิตร ผ่านคอลัมน์ Pickering laboratories anion exchange 4.6X150 mm อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส โดยมี 15mM โซเดียมอะซิเตต เป็นเฟสเคลื่อนที่ อัตราการไหล 1 มิลลิลิตรต่อนาที ที่ความยาวคลื่น 535 นาโนเมตร

ปริญญ และรุ่งทิwa (2550) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบวิธีวิเคราะห์ไนเตรทในน้ำผลไม้บรรจุกระป๋องโดยวิธี HPLC โดยใช้สารละลายฟอสเฟตเป็นเฟสเคลื่อนที่ (Mobile phase) ค่าความเป็นกรด-ด่าง 5.0 ผ่านคอลัมน์ Nucleosil 5SB, 4.6 x 150 mm ขนาด 5 ไมครอน อัตราการไหล 1.2 มิลลิลิตรต่อนาที ความยาวคลื่น 210 นาโนเมตร ค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์กราฟมาตรฐานที่ระดับความเข้มข้น 1, 5, 10, 50, 100 $\mu\text{g}/\text{ml}$ มีค่าใกล้เคียง 1.0000 พบว่า ระดับความเข้มข้นน้อยที่สุดที่เครื่องสามารถระบุชนิดสารได้ถูกต้องทุกครั้งที่ฉีดวิเคราะห์คือ 0.5 $\mu\text{g}/\text{ml}$ และเปรียบเทียบวิธีการเตรียมตัวอย่างน้ำผลไม้ใช้วิธีเจือจางด้วย 0.02M NaOH แล้วฉีดวิเคราะห์โดยตรงและการใช้สารช่วยตกตะกอน Carrez solution I, II ก่อนการเจือจางพบว่า วิธีการเตรียมตัวอย่างน้ำผลไม้แบบเจือจางด้วย NaOH แล้วฉีดวิเคราะห์โดยตรงดีกว่าวิธีการเตรียมตัวอย่างแบบใช้สารช่วยตกตะกอน

Merten and Harms. (2004) ได้ทำการศึกษาวิธีการหาไนไตรท์และไนเตรทในน้ำผลไม้และน้ำผัก ด้วย ดีเทกเตอร์ชนิดยูวี (UV Detector) โดยตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์คือ น้ำแครอท ที่ผ่านการเติมสารช่วยตกตะกอน (Carrez solution I, II) ในอัตราส่วน น้ำผลไม้ 50: สารช่วยตกตะกอน 1 ส่วน ก่อนนำไปผ่านเครื่องเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง และนำส่วนใสมาทำให้บริสุทธิ์ด้วย SPE แบบการแลกเปลี่ยนประจุ (anion exchange) จากนั้นนำไปวิเคราะห์ด้วย HPLC โดยให้น้ำแครอทที่เตรียมได้ไหลผ่านคอลัมน์

Eurosil Bioselect 300-5 C18, 120 X 4 mm อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ปริมาณ 5 ไมโครลิตร อัตราการไหล 1 มิลลิลิตรต่อนาที ความยาวคลื่น 210 นาโนเมตร ค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์กราฟมาตรฐานที่ระดับความเข้มข้น 1, 5, 10, 50, 100 $\mu\text{g}/\text{ml}$ มีค่าใกล้เคียง 1.0000 พบว่า ระดับความเข้มข้นน้อยที่สุดที่เครื่องสามารถระบุชนิดสารได้ถูกต้องทุกครั้งที่ฉีดวิเคราะห์คือ 0.5 $\mu\text{g}/\text{ml}$ และเปรียบเทียบวิธีการเตรียมตัวอย่างน้ำผลไม้ใช้วิธีเจือจางด้วย 0.02M NaOH แล้วฉีดวิเคราะห์โดยตรงและการใช้สารช่วยตกตะกอน Carrez solution I, II ก่อนการเจือจางพบว่า วิธีการเตรียมตัวอย่างน้ำผลไม้แบบเจือจางด้วย NaOH แล้วฉีดวิเคราะห์โดยตรงดีกว่าวิธีการเตรียมตัวอย่างแบบใช้สารช่วยตกตะกอน

ไหล 1.0 มิลลิลิตรต่อนาทีโดยใช้สารละลาย 0.01 M n-octylamine, ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 4 หรือ 5 mM tetrabutylammonium hydrogen sulphate ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 6.5 เป็นเฟสเคลื่อนที่ (Mobile phase) ความยาวคลื่น 210 นาโนเมตร ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีที่ระดับความเข้มข้น 0.1-25 ppm. มีค่าใกล้เคียง 0.9998 หรือสูงกว่าและสามารถเตรียมกราฟมาตรฐานที่มีความเข้มข้นได้สูงสุด 200 ppm พบว่า ระดับความเข้มข้นน้อยที่สุดที่เครื่องสามารถระบุชนิดสารได้ถูกต้องทุกครั้งที่ฉีดวิเคราะห์คือ 0.1 ppm และการใช้สารช่วยตกตะกอน Carrez solution I, II ไม่มีผลต่อปริมาณไนเตรทที่วิเคราะห์ได้ และถ้าผ่านการทำให้บริสุทธิ์ด้วย SPE ปริมาณไนเตรทจะลดลงเล็กน้อยขึ้นอยู่กับขั้นตอนในการผ่าน SPE



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

3.1. การทดลองที่ 1 เปรียบเทียบสถานะที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณไนเตรท

ทำการคั้นน้ำสับประรด กรองด้วยกระดาษกรองขนาด 0.45 ไมครอน ก่อนนำไปฉีดเข้าเครื่อง HPLC ตามอัตราส่วนของเฟสเคลื่อนที่ A:B (0.01 M n-octylamine:5 mM tetrabutylammonium hydrogen sulphate) ในอัตราส่วน 90:10, 80:20, 70:30 และ 60:40 ตามลำดับ ลำดับละ 3 ชั่วโมง และเลือกอัตราส่วนของเฟสเคลื่อนที่ที่สามารถแยก peak ของไนเตรทได้ดีที่สุดไปใช้ในการทดลองที่ 2 โดยเปรียบเทียบกับ retention time ที่ได้จากการฉีดสารละลายมาตรฐานซิลเวอร์ไนเตรท (Silver nitrate) ความเข้มข้น 40 ppm.

3.2. การทดลองที่ 2 ศึกษาวิธีการสกัดไนเตรทจากเนื้อสับประรด

ทำการสับเนื้อสับประรดทั้งหมด ผสมให้เข้ากัน จากนั้นชั่งเนื้อสับประรดหนัก 5 ± 1 กรัม ใสลงในอูมินัมฟอสเฟต แช่ลงในไนโตรเจนเหลว และเก็บไว้ที่ตู้เย็นอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ก่อนนำมาทำการสกัดตามกรรมวิธีที่ 1-4 จากนั้นนำไปวิเคราะห์ด้วย HPLC ในอัตราส่วนของเฟสเคลื่อนที่ที่เลือกไว้ในการทดลองที่ 1 ทำการทดลองทั้งหมด 3 ชั่วโมง จากนั้นเปรียบเทียบวิธีที่สามารถวัดปริมาณไนเตรทได้สูงที่สุดเพื่อนำไปใช้ในการทดลองที่ 3

3.3. การทดลองที่ 3 ศึกษาเปรียบเทียบปริมาณไนเตรทในเนื้อสับประรด บริเวณต่างๆของผล และมีความสุกแก่ของผลแตกต่างกัน

3.3.1 การเตรียมสับประรดเพื่อใช้ในการวิเคราะห์

นำผลสับประรดโรงงานที่ซื้อจากรัฐสับประรดจังหวัดราชบุรี ระยะเวลาแก่ 25, 50 และ 75% จำนวน 18, 29 และ 35 ผล ตามลำดับรวมทั้งสิ้น 82 ผล ขนส่งมายังห้องปฏิบัติการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ด้วยรถยนต์เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง เริ่มทำการทดลอง โดยแบ่งแต่ละผลออกเป็น 3 ส่วน ส่วนหัว ส่วนกลาง และส่วนท้าย และทำซ้ำ 4 ชั่วโมง โดยการแบ่งแต่ละส่วนออกเป็น 4 ชั้น สับเนื้อสับประรดทั้งชั้น ผสมให้เข้ากัน แบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนที่ 1 ชั่งเนื้อสับประรดหนัก 5 ± 1 กรัม ใสลงในอูมินัมฟอสเฟต แช่ลงในไนโตรเจนเหลว และเก็บไว้ที่ตู้เย็นอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทในเนื้อสับประรด และส่วนที่ 2 ที่เป็นส่วนที่เหลือในแต่ละชั้นทำการคั้นน้ำเพื่อวัด TSS และ TA

3.3.2 การวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทในเนื้อสับประรด

นำสับประรดที่เตรียมไว้ในข้อ 3.3.1 มาทำการละลาย และสกัดไนเตรทตามกรรมวิธีการสกัดที่เลือกได้จากการทดลองที่ 2 ทำการฉีด HPLC ชั้นละ 1 ซ้ำ โดยใช้สภาวะของการฉีด ตามกรรมวิธีที่เลือกไว้ใน การทดลองที่ 1

3.3.3 การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (Total Soluble Solid ; TSS)

วัดปริมาณ TSS ในน้ำคั้น ด้วย Digital Refractometer (Atago PAL-3, ญี่ปุ่น) รายงานผลเป็น %°Brix (Pongjantaet al., 2011)

3.3.4 การวิเคราะห์ปริมาณกรดที่สามารถไตเตรตได้ (Titrable acidity)

นำน้ำผลไม้ปริมาณ 5 มิลลิตร ปรับปริมาตรให้เป็น 25 มิลลิตร นำไปไตเตรตด้วย 0.1 N NaOH จนกระทั่งมีค่า pH 8.2 รายงานผลเป็น % ของกรดซิตริก โดยคำนวณหาปริมาณกรดที่สามารถไตเตรตได้ (% Titratable Acidity :%TA) จาก

$$\% \text{ TA} = \frac{\text{ปริมาณ NaOH ที่ใช้ (มิลลิลิตร)} \times 0.1 \times 0.064 \times 100}{\text{ปริมาณน้ำคั้นผลไม้ (มิลลิลิตร)}}$$

3.3.5 การคำนวณอัตราส่วนของปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่สามารถไตเตรตได้ (Brix: Acid; B/A)

$$\text{B/A} = \frac{\text{ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้}}{\text{เปอร์เซ็นต์ของกรดซิตริก}}$$

3.3.6 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติทั้งหมด ด้วยโปรแกรม SPSS

บทที่ 4

ผลการวิจัย

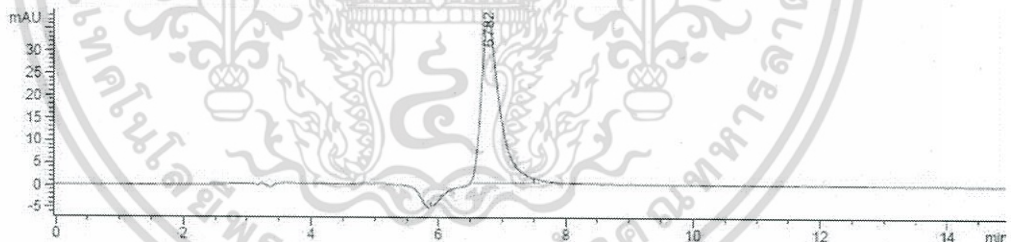
4.1. การทดลองที่ 1เปรียบเทียบสภาวะที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณไนเตรท

จากการนำสารละลายมาตรฐานซิลเวอร์ไนเตรท (Silver nitrate) ความเข้มข้น 40 ppm. และน้ำล้างที่กรองด้วยกระดาษกรองขนาด 0.45 ไมครอน ก่อนนำไปฉีดเข้าเครื่อง HPLC ที่อัตราส่วนของเฟสเคลื่อนที่ A(0.01 M n-octylamine):B(5 mM tetrabutylammonium hydrogen sulphate) ในอัตราส่วน 90:10, 80:20, 70:30 และ 60:40 ตามลำดับ ได้ผลการทดลองดังภาพผนวกที่ 4.1

จากการทดลองหาสภาวะที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทในเนื้อสับปะรดพบว่า อัตราส่วน A:B 70:30 แยก peak ไนเตรทของสารมาตรฐาน silver nitrate ได้ดี RT ที่ 4.27 นาที ดังภาพที่ 4.1 ในขณะที่อัตราส่วน A:B 90:10 แยก peak ไนเตรทของสารมาตรฐาน silver nitrate ได้ไม่ดี RT ที่ 6.78 นาที ดังภาพที่ 4.2

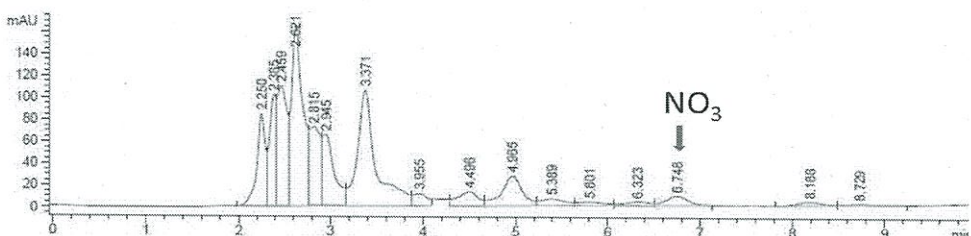


ภาพที่ 4.1 peak ไนเตรทของสารมาตรฐาน silver nitrate อัตราส่วน A:B 70:30



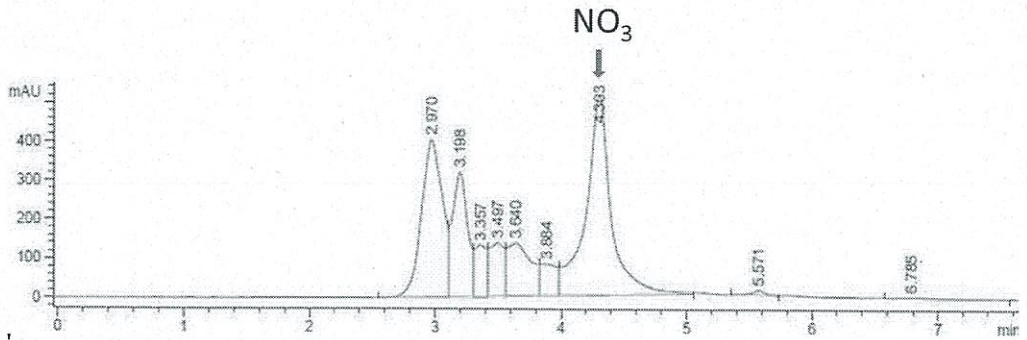
ภาพที่ 4.2 peak ไนเตรทของสารมาตรฐาน silver nitrate อัตราส่วน A:B 90:10

แต่เมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแยก peak ของไนเตรทของเนื้อสับปะรด กลับพบว่า อัตราส่วน A:B 90:10 สามารถแยก peak ไนเตรทของเนื้อสับปะรด RT ที่ 6.74 นาที ได้ดีกว่า อัตราส่วน A:B 70:30 RT ที่ 4.30 ดังภาพที่ 4.3 และ 4.4 ตามลำดับ



ภาพที่ 4.3 peak ไนเตรทของสับปะรด อัตราส่วน A:B 90:10

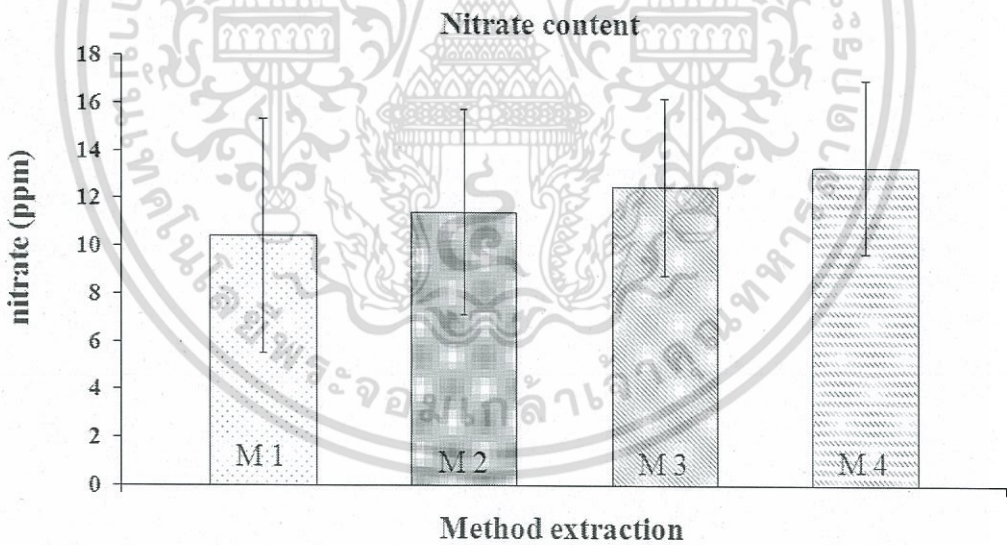
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการเรียนการสอนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.4 peak ในเรทของสับประรด อัตราส่วน A:B 70:30

จากผลการทดลองที่ 1 จึงสรุปได้ว่า สภาวะที่สามารถแยก peak ในเรทของนื้อสับประรดได้ดีที่สุดคือ ชนิดของเฟสเคลื่อนที่ A (0.01 M n-octylamine) ชนิดของเฟสเคลื่อนที่ B (5mM tetrabutylammoniumhydrogen sulphate) อัตราส่วน A:B 90: 10 ความเร็วของอัตราการไหลของเฟสเคลื่อนที่ 0.5 มิลลิเมตรต่อนาที อุณหภูมิของคอลัมน์ 40 องศาเซลเซียส

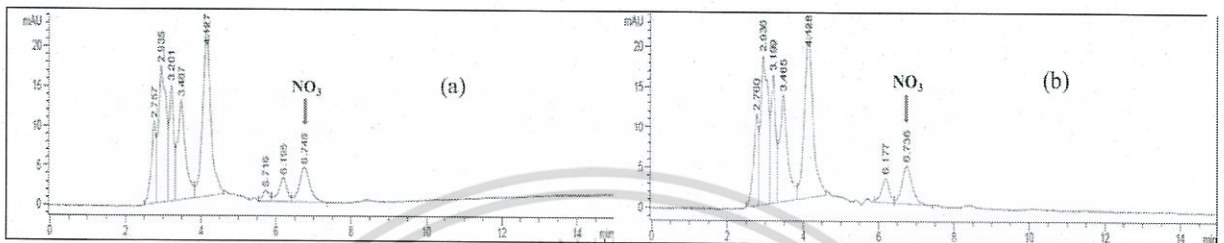
4.2. การทดลองที่ 2 ศึกษาวิธีการสกัดไนเตรทจากเนื้อสับประรด



ภาพที่ 4.5 ปริมาณไนเตรทที่ได้จากวิธีการสกัดไนเตรทในเนื้อสับประรดวิธีต่างๆกัน (M1 = วิธีสกัดที่1, M2 = วิธีสกัดที่2, M3 = วิธีสกัดที่3 และ M4 = วิธีสกัดที่4)

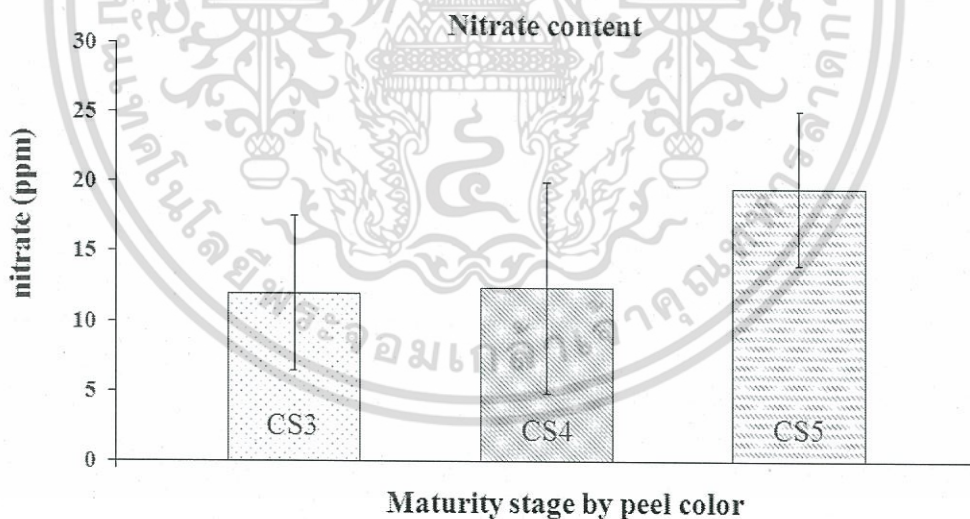
จากภาพที่ 4.5 และตารางผนวกที่ 4.1 พบว่า ปริมาณไนเตรทที่สกัดจากเนื้อสับประรด วิธีที่ 1-4 ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ดังนั้นจึงเลือกใช้วิธีการสกัดที่ 2 คือ สกัดด้วย A:B 90:10 อุณหภูมิห้องเนื่องจากการสกัดที่อุณหภูมิสูงกว่า 64.5 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นจุดเดือดของเมทานอล (RCI Lab scan, 2557) ทำให้เมทานอลเกิดการระเหย ทำให้อัตราส่วนของสารสกัดเปลี่ยนไป
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการแข่งขันเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ในการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้การสกัดที่อุณหภูมิห้องสะดวกต่อการปฏิบัติมากกว่าการสกัดที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส และการสกัดในเตรทในเนื้อสับประรดด้วย mobile phase A:B อัตราส่วน 90:10 สามารถแยก peak ของน้ำ สับประรดได้ดีกว่าการสกัดด้วยน้ำ DI ดังภาพที่ 4.6 สอดคล้องกับการศึกษาของ Kuchnicki and Webster (1986) ที่รายงานว่า การสกัดตัวอย่างด้วย mobile phase ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการชะล้างในเตรทใน Reverse Phase –HPLC



ภาพที่ 4.6 แสดงการแยก peak ของน้ำสับประรดที่ได้จากการสกัดด้วย mobile phase (a) และน้ำ DI (b)

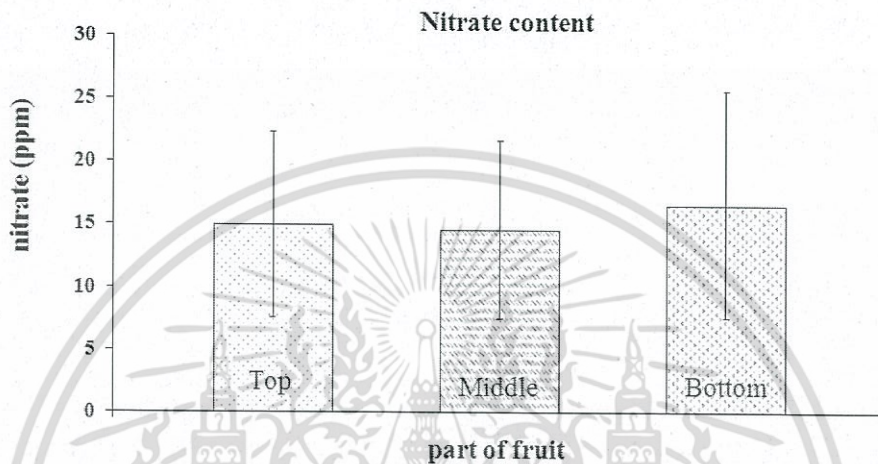
4.3. การทดลองที่ 3 ศึกษาเปรียบเทียบปริมาณไนเตรทในเนื้อสับประรด บริเวณต่างๆของผล และมีระยะความแก่ของผลแตกต่างกัน



ภาพที่ 4.7 ปริมาณไนเตรทที่ได้จากเนื้อสับประรดที่ระยะการเก็บเกี่ยวต่างกัน

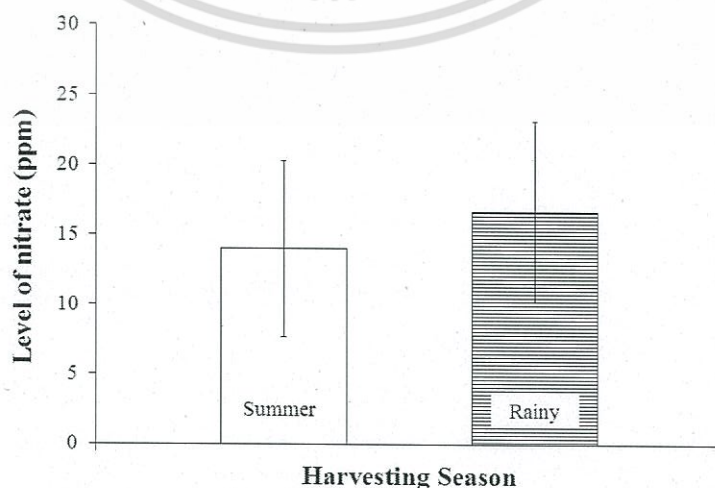
จากภาพที่ 4.7 พบว่า เมื่อสับประรดมีความสุกเพิ่มขึ้นปริมาณไนเตรทในผลสับประรด มีปริมาณเพิ่มขึ้น แตกต่างกัน โดยผลสับประรดที่เก็บเกี่ยวที่ระยะความสุกแก่ของเปลือกมีสีเหลือง 25 และ 50% มีปริมาณไนเตรทไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับผลสับประรดที่เก็บเกี่ยวที่ระยะความสุกแก่ของเปลือกมีสีเหลือง 75% ดังตารางผนวกที่ 4.2 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงว่า สับปะรดที่เก็บที่ระยะของเปลือกมีสีเหลืองมากกว่า 50% มีปริมาณไนเตรทสูงกว่าสับปะรดที่เก็บเกี่ยวระยะของเปลือกมีสีเหลืองน้อยกว่า 50% สอดคล้องกับ ผลการศึกษาปริมาณ ไนเตรทที่สะสมในผลมะละกอ (papaw) พบว่าเนื้อผล (mesocarp) ของมะละกอรยะสุกแก่ (mature green) มีปริมาณไนเตรทสะสมสูงกว่าระยะสุก(ripe) และดิบ (green) ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากกิจกรรมของเอนไซม์ไนเตรทรีดักเตส (Menary and Jones, 1972)



ภาพที่ 4.8 ปริมาณไนเตรทที่ได้จากเนื้อสับปะรดที่ส่วนหัว ส่วนกลาง และส่วนท้ายผล

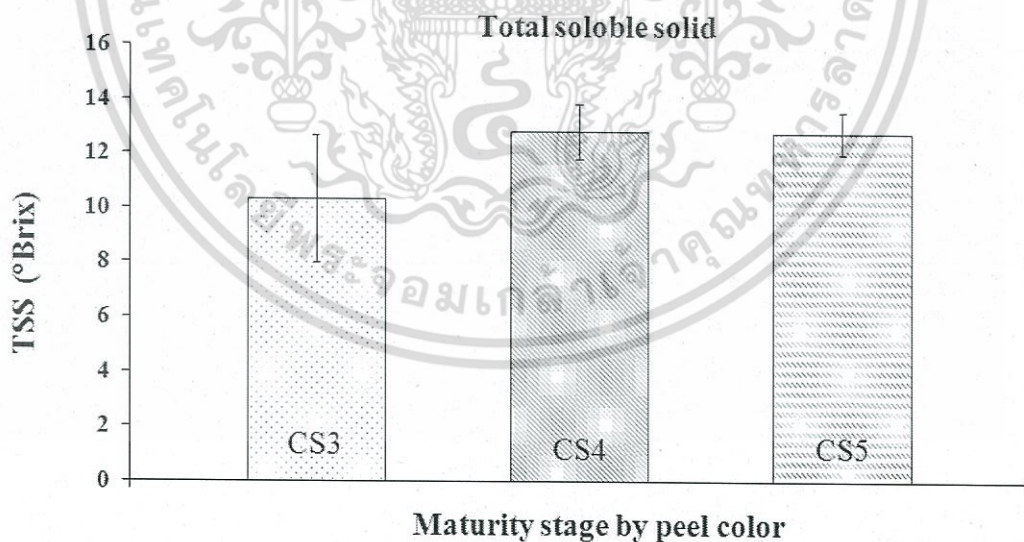
จากภาพที่ 4.8 พบว่า ส่วนกลางของผลสับปะรดมีปริมาณไนเตรทน้อยที่สุด (14.55 ppm) แต่ไม่แตกต่างกันมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับส่วนหัว (14.98 ppm) และส่วนท้าย (16.55 ppm) ของผลสับปะรดดังตารางผนวกที่ 4.3 นั้นหมายความว่า การตรวจสอบปริมาณไนเตรทในผลสับปะรดเพื่อใช้ในการควบคุมปริมาณไนเตรทในผลสับปะรดโรงงาน สามารถทำการตรวจสอบได้ทุกส่วนของผล และเมื่อพิจารณาปริมาณของไนเตรทในผลสับปะรดที่มีการเก็บเกี่ยวในฤดูที่แตกต่างกัน ดังภาพที่ 4.9



ภาพที่ 4.9 ปริมาณไนเตรทที่ได้จากเนื้อสับปะรดที่มีการเก็บเกี่ยวในฤดูฝนและฤดูร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้ในเชิงวิชาการเท่านั้น เพื่อประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

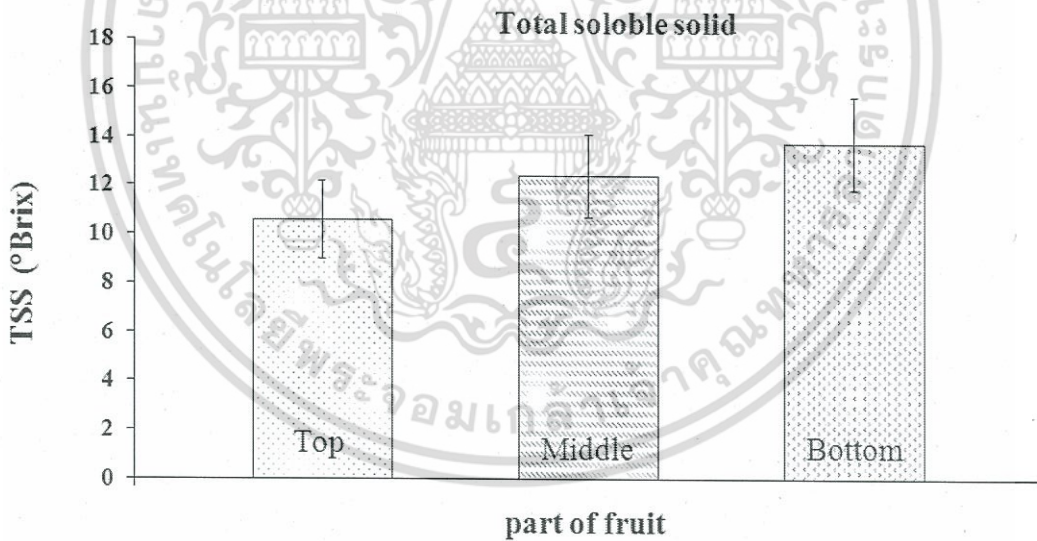
พบว่าในฤดูฝน สับปะรดมีปริมาณไนเตรทสะสมอยู่ในผลสูงกว่าสับปะรดที่เก็บเกี่ยวในฤดูร้อน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) สอดคล้องกับผลการศึกษาของ วิชชุพร (2551) ที่พบว่า สับปะรดที่เจริญเติบโตในฤดูแล้ง มีปริมาณไนเตรทสะสมในผลสับปะรดน้อยกว่าสับปะรดที่เจริญเติบโตในฤดูฝน เนื่องมาจากในฤดูฝนต้นสับปะรดสามารถดูดไนเตรทจากดินหรือจากปุ๋ยที่ใส่ไว้ได้มาก ทำให้ผลสับปะรดมีการเจริญเติบโตเร็วกว่าในฤดูร้อน และ สีเปลือกสับปะรดในฤดูร้อนเปลี่ยนเป็นสีเหลือง ซ้ำกว่าในฤดูฝน (Joomwongand Sornsrivichai, 2005) เมื่อสับปะรดมีสีและขนาดตามที่โรงงานต้องการ เกษตรกรจึงเก็บเกี่ยวสับปะรด สับปะรดในฤดูฝนจึงมีระยะเวลาในการย่อยสลายไนเตรทน้อย (วิชชุพร, 2551) จึงเป็นสาเหตุให้ผลสับปะรดที่เก็บเกี่ยวในฤดูฝนมีไนเตรทตกค้างในผลมากกว่าผลสับปะรดที่เก็บเกี่ยวในฤดูร้อน และเมื่อทำการเปรียบเทียบปริมาณไนเตรทในผลสับปะรดที่มีอัตราส่วนของ TSS/TA ซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งที่ใช้ในการทำนายคุณภาพการบริโภคหรือ รสชาติ (Chuenboongarm et al., 2007) ซึ่งรู้จักกันในรูปแบบของ Brix/acid ratio; B/A (Bartolome et al., 1995) โดยทำการเปรียบเทียบผลสับปะรดที่มีอัตราส่วนของ TSS/TA น้อยกว่า 23° Brix กับผลสับปะรดที่มีอัตราส่วนของ TSS/TA มากกว่า 23° Brix พบว่าผลสับปะรดที่มีอัตราส่วนของ TSS/TA น้อยกว่า 23° Brix มีปริมาณไนเตรทในผลน้อยกว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับผลสับปะรดที่มีอัตราส่วนของ TSS/TA มากกว่า 23° Brix สอดคล้องกับผลการทดลองข้างต้นที่สับปะรดที่เก็บเกี่ยวที่ CS5 มีไนเตรทสูงกว่าสับปะรดที่เก็บเกี่ยวที่ CS3 และ CS4



ภาพที่ 4.10 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (TSS) ที่ได้จากเนื้อสับปะรดที่ระยะการเก็บเกี่ยวต่างกัน

จากภาพที่ 4.10 พบว่า เมื่อสับปะรดมีความสุกเพิ่มขึ้นปริมาณ TSS ในผลสับปะรด มีปริมาณเพิ่มขึ้นแตกต่างกัน โดยผลสับปะรดที่เก็บเกี่ยวที่ระยะความสุกแก่ของเปลือกมีสีเหลือง 50 และ 75% มีปริมาณมากกว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

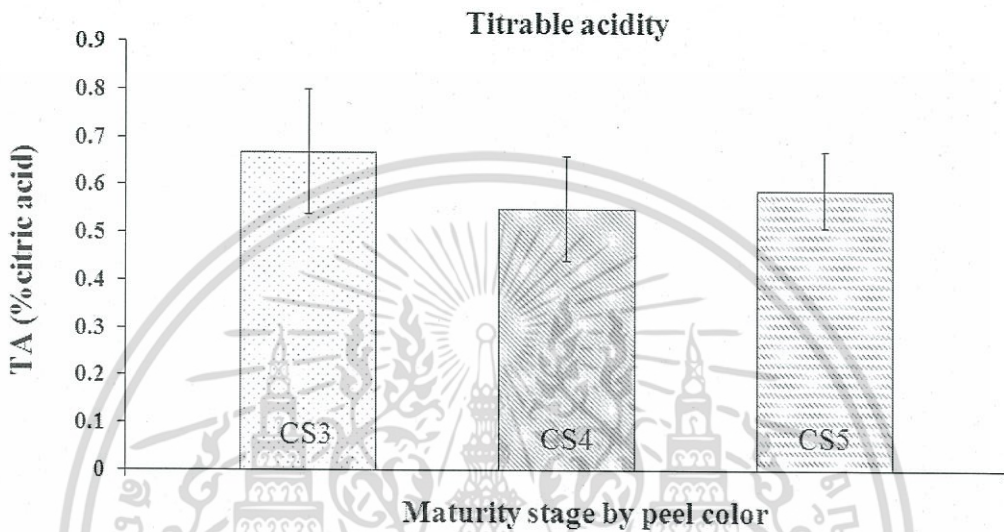
TSS ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับผล สับปะรดที่เก็บเกี่ยวที่ระยะความสุกแก่ของเปลือกมีสีเหลือง 25% ดังตารางผนวกที่ .4.4 จึงสามารถสรุป ได้ว่า เมื่อผลสับปะรดมีการพัฒนาการสุกมีการสะสม TSS เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของ Wijesinghe and Sarananda (2002) ซึ่งรายงานว่าปริมาณ TSS ในผลสับปะรดที่เก็บเกี่ยวในระยะที่เปลือก ผลสับปะรดเป็นสีเหลืองมากกว่า 40% มีปริมาณ TSS สูงกว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)กับสับปะรดที่เก็บเกี่ยวในขณะที่เปลือกมีสีเหลือง น้อยกว่า 40% :ซึ่งการเปลี่ยนแปลงสีเปลือก เป็นการพัฒนาของผล(developmental stage of fruits) ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของ total sugar และการเพิ่มขึ้นของ TSS ในสับปะรดแปรผันตามกับ total sugar (Chuenboonngarmet al., 2007) เช่นเดียวกับการ สะสมของซูโครสเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนระหว่างการพัฒนาการสุก(Chen and Paull, 2000; Zhang et al., 2013) ในขณะที่ ความเข้มข้นของ ฟรักโตสและกลูโคสลดลงเล็กน้อย (Zhang et al., 2013)แต่ทั้งนี้ Wijesinghe and Sarananda (2002) ได้อธิบายว่า ความเข้มข้นของน้ำตาล (sugar concentration) ไม่ได้มีความสัมพันธ์กับสีเปลือกเสมอไป เพราะอาจเกิดจากการสังเคราะห์น้ำตาลระหว่างกระบวนการสุก หรือ การสูญเสียความชื้นระหว่างการเก็บรักษาก็ได้ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบปริมาณTSS ในส่วนต่างๆของผล สับปะรด ดังภาพที่ 4.11



ภาพที่ 4.11 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (TSS) ที่ได้จากเนื้อสับปะรดที่ส่วนหัว ส่วนกลาง และส่วนท้ายผล

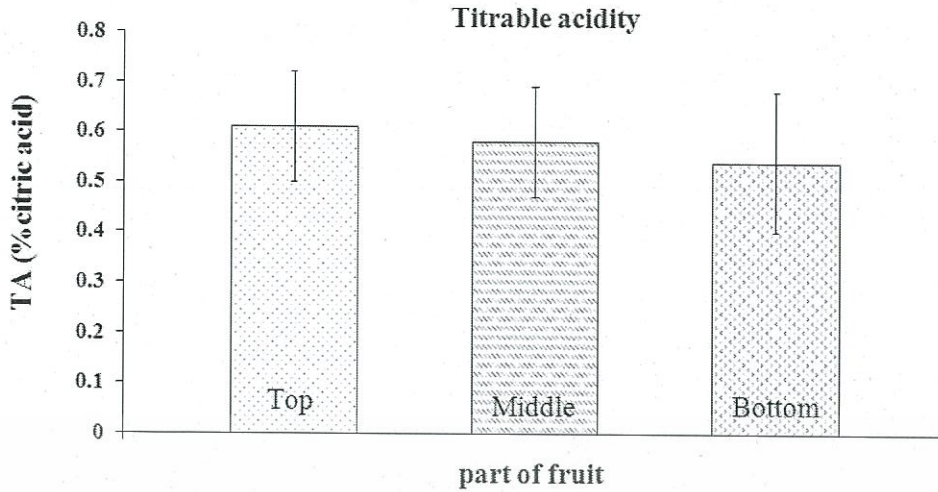
พบว่า ส่วนหัว ส่วนกลาง และส่วนท้ายของผลสับปะรดมีปริมาณ TSS 10.58, 12.38 และ 13.72°Brix ตามลำดับ และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ดังตารางผนวกที่ .4.5 เช่นเดียวกับรายงานของ Agricultural Standards Unit (2013) นั้นหมายความว่า ส่วนหัวของผลสับปะรด มีปริมาณน้ำตาลต่ำที่สุด และ ส่วนท้ายของผลมีปริมาณน้ำตาลสูงที่สุด เนื่องจาก TSS แปรผันตามกับ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้าน การค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

total sugar ในสับปะรด (Chuenboonngarm et al., 2007) แต่ไม่สามารถสรุปได้ว่าส่วนท้ายผลมีรสชาติดีที่สุด เนื่องจาก TSS เหมาะที่เป็นเพียงตัวบ่งชี้ที่ชี้วัดคุณภาพในแต่ละปี (year-round index) (Bartolome et al., 1995) ในขณะที่ TA เป็นดัชนีที่บอกลึกรสเปรี้ยว และรายงานในรูปของกรดซิตริก (Chuenboonngarm et al., 2007) ดังนั้นในภาพที่ 4.9 แสดงถึงปริมาณกรดที่สามารถไตเตรตได้ (TA) ที่ได้จากเนื้อสับปะรดที่ระยะการเก็บเกี่ยวต่างกัน



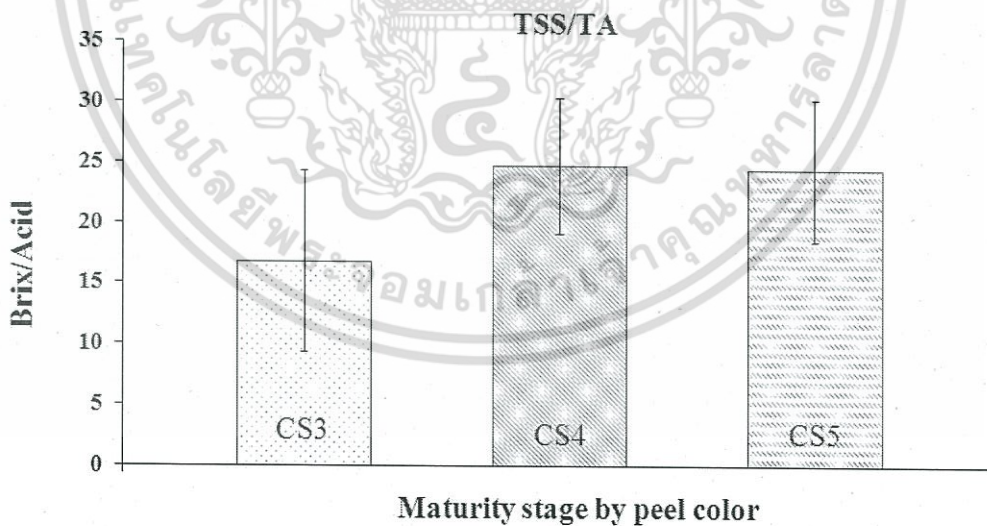
ภาพที่ 4.12 ปริมาณกรดที่สามารถไตเตรตได้ (TA) ที่ได้จากเนื้อสับปะรดที่ระยะการเก็บเกี่ยวต่างกัน

พบว่า ผลสับปะรดที่เก็บเกี่ยวในระยะ CS3 มีปริมาณกรดที่สามารถไตเตรตได้สูงกว่า และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับผลสับปะรดที่เก็บเกี่ยวในระยะ CS4 และ CS5 โดยมี เปอร์เซ็นต์กรดที่สามารถไตเตรตในรูปของกรดซิตริก เท่ากับ 0.67, 0.55 และ 0.59 ตามลำดับ ดังตารางผนวกที่ 4.6 และเมื่อ TA เป็นปัจจัยที่บอกลึกรสเปรี้ยวของผลสับปะรด ดังนั้นจึงสามารถบอกได้ว่าผลสับปะรดที่เก็บเกี่ยวในระยะของเปลือกมีสีเหลืองน้อยกว่า 50% มีรสเปรี้ยวมากกว่าผลสับปะรดที่เก็บเกี่ยวในระยะเปลือกมีสีเหลืองมากกว่า 50% และเมื่อพิจารณาปริมาณ TA ในส่วนหัว ส่วนกลาง และส่วนท้ายผลจากภาพที่ 4.13 และตารางผนวกที่ 4.7



ภาพที่ 4.13 ปริมาณกรดที่สามารถไตเตรตได้ (TA) ที่ได้จากเนื้อสับประรดที่ส่วนหัว ส่วนกลาง และส่วนท้ายผล

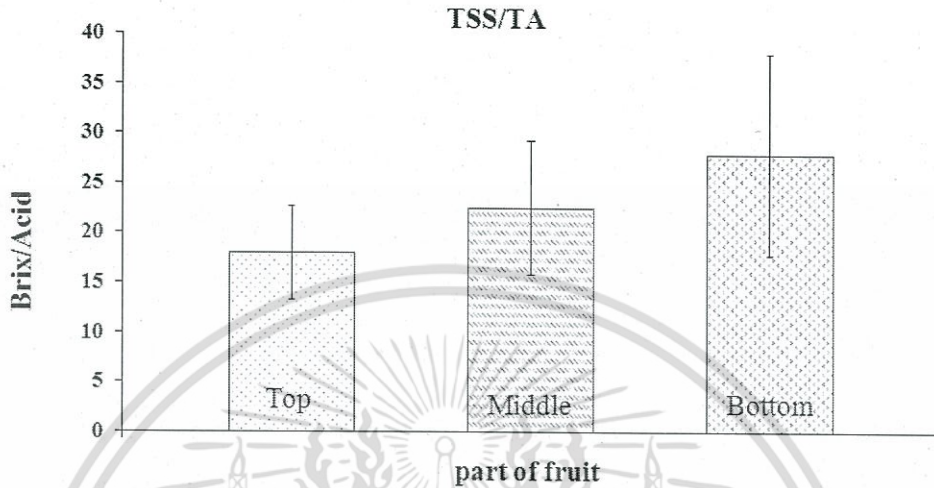
พบว่า ปริมาณ TA ของส่วนท้ายผลมีปริมาณน้อยที่สุด (0.54%กรดซิตริก) และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับปริมาณ TA ในส่วนหัว และส่วนกลางของผลสับประรด (0.61 และ 0.58% กรดซิตริก) จึงสามารถสรุปได้ว่า ส่วนท้ายของผลมีความเปรี้ยวน้อยที่สุด แต่เมื่อพิจารณารสชาติของผลสับประรด (B/A) จากเนื้อสับประรดที่ระยะการเก็บเกี่ยวต่างกันจากภาพที่ 4.14



ภาพที่ 4.14 ปริมาณอัตราส่วนของของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไตเตรตได้ (TSS/TA)

พบว่าอัตราส่วนของ B/A ของสับประรดที่เก็บเกี่ยวที่ระยะ CS3 (16.78) มีค่าต่ำกว่า แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับสับประรดที่เก็บเกี่ยวที่ระยะ CS4 (24.67) และ CS5 (24.36) ดังตารางผนวกที่ 4.8 จึงสามารถอธิบายได้ว่าสับประรดที่เก็บเกี่ยวระยะ CS4 และ CS5 มีรสชาติดีกว่า เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สับปะรดที่เก็บเกี่ยวในระยะ CS3 สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Adisak and Jintana (2011) อัตราส่วนของ B/A ของสับปะรดเพิ่มขึ้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อผลสับปะรดเก็บเกี่ยวที่อายุมากขึ้น (day after full bloom increase) เนื่องจาก มีการเพิ่มขึ้นของ TSS และลดลงของ TA เล็กน้อย



ภาพที่ 4.15 ปริมาณอัตราส่วนของของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไตเตรตได้ (TSS/TA) จากเนื้อสับปะรดที่ส่วนหัว ส่วนกลาง และส่วนท้ายผล

จากภาพที่ 4.15 พบว่า อัตราส่วนของ B/A ของสับปะรดที่ส่วนหัว ส่วนกลาง และส่วนท้าย มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.5$) ดังตารางผนวกที่ 4.9 และเนื่องจากรสชาติของสับปะรดบอกได้จากอัตราส่วนของ B/A (Chuenboonngarm et al., 2007) จึงสามารถอธิบายได้ว่าสับปะรดที่ส่วนท้ายมีรสชาติดีกว่าสับปะรดที่ส่วนอื่นๆของผล สอดคล้องกับผลการทดลองข้างต้นที่ส่วนท้ายผลมีการเพิ่มขึ้นของ TSS และลดลงของ TA จากส่วนกลางและส่วนหัวของผลตามลำดับ

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

1. สภาพะที่ที่ดีที่สุดในการวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทในสับปะรดคือ ชนิดของเฟสเคลื่อนที่ A(0.01 M n-octylamine) ชนิดของเฟสเคลื่อนที่ B (5m Mtetrabutylammonium hydrogen sulphate) อัตราส่วน A:B 90: 10 ความเร็วของอัตราการไหลของเฟสเคลื่อนที่ 0.5 มิลลิลิตรต่อนาที อุณหภูมิของคอลัมน์ 40 องศาเซลเซียส
2. วิธีการสกัดไนเตรทในสับปะรดที่เหมาะสมที่สุด คือการสกัดไนเตรทในเนื้อสับปะรดด้วย mobile phase A:B อัตราส่วน 90:10 ที่อุณหภูมิห้อง
3. สับปะรดที่เก็บเกี่ยวที่ระยะของเปลือกมีสีเหลืองมากกว่า50% มีปริมาณไนเตรทสูงกว่าสับปะรดที่เก็บเกี่ยวระยะของเปลือกมีสีเหลืองน้อยกว่า 50%
4. สับปะรดทั้งลูกมีปริมาณไนเตรทไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สามารถทำการตรวจสอบปริมาณไนเตรทได้ทุกส่วนของผล
5. สับปะรดที่เก็บเกี่ยวในฤดูฝนมีปริมาณไนเตรทสะสมมากกว่าสับปะรดที่เก็บเกี่ยวในฤดูร้อน
6. ผลสับปะรดส่วนท้ายมีรสชาติดีกว่าสับปะรดส่วนอื่นๆของผล เนื่องจากส่วนของท้ายผลมีการเพิ่มขึ้นของ TSS และลดลงของTAจากส่วนกลางและส่วนหัวของผลตามลำดับ

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2551. ระบบการจัดการคุณภาพ:GAP พืชสับปะรดโรงงาน. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 47หน้า.

จักรพงษ์ คุ่มทรัพย์. 2553. ความแตกต่างระหว่าง Acetonitrile กับ Methanol ใน Reversed Phase Chromatography. . [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา:

<http://www.barascientific.com/article/Acetonitrile-Methanol/Acetonitrile-Methanol.php>

เดชอยู่หา. 2536. สารไนเตรตตกค้างในสับปะรด, น. 11-15. ใน จิตรภูภัทรพงษ์, จิตศักดิ์ไชยพานและเดชอยู่หา. หนังสือความรู้การปลูกสับปะรดเนื่องในโอกาสนิทรรศการสับปะรดไทยครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ

นิกรบรรดิษฐ์. 2530. อิทธิพลของน้ำหนักและอายุต้นที่ระยะเร่งดอกต่อขนาดคุณภาพผลและลักษณะบางประการของสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท,มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ปริญานูช ทิพย์วัฒน์และรุ่งทิภา รอดจันทร์. 2550. การศึกษาเปรียบเทียบวิธีวิเคราะห์ไนเตรตในน้ำผลไม้บรรจุกระป๋องโดยวิธี HPLC. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา:

http://it.doa.go.th/refs/files/357_2550.pdf

ราชกิจจานุเบกษา. 2543. มาตรฐานสับปะรดโรงงานของประเทศไทย. ประกาศใน ฉบับประกาศทั่วไป เล่ม 117 ตอนพิเศษ 93 ง วันที่ 13 กันยายน 2543.

วิษณุพรรักสำรวจ. 2551. ระยะเวลาการให้โพแทสเซียมคลอไรด์ที่มีผลต่อปริมาณไนเตรตคุณภาพผลและผลผลิตของสับปะรด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท,มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมภพจรรยาทรัพย์, สมพรเหรียญรุ่งเรือง, ประภาศรีจงประดิษฐ์นันท์และอุดมกาญจนปกรณชัย. 2547. ศึกษาการหลุดร่วงของดีบุกจากกระป๋องเนื่องจากการใส่ไนเตรต. วารสารดินและปุ๋ย 26: 117-129.

สำนักความปลอดภัยแรงงาน. 2553.อันตรายจากการสัมผัสสารอะซิโตนไนไตรล์ (Acetonitrile). [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา:www.oshthai.org/upload/file_linkitem/20100906084452_2.pdf

สำนักส่งเสริมและจัดการสินค้าเกษตร. 2555. สับปะรดปี 2555.[Online]. Available:

www.agriman.doae.go.th/home/news/Year%202012/011_Pineapple.pdf

Adisak, J. and J. Jintana. 2011. Chemical properties and sugar contents in 'Smooth cayenne' pineapple fruit during maturation. *ActaHorticulturae*. 902: 423-426.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Agricultural Standards Unit, 2013. **UNECE Standard on the marketing and commercial quality control of pineapple: Explanatory Brochure**. United Nations Economic Commission for Europe, Geneva. 78pp.
- Bartolome A.P., Ruperez, P. and C. Fuster. 1995. Pineapple fruit: morphological characteristic chemical composition and sensory analysis of Red Spanish and Smooth Cayenne cultivars. **Food Chemistry**. 53: 75-79.
- Chairidchai, P. 2000. The relationships between nitrate and molybdenum contents in pineapple grown on an inceptisol soil. **Acta Horticulturae**. 529: 211-216.
- Chen, C.-C. and R.E. Paull. 2000. Sugar metabolism and pineapple flesh translucency. **Journal of the American Society for Horticultural Science**. 125: 558-562.
- Chou, S., Chung, J. and D. Hwang. 2003. High Performance Liquid Chromatography Method for Determining Nitrate and Nitrite Levels in Vegetables. **Journal of Food and Drug Analysis**. 11(3): 233-238.
- Chuenboonngarm, N., Juntawong, N., Engkagul, A., Arirob, W. and S. Peyachoknakul. 2007. Changing in TSS, TA and sugar contents and sucrose synthase activity in ethephon-treated 'Pattavia' pineapple fruit. **Kasetsart Journal (Natural Science)**. 41: 205 – 212.
- George S, Rasmussen W, Ofitserova M, Pickering M (2006). Nitrite and Nitrate Analysis: Simultaneous Determination of Nitrite and Nitrate in Baby Foods. California: Pickering Laboratories, Inc. [Online] Available: www.pickeringlabs.com
- Farrow, R. P., J. H. Johnson, W. A. Gould and J. E. Charbonneau. 1971. Detinning in canned tomatoes caused by accumulation of nitrate in the fruit. **Journal of Food Science**. 36: 341-345.
- Joomwong. A. 2005. "Assessment of Quality in Relation to Maturity and Cropping Season of Pineapple (*Ananas comosus* cv. Smooth Cayenne) Fruit Growing in Northern Thailand," Ph.D. Thesis, Dept. Biology, Chiang Mai Univ., Chiang Mai, Thailand.
- Joomwong A. and Sornsrivichai S. 2005. Morphological Characteristic, Chemical Composition and Sensory Quality of Pineapple Fruit in different Seasons. **Chiang Mai University Journal**. 4(2): 149 – 164

- Kuchicki, T. C., Webster, G. R. B., 1986. A Comparison of HPLC analysis of nitrate in soils with the phenoldisulfonic acid and hydrazine sulfate methods. **Canadian Journal of Soil Science**. 66: 151-157.
- Lacoeuille, J. J. 1984. Pineapple, pp. 569-582. In P.M. Prevel, J. Gagnard and P. Gautier, eds. **Plant Analysis**. Technique et Documentation-Laovisier, Paris.
- Malezieux, E., Cote, F. and D.P., Bartholomew. 2003. Crop environment, plant growth and physiology. In D.P. Bartholomew, R.E. Paull and K.G. Rohrbach, eds. **The Pineapple: Botany, production and Uses**. CAB International, pp. 69-107.
- Marten, S. and J. Harms. 2004. **Determination of Nitrite and Nitrate in Fruit Juices by UV Detection**. The Application Book. September, 23-24.
- Menary, R.C. and R.H. Jones. 1972. Nitrate accumulation and reduction in papaw fruits. **Australian Journal of Biological Sciences**. 25: 531-542
- Osotsapar, Y. 2000. **Micronutrients in Crop Production in Thailand**. [Online]. Available: [FFTC Publication Database>Vegetables and Fruit>Production and Cultural practices](#).
- Pongjanta, J., A. Nualbunruang and L. Pancha. 2011. Effect of location and storage time on physicochemical properties of pineapple fruit. **Asian Journal of Food and Agro-Industry**. 4(3): 153-160.
- Qin, L., A. Syunsuke, N. Akihiro, S. Akira and K. Yoshinobu. 2006. Effects of high night temperature on Crassulacean Acid Metabolism (CAM) photosynthesis of *Kalanchoepinnata* and *Ananuscomosus*. **Plant Production Science**. 9(1):10-19.
- RCI Labscan. 2014. **Product code LC1115**.
http://www.rcilabscan.com/files_download/SPEC/spec_file-SPEC1389687936.pdf
- Smith, B. L. 1988. Factors affecting nitrate contents of pineapple fruit for canning. **Citrus and Subtropical Fruit Journal**. 643: 12-15.
- Wijesinghe, W.A.J.P. and K.H. Sarananda. 2002. Post-harvest quality of "Mauritius" pineapple and reasons for reduced quality. **Tropical Agricultural Research and Extension**. 5: 53-56.

Zhang, X., Sun, G., Xie, J.H., Du, L., Liu, Z. and J. Li. 2013. Pineapple sugar metabolism and accumulation during fruit development. *Acta Horticulturae*.975: 409-414.

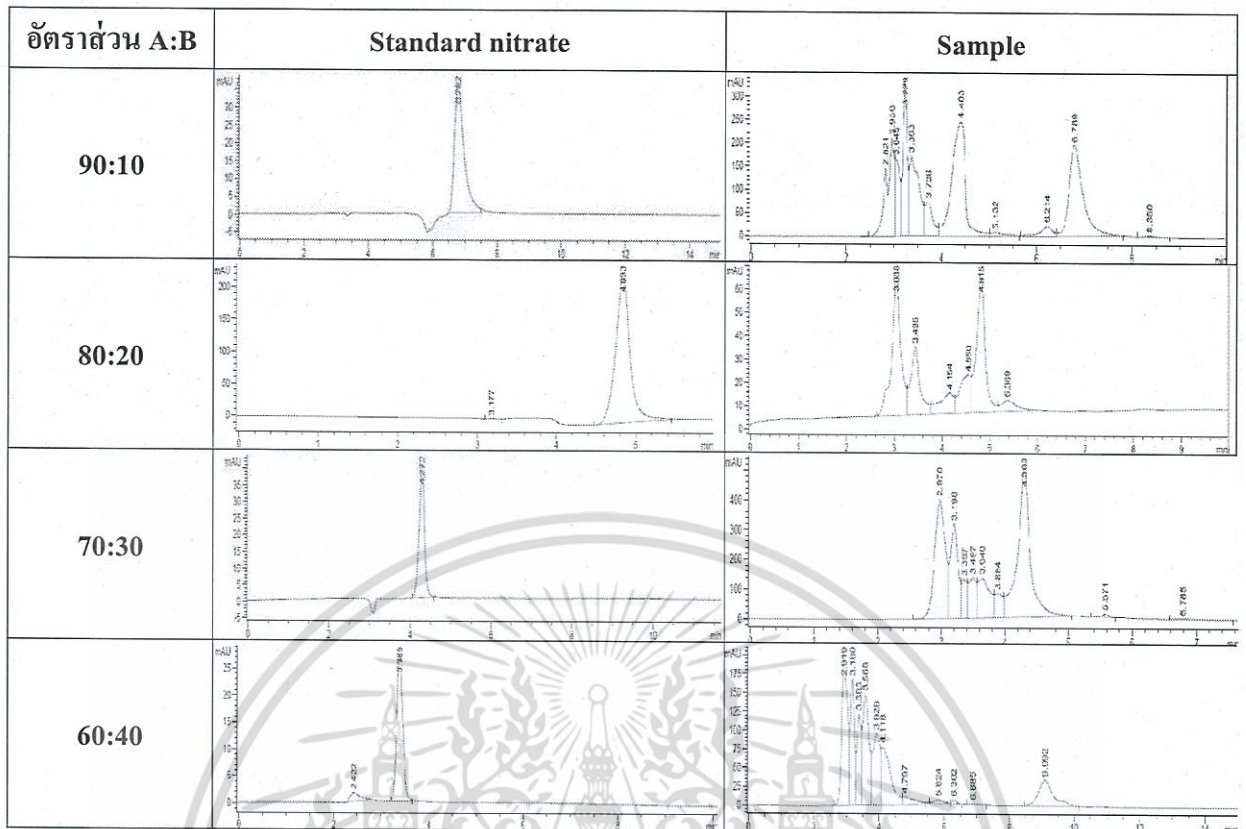


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพผนวกที่ 4.1 สภาวะที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณไนเตรตในเนื้อสับประดของเฟสเคลื่อนที่ A(0.01 M n-octylamine): B (5 mM tetrabutylammonium hydrogen sulphat) ในอัตราส่วน 90: 10, 80:20, 70:30 และ 60:40

ตารางผนวกที่ 4.1 ปริมาณไนเตรตที่วัดได้จากกรรมวิธีที่ 1-4

วิธีที่	สกัดด้วย	ช่วงข้อมูล (ppm)	ค่าเฉลี่ย (ppm) ^{ns}	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1	น้ำ DI อุณหภูมิห้อง	4.25-16.03	10.42	4.89
2	A:B 90:10 อุณหภูมิห้อง	6.42-17.97	11.42	4.31
3	น้ำ DI อุณหภูมิ 80 °C	7.27-17.53	12.48	3.70
4	A:B 90:10 อุณหภูมิ 80 °C	8.92-17.97	13.34	3.63

ตารางผนวกที่ 4.2 ปริมาณไนเตรตที่ได้จากเนื้อสับประดที่ระยะการเก็บเกี่ยวต่างกัน

ความสุกแก่ของผล (%)	จำนวน(ผล)	ช่วงข้อมูล (ppm)	ค่าเฉลี่ย (ppm)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
25	18	7.51-27.02	11.98 ^a	5.51
50	29	3.21-36.40	12.39 ^a	7.56
75	35	7.30-28.28	19.56 ^b	5.54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 4.3 ปริมาณไนเตรตที่ได้จากเนื้อสับประรดที่ส่วนหัว ส่วนกลาง และส่วนท้ายผล

ส่วนของผล	จำนวน(ผล)	ช่วงข้อมูล (ppm)	ค่าเฉลี่ย (ppm) ^{ns}	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
หัว	82	4.72-46.81	14.98	7.40
กลาง	82	2.40-34.59	14.55	7.10
ท้าย	82	2.51-42.84	16.55	9.03

ตารางผนวกที่ 4.4 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (TSS) ที่ได้จากเนื้อสับประรดที่ระยะการเก็บเกี่ยวต่างกัน

ความสุกแก่ของผล (%)	จำนวน(ผล)	ช่วงข้อมูล (ppm)	ค่าเฉลี่ย (ppm)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
25	18	7.33-14.33	10.31 ^a	2.34
50	29	9.71-14.46	12.80 ^b	1.00
75	35	11.48-14.23	12.75 ^b	0.77

ตารางผนวกที่ 4.5 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (TSS) ที่ได้จากเนื้อสับประรดที่ส่วนหัว ส่วนกลาง และส่วนท้ายผล

ส่วนของผล	จำนวน(ผล)	ช่วงข้อมูล (ppm)	ค่าเฉลี่ย (ppm)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
หัว	82	6.75-12.88	10.58 ^a	1.60
กลาง	82	7.35-14.85	12.38 ^b	1.72
ท้าย	82	7.68-16.90	13.72 ^c	1.93

ตารางผนวกที่ 4.6 ปริมาณกรดที่สามารถไตเตรตได้ (TA) ที่ได้จากเนื้อสับประรดที่ระยะการเก็บเกี่ยวต่างกัน

ความสุกแก่ของผล (%)	จำนวน(ผล)	ช่วงข้อมูล (ppm)	ค่าเฉลี่ย (ppm)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
25	18	0.45-0.81	0.67 ^b	0.13
50	29	0.37-0.74	0.55 ^a	0.11
75	35	0.32-0.68	0.59 ^a	0.08

ตารางผนวกที่ 4.7 ปริมาณกรดที่สามารถไทเตรตได้ (TA) จากเนื้อสับประรดที่ส่วนหัว ส่วนกลาง และส่วนท้ายผล

ส่วนของผล	จำนวน(ผล)	ช่วงข้อมูล (ppm)	ค่าเฉลี่ย (ppm)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
หัว	82	0.41-0.90	0.61 ^b	0.11
กลาง	82	0.30-0.82	0.58 ^b	0.11
ท้าย	82	0.21-0.84	0.54 ^a	0.14

ตารางผนวกที่ 4.8 ปริมาณอัตราส่วนของของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเตรตได้ (TSS/TA) จากเนื้อสับประรดที่ระยะการเก็บเกี่ยวต่างกัน

ความสุกแก่ของผล (%)	จำนวน(ผล)	ช่วงข้อมูล (ppm)	ค่าเฉลี่ย (ppm)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
25	18	10.16-32.35	16.78 ^a	7.47
50	29	15.65-35.70	24.67 ^b	5.59
75	35	18.03-45.71	24.36 ^b	5.87

ตารางผนวกที่ 4.9 ปริมาณอัตราส่วนของของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเตรตได้ (TSS/TA) จากเนื้อสับประรดที่ส่วนหัว ส่วนกลาง และส่วนท้ายผล

ส่วนของผล	จำนวน(ผล)	ช่วงข้อมูล (ppm)	ค่าเฉลี่ย (ppm)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
หัว	82	8.84-26.95	18.00 ^a	4.68
กลาง	82	10.11-44.68	22.54 ^b	6.73
ท้าย	82	11.41-66.86	27.88 ^c	10.12

ประวัติคณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

- ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นายสนธิสุข ชีระชัยชยติ
ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Mr.SontisukTeerachaichayut

2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3-1002-01948-41-2

3. หน่วยงานที่อยู่ คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

โทรศัพท์ 02-3298000 ext. 7267 โทรสาร 02-3298627

E-mail : ktsontis@kmitl.ac.th

4. ประวัติการศึกษา

คุณวุฒิ	ปี พ.ศ. ที่จบ	ชื่อสถานศึกษา
ปร.ด.(เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว)	2550	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ประเทศไทย
วศ.ม. (วิศวกรรมเคมี)	2537	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยประเทศไทย
วศ.บ. (วิศวกรรมเกษตร)	2529	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ประเทศไทย

5. ประสบการณ์งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และ/หรือที่ผ่านมา ทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพ

ในการทำวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละข้อเสนอการวิจัย

5.1 หัวหน้าโครงการวิจัย :

สนธิสุข ชีระชัยชยติ. 2547. ประเมินผลเทคนิคการแช่แข็งชาวโพดออน.

นายสนธิสุข ชีระชัยชยติ, น.ส.จุฑามาศ ผลอุดม, น.ส.วรรณชยา เอี่ยมเสถียรพร.2552.การสรางโมเดลของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในน้ำมัจจุคจากสเปกตรัมสะท้อนกลับความยาวคลื่นใกล้อินฟราเรด.

สนธิสุข ชีระชัยชยติ, อนุพันธ์ เทอดวงสวรรกุล, วารุณี ธนะแพสย.2552.เทคนิคการตรวจสอบเปลือกแข็งในมัจจุคแบบไมทำลายโดยวิธีการดุดกลืนแสงในย่านไกลอินฟราเรด.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สนธิสัญญา ธีระชัยชยุติ, อนุพันธ์ เทอดวงศกุล, วารุณี ธนะแพสย์. 2553. เทคนิคการตรวจสอบยางไหลภายในผลมังคุด

แบบไม่ทำลายโดยวิธีการวัดการดูดกลืนพลังงานแสงในช่วงความยาวคลื่นที่ตามองเห็นและช่วงใกล้อินฟราเรด.

สนธิสัญญา ธีระชัยชยุติ. น.ส.กนกพร แก้วสมนึก น.ส.มาลินี รังษี 2553. การทำนายอาการฟ้ามในผลสมแบบไม่ทำลายโดยไซคาทางไฟฟ้า.

สนธิสัญญา ธีระชัยชยุติ. 2554. แท่งเชื้อเพลิงแข็งชีวมวลจากเปลือกแก้ว.

สนธิสัญญา ธีระชัยชยุติ. 2554. การตรวจสอบคุณภาพภายในของผลสับปะรดแบบไม่ทำลายโดยวิธีการดูดกลืนพลังงานแสงในช่วงความ

ยาวคลื่นใกล้อินฟราเรดช่วงคลื่นสั้นแบบทะลุผ่าน.

สนธิสัญญา ธีระชัยชยุติ. 2555. การสกัดน้ำสับปะรดและผลิตเชื้อเพลิงแข็งชีวมวลจากเปลือกสับปะรด.

5.2 ชื่องานวิจัยที่เผยแพร่

1. **สนธิสัญญา ธีระชัยชยุติ**. 2535. อุตสาหกรรมน้ำผลไม้ไทย: อะไรคืออะไร. วารสารการวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 7(1): 67-70.

2. ศรีศักดิ์ ตรังวัชรกุล, ชลิต ชูประทีป, **สนธิสัญญา ธีระชัยชยุติ**. 2535. โรงงานนำทางผลิตภัณฑ์น้ำผลไม้ วท. วารสารการวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 7(1): 73-82.

3. **สนธิสัญญา ธีระชัยชยุติ**, คำรชัย สิทธิธำรงค์, เพ็ญศิริ อนันต์รักสกุล, พรภัทธา ศรีนครคูตร, ยุพาภรณ์ ทับนาโคก. 2536. การวิจัยเครื่องเคลือบแบบต่อเนื่องชนิดเคลือบเต็มสำหรับอาหารขบเคี้ยว. โครงการวิจัยที่ ภ.32-06, สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 36 หน้า

4. **สนธิสัญญา ธีระชัยชยุติ**. 2547. ประเมินผลเทคนิคการแช่แข็งข้าวโพดอ่อน. วารสารพระจอม

เกล้าลาดกระบัง 12(2): 39-41.

5. วารุณี ธนะแพสย์, **สนธิสัญญา ธีระชัยชยุติ**, สุมาพร เกษมสำราญ, and Young Kil Kwon. 2548. การตรวจสอบคุณภาพภายในของส้มโดยวิธีไม่ทำลายด้วยเทคนิคแสงย่านใกล้อินฟราเรดในช่วงคลื่นสั้น. สัมมนาวิชาการ วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว ครั้งที่ 3, 10-11 ตุลาคม 2548, หน้า 57.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. **สนธิสุข ชีระชัยชยติ**, วารุณี ธนะแพสย์, อนุพันธ์ เทอดวงศ์วรกุล, สุมาพร เกษมสำราญ. 2551. การหาปริมาณน้ำตาลที่ละลายน้ำได้ในผลมังคุดแบบไม่ทำลายโดยใช้เทคนิคแสงย่านความยาวคลื่นใกล้อินฟราเรดช่วงคลื่นสั้น. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 39(3 พิเศษ): 156-159.

7. **Teerachaichayut, S., K. Y. Kil, A. Terdwongworakul, W. Thanapase and Y. Nakanishi.** 2007. Non-destructive prediction of translucent flesh disorder in intact mangosteen by short wavelength near infrared spectroscopy. *Postharvest Biology and Technology* 43. 202–206.

8. **Teerachaichayut, S., A. Terdwongworakul, and S. Pathaveerat.** 2008. Multiple Parameters for Prediction of Translucent Flesh in Mangosteens. *Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal*. Vol.X. Manuscript FP 08 007.

9. **Teerachaichayut S., W. Thanapase, K. Shigefuji, T. Otoi, Y. Nitta, S. Saranwong, and S. Kawano.** 2008. Online Near Infrared Detection of Translucent and Gamboge Mangosteen. *Proceeding of The First Asian NIR Symposium and The 24th Japanese NIR Forum*, Tsukuba city, Japan, 10-14 November. 158-159.

10. Kasemsumran, S., W. Thanapase, **S. Teerachaichayut**, A. Terdwongworakul, K. Y. Kil, K. Shigefuji, and Y. Nakanishi. 2006. Nondestructive Internal Quality Evaluation of Thai Orange Fruit using Short Wavelength Near Infrared Spectroscopy. *Japan-Korea Joint Symposium on Near Infrared Spectroscopy*, Hanyang University, Korea, 28-30 June. 284-285.

11. Thanapase, W., S. Kaseamsumran, A. Janhira, **S. Teerachaichayut**, K. Shigefuji, K. Kiji, Y. Nitta, S. Saranwong and S. Kawano. 2009. Recent collaborative researches between Japan and Thailand on NIR applications for Tropical Fruits. *Proceedings of the 25th NIR Forum*. Japan, 13-15 May. 31-35.

12. **Teerachaichayut, S., A. Terdwongworakul, J. Phonudom and W. Uamsatianporn.** 2009. The Robustness of PLS Models for Soluble Solids Content of Mangosteen using Near Infrared Reflectance Spectroscopy. *Global Science Books, Fresh Produce* 3(1): 60–63.

13. **สนธิสุข ชีระชัยชยติ**, วารุณี ธนะแพสย์, อนุพันธ์ เทอดวงศ์วรกุล และ สุมาพร เกษมสำราญ. 2552. การประเมินปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของมังคุดแบบไม่ทำลายโดยใช้แสงย่านความยาวคลื่นใกล้อินฟราเรดช่วงคลื่นสั้น. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 40(1): 55-64.

14. **สนธิสุข ชีระชัยขุติ**, วารุณี ธนะแพสย์ และ อนุพันธ์ เทอดวงศ์วรกุล. 2552. การตรวจสอบคุณภาพภายในของผลมังคุดด้วยสเปกตรัมในย่านความยาวคลื่นใกล้อินฟราเรด. วารสารอุตสาหกรรมเกษตรพระจอมเกล้า. 1(1): 42-48.
15. **สนธิสุข ชีระชัยขุติ**, อนุพันธ์ เทอดวงศ์วรกุล, จุฑามาศ ผลอุดม และวรรณษา เอื้ออมเสถียรพร. 2553. การทำนายอาการเนื้อแก้วจากน้ำมังคุดโดยใช้เทคนิคการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่นใกล้อินฟราเรด. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 41(1 พิเศษ): 385-388.
16. ขนิษฐา แสงแก้ว และ **สนธิสุข ชีระชัยขุติ**, 2553. คุณสมบัติทางกายภาพของเปลือกมังคุดภายหลังการตกกระทบ. วารสารอุตสาหกรรมเกษตรพระจอมเกล้า. 2(1): 27-35.
17. วารุณี ธนะแพสย์, **สนธิสุข ชีระชัยขุติ**, อนุพันธ์ เทอดวงศ์วรกุล, สุมาพร เกษมสำราญ, อาทิตย์ จันทร์หิรัญ, ศิรินนภา ศรีณย์วงศ์, สุมิโอะ คาวาโน, ยูกิ นิดตะ, คาซุเอกิ ชิชิฟูจิ และ คาซุเอกิ คิจิ. 2553. การคัดแยกเนื้อแก้วและยางไหลในมังคุดแบบไม่ทำลายโดยวิธีการวัดการดูดกลืนแสงในย่านใกล้อินฟราเรด. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 41(1 พิเศษ): 369-372.
18. **Teerachaichayut, S.**, A. Terdwongworakul, W. Thanapase, K. Saengkaew and R. Suwapanich. 2010. Feasibility of visible and SW-NIR spectroscopy to detect gamboge disorder in mangosteen fruits. Proceedings of the 2nd Asian Symposium on Near Infrared Spectroscopy, China, 15-18 Oct. 81-82.
19. **Teerachaichayut, S.**, W. Thanapase, S. Kasemsumran, K. Shigefuji, K. Kiji, Y. Nitta, S. Saranwong and S. Kawano. 2010. The methods of illumination and scanning for detecting internal disorders and quality of mangosteen by near infrared spectroscopy. Near Infrared Spectroscopy: Proceedings of the 14th International Conference. IM Publications LLP, West Sussex, UK., 219-223.
20. **สนธิสุข ชีระชัยขุติ**, อนุพันธ์ เทอดวงศ์วรกุล, วารุณี ธนะแพสย์ และ ขนิษฐา แสงแก้ว. 2554. ความเป็นไปได้ในการคัดแยกผลมังคุดเปลือกแข็งแบบไม่ทำลายด้วยเทคนิคการวิเคราะห์พหุตัวแปร. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 42 (1 พิเศษ): 143-146.
21. **Teerachaichayut, S.**, A. Terdwongworakul, W. Thanapase and K. Kiji. 2011. Non-destructive prediction of hardening pericarp disorder in intact mangosteen by near infrared transmittance spectroscopy. Journal of Food Engineering 106: 206-211.

22. **สนธิสุข ชีระชัยชยุติ**. 2554. การตรวจสอบคุณภาพผลไม้โดยใช้เนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโกปี. วารสารอุตสาหกรรมเกษตรพระจอมเกล้า 3(1): 44-52
23. **สนธิสุข ชีระชัยชยุติ**, อนุพันธ์ เทอดวงศัวรรกุล และวารุณี ธนะแพสย์. 2554. ความเป็นไปได้ในการประเมินระดับอาการขงไหลในผลมังคุดแบบไม่ทำลายโดยใช้สมการหลายตัวแปร. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 42 (3 พิเศษ): 173-176.
24. นารถระพี นาคะวัจนะ, อนุพันธ์ เทอดวงศัวรรกุล, อาทิตย์ จันทร์หิรัญ, **สนธิสุข ชีระชัยชยุติ** และ ศิวลักษณ์ ปฐวีรัตน์. 2554. การศึกษาการใช้เทคนิคสเปกโตรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้เพื่อทำนายปริมาณเนื้อแก้วในผลมังคุด. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 42 (1 พิเศษ) : 123-126.
25. Terdwongworakul, A., N. Nakawajana, **S. Teerachaichayut**, A. Janhiran. 2012. Determination of translucent content in mangosteen by means of near infrared transmittance. Journal of Food Engineering 109: 114–119.
26. **Teerachaichayut, S.**, A. Terdwongworakul. 2012. Empirical investigation of the optimal fruit presentation in near infrared transmittance for mangosteen quality evaluation. NIR news 23(1) :8-18.
27. **สนธิสุข ชีระชัยชยุติ**. 2555. การตรวจสอบคุณภาพภายในของผลมังคุดแบบไม่ทำลาย. วารสารการวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 27 (1): 55-60.
28. **Teerachaichayut, S.**, K. Petcharapom and S. Suktanarak. 2012. Calibration model of soluble solids content for Intact Tomato by Transmittance SW-NIR Spectroscopy. Proceedings of the 3rd Asian Symposium on Near Infrared Spectroscopy, Thailand, 14-18 May. 120-121.
29. **Teerachaichayut, S.**, A. Terdwongworakul, K. Keawsumnuk. M. Rangsi and K. Seangkeaw. 2012. A Feasibility Study for the Nondestructive Detection of Granulation in Tangerine Fruit Using a Capacitance based Technique. Proceedings of the CIGR-AgEng 2012: International Conference of Agricultural Engineering, Spain, 8-12 July, P0122.
30. Terdwongworakul A., **S. Teerachaichayut**, S. Noypitak. 2012. Non-Destructive Classification of Translucent Flesh Mangosteen by Near Infrared Interactance. Proceedings of the CIGR-AgEng 2012: International Conference of Agricultural Engineering, Spain, 8-12 July. C0059.

2, 30 สิงหาคม 2556, คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ. 185-190.

39. Kaewsard, S., Kerdpiboon, S., Peuchkamut, Y., Teerachaichayut, S. 2013.

Relationships between Physical property, Chemical composition and Marbling Score of Sirloin Beef Steak. 13th ASEAN Food Conference, 9-11 September 2013, Singapore. *Meeting Future Food Demands: Security & Sustainability*.

40. สนธิสุข ชีระชัยชยุติ. 2556. สถานการณ์ระบบคัดแยกคุณภาพผลไม้สดแบบออนไลน์ในประเทศไทย.วารสารวิชาการเกษตร ปีที่ 31 ฉบับที่ 2 พฤษภาคม-สิงหาคม 2556: 194-210.

41.ปิยะมาศ जानนอก, อธิยาภรณ์ การรุ่งเรือง, อรวรรณ ทองนาค, อัฐพัส जानนอก, ภาณุวัฒน์ ทรัพย์ปรุง และ สนธิสุข ชีระชัยชยุติ. 2556. การทำนายความถ่วงจำเพาะของไข่ไก่ด้วยเทคนิค NIRS. การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานทางวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี ครั้งที่ 4 ณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล อีสาน วิทยาเขตขอนแก่น, 135-139.

42. Siriporn Kaewsard, Yuporn Peuchkamut, Sontisuk Teerachaichayut,

Pramoun Srikalong and Soraya Kerdpiboon. Correlation determination between morphology, chemical compositions and physical properties of sirloin beef steak

43. Sasathorn Srivichien and **Sontisuk Teerachaichayut**. 2014. Comparison of nitrate content in 'Smooth Cayenne' pineapple flesh related to its different cut sections, maturity and crop season. *Journal of Advanced Agricultural Technologies*, Vol. 1, No.1, 65-68.

44. Sasathorn Srivichien and **Sontisuk Teerachaichayut**. 2014. Comparison of nitrate content in 'Smooth Cayenne' pineapple flesh related to its different cut sections, maturity and crop season. *Proceeding of The 4th International Conference on Asia Agriculture and Animal (ICAAA 2014)*, Bangkok, Thailand, June 9-10, 33-36.

45. Sasathorn Srivichien and **Sontisuk Teerachaichayut**. 2014. Quality classification of pineapple based on nitrate level by Vis-NIRS. *Proceeding of The 4th Asian NIR Symposium*, Daegu, Korea, June 17-20, 130-132.

46. **Sontisuk Teerachaichayut**, Isayaporn Kanrungrueng, Orawan Thongnak, Oattharod

Channok, Panuwat Supprung , Piyamart Jannok. 2014. Freshness Prediction of Hen Eggs Using NIR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2014 APCBEES BANGKOK CONFERENCES SCHEDULE



2014 3rd International Conference on Environment, Energy and Biotechnology (ICEEB 2014)
2014 4th International Conference on Asia Agriculture and Animal (ICAAA 2014)
2014 3rd International Conference on Chemical and Process Engineering (ICCPE 2014)
2014 2nd Journal Conference on Bioscience, Biochemistry and Bioinformatics (JCBBB 2014)

Hotel ibis Bangkok Riverside, Bangkok, Thailand on June 9-10, 2014

Chulaongkorn University, Bangkok, Thailand on June 11, 2014

Sponsored and Published by



www.cbees.org

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Comparison of Nitrate Content in 'Smooth Cayenne' Pineapple Flesh Related to Its Different Cut Sections, Maturity and Crop Season

Sasathorn Srivichien and Sontisuk Teerachaichayut

Department of Food Process Engineering, Faculty of Agro-Industry, King Mongkut's Institute of Technology
Ladkrabang, Chalongkrung Road, Ladkrabang, Bangkok 10520, Thailand

Email: sasathorn.s@gmail.com; ktsontis@kmitl.ac.th

Abstract—High nitrate (NO_3) level in pineapple flesh affected to cans. It is one of main problems in pineapple canning factory. Pineapple with high NO_3 content is required to screen out before feeding to a process of the factory. Knowledge of NO_3 content in pineapple is important for quality control due to checking of NO_3 content in pineapple is random. There is still no scientific evidence to support what a suitable procedure for nitrate inspection should be handled. Therefore this research was aimed to study the level of nitrate in difference part of pineapple fruit (top, middle and bottom) related to maturity stage and crop seasons. A batch of 82 pineapple fruits (harvested in summer and rainy season) was used in this research. Each sample was divided into 3 parts (top, middle and bottom). The amount of nitrate in each part of pineapple flesh was determined by HPLC. By statistical analysis, the level of nitrate at different cut sections of pineapple flesh was no significant difference. The nitrate level of pineapple flesh with lower brix and acid ratio ($B/A < 23$) was significantly different to those of flesh with higher brix and acid ratio ($B/A > 23$). The nitrate level of pineapples flesh harvested in summer season was significantly different to those of flesh harvested in rainy season. Therefore, NO_3 content in pineapple wasn't related to cut section but it was related to maturity and crop season.

Index Terms—pineapple, flesh, nitrate, inspection

I. INTRODUCTION

The pineapple is one of main economic fruits in Thailand. In 2013, Thailand was the largest exporter of canned pineapple and concentrated pineapple juice in the world [1]. Smooth Cayenne is one of four main commercial cultivars of pineapple for productions in the world [2]. High level of nitrate (NO_3) may corrode cans and make pineapple juice dark [3]. Nitrate in pineapple flesh occasionally affects the cans, likely by reacting with the tin coating, resulting in a corrosive chemical reaction [4]. Today, high nitrate level is a common problem in Thailand. The trend of finding more pineapples with high level of nitrate in Thailand is becoming more serious [5]. Therefore, nitrate content allowance in pineapple flesh must be controlled by the factory before feeding to the

process. In the real practice of the factory, nitrate content in flesh can be checked randomly at the middle of fruit about 2.5-3.7 centimeters deep from the peel by nitrate strip. However, there is still no scientific evidence to support where a suitable cut section of fruit for nitrate should be checked.

There was a report presented that nitrate level in plant was depended on plant part, stage of maturity and environmental condition [6]. Tomatoes ripened on tree had significantly higher nitrates than tomato ripened after harvest [7]. Nitrate concentration in leaves of young cabbage was lower than older leaves [8]. Ability of nitrate accumulation depends on plant species and plant parts [9]. In Thailand, most of pineapples are harvested by looking at the outside appearances from skilled labors [5]. The peel color of pineapple is used to define maturity stage. The peel color of Smooth Cayenne for maturity determination is classified to 6 stages: CS1= green, CS2 = breaker, CS3 = 25% yellow, CS4 = 50% yellow, CS5 = 75% yellow and CS6 = 100% yellow [10]. However, the index from destructive method, brix and acid ratio (B/A), is mainly used to evaluate quality of pineapple fruit [11]. A research paper reported that the little difference in maturity of pineapple might be obtained the large difference in quality of pineapples [12]. The harvested season perhaps affected to the quality of pineapple fruits [13].

Therefore the purpose of this research was to study the level of nitrate in difference part of pineapple fruit (top, middle and bottom), maturity stage and crop season.

II. MATERIALS AND METHODS

A. Fruit Sampling

Commercial quality fruits as delivered to a pineapple factory of 'Smooth Cayenne' pineapple (0.9 to 1.5kg per fruit and $N=82$) were purchased from farm in Rachaburi province, Thailand. Two crop seasons of summer (March - May, 2013) and rain (July-August, 2013) were selected in this research. Fig. 1, three groups of different peel color (25%, 50% and 75% of yellow) were collected and transported to the laboratory of the Agro-industry Faculty, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok. The samples were kept in the ambient temperature and subjected to analysis within 7 days.

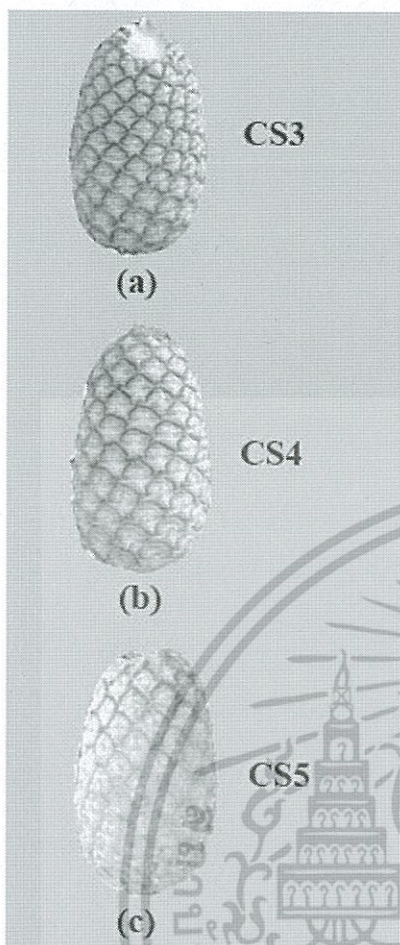


Figure 1. Pineapples were grouping by different peel color: (a) CS3 = 25% yellow, (b) CS4 = 50% yellow and (c) CS5 = 75% yellow.

B. Sample preparation

Each fruit was peeled by a sharp knife. Pineapple flesh was then cut into 3 parts (top, middle and bottom) as shown in Fig. 2.

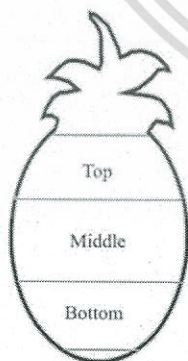


Figure 2. Pineapples were cut into three parts: top, middle and bottom.

Each piece of pineapple flesh was chopped with a knife. Pineapple flesh approximately 5 g was frozen in liquid nitrogen and stored in -20°C until extraction nitrate. Another flesh was used to extract pineapple juice for determine brix and acid ratio (B/A).

C. Nitrate from pineapple flesh determination

Each pineapple flesh sample was then thawed, added with 25 ml mobile phase [5 mM tetrabutylammonium hydrogen sulphate : 0.01 M n-octylamine (90:10)] in a flask with blending by magnetic stirrer for 10 minutes, and filtered by a 0.45 micron syringe applied from Chou et al. [14]. The filtrate sample was then injected to HPLC. HPLC equipped with a UV absorbance detector with gradient elution and a direct UV spectrophotometric method was used for nitrate measurement.

Chromatographic separation was performed on a EurosilBioselect 300-5 C18 column (125x4mm i.d.) (Knauer, Germany). The mobile phase were flowing at 0.5 ml/min, at a temperature at 40°C , volume of 5 μL sample was injected and UV spectrometer (Agilent 1100, United States) at 210 nm was used for nitrate determination [15].

D. Determination of Total Soluble Solids (TSS)

TSS was determined by using a digital refractometer (Atago PAL-3, Japan) and $^{\circ}\text{Brix}$ was recorded.

E. Determination of Titratable Acidity(TA)

TA was estimated by titrating 5 ml of pineapple juice with 0.1 N Sodium hydroxide (NaOH) up to pH 8.2. The amount of NaOH solution using was recorded. The TA was also calculated. The result was reported as % of citric acid applied from Ahmad et. al. [16].

F. Determination of Brix: Acid Ratio

The brix and acid ratio (ripening index) was calculate by using a formula

$$B/A = ^{\circ}\text{Brix value} / \% \text{ of citric acid}$$

G. Statistical Analysis

All data were analysed by using R Statistical Software.

III. RESULTS AND DISCUSSION

A. Nitrate Level in Different Cut Sections of Pineapple Flesh

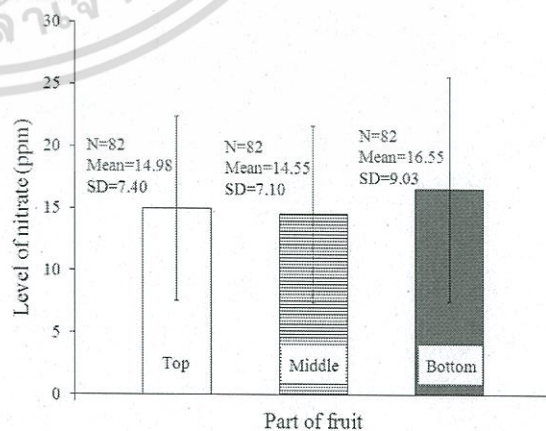


Figure 3. NO_3 content in pineapple flesh at different cut sections of pineapple fruit

Fig. 3 shows the average and deviation of NO_3 content in pineapple flesh from 82 fruits at different cut sections such as top, middle and bottom. It showed that averaged

nitrate at the middle part of pineapple fruits was lowest (14.55 ppm) and the highest averaged nitrate was at the bottom part (16.55 ppm). However the result of statistical analysis showed that NO_3 content at different cut sections of pineapple flesh was no significant difference according to the result of one-way ANOVA ($p > 0.05$). It means that NO_3 content in pineapple flesh can be checked at every part of fruit for quality control of the factory.

B. Effect of Maturity Index by Peel Color on Nitrate Level in Pineapple Flesh

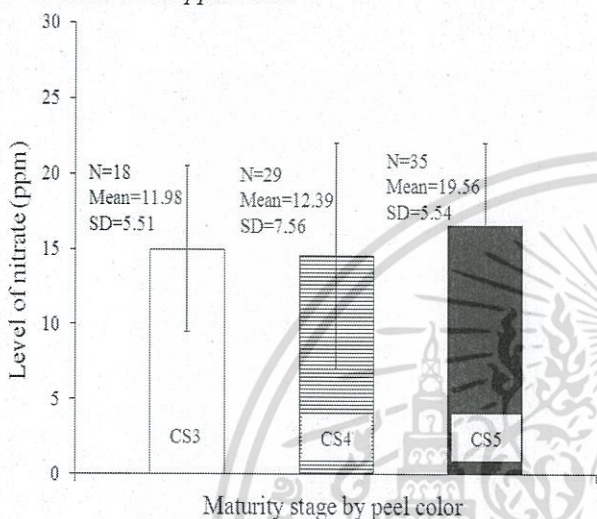


Figure 4. NO_3 content in pineapple flesh at different peel color

Fig. 4 shows the average and deviation of NO_3 content in pineapple flesh from 82 fruits (CS3, N=18, CS4, N=29 and CS5, N= 35). It showed that averaged nitrates of CS3, CS4 and CS5 were 11.98, 12.39 and 19.56 ppm, respectively. The highest averaged nitrate was in CS5 and it was quite different from CS3 and CS4. The result of statistical analysis showed that NO_3 content at different peel color was significant difference according to the result of one-way ANOVA ($p < 0.05$).

C. Effect of Brix: Acid Ratio(B/A) on Nitrate Level in Pineapple Flesh

In Fig. 5, it showed that the level of nitrate in pineapple flesh was related to maturity as indicated by brix and acid ratio. It showed that averaged nitrates of pineapple flesh with lower brix and acid ratio ($B/A < 23$, N= 40) and higher brix and acid ratio ($B/A \geq 23$, N= 42) were 13.98 and 16.68 ppm, respectively. The result of statistical analysis showed that there was significant difference in NO_3 content of pineapple flesh with lower brix and acid ratio and those of flesh with higher brix and acid ratio according to a two tailed t-test ($p < 0.05$). The result showed that pineapple flesh with lower B/A contained lower NO_3 content.

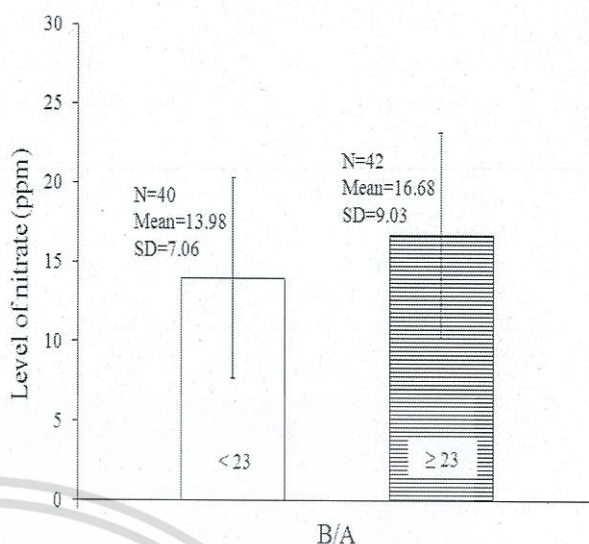


Figure 5. NO_3 content and B/A in pineapple flesh

D. Effect of Season on Nitrate Level in Pineapple Flesh

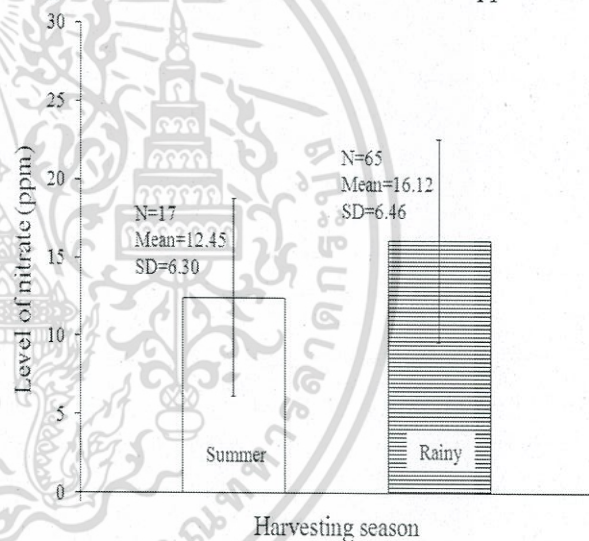


Figure 6. NO_3 content in pineapple flesh in different crop season.

A comparison of nitrate level in pineapple flesh harvesting in summer (N=17) and rainy season (N=65) was considered as shown in Fig. 6. It showed that averaged nitrates of pineapple flesh in summer and rain were 12.45 and 16.12 ppm, respectively. The result of statistical analysis showed that there was significant difference in NO_3 content of pineapple flesh harvested in summer season and those of flesh harvested in rainy season according to a two tailed t-test ($p < 0.05$). The result showed that pineapple flesh harvested in rainy season contained higher NO_3 content. This result was corresponding to a study of Ruksumruad [17] that measured nitrate content in pineapple juice using Ion meter. The results showed averaged nitrate content was 4.9 ppm in pineapple growing in dry season and 215.0 ppm in pineapple growing in rainy season. However,

uptake of nitrate content into pineapple fruit also depended on environment during plantation [18].

IV. CONCLUSION

In summary, NO₃ content of pineapple flesh in different cut section of the fruit was not significantly different. It was interesting that pineapple with more yellow color on peel (75% of yellow) contained higher NO₃ content as well as pineapple with higher brix and acid ratio also contained more NO₃ content. Besides, nitrate level of pineapple flesh harvested in rainy season was higher than those of flesh harvested in summer season. However, the results of nitrate in pineapple flesh perhaps varied due to other factors such as fertilizer and environment. These results were useful for the pineapple canning factory to handle the suitable procedure of nitrate inspection in pineapple.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors would like to thank Faculty of Agro-Industry, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang for financial support.

REFERENCES

- [1] A. Perez and K. Plattner, (July 2013). Fruit and Tree Nuts Outlook. United States Department of Agriculture. *Economic Research Service* FTS-352. [Online]. Available: <http://www.ers.usda.gov/media/826893/fts352.pdf>
- [2] *The Biology and Ecology of Pineapple (Ananas comosus var. comosus) in Australia*. Office of the Gene Technology Regulator, February 2008.
- [3] P. Luksanavimol, P. Limsamutchai, M. Trapying, P. Chongpraditnun, S. Tongtown, and S. Vasunan, "Effect of potassium, magnesium, molybdenum, manganese and organic fertilizer on nitrate content of pineapple fruit," *Proceedings of the XIII International Plant Nutrition Colloquium*, Tokyo, Japan, September 13-19, 1997.
- [4] A. Hepton and A. S. Hodgson, "Processing," in *The Pineapple: Botany, Production and Uses*. D. P. Bartholomew, R. E. Paul and K. G. Rohrbach, Eds, CABI Publishing, 2003, pp. 109-142.
- [5] M. Suhubhaisai, "How can producer organizations help on solving the quality problems that occur in the pineapple processing industry of Thailand," MSc. Thesis, Management Studies, Wageningen Univ., Netherlands, 2010.
- [6] J. A. T. Pennington, "Dietary exposure models for nitrates and nitrites," *Food Control*, vol. 9, no. 6, pp. 385-395, December 1998.
- [7] A. Koukounaras, C. Makridou, and A. S. Siomos, "Tomato fruit quality as affected by ripening on-and off-vine," *Proceedings of the International Conference Environmentally friendly and safe technologies for quality of fruit and vegetables*, Faro, Portugal, January 14-16, 2009.
- [8] European Food Safety Authority (EFSA), "Nitrate in vegetables scientific opinion of the panel on contaminant in the food chain," *The EFSA Journal*, vol. 69, pp. 1-79, April 2008.
- [9] C. Feller and M. Fink, "Nitrate content, soluble solids content, and yield of table beet as affected by cultivar, sowing date and nitrogen supply," *HortScience*, vol. 39, no. 6, pp. 1255-1259, October 2004.
- [10] A. Joomwong, "Assessment of Quality in Relation to Maturity and Cropping Season of Pineapple (*Ananas comosus* cv. *Smooth*

- Cayenne*) Fruit Growing in Northern Thailand," Ph.D. Thesis, Dept. Biology, Chiang Mai Univ., Chiang Mai, Thailand, 2005.
- [11] S. Ranganna, "Handbook of Analysis and Quality Control for Fruit and Vegetable Products," 2nd ed. Tata McGraw-Hill Education, 1986, ch7, pp.175-177.
- [12] J. Pongjanta, A. Nualbunruang, and L. Panchai, "Effect of location and storage time on physicochemical properties of pineapple fruit," *Journal Food Agro-Industry*, vol.10, no.3, pp. 153-160.
- [13] C. Lui, Y. Lui, G. Yi, W. Li, and G. Zhang, "A comparison of aroma components of pineapple fruits ripened in different seasons," *Journal of Agricultural Research*, vol. 6, no. 7, pp. 1771-1778, April 2011.
- [14] S. S. Chou, J. C. Chung, and D. F. Hwang, "A high performance liquid chromatography method for determining nitrate and nitrite levels in vegetables," *Journal of Food and Drug Analysis*, vol. 11, no. 3, pp. 233-238, September 2003.
- [15] *Determination of Nitrite and Nitrate in Fruit and Vegetable Juices by UV Detection*, Application Book, Germany: Knauer GmbH, 2004, pp. 23-24.
- [16] I. Ahmad, M. Usman, S. Rashid, M. K. Saeed, and Inran-ul-Haq, "Evaluation of quality of mango (*Mangifera indica* L.) squashes available in Lahore market," *Pakistan Journal of Food Sciences*, vol. 21, no 1, pp. 67-71, December 2011.
- [17] W. Ruksumruad, "Timing of Potassium Chloride Application on Nitrate Content, Fruit Quality and Yield of Pineapple," MSc. Thesis, Dept. of Agronomy, Kasetsart Univ., Bangkok, Thailand, 2008.
- [18] B. Bose and H.S. Srivastava, "Absorption and accumulation of nitrate in plants: influence of environmental factors," *Indian Journal of Experimental Biology*, vol. 39, no.2, pp. 101-110, February 2001.

Sasathorn Srivichien was born on 23 June 1970 in Bangkok, Thailand. She is a Ph.D. student in Food Science and Technology at Faculty of Agro-Industry, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Thailand. She finished bachelor's degree of science from the Faculty of Agricultural at Rajamangala University of Technology, Bangpra Campus in 1995 and received master's degree in the field of postharvest technology at Chaing Mai University in 2006.



Assoc. Prof. Sontisuk Teerachaichayut was born in Nakornnayok, Thailand and received Ph.D. in the field of Postharvest Technology from Kasetsart University, Thailand in 2007. He is a lecturer in Faculty of Agricultural Industry, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Chalokkrung Road, Ladkrabang Bangkok 10520, Thailand.



Some of his published papers were followings:-
S. Teerachaichayut, K. Y. Kil, A. Terdwongworakul, W. Thanapase and Y. Nakanishi, "Non-destructive prediction of translucent flesh disorder in intact mangosteen by short wavelength near infrared spectroscopy". *Postharvest Biology and Technology*, vol.43, no.2, pp. 202-206, November 2007.
S. Teerachaichayut, A. Terdwongworakul, J. Phonudom and W. Uamsatianporn, "The Robustness of PLS Models for Soluble Solids Content of Mangosteen using Near Infrared Reflectance Spectroscopy". *Global Science Books, Fresh Produce*, vol.3, no. 1, pp. 60-63, May 2009.
S. Teerachaichayut, A. Terdwongworakul, W. Thanapase and K. Kiji, "Non-destructive prediction of hardening pericarp disorder in intact mangosteen by near infrared transmittance spectroscopy". *Journal of Food Engineering*, vol. 106, no.3, pp. 206-211, October 2011.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้