



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2557

การวิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระในกล้วยเล็บมือนาง

Analysis of antioxidant activity in banana *Musa* (AA group)

'Kluai Lab Mu Nung'

นางสาวพรณิภา ย้วยล

นางสาวพัชราภรณ์ ปานดี

นางสาวอรสา ชูละเอียด

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

กันยายน 2558

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ ประจำปีงบประมาณพ.ศ. 2557

การวิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระในกล้วยเล็บมือนาง

Analysis of antioxidant activity in banana *Musa* (AA group)

'Kluai Lab Mu Nung'

นางสาวพรรณิภา ย้วยล

นางสาวพัชรภรณ์ ปานดี

นางสาวอรสา ชูละเอียด

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 142445
วันเดือนปี..... - 4 พ.ศ. 2559

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

สนับสนุนโดย สำนักบริหารโครงการวิจัยส่งเสริมการวิจัย

ในอุดมศึกษาและพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ

สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการ การวิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระในกล้วยเล็บมือนาง
 แหล่งเงิน สำนักบริหารโครงการวิจัยส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและพัฒนามหาวิทยาลัยแห่งชาติ
 ประจำปีงบประมาณ 2557 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 180,000 บาท
 ระยะเวลาทำการวิจัย 2 ปี ตั้งแต่ 1 ตุลาคม 2556 ถึง 30 กันยายน 2558
 ชื่อ-สกุล หัวหน้าโครงการ และผู้ร่วมโครงการวิจัย

นางสาวพรรณนิภา ยั่วยล	หัวหน้าโครงการ	สจล.วิทยาเขตชุมพรเขตอุดมศักดิ์
นางสาวพัชรภรณ์ ปานดี	ผู้ร่วมวิจัย	สจล.วิทยาเขตชุมพรเขตอุดมศักดิ์
นางสาวอรสา ชูละเอียด	ผู้ร่วมวิจัย	สจล.วิทยาเขตชุมพรเขตอุดมศักดิ์

บทคัดย่อ

กล้วยเล็บมือนาง (AA group) ปลูกมากในจังหวัดชุมพร นิยมบริโภคสดและแปรรูป งานวิจัยนี้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางเคมีกายภาพระหว่างการสุกและระหว่างการเก็บเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ ลักษณะสีเปลือกและเนื้อ ความแน่นเนื้อ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในกล้วยเล็บมือนางสามระยะ ดิบ สุกและ สุกอม พบว่าความแน่นเนื้อลดลงจากระยะดิบถึงสุกและสุกอม ของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงขึ้นเมื่อเข้าระยะการสุกและสุกอม ปริมาณกรดเพิ่มขึ้นในระยะสุกและลดลง ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระและปริมาณฟีนอลสูงในระยะสุก ค่า DPPH radical scavenging activity และปริมาณสารฟลาโวนอยด์สูงในระยะกล้วยดิบ ส่วนการเก็บรักษากล้วยสุกที่ 25 และ 13 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 16 วันพบว่า ที่อุณหภูมิการเก็บรักษาที่ 25 องศาเซลเซียส เก็บรักษาเป็นเวลา 8 วัน ที่อุณหภูมิที่ 13 องศาเซลเซียส เก็บรักษาเป็นเวลา 16 วัน อุณหภูมิในการเก็บรักษาไม่มีผลต่อสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพระหว่างการเก็บรักษา การเก็บรักษาที่ 13 องศาเซลเซียส สามารถยืดอายุการเก็บรักษาของกล้วยเล็บมือนางได้

คำสำคัญ กล้วย กล้วยเล็บมือนาง อุณหภูมิเก็บรักษา การเปลี่ยนแปลงทางเคมีกายภาพ และสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ

Research Title: Analysis of antioxidant activity in banana *Musa*(AA group) 'Kluai Leb Mu Nang'

Researcher: Miss Pannipa Youryon, Miss Patcharaporn Pandee and Miss Orasa Choolaaied

Faculty : Prince of Chumphon Campus **Department:** Agricultural Technology

ABSTRACT

Banana *Musa* (AA group) 'Kluai Leb Mu Nang' natively growing in Chumphon province for fresh and processing products. The purpose of this study was to investigate the physicochemical changes of 'Kluai Leb Mue Nang' banana fruit (*Musa* AA group) during ripening. Visual appearance, peel and pulp color, firmness, total soluble solids (TSS) content, total acidity (TA) and bioactive compounds of the fruit at tree stage of ripening including mature green, ripe and overripe stages were monitored. The firmness decreased markedly from mature green stage to ripe stage and then remained constant. TSS increased during ripe stage whilst TA increased at ripe stage and then decreased. The highest total antioxidants capacity and total phenols (TP) content were found in the ripe banana fruit. DPPH scavenging activity remained constant and the highest total flavonoids (TF) content was found in the mature green fruit. The fruit at the onset of ripening stage were kept at 25°C and 13°C and 80%RH for 16 days. The shelf-life of the fruit held at 25°C was 8 days whilst that of the fruit held at 13°C could store for 16 days. The storage temperatures had no effect on the changes in bioactive compounds during storage as all of them decreased and no significant difference in these compounds of both fruit held at 25 °C and 13°C were detected. These suggest that storage at 13°C is a proper temperature extending the shelf-life of the ripe banana fruit.

Keywords : banana fruit, *Musa* AA 'Kluai Leb Mue Nang', storage temperatures, physicochemical changes, and bioactive compounds

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จได้ด้วยดีผู้วิจัยต้องขอขอบคุณบุคลากรทุกส่วน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ คุณกาญจนา ม่วงทองคำ และคุณฮาบีะ สดอหลง เจ้าหน้าที่วิจัยที่ช่วยประสานงาน และนักศึกษาหลักสูตรพีชสวนทุกท่านที่มีส่วนร่วมทำให้ งานวิจัยนี้เสร็จสมบูรณ์ การวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสำนักบริหารโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2557



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	V
สารบัญภาพ	VI
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	1
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย	1
1.4 สมมุติฐาน	1
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	2
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	2
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	7
3.1 พันธุ์พืช	7
3.2 วิธีดำเนินการวิจัย	7
บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล	13
4.1 การทดลองที่ 1 ศึกษาการพัฒนาการสุกของกล้วยเล็บมือนาง	13
4.2 ศึกษาระยะเวลาการพัฒนาและส่วนของผลกล้วยเล็บมือนางต่อปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ	17
4.3 ศึกษาความสามารถต้านอนุมูลอิสระต่ออายุการเก็บรักษากล้วยเล็บมือนาง	23
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	27
บทที่ 6 ผลผลิต	28
6.1 ผลงานบทความตีพิมพ์	28
รายงานสรุปการเงินประจำปีงบประมาณ 2557	29
เอกสารอ้างอิง	30
ภาคผนวก	31
ประวัตินักวิจัย	65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญญัตินำ

Table	หน้า
4.1 The color value ($L^* a^* b^*$) in peel and pulp of 'Kluai Leb Mu Nang'.	14
4.2 Physical and shelf life of 'Kluai Leb Mu Nang'.	15
4.3 Chemical and sensory evaluation of 'Kluai Leb Mu Nang'.	16
4.4 Peel and pulp colour of mature green, ripe and overripe stages of 'Kluai Leb Mu Nang' banana fruit.	18
4.5 Superficial colour of peel and pulp of 'Kluai Leb Mu Nang' banana (<i>Musa AA</i> group) fruit during storage at 25 °C and 13 °C.	24



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

Figure	หน้า
4.1 Appearance of mature green, ripe and overripe 'Kluai Leb Mu Nang' banana	18
4.2 Firmness, total soluble solids (TSS) and total acidity (TA) of mature green, ripe and overripe stages of 'Kluai Leb Mu Nang' banana fruit. Bars represent mean (n=10) ± SD. Samples followed by the same letter were not significantly different ($p>0.05$).	20
4.3 Total antioxidant capacity and DPPH scavenging activity of mature green, ripe and overripe stages of 'Kluai Leb Mu Nang' banana fruit. Bars represent mean (n=10) ± SD. Samples followed by the same letter were not significantly different ($p>0.05$).	21
4.4 Total phenols (TP) (A) and total flavonoids (TF) (B) content of mature green, ripe and overripe stages of 'Kluai Leb Mu Nang' banana fruit. Bars represent mean (n=10) ± SD. Samples followed by the same letter were not significantly different.	22
4.5 Visual appearance of 'Kluai Leb Mu Nang' banana (<i>Musa AA</i> group) fruit at initial day of storage and held at 25°C for 8 days and 13°C for 16 days.	24
4.6 Firmness of 'Kluai Leb Mu Nang' banana (<i>Musa AA</i> group) fruit during storage at 25 and 13 °C. Data represent the mean of ten replications ± SD.C.	25
4.7 Total phenolic (TP) compounds (A) and total flavonoids (TF) content (B) of 'Kluai Leb Mu Nang' banana (<i>Musa AA</i> group) fruit during storage at 25 °C and 13 °C. Data represent the mean of ten replications ± SD.	26
4.8 Total phenolic (TP) compounds (A) and total flavonoids (TF) content (B) of 'Kluai Leb Mu Nang' banana (<i>Musa AA</i> group) fruit during storage at 25 °C and 13 °C. Data represent the mean of ten replications ± SD.	26

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและความเป็นมาของปัญหา

จังหวัดชุมพรเป็นแหล่งปลูกกล้วยเล็บมือนางที่มากที่สุดในประเทศไทย นิยมรับประทานทั้งผลดิบและผลสุกและนอกจากนี้ยังมีการแปรรูป มีรายงานกล้วย Cavendish (AAA group) มีสารประกอบฟีนอลิก และปริมาณสารฟลาโวนอยด์มีมากในส่วนของเปลือกมากกว่าเนื้อ ส่วนสารต้านอนุมูลอิสระสูงในผลดิบมากกว่าผลสุก (Fatmeh et al., 2012) ในกล้วย Nendram (AAB group) มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงกว่ากล้วยในกลุ่ม AAA, AB และ ABB (Basker et al., 2011) สารประกอบในพืช เช่น วิตามินอี วิตามินซี คาร์โรทีนอยด์ และสารประกอบฟีนอลมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ การศึกษาในหลอดทดลองชี้ให้เห็นว่าสารประกอบฟีนอลสามารถจับอนุมูลอิสระได้มากกว่า วิตามินอี วิตามินซี (Rice-Evans et al., 1997) ปัจจุบันไม่มีรายงานเกี่ยวกับสารต้านอนุมูลอิสระในกล้วยเล็บมือนางสายพันธุ์นี้ รวมไปถึงเพิ่มศักยภาพการนำกล้วยเล็บมือนางไปใช้ประโยชน์ และเป็นฐานข้อมูลเบื้องต้นสำหรับผลิตอาหารที่บำรุงร่างกายชะลอการเกิดโรค

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อเปรียบเทียบปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ และสารต้านอนุมูลอิสระในกล้วยเล็บมือนางในแต่ละส่วนและอายุที่ต่างกัน

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

ศึกษาระยะการเก็บเกี่ยวคุณภาพทางกายและองค์ประกอบทางเคมี ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและปริมาณสารฟลาโวนอยด์ในกล้วยเล็บมือนาง

1.4 สมมุติฐาน

กล้วยเล็บมือนางสามารถรับประทานได้ทั้งผลดิบและผลสุกโดยมีรายงานมีสารต้านอนุมูลอิสระที่ต่างกันเมื่อระยะของกล้วยต่างกัน ปัจจุบันการแปรรูปกล้วยเล็บมือนางจะมีของเหลือทิ้งโดยเฉพาะเปลือกทั้งในส่วนของเปลือกผลดิบและผลสุก ดังนั้นจึงวิเคราะห์การต้านอนุมูลอิสระในกล้วยเล็บมือนางที่ระยะการสุกต่างกันและส่วนเปลือกและเนื้อเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐาน

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

จากผลการวิจัยได้ทราบปริมาณคุณภาพทางกายและองค์ประกอบทางเคมี ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและปริมาณสารฟลาโวนอยด์ในกล้วยเล็บมือนาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

กล้วย

กล้วย (Banana) เป็นพืชซึ่งจัดอยู่ใน วงศ์ Musaceae มีอยู่ด้วยกัน 2 สกุล คือ *Musa* และ *Ensete* ในสกุล *Musa* แบ่งออกเป็น 5 ตอน คือ Australianmusa, Callimusa, Eumusa, Rhodochlamys และ Ingentimusa ซึ่งมีถิ่นกำเนิดมาจากกล้วยป่า 2 ชนิด คือ *Musa acuminata* Colla และ *Musa balbissiana* Colla สามารถแบ่งออกได้เป็น 10 ชุดจีโนมในประเทศไทย คือ AA, AAA, AB, AAB, ABB, AAAA, ABBB, AABB, BB และ BBB กล้วยเป็นพืชชอบอากาศร้อนชื้นมีถิ่นกำเนิดแรกอยู่ในเอเชียตอนใต้ตลอดแนว ทั้งอินเดีย พม่า ไทย ลาว กัมพูชา อินโดนีเซีย ฟิลิปปินส์ (เบญจมาศและสุภาพร, 2535 ; เบญจมาศ, 2545 :ศิริธร และคณะ., 2552 ; Nelson et al., 2006 ; Shyamala et al., 2011)

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ลำต้น ลำต้นอยู่ใต้ดินแบบ ไโรโซม (Rhizome) เมื่อผ่าห้วดูด้านในจะพบเป็น 2 ส่วนคือ Central cylinder และ Cortex

ใบ รูปร่างของใบเป็นรูปไข่ยาวและมีขอบขนานกัน ก้านใบยาวประมาณ 50 - 70 เซนติเมตร แผ่นใบมีความยาว 1.7 – 2.5 เซนติเมตร ใบบาลชนิดพบนวลเคลือบหรือก้านใบเปิดเรียกว่าปึก และปึกจะมีสีแตกต่างกันไปทั้งสีเขียว ชมพู เหลือง

ดอก ดอกออกเป็นช่อมีใบประดับเรียกว่า 'ปลี' ดอกจะเจริญจากซ้ายไปขวาจะมีการพัฒนาเจริญสลับกันไปสองแถว ช่อดอกเป็นแบบ Cymose การเรียงของดอกเป็นแบบ Bi-seriate มี 12- 20 ดอกต่อหนึ่งช่อดอก

ผล ผลกล้วยเป็นแบบ Berry รูปร่างกลมยาว ทรงกระบอกมีความยาวตั้งแต่ 3 – 30 เซนติเมตร (ภาพที่ 4) มีทั้งแบบผลตรงและผลโค้ง บางพันธุ์ผลทรงกลมแต่บางพันธุ์อาจมีทรงเหลี่ยม ผลส่วนใหญ่มีสีเขียวและเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเมื่อสุก แต่มีสีอื่นๆ ได้ตามสายพันธุ์ทั้งสี ม่วง แดง น้ำตาล เขียว (เบญจมาศ, 2545 ; Wendy, 2001 ; Scot et al., 2006)

กล้วยเล็บมือนาง

กล้วยเล็บมือนาง *Musa* (AA group) 'Kluai Leb Mu Nang' เป็นพืชจัดอยู่ในวงศ์ Musaceae สกุล *Musa* ตอน Eumusa (Shyamala et al., 2011) มีชุดโครโมโซม 2 ชุดคือ AA เรียกว่า Acuminate cultivar มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า เป็นพืชพันธุ์พื้นเมืองในแถบภาคใต้ของประเทศไทยและเป็นพืชเศรษฐกิจท้องถิ่นที่สำคัญ มีการปลูกมากในจังหวัดชุมพร และนครศรีธรรมราช (Srangsam et al., 2007) นิยมปลูกเป็นการค้าเนื่องจากผลกล้วยเล็บมือนางมีคุณสมบัติเด่นหลายประการ เช่น เนื้อแน่น รสชาติดี ผลเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และเนื้อไม้สีเหลืองทอง กลิ่นหอม ไร้เมล็ด สามารถรับประทานได้ทั้งในรูปผลสด และผลแปรรูป เช่นกล้วยเล็บมือนางฉาบและกล้วยเล็บมือนางอบน้ำผึ้ง (เบญจมาศ, 2545)

อนุมูลอิสระ

อนุมูลอิสระ คือ อะตอม หรือโมเลกุลที่มีอิเล็กตรอนจำนวนคี่ (Unpaired electron) จึงทำให้ไม่เสถียรและว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยาโดยแย่งอิเล็กตรอนจากโมเลกุลอื่นเพื่อให้เกิดการเสถียรทำให้เกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ (chain reaction) สามารถเข้าทำปฏิกิริยากับสารชีวโมเลกุลรอบข้างอันได้แก่ไขมัน โปรตีน และ สารพันธุกรรม (Valko, 2007) สภาวะที่อนุมูลอิสระมากเกินไปก่ออันตรายแก่ร่างกายเรียกสภาวะนี้ว่า Oxidative stress ส่งผลให้เกิดความเสียหายแก่เซลล์ (Papus, 1998) ซึ่งโดยทั่วไปอนุมูลอิสระจะทำปฏิกิริยาโดยการดึงเอาอะตอมไฮโดรเจนมาจากสารโมเลกุลอื่นที่อยู่ข้างเคียงโดยการเพิ่มโมเลกุลของออกซิเจนเข้าไปเพื่อให้เกิดเป็นอนุมูลเปอร์ออกซิล (peroxyl radical) และทำลายองค์ประกอบหลักของเซลล์นำไปสู่การตายของเซลล์ทำลายดีเอ็นเอโดยไปจับกับหมู่ฟอสเฟตและน้ำตาลดีออกซีไรโบส และสามารถแตกพันธะเปปไทด์ของโปรตีน ทำให้โปรตีนทำงานผิดปกติ ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดการกลายพันธุ์และการเกิดมะเร็งอีกทั้งก่อให้เกิดสภาวะการเปลี่ยนแปลงทางพยาธิสภาพของร่างกาย โดยวิทยาศาสตร์ทางการแพทย์เชื่อว่าปฏิกิริยาออกซิเดชันก่อให้เกิดความเสื่อมของร่างกาย และ ก่อโรคต่างๆ ได้แก่ โรคหัวใจและหลอดเลือด การอักเสบ และความชรา ชนิดของอนุมูลอิสระที่มีบทบาททางชีววิทยา แบ่งออกได้ 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่มีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบหลัก (Reactive oxygen species, ROS) กลุ่มที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบหลัก (Reactive nitrogen species, RNS) กลุ่มที่มีคลอรีนเป็นองค์ประกอบหลัก (Reactive chlorine species, RCS) ซึ่งสามารถแบ่งแหล่งที่มาได้ 2 แหล่ง คือ อนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นในร่างกาย และอนุมูลอิสระที่เกิดจากปัจจัยแวดล้อม (โอภา, 2550)

ปฏิกิริยาการเกิดอนุมูลอิสระ

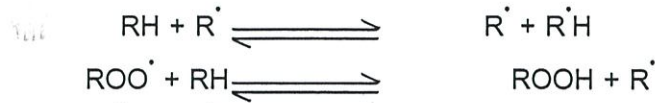
ปฏิกิริยาการเกิดอนุมูลอิสระในสิ่งมีชีวิตเป็นการเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่มีกลไกการเกิดด้วยกัน 3 ขั้นตอน คือ Initiation step, Propagation step, และ Termination step (Roberfroid and Calderon 1995)

ขั้นตอน Initiation step คือปฏิกิริยาการเกิดอนุมูลอิสระซึ่งเกิดจาก Hydrolysis reaction ของแสง รังสี หรือ Single oxygen ก็จะก่อให้เกิด Hydro peroxide ได้เช่นกัน ดังสมการ

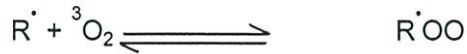


ขั้นตอน Propagation step คือการเกิดปฏิกิริยาการดึงอะตอมไฮโดรเจนจากโมเลกุลข้างเคียงก่อให้เกิดอนุมูลอิสระใหม่เกิดต่อจากกระบวนการ Initiation step เช่น

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ขั้นตอน Termination step คือขั้นตอนที่อนุมูลอิสระ 2 อนุมูลรวมกันเกิดการเสถียรและหยุดยั้งปฏิกิริยาลูกโซ่



ปัจจัยในการเกิดอนุมูลอิสระ

ปัจจัยภายในร่างกาย จากกระบวนการเมแทบอลิซึม กระบวนการขนส่งอิเล็กตรอน การกำจัดสิ่งแปลกปลอมออกจากเซลล์เม็ดเลือดขาว ปฏิกิริยาของโลหะทรานซิชันบางชนิดในร่างกาย ได้แก่ เหล็ก และ ทองแดง และการทำหน้าที่เร่งจากเอนไซม์บางชนิด (Nawar, 1996) ปฏิกิริยาออกซิเดชันที่มีเอ็นไซม์เป็นตัวเร่ง ประกอบด้วยเอนไซม์ที่สำคัญ 2 ชนิดคือ เอนไซม์แซนทีนออกซิเดส และ เอนไซม์ไลโปออกซิจีเนส (Halliwell et al., 1999)

ปัจจัยภายนอกในร่างกาย สามารถเกิดได้จากยารักษาโรค ยาในกลุ่มยาต้านจุลชีพและมะเร็ง รังสี เช่น รังสีแกมมา (γ -ray) รังสีเอ็กซ์ (X-ray) รวมถึงรังสีอัลตราไวโอเล็ตจากแสงอาทิตย์ สารในอากาศ เช่น สารไนโตรเจนออกไซด์ (NO_2) คาร์บอนเตตระคลอไรด์ (CCl_4) และสารอื่นๆ ทั้งจากควันบุหรี่ และมลภาวะในอากาศ และอาหารที่รับประทานเข้าไปจากกระบวนการประกอบอาหาร เช่น การย่างเนื้อสัตว์ ที่มีส่วนประกอบของไขมันสูง การนำน้ำมันที่ใช้ทอดอาหารที่มีอุณหภูมิสูงกลับมาใช้ซ้ำ (Halliwell et al., 2009)

สารต้านอนุมูลอิสระ

สารต้านอนุมูลอิสระ คือ สารเคมีที่มีความสามารถในการรับอิเล็กตรอนเดี่ยวทำให้อิเล็กตรอนนั้นเสถียรและหยุดยั้งปฏิกิริยาของอนุมูลอิสระในร่างกายไม่ก่อให้เกิดความเสียหายแก่เซลล์ (Cornish and Garberry, 2010) สามารถแบ่งตามกลไกการยับยั้งได้เป็น 3 ชนิด ดังนี้ Preventive antioxidant หรือการป้องกันการเกิดอนุมูลอิสระ Scavenging antioxidant คือการทำลายหรือยับยั้งอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้น และ Chain breaking antioxidant คือการทำให้ลูกโซ่ของการเกิดอนุมูลอิสระสิ้นสุดลง และภายในร่างกายของสิ่งมีชีวิตมีกลไกที่สามารถกำจัดอนุมูลอิสระได้ 3 วิธีดังนี้

การทำงานของเอนไซม์ ได้แก่ เอนไซม์กลูต้าไธโอนเปอร์ออกซิเดส (Glutathione peroxidase) เอนไซม์ซูเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเทส (Superoxide dismutase) เอนไซม์กลูต้าไธโอน ทรานส์เฟอเรส (Glutathione S-Transferase)

สารต้านอนุมูลอิสระในร่างกาย ได้แก่สารประกอบของโปรตีนบางอย่าง และ ฮอร์โมนบางชนิด เช่น อัลบูมิน (Albumin) กลูต้าไธโอน (Glutathione) บิลิรูบิน (Bilirubin) แฮพโทโกลบิน (Haptoglobin) ฮีโมเพกซิน (Hemopexin) และฮอร์โมนเอสโตรเจน (Estrogen hormone)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารต้านอนุมูลอิสระในอาหาร ได้แก่ สารพฤกษเคมีบางชนิดในพืช สามารถแบ่งตามกลไกการยับยั้งได้เป็น 3 ชนิด ดังนี้

- 1) Preventive antioxidant ป้องกันการเกิดอนุมูลอิสระ
- 2) Scavenging antioxidant ทำลายหรือยับยั้งอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้น
- 3) Chain breaking antioxidant ทำให้ลูกโซ่ของการเกิดอนุมูลอิสระสิ้นสุดลง

สารต้านอนุมูลอิสระในพืช

สารประกอบฟีนอลิก

สารประกอบฟีนอลิกเป็น Secondary metabolite ที่พืชสังเคราะห์ขึ้น ใช้ในการป้องกันจากสิ่งมีชีวิตและความเครียดจากสิ่งแวดล้อม ตัวอย่างเช่น การได้รับเชื้อโรค หรือการได้รับรังสีสารเหล่านี้จะตอบสนองกลไกการป้องกันตัวเองของพืช (Shetty, 1997) สารประกอบฟีนอลิกจะประกอบด้วยวงแหวนอะโรมาติก(aromatic ring) อย่างน้อย 1วง และมีหมู่ไฮดรอกซิล อยู่บนวงแหวนอะโรมาติก ตัวอย่างของสารประกอบฟีนอลิกเช่น แทนนิน ลิกนิน ไอโซฟลาโวนอยด์ ฟลาโวนอน และแอนโทไซยานิน เป็นต้น จากการรายงานของ Papadopoulou et al. (2005) สารประกอบฟีนอลที่สกัดได้จากไวน์แดง ไวน์ขาว มีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ *Staphelococcus aureus* , *Escherichia coli* และ *Candida albican*

คาร์โรทีนอยด์

คาร์โรทีนอยด์เป็นกลุ่มสารที่ให้สารสีมากที่สุด พบได้ในสาหร่ายและพืชชั้นสูง หน้าที่ของคาร์โรทีนอยด์คือการสังเคราะห์แสง และป้องกันแสงแดดของเนื้อเยื่อพืช มีหน้าที่ทางอ้อมในการป้องกันอนุมูลอิสระเมื่อได้รับแสงและอากาศ นอกจากนี้คาร์โรทีนอยด์ที่พบในหัวและใบ จะเป็นสารตั้งต้นสำหรับการผลิตกรดแอบซิกิก โครงสร้างของคาร์โรทีนอยด์ประกอบด้วย 2 โครงสร้างหลักคือ กลุ่ม hydrocarbon carotene และ oxygenated xanthophylls ในธรรมชาติพบคาร์โรทีนอยด์ได้มากกว่า 700 ชนิด โดยส่วนใหญ่จะเป็นเบต้าแคโรทีนอยด์ (Liaaen- Jensen, 2004)

วิตามินซี

วิตามินซีนิยมใช้ในการต้านอนุมูลอิสระในอาหาร อาหารสัตว์ เครื่องดื่ม เกษษวิชา และการนำไปประยุกต์ใช้ในเครื่องสำอาง วิตามินซีเป็นวิตามินที่ละลายในน้ำ สามารถพบได้ในพืช และสัตว์ส่วนใหญ่ โดยโครงสร้างที่พบอยู่ในรูปของ L- ascorbic acid ในกระบวนการเมทาบอลิซึมของสัตว์ และคน วิตามินซีมีหน้าที่สำคัญเป็น cofactor ของเอนไซม์ในระบบเอนไซม์ต้านอนุมูลอิสระทำหน้าที่ในการขจัดอนุมูลอิสระ และเป็นตัวให้อิเล็กตรอนในระบบการถ่ายทอดอิเล็กตรอน มีส่วนช่วยในการสังเคราะห์คอลลาเจน กระดูก เหงือก ผิวหนัง ฟัน และการรักษาแผล วิตามินซียังมีบทบาทสำคัญในการลดความเสี่ยงจากการเกิด oxidative stress ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญของการเกิดโรค เช่น โรคหัวใจหลอดเลือด โรคมะเร็งหลายชนิด ป้องกันการสูญวัย (Parades – Lopez and Osuna- Castro, 2006) ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กล้วยเล็บมือนาง *Musa* (AA group) 'Kluai Leb Mu Nang' เป็นกล้วยพันธุ์พื้นเมือง ทางภาคใต้ของประเทศไทยปลูกมากในจังหวัดชุมพร เกษตรกรนิยมปลูกเพื่อบริโภคในครัวเรือนและจำหน่าย ปัจจุบันกล้วยเล็บมือนางนิยมรับประทานผลสดทุกระยะ ผลดิบสามารถรับประทานสดร่วมกับมื้ออาหาร ชุปแป้งทอด เป็นผักร่วมประกอบอาหาร ส่วนผลสุกรับประทานสดเนื่องจากมีลักษณะเนื้อที่แน่น รสชาติดี ผลและเนื้อมีสีเหลืองทองมีกลิ่นหอม (Silayoi,2002) สามารถรับประทานได้ทั้งผลดิบและสุก ผลสุกมีรสหวานและย่อยง่ายโดยใช้เวลาย่อย น้อยกว่าส้ม นม และแอปเปิล จึงเหมาะสมที่เป็นอาหารสำหรับทารก หรือผู้ที่มีปัญหาเกี่ยวกับลำไส้ (Simmonds,1966) และมีสารกลุ่มฟีนอลิกสูง และวิตามินซี 1000-3300 มิลลิกรัม/1000กรัม ในกล้วยพันธุ์ Nendram (AAB group) มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงกว่ากล้วยในกลุ่ม AAA, AB และ ABB (Basker et al., 2011) Wills (1984) ได้ศึกษาระยะของกล้วย Cavendish (AAA Group) สายพันธุ์ Williams พบว่าในระยะดิบจะมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าระยะสุก ส่วนปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และปริมาณสารฟลาโวนอยด์ในกล้วย Cavendish จะพบมากในเปลือกมากกว่าเนื้อ และผลดิบมีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าผลสุก (Fatmeh et al.,2012)



บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 พันธุ์พืช

ผลกล้วยเล็บมือนาง *Musa* (AA Group) 'Kluai Leb Mu Nang' จากจังหวัดชุมพร ขนส่งถึงห้องปฏิบัติการหลังการเก็บเกี่ยว สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์

3.2 วิธีดำเนินการวิจัย

3.2.1 การทดลองที่ 1 ศึกษาการพัฒนาการสุกของกล้วยเล็บมือนาง

กล้วยเล็บมือนางอายุการเก็บเกี่ยวหลังกาบปลีแต่ละหิวเปิดเต็มที่ 55 60 และ 65 วัน โดยใช้วิธีที่ 2 – 3 นับจากหิวบนเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและบันทึกผลดังนี้

1) ความแน่นเนื้อ

โดยใช้เครื่องวัดความแน่นเนื้อ (Hardness tester) ขนาด 1 กิโลกรัม หัววัดรูปทรงกระบอก รายงานค่าเป็นนิวตัน

2) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้

โดยใช้เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Digital refractometer) รุ่น PAL-1 บริษัท ATAGO อ่านค่าได้ 0 – 45 เปอร์เซ็นต์

3) ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้

นำเนื้อกล้วยเล็บมือนาง 5 กรัมผสมด้วยน้ำกลั่น 15 มิลลิลิตรผสมให้เข้ากันด้วย Homogenizer นำสารละลายที่ได้ 5 มิลลิลิตรไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.1 N จนถึงจุดยุติ (end point) แล้วคำนวณปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ในรูปของกรดซิตริกเป็นเปอร์เซ็นต์ตามสูตรดังนี้

$$\%TA = (N \text{ NaOH}) (ml \text{ NaOH}) (\text{meq.wt.citric acid}) \times 100 / g \text{ of banana}$$

4) การวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซี

ทำการทดลองวิธีการ 2,4- dinitrophenyl hydrazine method โดยการประยุกต์และดัดแปลงจากการศึกษาตามวิธีการทดลองของ (Roe, 1948) ซึ่งมีวิธีดังนี้

ตัวอย่างกล้วย 5 กรัม Homogenizer ผสมด้วย Metaphosphoric acid (HPO_3) ปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร นำไป Centrifuge นำส่วนสารละลายใสที่ได้มา 0.4 มิลลิลิตรเติมสารละลาย 20 mg/100 ml Metaphosphoric acid (HPO_3) indolphenol 0.2 มิลลิลิตร Vortex ให้เข้ากัน 2-3 นาที แล้วเติม 2% Thiourea 0.4 มิลลิลิตรและ 2% 2,4- dinitrophenyl hydrazine (DNP) บ่มในอ่างน้ำร้อน 37 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง เติม 85% Sulfuric acid 1 มิลลิลิตร บ่มที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที นำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Visible spectrophometer ที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตรและสร้างกราฟมาตรฐานความเข้มข้นของ Ascorbic acid เทียบมาตรฐานความเข้มข้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) การศึกษาค่าสี

วัดสีเปลือกและสีเนื้อกล้วยเล็บมือนางโดยใช้เครื่องวัดสี Chromameter รุ่น CR-400 ของบริษัท Minolta ประเทศญี่ปุ่น ค่าสีในการทดลองรายงานผลเป็นค่า L^* a^* และ b^* ค่าสี L^* คือ ค่าแสดงความสว่างของสี มีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 100 กรณี L^* มีค่าเป็น 0 หมายถึงมีสีดำ (darkness) แต่ถ้ามีค่าเป็น 100 หมายถึงมีสีขาว (lightness) ค่าสี a^* คือความเป็นสีแดงและเขียว (redness/greenness) กรณี a^* มีค่าเป็นบวก หมายถึงมีสีแดง และกรณี a^* มีค่าเป็นลบ หมายถึงมีสีเขียว ค่าสี b^* คือความเป็นสีเหลืองและน้ำเงิน (yellowness/blueness) กรณี b^* มีค่าเป็นบวก หมายถึงมีสีเหลือง และกรณี b^* มีค่าเป็นลบ หมายถึงมีสีน้ำเงิน (Wang et al.,2006)

6) การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

วิเคราะห์คุณภาพการรับประทานโดยความชอบจากผู้ประเมินจำนวน 10 คนมีค่าระดับคะแนนความชอบ 5 ระดับคะแนน

1=ไม่ชอบ

2=ชอบเล็กน้อย

3=ค่อนข้างชอบ

4=ชอบมาก

5=ชอบมากที่สุด

7) ระยะเวลาการเปลี่ยนแปลงจากผลดิบถึงผลสุก โดยนับเวลาหลังทำการทดลองจนถึงระยะกล้วยเล็บมือนางเปลี่ยนแปลงสีผิวจากสีเขียว เป็นสีเหลืองสุกทั้งผลเป็นที่ต้องการของ

ผู้บริโภค

และ พร้อมที่จะบริโภค

8) ระยะเวลาหลังสุกถึงเสื่อมสภาพ

9) อื่น ๆ

3.2.2 การทดลองที่ 2 ศึกษาระยะเวลาการพัฒนารวมและส่วนของผลกล้วยเล็บมือนางต่อปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ

เลือกอายุการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมจากการทดลองที่ 1 ระยะการพัฒนารวมของกล้วย (ดิบ สุก และสุกอม) วางแผนการทดลองแบบ Completely random design (CRD) โดยบันทึกผลการทดลองดังนี้

1) การศึกษาค่าสี

วัดสีเปลือกและสีเนื้อกล้วยเล็บมือนางโดยใช้เครื่องวัดสี Chromameter รุ่น CR-400 ของบริษัท Minolta ประเทศญี่ปุ่น ค่าสีในการทดลองรายงานผลเป็นค่า L^* a^* และ b^* ค่าสี L^* คือ ค่าแสดงความสว่างของสี มีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 100 กรณี L^* มีค่าเป็น 0 หมายถึงมีสีดำ (darkness) แต่ถ้ามีค่าเป็น 100 หมายถึงมีสีขาว (lightness) ค่าสี a^* คือความเป็นสีแดงและเขียว (redness/greenness) กรณี a^* มีค่าเป็นบวก หมายถึงมีสีแดง และกรณี a^* มีค่าเป็นลบ หมายถึงมีสีเขียว ค่าสี b^* คือความเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สีเหลืองและน้ำเงิน (yellowness/blueness) กรณี b^* มีค่าเป็นบวก หมายถึงมีสีเหลือง และกรณี b^* มีค่าเป็นลบ หมายถึงมีสีน้ำเงิน (Wang et al., 2006)

2) การวิเคราะห์หาปริมาณ Total phenolic compound content (TPC)

การสกัดสารจากกล้วยน้ำว้าโดยใช้ กล้วยน้ำว้า 5 กรัม ผสมกับ น้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร บั่นให้เข้ากันด้วย Homogenizer นำไปเหวี่ยงให้ตกตะกอนด้วยเครื่อง Centrifuge จากนั้นนำสารสกัดที่ได้มาทำการทดลองดังนี้

สารสกัดจากกล้วยน้ำว้า 1 มิลลิลิตรผสมกับสาร Folin-ciocalteu reagent 10% 1 มิลลิลิตร vortex ให้เข้ากันรอ 30 นาทีเติม NaCO_3 7.5 % 2 มิลลิลิตร Vortex ให้เข้ากันวัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Visible spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 750 นาโนเมตร (Supapvanich et al., 2012)

จากนั้นเตรียมสาร Gallic acid ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระมาตรฐานให้มีความเข้มข้น 20 40 60 80 และ 100 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร นำมาวัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง visible spectrophotometer ที่ความยาวคลื่นเดียวกันเพื่อสร้างกราฟมาตรฐานความเข้มข้นของ Gallic acid (Slinkard et al., 1997; Supapvanich et al., 2012)

3) การวิเคราะห์หาปริมาณ Total flavonoid content (TFC)

การสกัดสารจากกล้วยน้ำว้าโดยใช้ Methanol เป็นตัวทำละลาย โดยใช้ กล้วยน้ำว้า 5 กรัม ผสม กับ Methanol 25 มิลลิลิตร บั่นให้เข้ากันด้วย homogenizer จากนั้นนำไปเหวี่ยงให้ตกตะกอนด้วยเครื่อง Centrifuge นำสารสกัดที่ได้มาทำการทดลองดังนี้

ปิเปตสารสกัดจากกล้วยน้ำว้า 0.25 มิลลิลิตร เจือจางด้วยน้ำกลั่น 1.25 มิลลิลิตร เติม 0.75 มิลลิลิตร NaNO_2 ความเข้มข้น 0.5 % ผสมให้เข้ากันทิ้งไว้ 5 นาที เติม 0.15 มิลลิลิตร AlCl_3 ความเข้มข้น 10% จากนั้นเติม 0.5 มิลลิลิตร NaOH ความเข้มข้น 1 โมลาร์ Vortex ให้เข้ากันจากนั้นวัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง visible spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 510 นาโนเมตร (Slinkard et al., 1997; Supapvanich et al., 2012)

จากนั้นเตรียมสาร Catechin ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระมาตรฐาน ให้มีความเข้มข้น 10-100 ppm นำมาวัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง visible spectrophotometer ที่ความยาวคลื่นเดียวกันเพื่อสร้างกราฟมาตรฐานความเข้มข้นของ Catechin (Slinkard et al., 1997; Supapvanich et al., 2012)

4) วิธี DPPH scavenging assay

การสกัดสารจากกล้วยน้ำว้าโดยใช้ Methanol เป็นตัวทำละลาย โดยใช้ กล้วยน้ำว้า 5 กรัม ผสม กับ Methanol 50 มิลลิลิตร บั่นให้เข้ากันด้วย homogenizer จากนั้นนำไปเหวี่ยงให้ตกตะกอนด้วยเครื่อง Centrifuge นำสารสกัดที่ได้มาทำการทดลอง ดังนี้

สารสกัดจากกล้วยน้ำว้า 5 มิลลิลิตรผสมกับ 1 มิลลิโมลาร์ DPPH solution ผสมให้เข้ากันด้วย Vortex แล้วนำมาวัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Visible spectrophotometer ทันทีที่ความยาวคลื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

517 นาโนเมตร ได้ค่า A_0 จากนั้นตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องในที่มืด เป็นเวลา 30 นาที นำมาวัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง visible spectrophotometer ได้ค่า A_{30} แล้วคำนวณเปอร์เซ็นต์การยับยั้ง DPPH ตามสูตร (Supapvanich et al., 2012)

$$\text{DPPH radical scavenging activity (\%)} = [(A_0 - A_{30}) / A_0] \times 100$$

A_0 = ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างที่ 0 นาที

A_{30} = ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างที่ 30 นาที

5) วิธี Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP)

การสกัดสารจากกล้วยน้ำว้าโดยใช้ Methanol เป็นตัวทำละลาย โดยใช้ กล้วยน้ำว้า 5 กรัม ผสมกับ Methanol 25 มิลลิลิตร ปั่นให้เข้ากันด้วย homogenizer จากนั้นนำไปเหียงให้ตกตะกอนด้วยเครื่อง Centrifuge นำสารสกัดที่ได้มาทำการทดลองดังนี้

FRAP reagent มาใช้ให้ผสมสาร Stock A B C เข้าด้วยกันในอัตราส่วน A:B:C 10:1:1 พร้อมเติมสารสกัดจากกล้วย 0.3 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันดีพร้อมกับเขย่า แล้วนำไปบ่มด้วย เป็นเวลา 30 นาที นำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV-visible spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร จากนั้นเตรียมสาร Trolox ให้มีความเข้มข้น 25 50 100 300 500 และ 800 ไมโครลิตร นำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV-visible spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 630 nm (Benzie and Strain, 1996 ; Supapvanich et al., 2012)

6) อื่น ๆ

3.2.3 การทดลองที่ 3 ศึกษาความสามารถต้านอนุมูลอิสระต่ออายุการเก็บรักษากล้วยเล็บมือนาง

กล้วยเล็บมือนางหลังจากสุกแล้ว เฉพาะหวีที่ 2 – 4 นับจากหวีบน เก็บรักษาที่ 13 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส วางแผนการทดลองแบบ Completely random design (CRD) โดยบันทึกผลการทดลองเช่นเดียวกับการทดลองที่ 2

1) การศึกษาค่าสี

วัดสีเปลือกและสีเนื้อกล้วยเล็บมือนางโดยใช้เครื่องวัดสี Chromameter รุ่น CR-400 ของบริษัท Minolta ประเทศญี่ปุ่น ค่าสีในการทดลองรายงานผลเป็นค่า L^* a^* และ b^* ค่าสี L^* คือ ค่าแสดงความสว่างของสี มีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 100 กรณี L^* มีค่าเป็น 0 หมายถึงมีสีดำ (darkness) แต่ถ้ามีค่าเป็น 100 หมายถึงมีสีขาว (lightness) ค่าสี a^* คือความเป็นสีแดงและเขียว (redness/greenness) กรณี a^* มีค่าเป็นบวก หมายถึงมีสีแดง และกรณี a^* มีค่าเป็นลบ หมายถึงมีสีเขียว ค่าสี b^* คือความเป็นสีเหลืองและน้ำเงิน (yellowness/blueness) กรณี b^* มีค่าเป็นบวก หมายถึงมีสีเหลือง และกรณี b^* มีค่าเป็นลบ หมายถึงมีสีน้ำเงิน (Wang et al., 2006)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) การวิเคราะห์หาปริมาณ Total phenolic compound content (TPC)

การสกัดสารจากกล้วยน้ำว้าโดยใช้ กล้วยน้ำว้า 5 กรัม ผสมกับ น้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร บั่นให้เข้ากันด้วย Homogenizer นำไปเหวี่ยงให้ตกตะกอนด้วยเครื่อง Centrifuge จากนั้นนำสารสกัดที่ได้มาทำการทดลองดังนี้

สารสกัดจากกล้วยน้ำว้า 1 มิลลิลิตรผสมกับสาร Folin-ciocalteu reagent 10% 1 มิลลิลิตร vortex ให้เข้ากันรอ 30 นาทีเติม NaCO_3 7.5 % 2 มิลลิลิตร Vortex ให้เข้ากันวัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Visible spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 750 นาโนเมตร (Supapvanich et al., 2012)

จากนั้นเตรียมสาร Gallic acid ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระมาตรฐานให้มีความเข้มข้น 20 40 60 80 และ 100 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร นำมาวัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง visible spectrophotometer ที่ความยาวคลื่นเดียวกันเพื่อสร้างกราฟมาตรฐานความเข้มข้นของ Gallic acid (Slinkard et al., 1997; Supapvanich et al., 2012)

3) การวิเคราะห์หาปริมาณ Total flavonoid content (TFC)

การสกัดสารจากกล้วยน้ำว้าโดยใช้ Methanol เป็นตัวทำละลาย โดยใช้ กล้วยน้ำว้า 5 กรัม ผสม กับ Methanol 25 มิลลิลิตร บั่นให้เข้ากันด้วย homogenizer จากนั้นนำไปเหวี่ยงให้ตกตะกอนด้วยเครื่อง Centrifuge นำสารสกัดที่ได้มาทำการทดลองดังนี้

เปิดสารสกัดจากกล้วยน้ำว้า 0.25 มิลลิลิตร เจือจางด้วยน้ำกลั่น 1.25 มิลลิลิตร เติม 0.75 มิลลิลิตร NaNO_2 ความเข้มข้น 0.5 % ผสมให้เข้ากันทิ้งไว้ 5 นาที เติม 0.15 มิลลิลิตร AlCl_3 ความเข้มข้น 10% จากนั้นเติม 0.5 มิลลิลิตร NaOH ความเข้มข้น 1 โมลาร์ Vortex ให้เข้ากันจากนั้นวัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง visible spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 510 นาโนเมตร (Slinkard et al., 1997; Supapvanich et al., 2012)

จากนั้นเตรียมสาร Catechin ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระมาตรฐาน ให้มีความเข้มข้น 10-100 ppm นำมาวัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง visible spectrophotometer ที่ความยาวคลื่นเดียวกันเพื่อสร้างกราฟมาตรฐานความเข้มข้นของ Catechin (Slinkard et al., 1997; Supapvanich et al., 2012)

4) วิธี DPPH scavenging assay

การสกัดสารจากกล้วยน้ำว้าโดยใช้ Methanol เป็นตัวทำละลาย โดยใช้ กล้วยน้ำว้า 5 กรัม ผสม กับ Methanol 50 มิลลิลิตร บั่นให้เข้ากันด้วย homogenizer จากนั้นนำไปเหวี่ยงให้ตกตะกอนด้วยเครื่อง Centrifuge นำสารสกัดที่ได้มาทำการทดลอง ดังนี้

สารสกัดจากกล้วยน้ำว้า 5 มิลลิลิตรผสมกับ 1 มิลลิโมลาร์ DPPH solution ผสมให้เข้ากันด้วย Vortex แล้วนำมาวัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Visible spectrophotometer ทันทีที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ได้ค่า A_0 จากนั้นตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องในที่มืด เป็นเวลา 30 นาที นำมาวัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง visible spectrophotometer ได้ค่า A_{30} แล้วคำนวณเปอร์เซ็นต์การยับยั้ง DPPH ตามสูตร

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Supapvanich et al., 2012)

$$\text{DPPH radical scavenging activity (\%)} = [(A_0 - A_{30}) / A_0] \times 100$$

A_0 = ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างที่ 0 นาที

A_{30} = ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างที่ 30 นาที

5) วิธี Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP)

การสกัดสารจากกล้วยน้ำว้าโดยใช้ Methanol เป็นตัวทำละลาย โดยใช้ กล้วยน้ำว้า 5 กรัม ผสม กับ Methanol 25 มิลลิลิตร ปั่นให้เข้ากันด้วย homogenizer จากนั้นนำไปเหวี่ยงให้ตกตะกอนด้วย เครื่อง Centrifuge นำสารสกัดที่ได้มาทำการทดลองดังนี้

FRAP reagent มาใช้ให้ผสมสาร Stock A B C เข้าด้วยกันในอัตราส่วน A:B:C 10:1:1 พร้อม เติมสารสกัดจากกล้วย 0.3 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันดีพร้อมกับเขย่า แล้วนำไปปมด้วย เป็นเวลา 30 นาที นำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV-visible spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร จากนั้นเตรียมสาร Trolox ให้มีความเข้มข้น 25 50 100 300 500 และ 800 ไมโครลิตร นำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV-visible spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 630 nm (Benzie and Strain, 1996 ; Supapvanich et al., 2012)

5) อายุการเก็บรักษา

6) อื่น ๆ

บทที่ 4

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

4.1 การทดลองที่ 1 ศึกษาการพัฒนาการสุกของกล้วยเล็บมือนาง

1) สีเปลือกและสีเนื้อกล้วยเล็บมือนาง

จากการศึกษาสีเปลือกกล้วยเล็บมือนางที่ระยะการเก็บเกี่ยวผลอายุ 55 60 และ 65 วันหลังการดอกบานเต็มที่หลังการเก็บรักษาทุก ๆ 3 วัน พบว่ากล้วยเล็บมือนางในวันแรกของการเก็บรักษาทั้งระยะการเก็บเกี่ยวผลที่อายุ 55 60 และ 65 วันมีค่า L^* a^* และ b^* ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ค่าความสว่าง (L^*) ของเปลือกกล้วยเล็บมือนางมีค่าความสว่างอยู่ในช่วง 39.17 ถึง 41.65 ในวันแรกและเพิ่มขึ้นเป็น 50.25 ถึง 62.51 ในวันที่ 3 และเพิ่มขึ้นเป็น 72.45 ถึง 75.85 ในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา ผลกล้วยเล็บมือนางสุกเพิ่มขึ้นเมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นเนื่องจากสีเปลือกที่เปลี่ยนแปลงไปจากผลดิบสีเขียวเป็นผลสุกสีเหลืองซึ่งสีเหลืองมีค่าความสว่างมากกว่าสีเขียว

ค่า a^* ของเปลือกกล้วยเล็บมือนางมีค่าอยู่ในช่วง -18.01 ถึง -18.39 ในวันแรกและเปลี่ยนเป็น -14.68 ถึง -19.69 ในวันที่ 3 และเพิ่มขึ้นเป็น 3.66 ถึง 5.39 ในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา ผลกล้วยเล็บมือนางสุกเพิ่มขึ้นเมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นเนื่องจากค่า a^* ที่เป็นลบซึ่งบ่งบอกความเป็นสีเขียวลดลงตามอายุของการเก็บรักษาและเป็นบวกในวันที่ 6 แสดงว่าความเป็นสีเขียวหมดไป

ค่า b^* ของเปลือกกล้วยเล็บมือนางมีค่าอยู่ในช่วง 32.29 ถึง 32.70 ในวันแรกและเพิ่มขึ้นเป็น 35.21 ถึง 46.25 ในวันที่ 3 และเพิ่มขึ้นเป็น 53.31 ถึง 60.01 ในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา ผลกล้วยเล็บมือนางสุกเพิ่มขึ้นเมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นเนื่องจากค่า b^* ที่เป็นบวกซึ่งบ่งบอกความเป็นสีเหลืองเพิ่มขึ้นตามอายุของการเก็บรักษาซึ่งผลกล้วยเล็บมือนางสุกเพิ่มขึ้น Castellanos and Algecira., (2012) ศึกษาสีเปลือกในกล้วย *Musa acuminata* AA ในระยะสุกที่มีสีผลเหลือง 100 เปอร์เซ็นต์ พบว่ามีค่าเป็นดังนี้ $L^* = 73.9$ $a^* = 6.9$ และ $b^* = 41.9$ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองครั้งนี้ที่ศึกษากล้วยเล็บมือนางซึ่งเป็นชุดจีโนมเดียวกันคือ *Musa acuminata* AA พบว่าเมื่อสุกมีค่า L^* , a^* และ b^* ที่ใกล้เคียงกันในวันที่ 6 ของการเก็บรักษาซึ่งผลกล้วยสุกเต็มที่ (Table 1)

จากการศึกษาสีเนื้อกล้วยเล็บมือนางที่ระยะการเก็บเกี่ยวผลที่อายุ 55 60 และ 65 วันหลังการเก็บรักษาทุก ๆ 3 วัน พบว่ากล้วยเล็บมือนางในวันแรกของการเก็บรักษาทั้งระยะการเก็บเกี่ยวผลที่อายุ 55 60 และ 65 วันมีค่า L^* a^* ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติแต่ค่า b^* มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระยะการเก็บเกี่ยวผลอายุ 55 วันมีค่า b^* ต่ำกว่าที่อายุ 60 และ 65 วัน เมื่อผ่านไปวันที่ 3 พบว่าการเปลี่ยนแปลงค่า L^* a^* b^* เปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ในวันที่ 6 มีค่า L^* a^* b^* สูงขึ้นจากวันที่ 3 เล็กน้อย

ค่าความสว่าง (L^*) ของเนื้อกล้วยเล็บมือนางมีค่าอยู่ในช่วง 77.89 ถึง 83.85 ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติจึงสรุปได้ว่าตลอดการเก็บรักษาเนื้อกล้วยเล็บมือนางไม่เปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง

ค่า a^* และค่า b^* ของเนื้อกล้วยเล็บมือนางมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยมีค่า a^* อยู่ในช่วง (-0.90) – 0.81 และค่า b^* อยู่ในช่วง 25.51 – 30.22 ตลอดการเก็บรักษาแต่กล้วยเล็บมือนางที่อายุ 55 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันหลังดอกบานเต็มที่สามารถเก็บรักษาได้อีกถึง 9 วันโดยมีค่า L^* a^* b^* ไม่แตกต่างกันหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 วัน (Table 4.1)

Table 4.1 The color value (L^* a^* b^*) in peel and pulp of 'Kluai Leb Mu Nang'.

Days after fruit emergence	Peel			Pulp		
	L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*
Day 0						
65	41.95	-18.39	32.94	82.56	-0.05	27.51 ^a
60	41.65	-18.32	32.29	83.85	0.81	27.57 ^a
55	39.17	-18.01	32.70	82.18	0.43	25.51 ^b
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	*
Day 3						
65	62.51 ^a	-14.68 ^a	46.25 ^a	80.78	0.74	26.76
60	51.15 ^b	-19.69 ^b	35.21 ^b	79.70	0.61	27.92
55	50.25 ^b	-18.97 ^b	35.38 ^b	77.89	-0.49	27.24
F-test	**	**	**	ns	ns	ns
Day 6						
65	72.45 ^b	5.39 ^a	53.31	80.25	-0.77 ^b	29.98
60	73.79 ^a	3.95 ^b	59.96	79.70	0.60 ^a	27.92
55	75.85 ^a	2.66 ^c	60.01	79.86	-0.90 ^b	30.22
F-test	**	**	ns	ns	**	ns

Means with different lower letters within the same column are significantly different

ns: non significant, ** significant difference at $P \leq 0.05$

2) คุณสมบัติทางกายภาพในผลกล้วยเล็บมือนาง

การศึกษาคุณภาพทางกายภาพที่อายุการเก็บเกี่ยวผลกล้วยเล็บมือนางอายุ 55 60 และ 65 วันหลังดอกบานเต็มที พบว่าขนาดผลทั้งความกว้างและความยาวของแต่ละอายุมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งเมื่ออายุวันในการเก็บเกี่ยวเพิ่มขึ้นผลกล้วยมีขนาดใหญ่ขึ้น ความกว้างผลอยู่ที่ 2.05, 2.16 และ 2.37 เซนติเมตร ความยาวผล 8.89, 9.46 และ 10.17 เซนติเมตร ตามลำดับ ที่อายุ 55 60 และ 65 วันตามลำดับ ความแน่นเนื้อของผลกล้วยพบว่าทุกอายุการเก็บเกี่ยวผลกล้วยเล็บมือนางทั้งอายุ 55 60 และ 65 วันไม่มีความแตกต่างทางสถิติ จากการศึกษาของ Taper and Jain., 2012 กล้วย *Musa* sp 'Robusta' พบว่าระยะการสุกที่แตกต่างกันปริมาณความแน่นเนื้อมีความแตกต่างกันดังนี้ ที่ระยะสุกระดับ 5 ระดับ 6 และระดับ 7 มีความแน่นเนื้อ 37.29 N, 27.35 N, และ 22.57 N ตามลำดับ โดยระดับการสุกที่เพิ่มมากขึ้นความแน่นเนื้อยิ่งลดลงแสดงว่ากล้วยอ่อนนุ่มลงเมื่อสุกเพิ่มขึ้นสอดคล้องกับคำไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Siriboon and Banlusilp. (2004) ศึกษาระยะเวลาการสุกของกล้วยน้ำว้าโดยวัดความแน่นเนื้อผลทุกวันของการเก็บรักษาพบว่าความแน่นเนื้อของกล้วยลดลงเมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นเนื่องจากกล้วยเกิดกระบวนการสุกทำให้ผลอ่อนนุ่มลง ระยะเวลาในการพัฒนาผลจากผลดิบเป็นผลสุกอยู่ที่ 3.35 – 5.11 วัน ซึ่งอายุการเก็บเกี่ยวผลกล้วยเล็บมือนางเพิ่มขึ้นส่งผลให้ผลกล้วยเล็บมือนางสุกโดยมีระยะวันเฉลี่ยแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง แต่เมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาสุกจนผลเสื่อมสภาพไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภคพบว่าอยู่ที่ 6.75 – 7.25 วันและไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ น้ำหนักผลไม่ว่าอายุการเก็บเกี่ยว 55, 60 หรือ 65 วันหลังดอกบานเต็มที่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติมีน้ำหนักอยู่ระหว่าง 28.49 – 29.79 กรัม (Table 4.2)

Table 4.2 Physical and shelf life of 'Kluai Leb Mu Nang'.

Days after blooming	Texture (N)	Size (cm)		Weight (g)	Ripening (Day)	Senescent (Day)	Shelf life (Day)
	Pulp	Long	Wide				
55	50.47	8.89 ^b	2.05 ^b	28.49	5.11 ^a	6.75	10.22 ^a
60	51.99	9.46 ^b	2.16 ^b	29.79	4.66 ^a	7.25	9.73 ^a
65	42.54	10.17 ^a	2.37 ^a	29.04	3.35 ^b	7.00	7.70 ^b
F- test	ns	**	**	ns	**	ns	**

Means with different lower letters within the same column are significantly different

ns: non significant, ** significant difference at $P \leq 0.05$

3) คุณภาพทางเคมีในผลกล้วยเล็บมือนาง

การศึกษาคุณภาพทางเคมีที่อายุการเก็บเกี่ยวผลกล้วยเล็บมือนาง 55 60 และ 65 วัน หลังดอกบานเต็มที่ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และปริมาณวิตามินซีทั้งหมดทั้ง 3 อายุการเก็บเกี่ยว โดยปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้อยู่ที่ 8.36 , 10.07 และ 11.03 °Brix ในอายุการเก็บเกี่ยวผลกล้วยเล็บมือนาง 55 60 และ 65 วันตามลำดับ ปริมาณวิตามินซีทั้งหมดอยู่ที่ 213.52, 185.91 และ 214.03 µg/ml Ascorbic acid มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ในอายุการเก็บเกี่ยวผลกล้วยเล็บมือนาง 55 60 และ 65 วันตามลำดับ ปริมาณกรดทั้งหมดมีความแตกต่างกันทางสถิติในอายุการเก็บเกี่ยวผลกล้วยเล็บมือนาง 65 วันมีปริมาณกรดสูงสุดถึง 1.29 และ 1.21 ในอายุการเก็บเกี่ยวผลกล้วยเล็บมือนาง 60 วัน และ 0.98 อายุการเก็บเกี่ยวผลกล้วยเล็บมือนางที่ 55 วัน การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยมีคะแนนความชอบรวมอยู่ที่ 3.75 – 4 จากระดับ 5คะแนน ซึ่งอายุการเก็บเกี่ยวผลกล้วยเล็บมือนาง 60 และ 65 วัน มีค่าคะแนนสูงกว่าอายุการเก็บเกี่ยวผลกล้วยเล็บมือนาง 55 วันโดยไม่

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 3) Swami et al., 2012 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีในกล้วยต่างสายพันธุ์ 7 สายพันธุ์ในประเทศอินเดียดังนี้ Rasthali, Saba, Bluggoe, Rajapuri, Chandrabali, Udhyam และ Grand naine ซึ่งมีปริมาณกรด ตามลำดับดังนี้ 1.87, 1.84, 1.88, 1.85, 1.78, 1.83 และ 1.73 ตามลำดับ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Brix) ตามลำดับดังนี้ 5.29 5.10 5.14 5.24 5.19 5.57 และ 5.75 ปริมาณวิตามินซีทั้งหมด (mg/100g) ตามลำดับดังนี้ 6.52 7.32 7.42 6.75 6.22 7.69 และ 7.51 ซึ่งมีปริมาณกรด TA (%) และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ TSS มีปริมาณที่สอดคล้องใกล้เคียงกับกล้วยเล็บมือนางที่มี ปริมาณกรด (TA) 0.98 – 1.29 % และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 8.36 – 11.03 °Brix Taper and Jain., (2012) ศึกษาปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) และปริมาณกรด (TA) ในกล้วย 'Robusta' ที่ระยะสุกระดับ 5, 6, และ 7 พบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ TSS เป็นดังนี้ 19.2 20.73 และ 23.07 ในระยะการสุกระดับ 5 ระดับ 6 และระดับ 7 ตามลำดับ และปริมาณกรด TA เป็นดังนี้ 0.37 0.41 และ 0.48 ในระยะการสุกระดับ 5 ระดับ 6 และระดับ 7 ตามลำดับ ซึ่งหากเปรียบเทียบกับกล้วยเล็บมือนางแล้วปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในกล้วย 'Robusta' มีปริมาณสูงกว่าเป็นเท่าตัวซึ่งกล้วย 'Robusta' แต่ปริมาณกรดในกล้วยเล็บมือนางกลับมีปริมาณกรดสูงกว่า 'Robusta' ถึงสองเท่าแต่มีความสอดคล้องกันโดยระยะการสุกที่เพิ่มขึ้นปริมาณกรดยิ่งสูงขึ้น อีกทั้ง Siriboon and Banlusilp. (2004) ศึกษาระยะเวลาสุกของกล้วยน้ำว้าโดยการเก็บรักษาและวัดปริมาณกรดและของแข็งที่ละลายน้ำได้พบว่าอายุการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นทั้งปริมาณกรดและของแข็งที่ละลายน้ำได้จะเพิ่มขึ้น (Table 4.3)

Table 4.3 Chemical and sensory evaluation of 'Kluai Leb Mu Nang'.

Days after blooming	Total soluble solid (°Brix)	Titrateable activity (% malic acid)	Ascorbic acid (mg/100 FW)	Sensory evaluation (Score)
55	8.36	0.98 ^b	213.52 ^a	3.75
60	10.07	1.21 ^a	185.91 ^b	4.00
65	11.03	1.29 ^a	214.03 ^a	3.87
F- test	ns	**	**	ns

Means with different lower letters within the same column are significantly different

ns: non significant, ** significant difference at $P \leq 0.05$

4.2 ศึกษาระยะเวลาการพัฒนาและส่วนของผลกล้วยเล็บมือนางต่อปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ

1) สีเปลือกและสีเนื้อกล้วยเล็บมือนาง

การศึกษาสีเปลือกกล้วยเล็บมือนาง ระยะดิบ ระยะสุกและระยะสุกงอม (Table 4.4) พบว่ากล้วยเล็บมือนางระยะดิบ มีค่า L^* a^* และ b^* เท่ากับ 54.6 -19.79 และ 35.33 ส่วนระยะสุกมีค่า L^* a^* และ b^* เท่ากับ 75.13 3.23 และ 54.08 ระยะสุกงอมมีค่า L^* a^* และ b^* เท่ากับ 73.41 4.67 และ 53.40 ตามลำดับ

ค่าความสว่าง (L^*) ของเปลือกกล้วยเล็บมือนาง 3 ระยะ มีค่าความสว่างอยู่ในช่วง 54.64 ถึง 75.13 (Table 4.4) โดยสีเปลือกของกล้วยเล็บมือนางทั้ง 3 ระยะ มีค่าความสว่างมากกว่า 50 แสดงว่ามีสีค่อนข้างไปในทางสว่างทุกระยะซึ่งระยะสุกและสุกงอมมีค่าความสว่างมากกว่าระยะดิบมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง

ค่า a^* ของเปลือกกล้วยเล็บมือนาง 3 ระยะ มีค่าอยู่ในช่วง (-19.79) ถึง 4.67 (Table 4.4) เปลือกกล้วยเล็บมือนางทั้ง 3 ระยะ มีค่า a^* เป็นลบและบวกเพียงเล็กน้อยแสดงว่ามีความเป็นสีเขียวทุกระยะโดยระยะดิบมีค่า (-19.79) มีความเป็นสีเขียวมากที่สุดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับระยะดิบ 3.23 และระยะสุกงอม 4.67 ซึ่งความเป็นสีเขียวลดลงค่อนข้างไปในทางความเป็นสีแดงเนื่องจากค่า a^* เป็นบวกเล็กน้อยซึ่งไม่ปรากฏความเป็นสีเขียวในระยะสุกและสุกงอม

ค่า b^* ของเปลือกกล้วยเล็บมือนาง 3 ระยะมีค่าอยู่ในช่วง 35.33 ถึง 54.08 (Table 4.4) เปลือกกล้วยเล็บมือนางทั้ง 3 ระยะ มีค่า b^* เป็นบวกแสดงว่ามีความเป็นสีเหลืองทุกระยะโดยระยะสุกและสุกงอมเป็นสีเหลืองสูงกว่าระยะดิบคือ 54.08 และ 53.40 ตามลำดับโดยมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับระยะดิบ

จากการศึกษาสีเนื้อกล้วยเล็บมือนาง ระยะดิบ ระยะสุกและระยะสุกงอม (Table 4.4) พบว่ากล้วยเล็บมือนางระยะดิบ มีค่า L^* a^* และ b^* เท่ากับ 78.52 -4.45 และ 26.23 ส่วนระยะสุกมีค่า L^* a^* และ b^* เท่ากับ 80.81 -1.05 และ 24.08 ระยะสุกงอมมีค่า L^* a^* และ b^* เท่ากับ 79.88 0.36 และ 30.95 ตามลำดับ

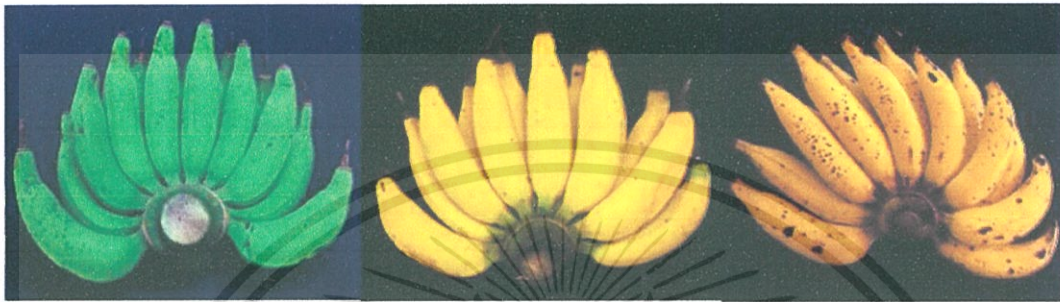
ค่าความสว่าง (L^*) ของสีเนื้อกล้วยเล็บมือนาง 3 ระยะ มีค่าความสว่างอยู่ในช่วง 78.52 - 80.81 (Table 4.4) โดยสีเนื้อของกล้วยเล็บมือนางทั้ง 3 ระยะ มีค่าความสว่างมากกว่า 50 แสดงว่ามีสีค่อนข้างไปในทางสว่างทุกระยะและไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ค่า a^* ของสีเนื้อกล้วยเล็บมือนาง 3 ระยะ มีค่าอยู่ในช่วง (-4.41) ถึง (0.36) (Table 4.4) สีเนื้อกล้วยเล็บมือนางทั้ง 3 ระยะ มีค่า a^* เป็นลบและบวกแสดงถึงความเป็นสีเขียวและสีแดงเล็กน้อย มีความเป็นสีเขียวมากที่สุดในระยะดิบเนื่องจากค่า a^* เป็นลบสูงสุด

ค่า b^* ของสีเนื้อกล้วยเล็บมือนาง 3 ระยะมีค่าอยู่ในช่วง 24.08 ถึง 30.95 (Table 4.4) เนื้อกล้วยเล็บมือนางทั้ง 3 ระยะ มีค่า b^* เป็นบวกมีความเป็นสีเหลืองทุกระยะโดยระยะสุกงอมมีความเป็นสีเหลืองมากที่สุด 30.95 แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับระยะดิบ และระยะสุก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 4.1 ลักษณะที่ปรากฏของกล้วยเล็บมือที่ระยะดิบ สุกและสุกงอม กล้วยดิบสีผิวเขียวทั้งผล กล้วยสุกผลสีเหลืองแต่ขั้วผลสีเขียว ส่วนระยะสุกงอมมีจุดกระเส็กน้อยขั้วผลเป็นสีดำ การเสื่อมสภาพของกล้วยสาเหตุจากการผิดปกติทางสรีระวิทยาเมื่อเข้าระยะสุกอากการเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษา (Ketsa, 2000)



Mature green

Ripe

Overripe

Figure 4.1 Appearance of mature green, ripe and overripe 'Kluai Leb Mu Nang' banana fruit.

Table 4.4 Peel and pulp colour of mature green, ripe and overripe stages of 'Kluai Leb Mu Nang' banana fruit.

Colour	Mature green	Ripe	Overripe
Peel colour			
L^*	47.85±3.37 c	72.65±2.66 a	65.62±4.55 b
a^*	-19.06±0.77 c	3.11±0.72 b	9.09±1.35 a
b^*	34.50±1.74 b	58.20±3.25 a	59.47±4.29 a
Pulp colour			
L^*	82.72±2.42 a	78.81±7.43 ab	75.45±3.17 b
WI	68.58±2.84 a	65.44±5.68 a	58.11±3.83 b
b^*	26.06±0.90 b	26.75±2.52 b	33.76±4.09 a

Values followed by the same letter within a row are not significantly different at $p < 0.05$ level.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ความแน่นเนื้อ ของแข็งที่ละลายน้ำได้ และปริมาณกรดของกล้วยเล็บมือนางแต่ละระยะการสุก

การศึกษาคุณภาพทางเคมีในกล้วยเล็บมือนาง ที่ระยะ ดิบ สุกและสุกงอม ความแน่นเนื้อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และปริมาณกรดอินทรีย์ เป็นตัวบ่งชี้ความบริบูรณ์และคุณภาพของกล้วยเล็บมือนางการเปลี่ยนแปลง ความแน่นเนื้อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และปริมาณกรดอินทรีย์ (Figure 4.2A และ 4.2B) ความแน่นเนื้อมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งในระยะดิบ 40.85 N และลดลงเหลือเพียง 6.13 N 5.61 N ในระยะสุกและระยะสุกงอม แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติในระยะสุกและสุกงอม เช่นเดียวกับการลดลงของกล้วย 'Baxi'(Musa sp. AAA group) ระหว่างการสุก จากการศึกษาของ (Li et al., 2009) การอ่อนนุ่มของกล้วยเกี่ยวข้องกับการสลายตัวของผนังเซลล์ การลดลงของแป้งและการเพิ่มขึ้นของน้ำตาล ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของกล้วยเล็บมือนางเพิ่มขึ้นมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญจาก 3.58 °Brix เพิ่มขึ้นเป็น 27.17 และ 28.93 ° Brix ในระยะสุกและระยะสุกงอม ตามลำดับ(Figure 4.2B) Li et al. (2009) รายงานว่า การเพิ่มขึ้นของน้ำตาลของกล้วย 'Baxi' (Musa sp. AAA group) เกิดจากการทำงานของเอนไซม์ sucrose phosphate synthase , sucrose synthase และ invertases ที่เพิ่มขึ้นระหว่างการสุก ปริมาณกรดมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญพบว่าปริมาณกรดในระยะดิบ 0.05 เปอร์เซ็นต์และสูงในระยะสุกและสุกงอม ตามลำดับ เช่นเดียวกับ Siriboon and Banlusiip. (2004) ปริมาณกรดในกล้วยน้ำว้าระหว่างการเก็บรักษา พบว่าปริมาณกรดเพิ่มขึ้น Will et al. (1982) ปริมาณกรดของกล้วย William (Musa sp AAA group) ในกล้วยดิบมีปริมาณกรดระดับต่ำกว่ากล้วยสุก เกี่ยวข้องกับการลดลงของ pH อย่างไรก็ตามแตกต่างในกล้วย Musa sp., AAA group, cv. Zhonggang (Jiang et al., 2004) และในกล้วย Musa acuminata, AAA group, cv. Gross Michel (Thaiphanit and Anprung, 2010)

1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

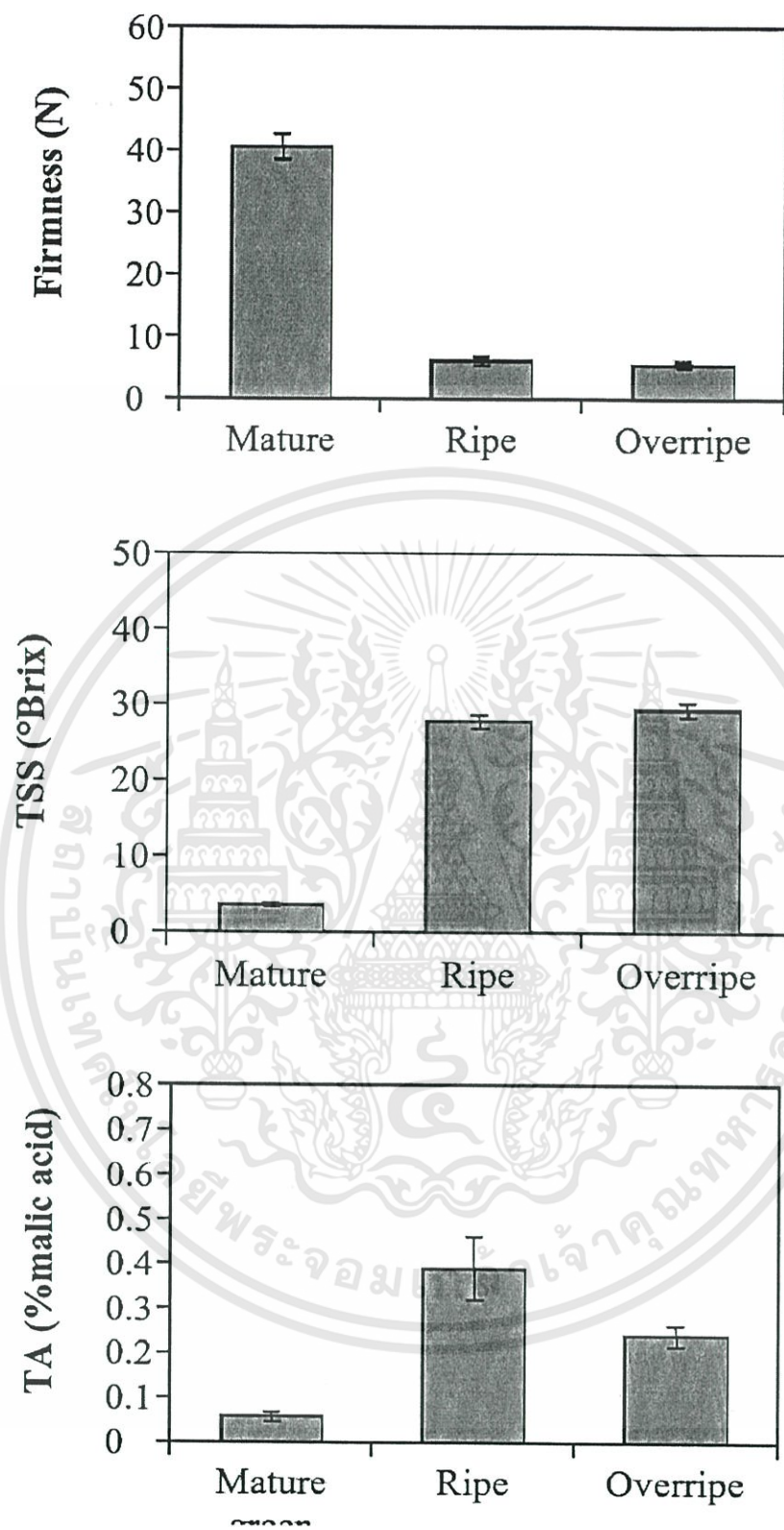


Figure 4.2 Firmness, total soluble solids (TSS) and total acidity (TA) of mature green, ripe and overripe stages of 'Kluai Leb Mu Nang' banana fruit. Bars represent mean ($n=10$) \pm SD. Samples followed by the same letter were not significantly different ($p>0.05$).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ

ความสามารถในต้านอนุมูลอิสระและ DPPH radical scavenging activity ของกล้วยเล็บมือนาง ระหว่างการสุก (Figure 4.3) ความสามารถการต้านอนุมูลอิสระในกล้วยเล็บมือนางสุกสูงกว่าระยะดิบ และสุกงอม มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) (Figure 4.3A) ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ต่างกับวิธีการ DPPH radical scavenging activity (Figure 4.3B) DPPH radical scavenging activity ปริมาณสูงในระยะดิบและปริมาณใกล้เคียงกันในระยะสุกงอม วิธีการ DPPH radical scavenging activity ผลเหมือนในกล้วย 'Gross Michel' banana fruit (Thaiphanit and Anprung, 2010). Macheix et al. (1999) รายงานความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในเนื้อกล้วยเนื่องจากมีฟลาโวนอยด์และปริมาณฟีนอลลิก

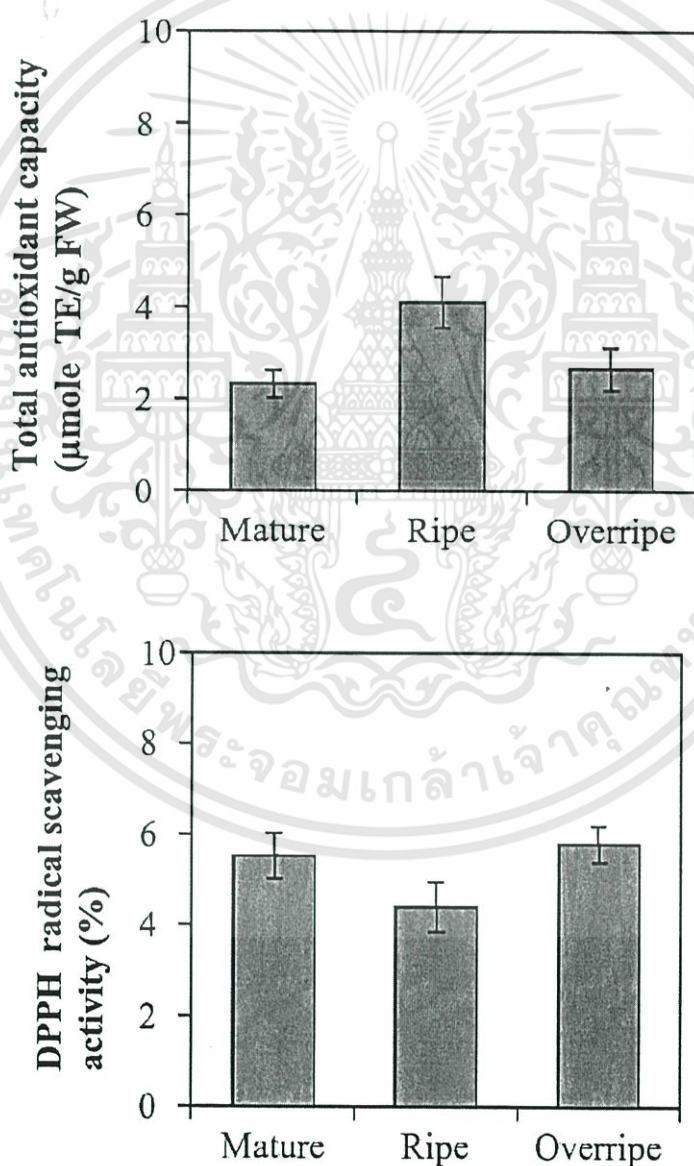


Figure 4.3 Total antioxidant capacity and DPPH scavenging activity of mature green, ripe and overripe stages of 'Kluai Leb Mu Nang' banana fruit. Bars represent mean ($n=10$) \pm SD. Samples followed by the same letter were not significantly different ($p > 0.05$).

4) ปริมาณฟีนอลและฟลาโวนอยด์

การเปลี่ยนแปลงปริมาณฟีนอลและฟลาโวนอยด์ของกล้วยเล็บมือนางทั้งสามระยะพบว่า

ปริมาณฟีนอลกล้วยดิบมีระดับต่ำกว่ากล้วยสุกและสุกงอมมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) (Figure 4.4A) แต่ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างระยะกล้วยสุกและสุกงอม ส่วนปริมาณฟลาโวนอยด์ระดับสูงกว่าระยะสุกและสุกงอมมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) (Figure 4.4B) แต่ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างระยะสุกและสุกงอม

การเปลี่ยนแปลงของฟีนอลในกล้วยเล็บมือนางเช่นเดียวกับการเปลี่ยนแปลงความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยการหาด้วยวิธี FRAP ดังนั้นความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระมีความสัมพันธ์กับปริมาณฟีนอลลิกเนื่องจากฟีนอลลิกเป็นสารต้านอนุมูลอิสระในกล้วย (Someya et al., 2002) เช่นเดียวกับรายงานของ Bennett et al. (2010) ในเนื้อกล้วยเป็นแหล่งสะสมสารออกฤทธิ์ สำหรับในกล้วยเล็บมือนางมีระดับฟลาโวนอยด์สูงแต่ฟีนอลต่ำซึ่งแตกต่างจากรายงานของ Macheix et al. (1999) มีปริมาณฟีนอลและแทนนินสูงในระยะดิบและมีการสลายตัวเมื่อเข้าระยะสุก Bennett et al. (2010) ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงของฟีนอลและฟลาโวนอยด์ของกล้วยขึ้นอยู่กับพันธุ์ของกล้วย

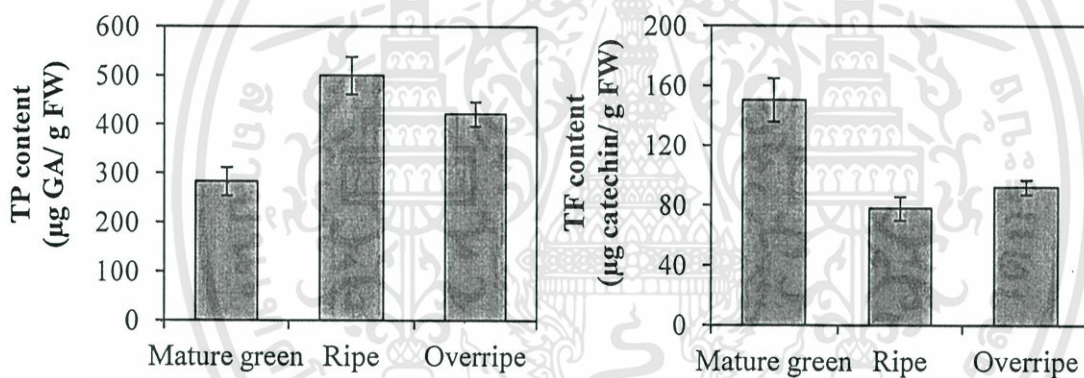


Figure 4.4 Total phenols (TP) (A) and total flavonoids (TF) (B) content of mature green, ripe and overripe stages of 'Kluai Leb Mu Nang' banana fruit. Bars represent mean ($n=10$) \pm SD. Samples followed by the same letter were not significantly different.

4.3 ศึกษาความสามารถต้านอนุมูลอิสระต่ออายุการเก็บรักษากล้วยเล็บมือนาง

1) สีเปลือกกล้วยเล็บมือนาง

จากการศึกษาค่าสีเปลือกกล้วยเล็บมือนางที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส อายุการเก็บรักษา 0, 4, 8, 12 และ 16 วัน (Table 4.5) พบว่ากล้วยเล็บมือนาง ค่าความสว่าง (L^*) ของเปลือกกล้วยเล็บมือนางมีค่าความสว่างอยู่ในช่วง 63.16 ถึง 73.53 (Table 4.5) โดยสีเปลือกของกล้วยเล็บมือนางที่อายุการเก็บรักษา 0, 4, 8, 12 และ 16 วันมีค่าความสว่างมากกว่า 50 แสดงว่ามีสีค่อนข้างไปในทางสว่างทุก ระยะโดยมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งเมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นค่าความสว่างลดลง ส่วนค่า a^* ของเปลือกกล้วยเล็บมือนางอายุการเก็บรักษา 0, 4, 8, 12 และ 16 วันมีค่าอยู่ในช่วง 3.89 ถึง 9.04 (Table 4.5) เปลือกกล้วยเล็บมือนางทุกอายุการเก็บรักษาทั้ง 0, 4, 8, 12 และ 16 วัน มีค่า a^* เป็นบวกแสดงว่ากล้วยที่นำมาเก็บรักษานั้นเกิดกระบวนการสุกแล้วเนื่องจากไม่มีความเป็นสีเขียวโดยมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งอายุการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นความเป็นสีเขียวยิ่งลดลง (Table 4.5) ค่า b^* ของเปลือกกล้วยเล็บมือนางที่อายุการเก็บรักษาทั้ง 0, 4, 8, 12 และ 16 วัน มีค่าอยู่ในช่วง 56.73 ถึง 59.08 (Table 4.5) เปลือกกล้วยเล็บมือนางทั้งอายุการเก็บรักษาที่ 0, 4, 8, 12 และ 16 วันมีค่า b^* เป็นบวกแสดงว่ามีความเป็นสีเหลืองทุกระยะโดยทุกระยะไม่มีความแตกต่างกัน

จากการศึกษาสีเปลือกกล้วยเล็บมือนางที่เก็บรักษาที่ 25 องศาเซลเซียส ที่อายุการเก็บรักษา 0, 4, และ 8 วัน (Table 4.5) พบว่ากล้วยเล็บมือนางมีค่าความสว่าง (L^*) ของเปลือกอยู่ในช่วง 64.52 ถึง 770.20 (Table 5) โดยสีเปลือกกล้วยเล็บมือนางที่อายุการเก็บรักษา 0, 4 และ 8 วันมีค่าความสว่างมากกว่า 50 แสดงว่ามีสีค่อนข้างไปในทางสว่างทุก ระยะแต่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งเมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นค่าความสว่างลดลง ส่วนค่า a^* ของเปลือกกล้วยเล็บมือนางที่อายุการเก็บรักษาทั้ง 0, 4, และ 8 วันมีค่าอยู่ในช่วง 4.07 ถึง 10.22 (Table 4.5) เปลือกกล้วยเล็บมือนางทุกอายุการเก็บรักษาทั้ง 0, 4, และ 8 วัน มีค่า a^* เป็นบวกและแสดงถึงความเป็นสีแดงซึ่งแสดงว่ากล้วยที่นำมาเก็บรักษานั้นสุกแล้วเนื่องจากไม่มีความเป็นสีเขียวโดยมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.05$) อายุการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นความเป็นสีเขียวยิ่งลดลง (Table 4.5) ค่า b^* ของเปลือกกล้วยเล็บมือนางที่อายุการเก็บรักษาทั้ง 0, 4, และ 8 วัน มีค่าอยู่ในช่วง 51.73 ถึง 59.01 (Table 4.5) เปลือกกล้วยเล็บมือนางทั้งอายุการเก็บรักษาที่ 0, 4, และ 8 วันมีค่า b^* เป็นบวกแสดงว่ามีความเป็นสีเหลืองทุกระยะโดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

จากการเก็บรักษาผลกล้วยเล็บมือนางที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 16 วันกล้วยยังคงเป็นสีเขียวและไม่พบจุดดำและเกล็ดบนผิว ในส่วนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 8 วันกล้วยเกิดอาการเหี่ยวและมีจุดสีดำ (Figure 4.5) การเกิดจุดสีดำเป็นอาการผิดปกติในเปลือกเมื่อสุก Chen et al. (2008) อาการผิดปกติทางสรีระวิทยาเกิดขึ้นเนื่องจากความผิดปกติของเยื่อหุ้มเซลล์และผนังเซลล์เสื่อมสภาพจึงทำให้กล้วยเกิดกระบวนการเสื่อมสภาพ Choehom et al. (2004) รายงานว่าอาการจุดสีน้ำตาลในกล้วย Musa AA หรือ Sucrier หรือ Klui Khai ระหว่างการสุกเกี่ยวข้องกับเอนไซม์และ PPO

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

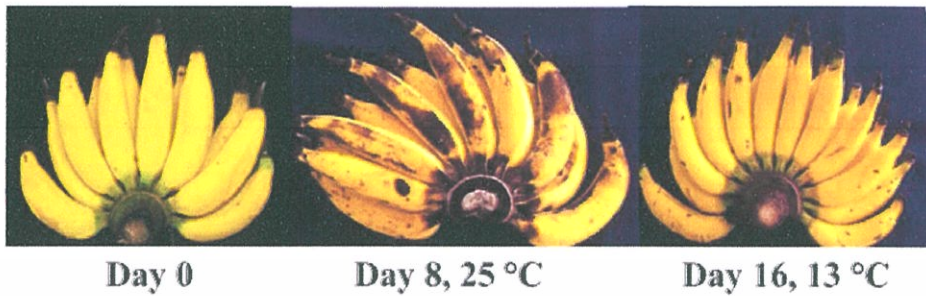


Figure 4.5 Visual appearance of 'Kluai Leb Mu Nang' banana (*Musa AA* group) fruit at initial day of storage and held at 25°C for 8 days and 13°C for 16 days.

Table 4.5 Superficial colour of peel and pulp of 'Kluai Leb Mu Nang' banana (*Musa AA* group) fruit during storage at 25 °C and 13 °C.

Temperature (°C)	Time (Days)	Peel			Pulp		
		L*	a*	b*	L*	WI	b*
25	0	70.20±2.5 ^a	4.07±0.3 ^b	59.01±1.7 ^a	81.93±0.5 ^a	71.20±1.4 ^a	22.26±2.1 ^b
	4	64.52±1.6 ^b	9.00±0.8 ^a	51.73±5.7 ^b	79.32±0.8 ^b	67.65±1.5 ^b	24.69±1.4 ^{ab}
	8	66.91±4.7 ^{ab}	10.22±1.6 ^a	53.80±3.6 ^b	79.32±1.5 ^b	65.78±2.2 ^b	27.03±1.6 ^a
13	0	71.56±3.0 ^a	4.27±0.7 ^b	58.50±4.9	81.17±0.8	70.90±1.4	21.87±1.2
	4	73.53±2.5 ^a	3.89±0.6 ^b	59.67±2.8	81.40±0.5	70.65±0.6	22.56±2.1
	8	67.45±3.1 ^{ab}	8.07±1.8 ^a	59.80±4.0	82.03±2.1	70.70±2.1	22.92±1.0
	12	65.73±1.9 ^b	7.75±0.9 ^a	56.73±4.8	80.40±0.3	70.86±0.3	21.50±0.5
	16	63.16±3.1 ^b	9.04±1.2 ^a	57.03±2.9	80.62±0.5	70.54±0.1	22.00±0.6

Data represent the mean of ten replication ±SD. Values of each storage temperature followed by the same letter within a column are not significantly different at $P < 0.05$ level.

2) ความแน่นเนื้อ

ความแน่นเนื้อของกล้วยเล็บมือนางระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 และ 25 องศาเซลเซียส พบว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำสามารถรักษาความแน่นเนื้อได้จนกระทั่ง 16 วัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างการเก็บรักษา แต่ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความแน่นเนื้อลดลงหลังจากการเก็บรักษา 4 วัน มีความแตกต่างทางสถิติ ($P < 0.05$) (Figure 4.6) เช่นเดียวกับกล้วย 'Goldfinger' ความแน่นเนื้อลดลงเมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส 22 วัน (Nunes et al., 2013) การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำทำให้ยืดอายุการเก็บรักษาและรักษาคุณภาพ เนื่องจากลดกระบวนการเมตาบอลิซึมทำให้รักษาความแน่นเนื้อได้เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส

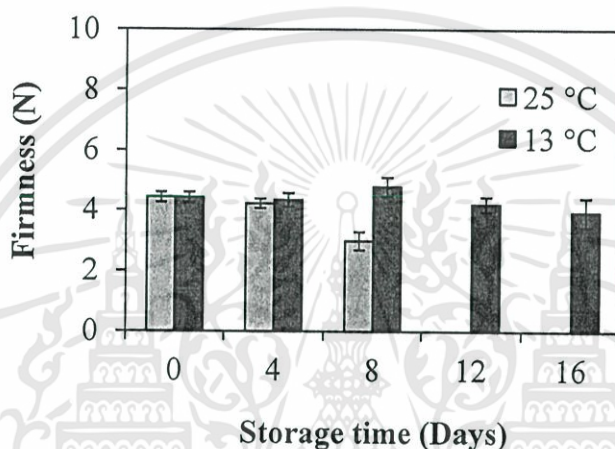


Figure 4.6. Firmness of 'Kluai Leb Mu Nang' banana (*Musa* AA group) fruit during storage at 25 and 13 °C. Data represent the mean of ten replications \pm SD.C.

3) สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ

ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในกล้วยเล็บมือนางโดยวิธี DPPH scavenging activity และ ferric reducing antioxidant potential (FRAP) (Figure 4.7) ทั้งวิธี DPPH และ FRAP ที่หลังการเก็บเกี่ยวมีปริมาณสูงกว่าภายหลังการเก็บรักษาที่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) วิธี DPPH ลดลงภายหลังการเก็บรักษา 4 วัน และลดลงจนกระทั่ง 16 วัน ทั้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 และ 25 องศาเซลเซียส (Figure 4.7A) ผลการทดลองเช่นเดียวกันเมื่อวิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี FRAP (Figure 4.7B) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของกล้วยเล็บมือนางทั้ง 2 อุณหภูมิลดลงเมื่ออายุการเก็บรักษามากขึ้น แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติปริมาณฟลาโวนอยด์ พบว่าที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส มีปริมาณน้อยกว่าที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (Figure 4.8) ดังนั้นควรเก็บรักษากล้วยเล็บมือนางที่อุณหภูมิต่ำเพื่อรักษาสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระได้ดีกว่า 25 องศาเซลเซียส

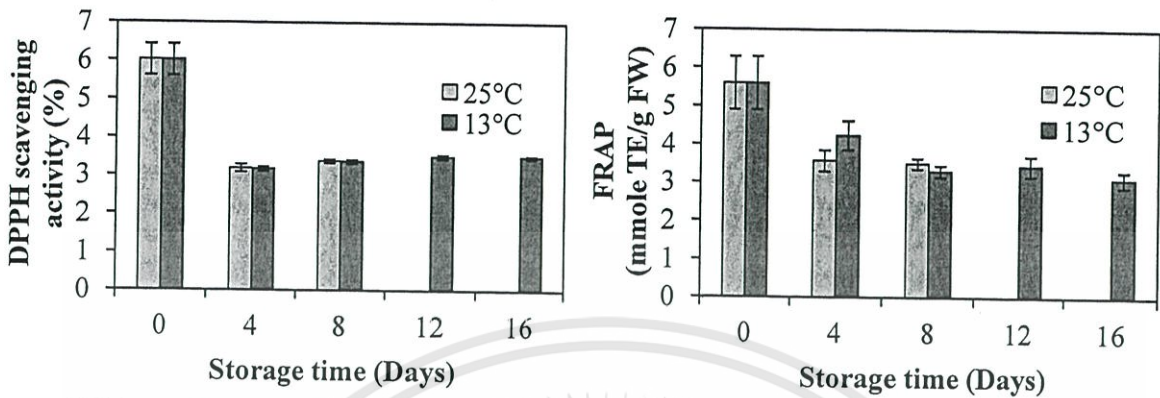


Figure 4.7. Total phenolic (TP) compounds (A) and total flavonoids (TF) content (B) of 'Kluai Leb Mu Nang' banana (*Musa AA* group) fruit during storage at 25 °C and 13 °C. Data represent the mean of ten replications \pm SD.

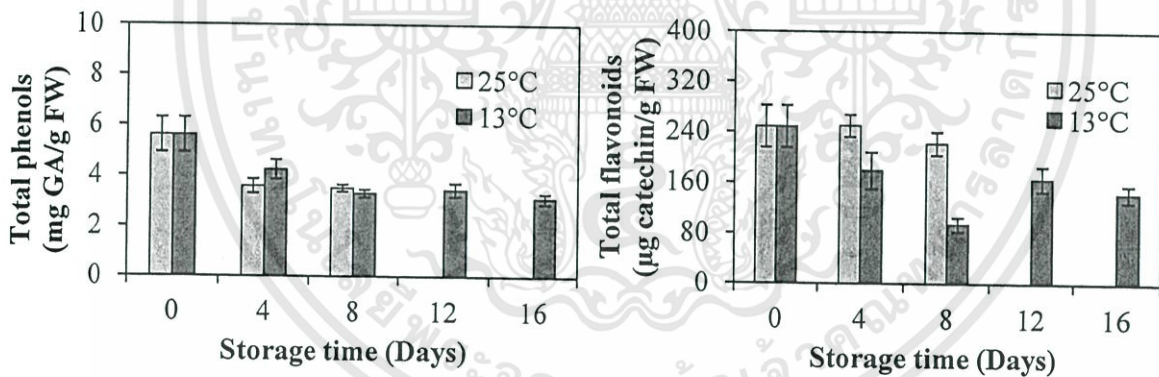


Figure 4.8 Total phenolic (TP) compounds (A) and total flavonoids (TF) content (B) of 'Kluai Leb Mu Nang' banana (*Musa AA* group) fruit during storage at 25 °C and 13 °C. Data represent the mean of ten replications \pm SD.

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

อายุในการเก็บเกี่ยวหลังตัดปลีที่แตกต่างกันในกล้วยเล็บมือนางมีผลต่อคุณภาพทางกายภาพ และการสะสมองค์ประกอบทางเคมี ระหว่างกระบวนการสุกของกล้วยเล็บมือนาง ความแน่นเนื้อลดลง ระยะดิบมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และปริมาณกรดต่ำ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงขึ้นเมื่อเข้าสู่ระยะสุกและสุกงอม ส่วนปริมาณกรดลดระยะสุกงอม สำหรับสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงและต่ำโดยวิธี DPPH scavenging activity ในระยะสุก ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติด้านความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระระหว่างระยะดิบและสุกงอม การเปลี่ยนแปลงปริมาณฟีนอลเหมือนกับการเปลี่ยนแปลงความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติปริมาณฟีนอลในระยะสุกและสุกงอม การเก็บรักษากล้วยเล็บมือนางที่อุณหภูมิต่ำ 13 องศาเซลเซียส สามารถยืดอายุการเก็บรักษาและคุณภาพ แต่ไม่มีผลต่อความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณ ฟลาโวนอยด์และฟีนอลระหว่างการเก็บรักษา



บทที่ 6 ผลผลิต

6.1 ผลงานบทความตีพิมพ์ จำนวน 2 เรื่อง

- 1) Youryon and Supapvanich "Physicochemical quality changes in 'Leb Mue Nang' banana fruit during ripening" *Kasetsart Journal - Natural Science* (accepted)
- 2) Youryon and Supapvanich Effect of storage temperatures on physical quality and bioactive compounds in 'Leb Muer Nang' banana (*Musa AA*) fruit. (submit)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายงานสรุปการเงิน ประจำปีงบประมาณ 2557

รหัสโครงการ สกอ. 2557A11862012

โครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ
สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา

ชื่อมหาวิทยาลัย ..สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.....

ชื่อโครงการ (ไทย) การวิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระในกล้วยเล็บมือนาง.....

(อังกฤษ) Analysis of antioxidant activity in banana *Musa*(AA group) 'Kluai Leb Mu Nang'

ชื่อ-สกุลหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน/ผู้วิจัย (อ./ดร./ผศ./รศ./ศ.) พรรณีภา ย้วยล.....

รายงานในช่วงตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2556 ถึงวันที่ 30 กันยายน 2558.....

ระยะเวลาดำเนินการ 2 ปี เดือน ตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2556 ถึงวันที่ 30 กันยายน 2558.....

รายจ่าย

หมวด	งบประมาณรวมทั้งโครงการ (บาท)	ค่าใช้จ่าย งวดปัจจุบัน	คงเหลือ (หรือเกิน)
1. ค่าตอบแทน			
2. ค่าจ้าง			
3. ค่าวัสดุ	120,000	12909.71	-9091.71
4. ค่าใช้สอยอื่นๆ			
- ค่าพาหนะ	15,000	15,000	0
- ค่าจ้างปฏิบัติงาน	30,000	36,000	-6000
- ค่าใช้จ่ายในการสัมมนา	15,000	0	15,000
รวม	180,000	180,091.71	-91.71

จำนวนเงินที่ได้รับและจำนวนเงินคงเหลือ

จำนวนเงินที่ได้รับ 180,000

งวดที่ 1 108,000 บาท เมื่อ 10 มิถุนายน 2557

งวดที่ 2 72,000 บาท เมื่อ 11 มีนาคม 2558

รวม 180,000 บาท



(นางสาวพรรณีภา ย้วยล)

หัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน

30 กันยายน 2558



ลงนามเจ้าหน้าที่การเงินโครงการ

30 กันยายน 2558

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- จริงแท้ ศิริพานิช, 2549, ชีวิตวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวและการวางของพืช, โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ, นครปฐม, 453 หน้า.
- นิธิยา รัตนานนท์, 2545, เคมีอาหาร, สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ, 357 หน้า.
- นัยวิท เฉลิมนนท์. 2538. การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตและการใช้สีแดงธรรมชาติจากกลีบดอกกระเจี๊ยบแดง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- เบญจมาศ ศิลาย้อย. 2545. กล้วย. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 357 หน้า.
- เบญจมาศ ศิลาย้อย และสุภาพร แก้วสมพงษ์. 2553. ผลของยีนโมกล้วยต่อการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อวารสารเกษตรศาสตร์ (วิทย.)
- วรรณฤดี หิรัญรัตน์ และ ปาวิชาติ เทพทอง. 2551. สารต้านอนุมูลอิสระในจำปาตะ. รายงานวิจัยสาขาวิชาเคมี, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยทักษิณ.
- รติพร หาเรือนกิจ, 2252. การวิจัยเชิงสุขภาพของผลไม้. วารสารอุตสาหกรรมเกษตรพระจอมเกล้า, 1(1), 1-5.
- ศิริธร ศิริอมรพรรณ และนเรศ มีโส. 2552. การวิเคราะห์สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในมะม่วง กล้วยและมะละกอ. รายงานวิจัยมหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- โอภา วัชรakupต์, ปรีชา บุญจง, จัฑนา บุญยรัตน์ และมาลีรักษ์ อัดดีสินทอง, 2550, สารต้านอนุมูลอิสระ, พิมพ์ครั้งที่ 2 , สำนักพิมพ์บริษัทนิวไทยมิตรการพิมพ์ (1996) จำกัด, กรุงเทพฯ , 280 หน้า.
- Baskar, R., Shrisakthi, S., Sathyapriya, B., Sathyapriya, R., Nithya, R., Poongodi, P., 2011, "Antioxidant Potential of peel extracts of banana variety (*Musa sapientum*)", **Food and nutrition science**. Vol.2 , pp.1128-1133.
- Benzie, I.F.F and Strain, J.J., 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of Antioxidant power: the FRAP assay. *Analytical Biochemistry*, 239, 70-76.
- Bennett R N, Shiga TM, Hassimotto NMA, Rosa EAS, Lajolo FM and Cordennunsi BR (2010) Phenolics and antioxidant properties of fruit pulp and cell wall fractions of postharvest banana (*Musa acuminata* Juss.) cultivars. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 58: 7991-8003.
- Breinholt, V., Schimerlik, M., Dashwood, R. and Bailey, G., 1995, "Mechanisms of chlorophyllin anticarcinogenesis against aflatoxins B1: Complex formation with the carcinogen", *Chemical Research Toxicology*, Vol. 8, pp. 506-520.
- Cornish, M. L. and Garbary, D. J., 2010. "Antioxidant from microalgae: potential application in human health and nutrition". **Free Radical Biology & Medicine**. Vol.25, 155-171.
- Choehom R., S. Ketsa and W. G. van Doorn. 2004. "Senescent spotting of banana peel is inhibited by modified atmosphere packaging." *Postharvest Biol. Technol.* 31: 167-175.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ทางการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Dashwood, R., Negishi, T., Hayatsu, H., Breinholt, V., Hendricks, J. and Bailey, G., 1998, "Chemopreventive properties of chlorophyll towards aflatoxin B1: A review of the antimutagenicity and anticarcinogenicity data in rainbow trout", *Mutation Research*, Vol. 399, pp.245-253.
- Ferruzzi, M.G., Bohm, V., Courtney, P.D. and Schwartz, S.J., 2002, "Antioxidant and antimutagenic activity of dietary chlorophyll derivatives determined by radical scavenging", *Journal of Food Science*, Vol.67, No. 7, pp.2589-2595.
- Fatemeh, S.R., Saifullah, R., Abbas, F.M.A., Azhar, M.E., 2012, "Total phenolics, flavonoids and antioxidant activity of banana pulp and peel flours: influence of variety and stage of ripeness" *International Food Research Journal*, Vol.19, pp.1041-1046.
- Halliwell, B., 1999. "Antioxidant defense mechanism: from the beginning to the end." *Society for Free Radical Biology and Medicine*. Vol.31. 261-272.
- Heim, K.E., Tagliaferro, A.R. and Bobilya, D.J. 2002. Flavonoid antioxidant: chemistry, metabolism and structure-activity relationships. *Journal of Nutritional Biochemistry*. 572- 584.
- Ketsa S (2000) Development and control of senescent spotting in banana. *Food Preservation Science* 26: 173-178.
- Lanfer Marque, U.M., Barros, R.M.C., Sinnecker, P., 2005, "Antioxidants activity of chlorophyll and their derivatives", *Food Research International*, Vol. 38, pp. 885-891.
- Lanfer Marquez, U.M., and Sinnecker, P., 2007, "Chlorophyll: Properties, biosynthesis, degradation and functions. Pp. 25-49. In *Food Colorants Chemical and functional properties*.
- Li W, Shao Y, Chen W and Jia W (2011) The effects of harvest maturity on storage quality and sucrose-metabolizing enzymes during banana ripening. *Food Bioprocess and Technology* 4: 1273-1280.
- Liaaen-Jensen Synnove, 2004, "Basic carotenoid chemistry", In *Carotenoids in Health and Disease*, Krinsky, I.N., Mayne, T.S., (Eds.). Marcel Dekker, New York, pp.1-31.
- Macheix J J, Fleuriet A and Billot J (1990). *Fruits phenolics*. Florida: CRC Press.
- Mokbel, M.S. and Hashinaga, F., 2005, "Antibacterial and antioxidant activities of banana (*Musa*, AAA cv. Cavendish) fruits peel" *American Journal of Biochemistry and Biotechnology*. Vol. 3, pp. 125-131.
- Montelongo, R.G., Lobo, M.G., Gonzalez, M., 2010, "The effect of extraction temperature, time and number of steps on the antioxidant capacity of methanolic banana peel extracts" *Separation and Purification Technology*, Vol. 71, 347-355.

- Nelson, S.C., Ploetz, R.C., Aepler, A.K., 2006. *Musa* species (banana and plantain) Species profiles for specific island agroforestry.
- Papadopoulou, C., Soulti, K. and Rousis, I.G., 2005, "Antimicrobial Activity of Wine Phenolic Extracts", *Food Technology and Biotechnology*, Vol. 43, No.1, pp. 41-46.
- Papus, M. A. 1998. *Antioxidants Status, Diet, Nutrition and Health* U. S.A: CRC Press 4489.
- Parades- Lopez, o. and Osuna-Castro, J.A, 2006, "Molecular Biotechnology for nutraceutical enrichment of food crops the case of minerals and vitamin" , pp 97-132. In *Functional Food and Biotechnology*, Shetty, K., Paliyath, G., Pometto, A.L and Levin, R.L., (Eds.) CRC Press, Bata Raton.
- Peterson, J. and Dwyer, J. 1998. *Flavonoids: Dietary occurrence and biochemical activity*. Nutrition Research. 1995-2018.
- Roe JH and Oesterling 1948 "Determination of dehydroascorbic acid in plant tissue by the 2,4 – dinitrophenylhydrazine method" **J. Bio Chem.** 152- 511
- Shetty, K., 1997, "Biotechnology to harness the benefits of dietary phenolics: focus on Lamiaceae.", *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, Vol. 7 , pp. 162-171. Socaciu, C. (Ed.). CRC Press, Boca Raton, New York, pp. 633.
- Shian, T., Abdullah, A., Musa, K.H., Maskat, M.Y., Ghani, M.A., 2012, "Antioxidant Properties of Three Banana Cultivars (*Musa acuminata* Berangan', 'Mas' and 'Raja') Extracts" **Sains Malaysiana**, Vol. 41, pp. 319-324.
- Slinkard, K., and Singleton, V.L., 1977. Total phenol analysis : automation and comparison with manual methods. *American journal of Enology and Viticulture*. 28:49-55.
- Siriboon N and Banlusilp P (2004) A study on the ripening process of 'Namwa' banana. *AU Journal of Technology* 4(2): 159-164.
- Someya S, Yoshiki Y and Okubo K (2002) Antioxidant compounds from bananas (*Musa Cavendish*). *Food Chemistry* 79: 351-354.
- Srangsam A., and Kanchanapoom K., 2007, "Establishment of in vitro Culture of *Musa* AA Group 'Kluai Sa' and *Musa* AA Group 'Kluai Leb Mue Nang' and the Analysis of Ploidy Stability", **Journal Science Asia**, Vol. 33, pp. 437-442
- Sulaiman, S.F., Yusoff, N.A.M., Eldeen, I.M., Seow, E.M., Sajak, A.A.B., and Ooi, K.L., 2011, "Correlation between total phenolic and mineral contents with antioxidant Activity of eight Malaysian banana (*Musa* sp.)" **Journal of Food Composition and Analysis**. Vol. 24, pp. 1-10.

- Supapvanich, S., Arkajak, R., and Yalai, K., 2012. Maintenance of postharvest quality and bioactive compounds of fresh-cut sweet leaf bush (*Sauropus androgynus* L. Merr.) through hot CaCl₂ dips. *Food science and Technology*. 47:2262-2670.
- Thaiphanit S and Anprung P (2010) Physicochemical and flavor changes of fragrant banana (*Musa acuminata* AAA group "Gross Michel") during ripening. *Journal of Food Process and Preservation* 34 (3): 366-382.
- Valko M., 2007, "Free radicals and antioxidants in normal physiological functions and human disease", *International journal of Biochemistry and Cell Biology*. Vol.39, pp.4484-4489.
- Wang Y.,Lu W.,Jiang Y.,Luol Y.,Jiang W.,Joyce D., 2006, "Expression of ethylene-related expansin genes in cool-stored ripening banana fruit (*Musa sp.cv. Williams,Cavendish sub-group AAA*)" *Journal of Plant science* Vol.170, pp.962-9677.
- Wendy, H., 2001, "Tropical fruits of Thailand", Bangkok, Thailand. Asia bookCo., Ltd.
- Wills R.B.H.,1984, "Changes in chemical composition of "Cavendish" banana (*Musa acuminata*) during ripening" *Journal of Food Biochemistry* 8,69-77.
- Wong,S.P.,Leong,L.P.,Koh,J.H.W., 2006, "Antioxidant activities of aqueous extracts of selected plants" *Food Chemistry*, Vol. 99,pp.775-783

ภาคผนวก

บทความฉบับร่าง จำนวน 2 เรื่อง

- 1) Youryon and Supapvanich "Physicochemical quality changes in 'Leb Mue Nang' banana fruit during ripening" *Kasetsart Journal - Natural Science* (accepted)
- 2) Youryon and Supapvanich Effect of storage temperatures on physical quality and bioactive compounds in 'Leb Muer Nang' banana (*Musa AA*) fruit. (submit)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Physicochemical quality changes in ‘Leb Mue Nang’ banana fruit during ripening

P Youryon¹ and S Supapvanich²

¹Agricultural Technology Program, King Mongkut’s Institute of Technology Ladkrabang, Prince of Chomphon campus, Prateaw district, Chomphon province, 86160 Thailand

²Department of Agricultural Education, Faculty of Industrial Education, King Mongkut’s Institute of Technology Ladkrabang, Chalongkrung Rd. Ladkrabang, Bangkok 10520 Thailand

Corresponding author

S Supapvanich, Department of Agricultural Education, King Mongkut’s Institute of Technology Ladkrabang, Chalongkrung Rd., Ladkrabang, Bangkok, 10520 Thailand

Email: kusuriya@kmitl.ac.th

Abstract

The purpose of this study was to investigate the physicochemical changes of ‘Kluai Leb Mue Nang’ banana fruit (Musa AA group) during ripening. Visual appearance, peel and pulp color, firmness, total soluble solids (TSS) content, total acidity (TA) and bioactive compounds of the fruit at tree stage of ripening including mature green, ripe and overripe stages were monitored. A typical changes in peel colour during banana ripening was found which brightness (L^*) and yellowness (b^*) values increased and greenness ($-a^*$) value disappeared from mature green stage to ripe stage whilst the L^* value decreased, b^* value remained constant and redness (a^*) value increased in

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

overripe stage of the banana fruit. In pulp colour, L* value and whiteness index (WI) decreased during ripening while the b* value increased. The firmness decreased markedly from mature green stage to ripe stage and then remained constant. TSS increased during ripe stage whilst TA increased at ripe stage and then decreased. The highest total antioxidants capacity and total phenols (TP) content were found in the ripe banana fruit. DPPH scavenging activity remained constant and the highest total flavonoids (TF) content was found in the mature green fruit.

Keywords

‘Kluai Leb Mue Nang’ banana fruit, physicochemical changes, ripening stages, bioactive compounds

INTRODUCTION

Banana (*Musaceae*) is an economically important climacteric fruit for local and export markets worldwide. Banana fruit is considered to be a good source of nutrients including bioactive phenols, antioxidants and potassium. In Thailand, banana is a commercial fruit following mango, mangosteen, durian and longan and there are many commercial cultivars such as ‘Kluai Hom Thong’ (*Musa* AAA group), ‘Kluai Khai’ (*Musa* AA group), ‘Kluai Namwa’ (*Musa* ABB group) and ‘Kluai Leb Mue Nang’ (*Musa* AA group) (Valmayor et al., 1999). As climacteric fruit, the ripening process of banana fruit is related to various aspects, including the ethylene burst and evolution of respiratory (Siriboon and Banlusilp, 2004), fruit softening, starch degradation, sugar accumulation, the changes in organic acids content, the production of volatile compounds and bioactive compounds benefiting to health, including total phenols, total flavonoids and antioxidant activity (Ummarat et al., 2011). Li et al. (2011) reported

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

that the loss of pulp firmness the increase in reducing sugar and disease incidence and the reduction of starch content were detected in 'Baxi' (*Musa* AAA group) banana fruit during ripening. Previous works reported that the peak of ethylene production, fruit softening, the increase in moisture content, total acidity and total soluble solids and the occurrence of fruit drop and senescence spot were detected during ripening of Thai banana fruit such as 'Kluai Namwa' (Siriboon and Banlusilp, 2004), 'Kluai Hom Thong' (Imsabai et al., 2006). Moreover, Ummarat et al. (2011) reported the increase of certain bioactive compounds including ascorbic acid, free phenolic compounds and free flavonoids in 'Kluai Hom Thong' banana fruit during ripening.

Regarding to previous studies of commercial Thai banana fruits, most of them investigated the physiological changes in 'Kluai Hom Thong' banana fruit (Nguyen et al., 2003; Kyu Kyu Win et al., 2007), 'Kluai Khai' banana fruit (Nguyen et al., 2003, Nguyen et al., 2004) and 'Kluai Namwa' banana fruit (Siriboon and Banlusilp, 2004; Imsabai et al., 2006) during storage and ripening. However, a study of physicochemical changes in 'Kluai Leb Mue Nang' banana fruit during ripening has not been found. The origin of 'Kluai Leb Mue Nang' is from the south of Thailand and it has recently spread over the country. As small finger and the shape like lady finger, firm texture, sweet taste, yellow flesh and desirable odour, the demand of the fruit in market has been recently increased and the price per hand is higher than 'Kluai Namwa' banana. Thus, we were interested in investigating physicochemical changes including physical quality attributes, certain chemical quality attributes and bioactive compounds in 'Kluai Leb Mue Nang' banana fruit during ripening.

MATERIALS AND METHODS

Raw materials

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

'Kluai Leb Mue Nang' (*Musa* AA group) banana fruit at full mature green stage (2 months after full bloom), ripe stage (leaved for 4 days at room temperature (27 ± 2 °C) after harvest) and overripe stage (leaved for 8 days at room temperature after harvest) were derived from a local banana orchard at Prateaw District, Chomphon Province. Ten hands of each stage were selected with being uniformity of skin colour and free from any defects including physical damages and diseases. The fruit hands were cleaned by dipping in circulated tap-water and dried at room temperature before physicochemical quality attributes involving peel and pulp colour, firmness, TSS and TA content and certain bioactive compounds were investigated.

Color measurement

Peel and pulp colour of the fruit were measured at the middle part by using a HunterLab MiniScan@ XE Plus (Hunter Associates Laboratory Inc., USA). The brightness (L^*), greenness ($-a^*$), redness ($+a^*$), and yellowness (b^*) values were recorded and the whiteness index (WI) of the pulp was calculated according the formular (1) described by (Bolin and Huxsoll 1991).

$$WI = 100 - [(100 - L^*)^2 + a^{*2} + b^{*2}]^{0.5} \quad (1)$$

Firmness measurement

Ten fingers from each hand were sampled for firmness measurement. The fruit were peeled and the measurement was taken at the middle part of the fruit using a TA Plus Texture Analyzer (Lloyds, England) with a 6 mm cylindrical probe. The result was expressed as the maximum force (N) of measurement.

Total soluble solids and total acidity content measurements

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ten fruit per hand were selected for these measurements. The TSS content of the fruit pulp was measured using a hand-held refractometer (ATAGO MNL-1125, Japan). The data were expressed as °Brix. Total acidity (TA) of the fruit pulp was determined using the standard method of AOAC (1995). A 10 g of the banana pulp was homogenized with 20 mL of distilled water and filtered through cloth sheet. A 5 mL of the extract was titrated with 0.1 N NaOH using 1% (w/v) phenolphthalein as the indicator. The volume of 0.1 N NaOH used in the titration was recorded. Total acidity was defined as the percentage of titratable acidity (% malic acid).

Total antioxidant capacity and DPPH scavenging activity measurements

Ten fruit per hand of the banana fruit were selected. The fruit were peeled and then blended together. A 5 g of the banana pulp was homogenized with 50 mL 80% methanol and stirred at room temperature for 15 min before filtration by using cloth sheet. The filtrate was collected and centrifuged at 10,000 x g for 15 min. The supernatant was used to assay bioactive compounds. Total antioxidant capacity of the fruit pulp was assayed using ferric reducing antioxidant potential (FRAP) method which described by Benzie and Strain (1996). FRAP reagent was the mixture of acetate buffer pH 3.0, 10mM 2,4,6-tripyridyl-1,3,5-triazine (TPTZ) and 20mM ferric chloride hexahydrate in the ratio of 10:1:1. The supernatant was diluted with distilled water in the ratio of 1:1(v/v). The reaction was started when 0.3 mL of the diluted supernatant was added into 3 mL of FRAP solution and then incubated at room temperature for at least 30 min before measuring absorbance at 630 nm. Total antioxidant capacity was expressed as $\mu\text{mole Trolox equivalents per g fresh weight}$ ($\mu\text{mole TE/g FW}$). DPPH scavenging activity was determined using the method of Brand-Williams et al. (1995) with slight modification. The reactive was started when 5 mL of diluted supernatant

was mixed with 0.5 mL of 1 mM DPPH in methanol. The absorbance at 517 nm was immediately recorded at 0 min and the mixture was then held at dark place for 5 min. The capability to scavenge the DPPH free radical was calculated by using the following equation.

$$\text{DPPH free radical scavenging activity (\%)} = [(A_0 - A_{10})/A_0] \times 100$$

A₀ = the absorbance of the sample at 0 min;

A₁₀ = the absorbance of the sample at 10 min.

Total phenols and total flavonoids content measurements

The same supernatant of total antioxidant assay was used to determine total phenols (TP) and total flavonoids (TF) content in the banana pulp. TP content was determined using the method described by Slinkard and Singleton (1977). The reaction was started when 1 mL of the supernatant was added into 1 mL of 50% (v/v) Folin-Ciocalteu reagent solution and 2 mL of saturated Na₂CO₃ solution. The mixture was incubated at room temperature for at least 30 min before measuring absorbance at 750 nm. The data was expressed in term of μg gallic acid per g fresh weight ($\mu\text{g GA/g FW}$). TF content was assayed using a method described by Zhishen et al. (1999). The reaction began when 0.25 mL of the supernatant was added into the mixture of 1.25ml of distilled water and 75 μL of 0.5% NaNO₂ and then leaved for 6 min at room temperature. A 150 μL of 10% AlCl₃-6H₂O was added into the mixture and then allowed to stand for 5 min. A 0.5mL of 1 M NaOH was then added. The absorbance at 510nm was recorded. The data were expressed as μg catechin per g fresh weight ($\mu\text{g catechin/ g FW}$).

Statistical analysis

The data are shown as the mean of ten replications and standard deviation. Statistic analysis was carried out using ANOVA and the means compared by the least significant different (LSD) test at the significant level of 0.05 ($P < 0.05$) using the SPSS software program (SPSS Inc., Chicago, IL, USA).

RESULTS AND DISCUSSION

Visual appearance and fruit colour

Figure 1 shows the visual appearance of 'Kluai Leb Mue Nang' banana fruit at mature green, ripe and overripe stages. The visual appearance of the fruit was related to the peel colour which showed green colour of the mature green fingers. The ripe fingers were yellow with green stalk and the overripe fingers had a few senescent spots and the black tip and stalk. The senescent spots generally appeared on banana finger caused the typical physiological disorder at the latter phase of fruit ripening and the spots gradually increase in size and number as the fruit advance in ripening process (Ketsa, 2000).

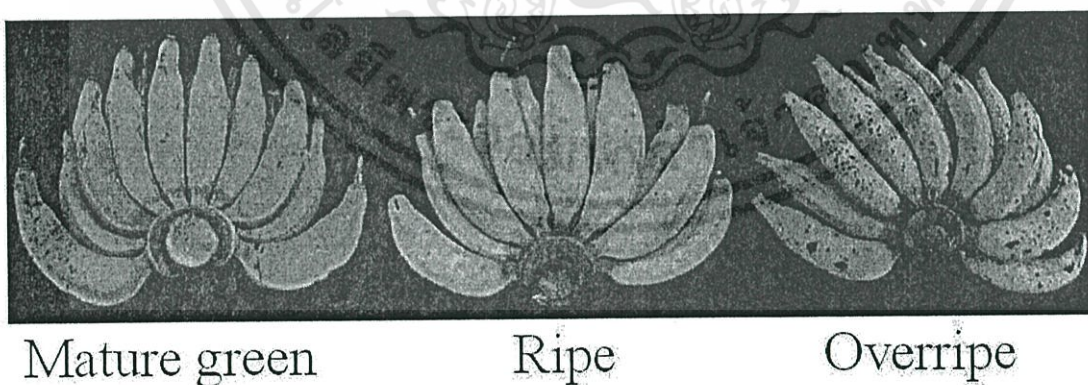


Figure 1. Appearance of mature green, ripe and overripe 'Kluai Leb Mue Nang' banana fruit.

Table 1. Peel and pulp colour of mature green, ripe and overripe stages of ‘Kluai Leb Mue Nang’ banana fruit.

Colour	Mature green	Ripe	Overripe
Peel colour			
L^*	47.85±3.37 c	72.65±2.66 a	65.62±4.55 b
a^*	-19.06±0.77 c	3.11±0.72 b	34.50±1.74 b
b^*	9.09±1.35 a	58.20±3.25 a	59.47±4.29 a
Pulp colour			
L^*	82.72±2.42 a	78.81±7.43 ab	75.45±3.17 b
WI	68.58±2.84 a	65.44±5.68 a	58.11±3.83 b
b^*	26.06±0.90 b	26.75±2.52 b	33.76±4.09 a

Values followed by the same letter within a row are not significantly different at $p < 0.05$ level.

As shown in Table 1, Peel and pulp colour of ‘Kluai Leb Mue Nang’ banana fruit was present as lightness (L^*), redness to greenness ($+a^*$ to $-a^*$), yellowness (b^*) and WI. The change in peel colour of ‘Kluai Leb Mue Nang’ banana fruit was similar to other banana fruits such as *Musa Cavendishii* (Abdullah and Pantasico, 1990), *Musa Acuminata* (Buguad et al., 2009), and *Musa Sapientum* (Mustaffa et al., 1998). The L^* value of the banana peel increased markedly from mature green stage to ripe stage and then decreased at overripe stage which this was similar to the change in L^* value of *Musa cavendishii* cv. ‘Montel’ fruit and *Musa Sapientum* cv. ‘Embun’ fruit during ripening which the continuous increase in L^* value was concomitant with the reduction of greenness and the increase in yellowness (Abdullah et al., 1985; Abdullah and Pantasico, 1990; Mustaffa et al., 1998). We found that the a^* value of the fruit peel were changed from -19.06 (green colour) of mature green fruit to 3.11 and 9.09 (red

colour) of ripe and overripe fruit, respectively. The b^* value of the fruit peel increased markedly from mature green stage to ripe stage and then remained constant. In the pulp color, L^* value and WI decreased as the fruit ripening progressed. In another hand, the b^* value of both mature green and ripe stages were similar but it markedly increased at overripe stage. The increase in b^* values during ripening had been reported in 'Grande Naine' banana fruit (Buguad et al., 2009).

Firmness, total soluble solids and total acidity

Fruit softening, TSS and TA content are key factors indicating fruit maturity and quality. The typical changes in banana fruit firmness and TSS content were shown in Fig. 2A and 2B, respectively. The firmness of the fruit significantly decreased from 40 N at mature green stage to less than 10 N at ripe and overripe stages ($p > 0.05$). No significant difference in firmness of ripe and overripe fruit. In the similar vein, a rapid decrease in firmness of mature green 'Baxi' banana (*Musa* spp. AAA group) during ripening had been reported (Li et al., 2009) which the softening of banana fruit is associated with the degradation of cell wall compounds, the reduction of starch and the increase in sugar content (Srivastava and Dwivedi, 2000; Li et al., 2009). We also found that the TSS content of the 'Kluai Leb Mue Nang' banana fruit increased significantly from 3.6 °Brix at mature green stage to 27.8 and 29.4 °Brix at ripe and overripe stages, respectively ($p > 0.05$) (Fig. 2B). Li et al. (2009) reported that the increase in total sugar content of 'Baxi' banana (*Musa* sp. AAA Group) fruit was positively related to the increase in sucrose phosphate synthase, sucrose synthase and invertases activities during ripening. In another hand, we found that the TA content of the ripe and overripe banana fruits was significantly higher than that of the mature green fruit ($p > 0.05$). The highest TA content was detected in the ripe fruit (Fig. 2C). In

the similar vein, the increase in TA of 'Kluai Nam Wa' banana fruit during ripening had been reported which the increase coincided with the peak of ethylene production and after that, started to decline onwards (Siriboon and Banlusilp, 2004) Wills et al. (1982) reported that the TA content of Musa sp. AAA group, cv. William banana fruit at mature green stage was markedly lower than that of the ripe fruit which this was associated with the reduction of pH. However, a contrast result had been reported for Musa sp., AAA group, cv. Zhonggang fruit (Jiang et al., 2004) and Musa acuminate, AAA group, cv. Gross Michel fruit (Thaiphanit and Anprung, 2010) which TA content decreased continuously during ripening.

Total antioxidant capacity and DPPH radical scavenging activity

Total antioxidant capacity and DPPH radical scavenging activity of 'Kluai Leb Mue Nang' banana fruit during ripening were shown in Fig. 3. The total antioxidant capacity of the ripe fruit was significantly higher than that of mature green and overripe fruit ($P < 0.05$) (Fig. 3A) whilst the contrast result was shown in DPPH radical scavenging activity (Fig. 3B). The amount of total antioxidant capacity and DPPH radical scavenging activity of mature green fruit were similar to those of overripe fruit. The changes in DPPH radical scavenging activity in this was similar to the result reported for "Gross Michel" banana fruit (Thaiphanit and Anprung, 2010). Macheix et al. (1999) reported that antioxidant capacity of banana pulp may be due to flavonoids and total phenolic contents. Someya et al. (2002) had discovered that gallic acid, a phenol, in banana fruit and the antioxidant capacity of the fruit may be attributed to their gallic acid content.

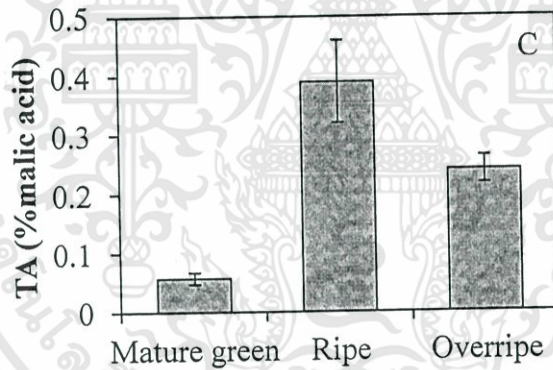
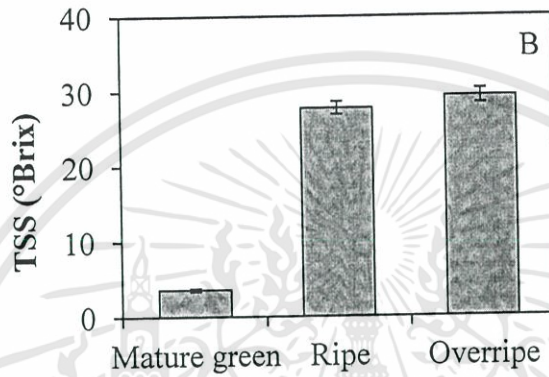
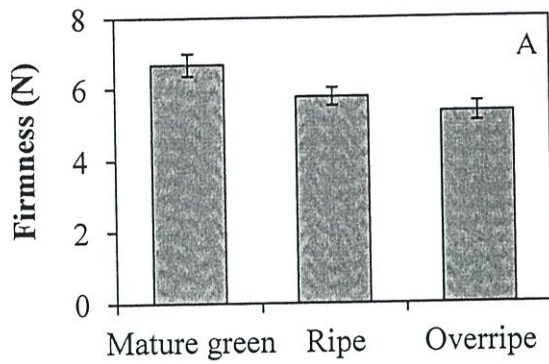


Figure 2. Firmness (A), total soluble solids (TSS) (B) and total acidity (TA) (C) of mature green, ripe and overripe stages of ‘Kluai Leb Mue Nang’ banana fruit. Bars represent mean (n=10) \pm SD. Samples followed by the same letter were not significantly different ($p>0.05$)

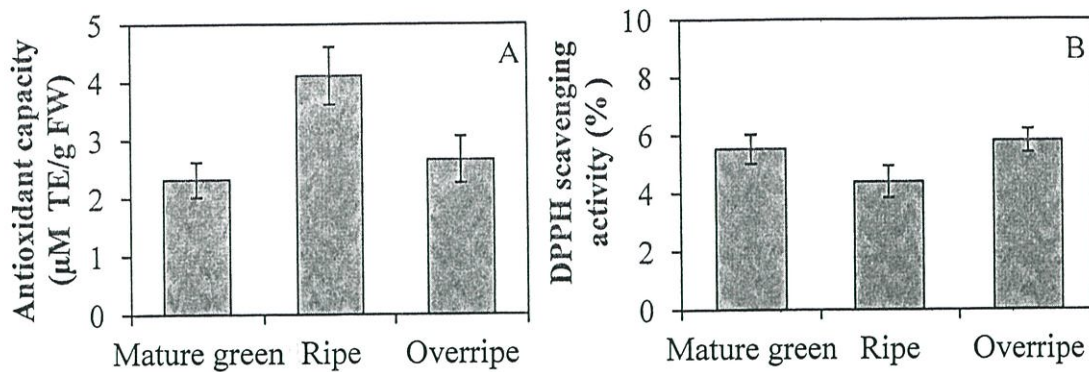


Figure 3. Total antioxidant capacity (A) and DPPH scavenging activity (B) of mature green, ripe and overripe stages of 'Kluai Leb Mue Nang' banana fruit. Bars represent mean (n=10) \pm SD. Samples followed by the same letter were not significantly different ($p>0.05$)

Total phenols and total flavonoids content

Regarding to the report of Macheix et al. (1999), the changes in TP and TF content of 'Kluai Leb Mue Nang' banana fruit at the three stages of ripening were investigated. TP content of the mature green fruit was significantly lower than that of both ripe and overripe fruit ($P<0.05$) (Fig 4A). No difference in TP content between the ripe and overripe fruit was found. As shown in Fig 4B, The TF content of the mature green fruit was significantly higher than that of both the ripe and overripe fruit ($P<0.05$). No significant difference in TF content between ripe and overripe fruit was found. The change of TP content in this banana fruit was similarly to the change of total antioxidant capacity (Fig. 3A) which determined using FRAP assay. These confirm that antioxidant capacity in banana fruit was attributed to total phenolic compounds which a phenolic compound, named gallic acid, was identified as the major antioxidant compound in banana fruit (Someya et al., 2002). Similarly, Bennett et al. (2010) addressed that banana pulp was an excellent source of bioactive phenolics.

Interestingly, we found a high content of TF content and a low content of total phenols

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

in the full mature green fruit. These contrast to the report of Macheix et al. (1999) which a high total phenols and tannin content at mature stage of banana fruit and these compounds then declined when ripening advanced. Bennett et al. (2010) reported a slight increase of TP content in the pulp of ‘Nanicão’ banana fruit stored at 20°C for 18 day whilst TP content of other cultivars such as ‘Figo’ banana, ‘Terra’ banana, ‘Mysore’ banana and ‘Pacovan’ banana fruits decreased during storage. These show that the changes in TP and TF content of banana fruit pulp during ripening are dependent on cultivars.

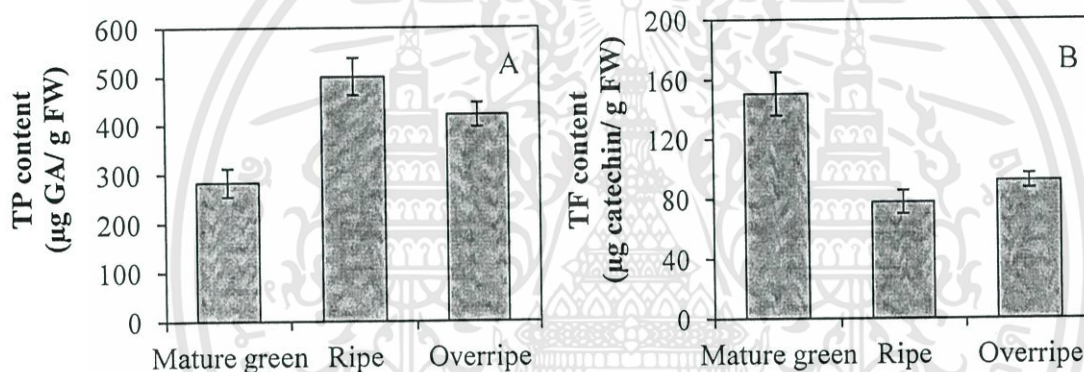


Figure 4. Total phenols (TP) (A) and total flavonoids (TF) (B) content of mature green, ripe and overripe stages of ‘Kluai Leb Mue Nang’ banana fruit. Bars represent mean (n=10) ± SD. Samples followed by the same letter were not significantly different (p>0.05)

CONCLUSIONS

During the ripening progress, the greenness of the peel decreased, the yellowness increased markedly from mature green stage to ripe stage and then remained constant and the redness increased continuously. In the pulp color, the whiteness and lightness

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

decreased as the ripening advanced while the pulp yellowness remained constant between mature green stage and ripe stage and then markedly increased at overripe stage. The firmness of the fruit decreased rapidly when the fruit ripen and the remained constant. The lowest TSS and TA content were detected in mature green fruit. The TSS content increased continuously while TA content declined in overripe stage. For the bioactive compounds, the highest total antioxidant capacity and the lowest DPPH radical scavenging activity were detected in the ripe fruit. No significant difference of both antioxidant capacities between the mature green and overripe fruit. The change in TP content was similar to the change in total antioxidant capacity. There was no significant difference in TF content of ripe and the overripe fruit.

CONFLICTS OF INTEREST

The authors report no conflicts of interest. The authors alone are responsible for the content and writing the article.

REFERENCES

- Abdullah H, Rohaya MA and Zaipun MZ (1985) Physio-chemical changes during maturation and after ripening of banana (*Musa sapientum* cv. Embun). *MARDI Research Bulletin* 13: 341-347.
- Abdullah H and Pantastico EB (1990) *Banana-fruit development, postharvest physiology, handling and marketing in ASEAN*. Kuala Lumpur: ASEAN Food Handling Bureau
- Bennett R N, Shiga TM, Hassimotto NMA, Rosa EAS, Lajolo FM and Cordennunsi BR (2010) Phenolics and antioxidant properties of fruit pulp and cell wall

- fractions of postharvest banana (*Musa acuminata* Juss.) cultivars. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 58: 7991-8003.
- Benzie IFF and Strain JJ (1996) The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: The FRAP assay. *Analytical Biochemistry* 239: 70–76.
- Bolin HR and Huxsoll CC (1991) Control of minimally processed carrot (*Daucus carota*) surface discoloration caused by abrasion peeling. *Journal of Food Science* 56: 416-418.
- Brand-Williams W, Cuvelier ME and Berset C (1995) Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT – Food Science and Technology* 28: 25–30
- Bugaud C, Pascaline A, Daribo M and Brillouet J (2009) Comparison of the physico-chemical characteristics of a new triploid banana hybrid, FLHORBAN 920, and the Cavendish variety. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 89: 407-413.
- Imsabai W, Ketsa C and van Doorn WG (2006) Physiological and biochemical changes during banana ripening and finger drop. *Postharvest Biology and Technology* 39:211-216.
- Jiang W, Zhang M, He J and Zhou L (2004) Regulation of 1-MCP-treated banana fruit quality by exogenous ethylene and temperature. *Food Science and Technology International* 10 (1): 15-20.
- Li W, Shao Y, Chen W and Jia W (2011) The effects of harvest maturity on storage quality and sucrose-metabolizing enzymes during banana ripening. *Food Bioprocess and Technology* 4: 1273-1280.
- Ketsa S (2000) Development and control of senescent spotting in banana. *Food Preservation Science* 26: 173-178.

- Kyu Kyu Win N, Jitareerat P, Kanlayanarat S and Sangchote S (2007) Effects of cinnamon extract, chitosan coating, hot water treatment and their combinations on crown rot disease and quality of banana fruit. *Postharvest Biology and Technology* 45(3): 333-340.
- Macheix J J, Fleuriet A and Billot J (1990). *Fruits phenolics*. Florida: CRC Press.
- Mustaffa R, Osman A, Yosof S and Mohamed S (1998) Physico-chemical changes in cavendish banana (*Musa cavendishii* L. var. Montel) at different position in a bunch during development and maturation. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 78: 201-207.
- Nguyen TBT, Ketsa S and van Doorn WG (2003) Relationship between browning and the activities of polyphenoloxidase and phenylalanine ammonia lyase in banana peel during low temperature storage. *Postharvest Biology and Technology* 30(2): 187-193.
- Nguyen TBT, Ketsa S and van Doorn WG (2004) Effect of modified atmosphere packaging on chilling-induced peel browning in banana. *Postharvest Biology and Technology* 31(3): 313-317.
- Siriboon N and Banlusilp P (2004) A study on the ripening process of 'Namwa' banana. *AU Journal of Technology* 4(2): 159-164.
- Slinkard K and Singleton VL (1977) Total phenol analysis: Automation and comparison with manual methods. *American Journal Enology and Viticulture*. 28: 49-55.
- Someya S, Yoshiki Y and Okubo K (2002) Antioxidant compounds from bananas (*Musa Cavendish*). *Food Chemistry* 79: 351-354.

- Thaiphanit S and Anprung P (2010) Physicochemical and flavor changes of fragrant banana (*Musa acuminata* AAA group “Gross Michel”) during ripening. *Journal of Food Process and Preservation* 34 (3): 366-382.
- Ummarat N, Matsumoto TK, Wall MM and Seraypheap K (2011) Changes in antioxidants and fruit quality in hot water-treated ‘Hom Thong’ banana fruit during storage. *Scientia Horticulturae* 130: 801-807.
- Valmayor RV, Jamaluddin SH, Silayoi B, Kusumo S, Danh LD, Pascua OC and Espino RRC (1999) Banana cultivar names and synonyms in Southeast Asia , advancing banana and plantain R&D. In: *Asia and the Pacific proceeding of the 9th INIBAP-ASPNET regional advisory committee meeting* (eds AB Molina and VN Roa), Guanzhou, China, 2-5 November 1999, pp. 55-65. China: South Ching Agricultural University.
- Wills RBH, Pitakserikul S and Scott KJ (1982) Effects of pre-storage in low oxygen or high carbon dioxide concentrations on delaying the ripening of bananas. *Australian Journal of Agricultural Research* 33: 1029-1036.
- Zhishen J, Mengcheng T and Jianming W (1999) The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radical. *Food Chemistry* 64: 555–559.

Effect of storage temperatures on physical quality and bioactive compounds in

‘Leb Muer Nang’ banana (*Musa AA*) fruit

Pannipa Youryon¹, *Suriyan Supapvanich²

¹ Department of Horticulture, Prince of Chumphon campus, King Mongkut’s Institute of Technology
Ladkrabang, Prateaw, Chumphon province, 86160 Thailand

² Department of Agricultural Education, Faculty of Industrial Education, King Mongkut’s Institute of
Technology Ladkrabang, Ladkrabang, Bangkok, 10520 Thailand

* Corresponding author; email address: kusuriya@kmitl.ac.th

Abstract

The purpose of this work was to investigate the quality changes in ‘Leb Muer Nang’ banana fruit (*Musa AA* group) during storage at various temperatures. The fruit at the onset of ripening stage were kept at 25°C and 13°C and 80%RH for 16 days. The shelf-life of the fruit held at 25°C was 8 days whilst that of the fruit held at 13°C could store for 16 days. The cold storage maintained the peel colour both lightness (L*) and yellowness (b*) and the whiteness of pulp over storage while the decrease in L* and the increase in b* of the fruit peel held at 25°C were found. The firmness was maintained by cold storage. The storage temperatures had no effect on the changes in bioactive compounds during storage as all of them decreased and no significant difference in these compounds of both fruit held at 25 °C and 13°C were detected. These suggest that storage at 13°C is a proper temperature extending the shelf-life of the ripe banana fruit.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Keywords: Ripe 'Leb Muer Nang' banana fruit, storage temperatures, shelf-life

Banana fruit have been claimed as an important commercial fruit in world market like apples, oranges, melon and grapes. As a climacteric tropical fruit, a peak of ethylene production and increased respiratory rate are typical ripening characteristics of banana fruit which induce peel de-greening, sugar accumulation, degradation of starch granules, pulp softening and the production of aroma compounds (Clendennen and May 1997, 463-469). The ripening-associated process is stimulated by storage environment such as high temperature and contaminated ethylene in the atmosphere. Approximately, 20-30% of banana fruit is lost during postharvest period due to poor handling and storage, especially in developing countries (Li and Jia 2008, 443-447). Generally, consumers prefer to purchase banana fruit at ripe stage rather than mature green stage which after the onset of ripening, the shelf-life and eating quality of the fruit change rapidly due to pulp softening and skin blackening. The shelf-life of banana fruit after the onset of ripening is approximate 4 to 5 days (Lima *et al.* 2014, 734-739), especially in tropical countries which the ambient temperature is normally higher than 28 °C. Thus, cold storage is required to extend the shelf-life of banana fruit in market which the recommended temperature for banana storage is 13-15C (Payasi and Sanwal 2010, 679-710; Promyou *et al.* 2008, 132-138). Commercially, the banana fruit at mature green stage (pre-climacteric phase) are typically held at the cold temperature to extend its postharvest life before sale (Lima *et al.* 2014, 734-739) and then leave them ripen at ambient temperature before sale. In market, the loss of banana fruit is related to rapid ripening and skin blackening. Thus, this work was to investigate the use of cold storage maintaining postharvest quality and extending shelf-life of ripe banana fruit.

'Leb Muer Nang' banana fruit (*Musa AA*) is a commercial banana fruit following 'Gros Michel' banana fruit (*Musa AAA*), 'Sucrier' banana fruit (*Musa AA*) and 'Nam Wa' banana fruit (*Musa AAB*). The demand of the fruit in market has been continuously increased. However, the research work involving postharvest quality of 'Leb Muer Nang' banana fruit is rare. Therefore, the effect of storage temperatures on physical quality and bioactive compounds of the banana fruit was investigated.

Materials and methods

Raw materials

Full mature 'Leb Muer Nang' (*Musa acuminata*, AA group) banana fruit were delivered from a banana orchard at Prateaw district, Chomphon province. The fruit bunches were then de-handed and the hands were selected for uniformity of colour, size and being free from physical damages. The hands were cleaned with tap water, air-dried and incubated at room temperature ($25\pm 2^{\circ}\text{C}$) for 48 hours (until the fruit peel turned to yellow). Twenty banana hands were then held at 25°C or 13°C and were sampled in every 4 days to determine visual appearance, peel and pulp colour, firmness and bioactive compounds including DPPH scavenging activity, ferric reducing antioxidant potential (FRAP), total phenolics (TP) content and total flavonoids (TF) content.

Visual appearance and colour measurement

Visual appearance of banana fruits was monitored by taking photo of the banana fruit. Superficial colour of both peel and pulp were measured by using a HunterLab MiniScan[®] XE Plus (Hunter

Associates Laboratory Inc., USA). The lightness (L^*), greenness or redness ($-a^*$ or $+a^*$) value and blueness or yellowness ($-b^*$ or $+b^*$) values were recorded. Peel colour was expressed as L^* , a^* and b^* values and pulp colour was expressed as L^* value, whiteness index (WI) using the equation $100 - [(100 - L^*)^2 + a^{*2} + b^{*2}]^{0.5}$ (Bolin and Huxsoll 1991, 416-418) and yellowness (b^*).

Firmness measurement

Five fingers of each hand were randomly sampled for firmness measurement. The finger was peeled and the measurement was taken at the middle part of the finger using a TA Plus Texture Analyzer (Lloyds, England) with a 6 mm cylindrical probe. The result was expressed as the maximum force (N) of measurement.

Total antioxidant capacity measurements

A 5 g of the banana pulp was homogenized with 25 mL of 60% methanol and then filtered through cloth sheet. Supernatant was collected and then 1 mL of supernatant was diluted with 20 mL distilled water. The solution was used to assay biologically active compounds such as DPPH scavenging activity, FRAP, TP and TF content.

Ferric reducing antioxidant potential (FRAP) was determined using the method described by Benzie and Strain (1996, 70–76). FRAP reagent consisted of acetate buffer pH 3, 10 mM 2,4,6-tripyridyl-1,3,5-triazine (TPTZ) and 20 mM ferric chloride hexahydrate in the ratio of 10:1:1 (v/v/v). The reaction was started by mixing 5 mL of FRAP reagent and 0.5 mL of the extract sample and leaved at room

temperature for 30 min. The absorbance at 630 nm was recorded. FRAP value was present in term of mmole trolox equivalents per g fresh weight (mmole TE/g FW).

DPPH scavenging activity was determined using the method of Brand-Williams et al. (1995, 25–30) with slight modification. The reaction was started when 3 mL of supernatant was mixed with 0.3 mL of 1 mM DPPH in methanol. The mixture was held at room temperature for 30 min and the absorbance measured at 517 nm. The capability to scavenge the DPPH free radical was calculated by using the following equation.

$$\text{DPPH scavenging activity (\%)} = [(A_0 - A_{30})/A_0] \times 100$$

A_0 = the absorbance of the sample at 0 min; A_{30} = the absorbance of the sample at 30 min.

Total phenols and total flavonoids content measurements

TP content was assayed using the method described by Slinkard & Singleton (1977, 49–55). The reaction was begun when 1 mL of the sample solution was added into the solution of 1 mL 50% (v/v) Folin–Ciocalteu reagent solution and 2 mL saturated Na_2CO_3 solution. The mixture was incubated at room temperature for 30 min. The absorbance at 750 nm was recorded. TP content was expressed in term of mg gallic acid per g fresh weight (mg GA/ g FW).

TF content was determined using a method described by Jia et al. (1999, 555–559). The reaction was started when 0.25 mL of the extract was mixed with 1.25 mL of distilled water, 75 μL of 0.5% NaNO_2 . The mixture was leaved for 6 min and then 150 μL of 10% $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ was added and allowed to stand for 5 min. After that, 0.5 mL of 1.0 M NaOH was added. The absorbance of the mixture was measured at 510 nm. The data were expressed as μg catechin equivalents per g fresh weight (μg catechin/ g FW).

Statistical analysis

All data were analyzed by using ANOVA and the deference between the means was performed with DMRT at $P < 0.05$ by using SAS (9.1) software. The results are presented as means ($n=10$) \pm S.D.

Results and discussion

Visual appearance and superficial colour

We found that the shelf-life of the ripe banana fruit could extend by a proper cold storage. As shown in Fig 1, the appearance of the fruit held at 13°C for 16 days still looked good as the stem of fruit was still green and any black spots and flecks on the skin was not found. Whereas, the black spots and flecks were found on the skin of the fruit held at 25°C for 8 days and its stem end of the fruit was also shrivel and black. Senescence spots or black flecks are the typical physiological disorder happened on banana fruit skin at the last phase of ripening (Chen et al. 2008, 318-328). These physiological disorder is recognisely related to the dysfunction of cell membrane and cell wall degradation of the fruit skin due to senescence process. Choehom et al. (2004, 167-175) reported that browning spots of a *Musa AA* banan fruit, named 'Sucrier' or 'Klui Khai', during ripening relatively associated with the increased polyphenol oxidase (PPO) and phenylalanine ammonia lyase (PAL) activities which these reactions were obviously stimulated under high oxygen level and rapidly increased at 29-30 °C (tropical ambiene temperature). However, we found that storage at 13°C retarded browning spots and flecks on the fruit

skin and also maintained the fresh-like appearance of ripe 'Leb Meur Nang' banana fruit for more than 16 days.

As the results shown in table 1, lightness (L^* value) of the banana peel held at both 25 °C and 13 °C decreased and the peel redness (a^* value) increased during storage. The yellowness (b^* value) of peel of the fruit held at 25°C decreased whilst that of the fruit held at 13°C remained constant during storage. This shows that the decrease in peel yellowness seemed depend upon the increase in the redness during storage which the obvious correlation was shown in the fruit held at 25°C and storage at 13°C could maintain the banana peel yellowness during storage. Moreover, the decrease in peel L^* value positively related to the increase in peel a^* value during storage. Similarly, Chen et al. (2008, 318-328) reported that L^* value of banana fruit decreased as the fruit ripening increase. The result also shows that storage at 13°C maintained pulp colour over storage as no significant difference in L^* , WI and b^* values throughout storage. Whereas, the significant decrease in pulp L^* and WI values and the marked increase in pulp b^* value during storage were found the fruit held at 25°C ($P < 0.05$). The increase in b^* value might relate to the accumulation of carotenoids in the fruit pulp as the results reported for 'Sucrier' banana fruit during storage (Facundo et al. 2015, 102-109). Newilah et al. (2009, 97-206) also reported that the increase or decrease of carotenoids compound in banana pulp during ripening accorded to the banana genome.

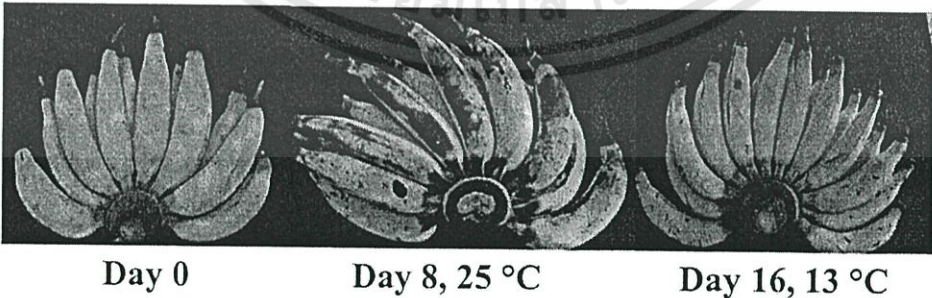


Figure 1 Visual appearance of 'Leb Muer Nang' banana (*Musa AA* group) fruit at initial day of storage and held at 25°C for 8 days and 13°C for 16 days.

Table 1. Superficial colour of peel and pulp of ‘Leb Muer Nang’ banana (*Musa* AA group) fruit during storage at 25C and 13 C.

Temperature (°C)	Time (Days)	Peel			Pulp		
		<i>L</i> *	<i>a</i> *	<i>b</i> *	<i>L</i> *	WI	<i>b</i> *
25	0	70.20±2.5 ^a	4.07±0.3 ^b	59.01±1.7 ^a	81.93±0.5 ^a	71.20±1.4 ^a	22.26±2.1 ^b
	4	64.52±1.6 ^b	9.00±0.8 ^a	51.73±5.7 ^b	79.32±0.8 ^b	67.65±1.5 ^b	24.69±1.4 ^{ab}
	8	66.91±4.7 ^{ab}	10.22±1.6 ^a	53.80±3.6 ^b	79.32±1.5 ^b	65.78±2.2 ^b	27.03±1.6 ^a
13	0	71.56±3.0 ^a	4.27±0.7 ^b	58.50±4.9	81.17±0.8	70.90±1.4	21.87±1.2
	4	73.53±2.5 ^a	3.89±0.6 ^b	59.67±2.8	81.40±0.5	70.65±0.6	22.56±2.1
	8	67.45±3.1 ^{ab}	8.07±1.8 ^a	59.80±4.0	82.03±2.1	70.70±2.1	22.92±1.0
	12	65.73±1.9 ^b	7.75±0.9 ^a	56.73±4.8	80.40±0.3	70.86±0.3	21.50±0.5
	16	63.16±3.1 ^b	9.04±1.2 ^a	57.03±2.9	80.62±0.5	70.54±0.1	22.00±0.6

Data represent the mean of ten replication ±SD. Values of each storage temperature followed by the same letter within a column are not significantly different at $P < 0.05$ level.

Firmness

Figure 2 shows the changes in firmness of the ripe banana fruit during storage at both 25 and 13 °C. The result shows that the cold storage temperature maintained the firmness of the banana fruit over storage for 16 days which no significant difference in that of the banana fruit was detected. For the fruit held at 25 °C, the significant decrease in the fruit firmness was detected after day 4 of storage ($P < 0.05$). Similarly, the softening of ‘Goldfinger’ banana fruit was delayed during stored at 10°C for 22 days

whilst a rapid decrease in firmness was found in the fruit held at 20 °C after day 4 of storage (Nunes *et al.*, 2013).

Banana fruit softening is relatively related to the degradation of cell wall components involving the activity of pectic lyase, β -glucosidase and polygalacturonase (Medina-Suárez *et al.* 1997, 453-461.; Pathak and Sanwal 1998, 249-255) and the breakdown of accumulated starch (Shiga, *et al.* 2011, 1511-1516). Low storage temperature is the most important factor extending shelf-life and maintaining fresh-like quality due to slow down metabolism process including the activity of enzymes in plants. Thus, the maintained firmness of the banana fruit held at 13°C might due to the slow down those cell wall hydrolases activity by cold temperature

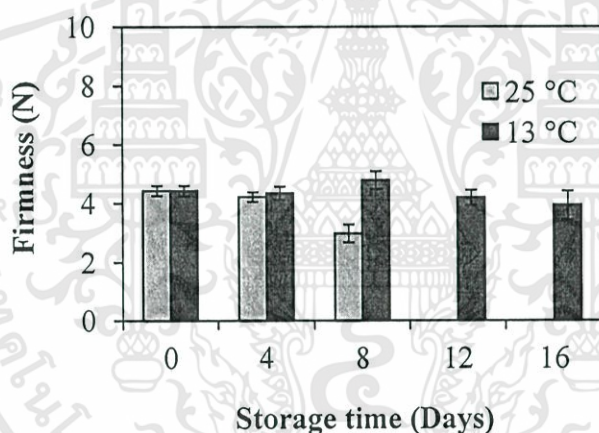


Figure 2. Firmness of 'Leb Muer Nang' banana (*Musa* AA group) fruit during storage at 25 °C and 13 °C. Data represent the mean of ten replications \pm SD.

Bioactive compounds

Antioxidant activity in the banana fruit was identified by measuring DPPH scavenging activity and ferric reducing antioxidant potential (FRAP) (Fig. 3). Both DPPH scavenging activity and FRAP at the initial day were significantly higher than those at other days of storage ($P < 0.05$). The significant

decrease in DPPH scavenging activity was found on day 4 ($P < 0.05$) and then remained constant over storage at both 25 and 13°C (Fig. 3A). The similar result was also found in FRAP. As the results shown in Fig. 4, total phenolic compounds of the banana fruit held at the both temperatures decreased over storage and there is no significant difference in that between the fruit held at 25 and 13 °C. The TF content of the banana fruit held at 13 °C was lower than that of the banana fruit held at 25 °C over storage. Flavonoids is also widely recognised as a pigment compound in plant. Thus the higher TF content in the pulp of the banana fruit held at 25°C might relate to the increased yellowness (b^* value), however, it might be not the main compound providing the yellow colour in the fruit pulp like carotenoids (Facundo et al. 2015, 102-109). We suggest that cold storage temperature had no influence to maintain bioactive compounds when compared to the ambient temperature (25°C).

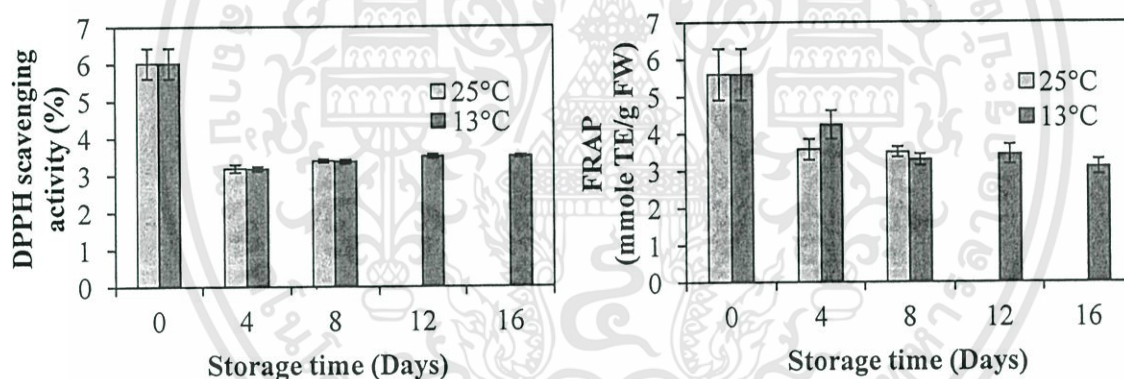


Figure 3. DPPH scavenging activity (A) and ferric reducing antioxidant potential (FRAP) (B) of 'Leb Muer Nang' banana (*Musa AA* group) fruit during storage at 25°C and 13 °C. Data represent the mean of ten replications \pm SD.

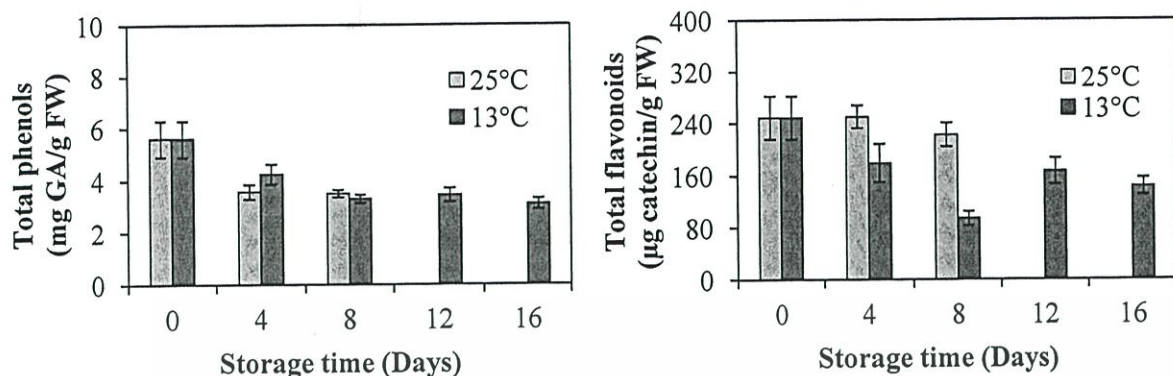


Figure 4. Total phenolic (TP) compounds (A) and total flavonoids (TF) content (B) of 'Leb Muer Nang' banana (*Musa AA* group) fruit during storage at 25 °C and 13 °C. Data represent the mean of ten replications \pm SD.

Conclusion

Storage at 13°C is a proper storage temperature maintaining shelf-life and physical quality involving visual appearance, peel and pulp colour and firmness of ripe 'Leb Muer Nang' banana fruit. The fruit could be stored at the cold temperature more than 16 days without black spots and flecks on skin whilst storage at 25 °C could not store the fruit longer than 8 days. The cold storage temperature had no influence to maintain the level of antioxidants, TP content, except TF content, during storage.

Acknowledgement

We would like to thank King Mongkut's Institute of Technology for financial support.

References

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Benzie, I.F.F. and J.J. Strain. 1996. "The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "Antioxidant power": the FRAP assay." *Analyt. Biochem.* **239**: 70–76.
- Bolin H.R. and C.C. Huxsoll. 1991. "Control of minimally processed carrot (*Daucus carota*) surface discoloration caused by abrasion peeling." *J. Food Sci.* **56**: 416-418.
- Brand-Williams, W., M.E. Cuvelier and C. Berset. 1995. "Use of free radical method to evaluate antioxidant activity." *LWT – Food Sci. Technol.* **28**: 25–30.
- Chen J., L. He, Y. Jiang, Y. Wang, D.C. Joyce, Z. Ji and W Lu. 2008. "Role of phenylalanine ammonia-lyase in heat pretreatment-induced chilling tolerance in banana fruit." *Physiologia Plantarum.* **132**: 318-328.
- Choehom R., S. Ketsa and W. G. van Doorn. 2004. "Senescent spotting of banana peel is inhibited by modified atmosphere packaging." *Postharvest Biol. Technol.* **31**: 167-175.
- Clendennen S.K. and G.D. May. 1997. "Differential gene expression in ripening banana fruit." *Plant Physiol.* **155**: 463-469.
- Facundo H.V.V., P.D. Gurak, A.Z. Mercadante, F.M. Lajolo and B.R. Cordenunsi. 2015. "Storage at low temperature differentially affects the colour and carotenoid composition of two cultivars of banana." *Food Chem.* **170**: 102-109.
- Jia Z, M. Tang and J. Wu. 1999. "The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radical." *Food Chem.* **64**: 555–559.
- Li Y. and F. Jia. 2008. "A survey on status and countermeasures of banana industry in China." *Chinese Agric. Sci. Bull.* **24**: 443-447 (in Chinese with English abstract)
- Lima O.S., E.G. Souza, E.P. Amorim and M.E.C. Pereira. 2014. "Ripening and shelf life of 'BRS Caipira' banana fruit stored under room temperature or refrigeration." *Ciência Rural.* **44(4)**: 734-739.

- Medina-Suárez R, K. Manning, J. Fletcher, J. Aked, C.R. Bird and G.B. Seymour. 1997. "Gene expression in the pulp of ripening bananas, Two-dimension sodium dodecyl sulfate-polyacrylamide gel electrophoresis of in vitro translation production and cDNA cloning of 25 different ripening-related mRNAs." *Plant Physiol.* **115**: 453-461.
- Newilah G.N., C. Dhuique-Mayer, J. Rojas-Gonzalez, K. Tomekpe, E. Fokou and F. Etoa. 2009. "Carotenoid contents during ripening of banana hybrids and cultivars grown in Cameroon." *Fruits.* **64**: 197-206.
- Nunes C.N., Y. Yagiz and J. Emond. 2013. "Influence of environmental conditions on the quality attributes and shelf life of 'Goldfinger' bananas." *Postharvest Biol. Technol.* **86**: 309-320.
- Pathak N. and G.G. Sanwal. 1998. "Multiple forms of polygalacturonase from banana fruits." *Phytochem.* **48**: 249-255.
- Payasi A. and G.G. Sanwal. 2010. "Ripening of climacteric fruits and their control." *J. Food Biochem.* **34**: 679-710.
- Promyou S., S. Ketsa. and W.G. van Doorn. 2008. "Hot water treatments delay cold-induced banana peel blackening." *Postharvest Biol. Technol.* **48**: 132-138.
- Shiga T.M., C.A. Soares, J.R. Nascimento, E. Purgatto, F.M. Lajolo and B.R. Cordenunsi. 2011. "Ripening-associated changes in the amounts of starch and non-starch polysaccharides and their contributions to fruit softening in three banana cultivars." *J. Sci. Food Agric.* **91**: 1511-1516.
- Slinkard, K. and V.L. Singleton. 1977. Total phenol analysis: automation and comparison with manual methods. *Amer. J. Enol. Viti.* **28**: 49-55.

ข้อมูลประวัติคณะผู้วิจัย

ประวัติส่วนตัว (หัวหน้าโครงการวิจัย)

ชื่อ - นามสกุล นางสาวพรณิภา ย้วยล

Miss Pannipa Youryon

ประวัติการศึกษา

ชื่อย่อปริญญา	สาขาวิชา	สถาบันการศึกษา	ปีที่จบ
ปร.ด	เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว	มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี	2555
วท.ม.	พืชสวน	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	2543
วท.บ.	พืชสวน	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	2539

สาขาวิจัยที่มีความชำนาญพิเศษ

การผลิตและวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวไม้ผล

ทุนการศึกษาและทุนวิจัยที่เคยได้รับ

ปี พ.ศ.	ทุนการศึกษาและทุนวิจัย	สถาบันที่ให้
2541	ทุนพัฒนาอาจารย์วิทยาเขตสารสนเทศ	ทบวงมหาวิทยาลัย
2545	การผลิตผักเหียงเชิงเกษตรอินทรีย์เพื่อการค้า	ทบวงมหาวิทยาลัย
2546-2548	การผลิตผักเหียงเชิงพาณิชย์	วช
2558	ทุนพัฒนาอาจารย์	สกอ
2556-2557	การใช้แคลเซียมต่อการลดการเกิดไส้สีน้ำตาลในสับปะรด	วช
2557	การวิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระในกล้วยเล็บมือนาง	สกอ
2559	การลดการเกิดไส้สีน้ำตาลในสับปะรดก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว	วช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลงานวิจัย

- Youryon, P., Wongs-Aree, C., McGlasson, W.B., Glahan, S., Kanlayanarat, S., 2008. Internal browning occurrences of 'Queen' pineapple under various low temperatures. *Acta Hort* 804, 555-560.
- Youryon P, Wongs-Aree C, McGlasson WB, Glahan S., Kanlayanarat S (2012) Response of internal browning in pineapple fruit vacuum infiltrated with solutions of calcium chloride or strontium chloride. *Acta Hort* 943:
- Youryon, P., Wongs-Aree, C., McGlasson, W.B., Glahan, S., Kanlayanarat, S., 2011. Development of internal browning during low temperature storage of pineapple fruit cv. Trad-Srithong harvested at different time of the day. *J of applied horticulture* 13(2):122-126.
- Youryon, P., Wongs-Aree, C., McGlasson, W.B., Glahan, S., Kanlayanarat, S., 2013. Alleviation of internal browning in pineapple fruit by peduncle infiltration with solutions of calcium chloride or strontium chloride under mild chilling storage. *International Food Research Journal* 20(1): 239-246.
- พรณิภา ยั่วยล และสุริยันธ์ สุภาพวานิช. 2558. ผลของตำแหน่งการติดผลต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของ
ส้มโชกุน. *วิทยาศาสตร์เกษตร*. 46(3/1) : 141-144.
- พรณิภา ยั่วยล กนกพร บุญญะอดิชาติ และนาดยา มนตรี . 2554. ระยะเก็บเกี่ยวเหมาะสมและ
บรรจุภัณฑ์ต่อการเก็บรักษาผักเหลียง. *การประชุมวิชาการวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 9*.
หน้า 93.

ประวัติส่วนตัว (ผู้ร่วมโครงการวิจัย)

ชื่อ – นามสกุล นางสาวพัชรภรณ์ ปานดี

Miss Patcharaporn Pandee

ประวัติการศึกษา

ชื่อย่อปริญญา	สาขาวิชา	สถาบันการศึกษา	ปีที่จบ
ปร.ด	เทคโนโลยีชีวภาพ	มหาวิทยาลัยมหิดล	2553
วท.ม.	เทคโนโลยีชีวภาพ	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	2545
วท.บ.	เทคโนโลยีชีวภาพ	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	2542

สาขาวิชาที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิมหาบัณฑิต) จุลชีววิทยาอุตสาหกรรม, เทคโนโลยีของ
เอนไซม์, เทคโนโลยีการหมัก

ผลงานวิจัย

Pandee, P., Dissara, Y. and Kittikun, A. 2002. Optimization of growth and fibrinolytic production from *Schizophyllum commune* BL23. The 14 th Annul Meeting of the Thai Society for Biotechnology, 12-15 November 2002 ,Khon Kaen , Thailand.

Dissara Y. and Pandee, P.2002. Production of fibrinolytic enzyme by *Xylaria* sp. BL25 in submerged cultures. The 3 rd JSPS-NRCT Joint Seminar on Development of Thermotolerant, Microbial Resources and their Appication, 17-21 November 2002, Chang Mai, Thailand.

Dissara, Y.and Pandee, P. 2000. Fibrinolytic enzyme from mycelium of macro-fungi iosolated from nature . The 2 nd JSPS-NRCT Joint Semina on Development of Thermotolerant Microbial Resources and their Applications, 21-25 November 2000,

Yamaguchi,Japan.

Pandee P., H-Kittikul A., Masahiro O. and Dissara Y.2008. Production and properties of a fibrinolytic enzyme by *schizophyllum commune* BL23. *Songklanakarin J. Sci. Technol.*30(4),447-453.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติส่วนตัว (ผู้ร่วมโครงการวิจัย)

ชื่อ- นามสกุล นางสาวอรสา ชูละเอียด

Miss Orasa Choolaaied

ประวัติการศึกษา

ปีที่จบการศึกษา	ระดับปริญญา	อักษรย่อปริญญา	สาขาวิชา	ชื่อสถาบันการศึกษา	ประเทศ
2555	โท	วท.ม.	เทคโนโลยีชีวภาพ	มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์	ไทย
2545	ตรี	วท.บ.	เคมี	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	ไทย

สาขาวิชาที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) เคมีวิเคราะห์

ผลงานวิจัย

Choolaaied , O., Suksawad, T., Khummueng W., Dejmanee, S and Saeanauk, P.(2010).

Determination of Alpha Hydroxy Acid in some Cosmetic Products by High Performance liquid chromatography. Poster presentation in pure and Applied Chemistry Internationnal Conference (PACCON2010). 21-23 January 2010 at Sunee Grand Hotel and Convention Center, Ubonratchathani.

Choolaaied , O., Viboonkit, K.,Dejmanee,S and Saeanauk, P.(2010). Determination of lead in contaminated squid from Chumphon Province by Flame Atomic Absorption Spectrometry. Poster presentation in The 36th Congress on Science and Technology of Thailand .26-28 October 2010 at the Bangkok Internationnal Trade and Exhibition center (BITEC),Bangkok.

Choolaaied , O., Dejmanee,S and Saeanauk, P. (2011). Determination of alphatocopherol in vegetable oils. Poster presentation in pure and Applied Chemistry International Conference (PACCON2011). 5-7 January 2011at Miracle Grand Convention Hotel,Bangkok.

Choolaaied, O.,Nokkoul, R.,and Dejmanee, S. (2012). Extraction of Alpha-Tocopherol in Thai Rice from Chumphon Province by High Performance Liquid Chromatography. Poster presentation in Pure and Applied Chemistry International Conferenec (PACON2012). 11-13 January 2012 at the empress hotel, Chiang Mai.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้