

การควบคุมการเกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์กล้วย *Musa sapientum* L. ตาก



นางสาวสิริรัฐ สุดประเสริฐ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2546

ISBN 974-17-5878-2

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CONTROL OF BROWNING IN DRIED BANANA *Musa sapientum* L. PRODUCTS



Miss Sirirat Sudprasert

ศูนย์วิทยทรัพยากร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Food Technology

Department of Food Technology

Faculty of Science

Chulalongkorn University

Academic Year 2003

ISBN 974-17-5878-2

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การควบคุมการเกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์กล้วย *Musa sapientum* L.ตาก

โดย

นางสาวสิริรัฐ สุดประเสริฐ

ภาควิชา

เทคโนโลยีทางอาหาร

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ ดร.เกียรติศักดิ์ ดวงมัลย์

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโท

คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร.เปี่ยมศักดิ์ เมนะเสวต)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ปราณี อานแป้ว)

อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ ดร.เกียรติศักดิ์ ดวงมัลย์)

กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.วรรณฯ ตูลย์ธัญ)

กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.กัลยา เลหาสงคราม)

กรรมการ

(อาจารย์ ดร.ธนจันทร์ มหาวนิช)

สิริรัฐ สูดประเสริฐ : การควบคุมการเกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์กล้วย *Musa sapientum* L.

ตาก. (CONTROL OF BROWNING IN DRIED BANANA *Musa sapientum* L.

PRODUCTS) อ. ที่ปรึกษา : อ.ดร.เกียรติศักดิ์ ดวงมาลย์, 112 หน้า. ISBN 974-17-5878-2.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งกล้วย สมบัติของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส (PPO) ในกล้วย ชนิดและสัดส่วน รวมทั้งประสิทธิภาพของการใช้สารควบคุมการเกิดสีน้ำตาล ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพในระหว่างเก็บรักษา และผลของการบรรจุในสภาพสุญญากาศ โดยใช้กล้วยน้ำว้า [*Musa* (ABB group) 'Kluai Nam Wa'] เป็นวัตถุดิบ จากการศึกษาการสุกของกล้วย (PCI 2-7) พบว่าเมื่อระยะเวลาการสุกเพิ่มขึ้น กล้วยจะมีค่าสีเปลือก L*, a*, b* ปริมาณความชื้น ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่าความแน่นแข็งลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ส่วนปริมาณกรดเพิ่มขึ้นในระยะเวลาการสุกช่วงแรก (PCI 2-5) และลดลงในช่วงหลัง (PCI 6-7) จากนั้นศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้ง โดยนำกล้วย PCI 5, 6 และ 7 หั่นแว่นและอบแห้งที่อุณหภูมิ 60°C, 65°C และ 70°C ด้วยตู้อบลมร้อน จนได้ผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณความชื้นน้อยกว่า 21% และมีค่า water activity (Aw) น้อยกว่า 0.65 เมื่อพิจารณาค่าสี และเนื้อสัมผัส ร่วมกับคะแนนทางด้านประสาทสัมผัสโดยวิธี 9-point hedonic score พบว่าภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งคือ กล้วย PCI 7 อุณหภูมิในการอบแห้ง 60°C ในด้านสมบัติของ crude PPO จากกล้วย PCI 7 พบว่ามี activity 3,351±269 units/mg protein มี optimum pH ที่ 6.5 เอนไซม์ยังมี activity เหลืออยู่มากกว่า 80% เมื่อป้อนในสารละลายบัฟเฟอร์ที่ช่วง pH 4.0-9.0 อุณหภูมิ 0°C เป็นเวลา 30 นาที มี optimum temperature ที่ 30°C และมีเสถียรภาพต่อความร้อนดีเมื่อป้อนในสารละลายบัฟเฟอร์ pH 7.0 ที่อุณหภูมิ 0-60°C เป็นเวลา 10 นาที โดยมี PPO activity เหลืออยู่ถึง 84.72% ที่อุณหภูมิ 60°C กิจกรรมของเอนไซม์จะถูกยับยั้งอย่างสมบูรณ์เมื่อให้ความร้อนที่ 80°C เป็นเวลา 10 นาที เมื่อศึกษาผลของการใช้สารควบคุมการเกิดสีน้ำตาล (กรดแอสคอร์บิก (Asc) ความเข้มข้น 0.5%, 1.0%, 1.5%, Asc 0.5% ผสมกรดซิตริก (CA) 0.5%, Asc 0.5% ผสมน้ำตาลปีบระรด, Asc 0.5% ผสมน้ำผึ้ง 5% และโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ (S) 0.1%) โดยใช้กากกล้วยเป็นตัวอย่างควบคุม พบว่าสารเหล่านี้สามารถยับยั้งกิจกรรมของ PPO ได้อย่างสมบูรณ์ จากนั้นศึกษาผลของการใช้สารควบคุมการเกิดสีน้ำตาลเหล่านี้ต่อการเกิดสีน้ำตาลในกล้วยตาก อัตราส่วนระหว่างกล้วยต่อสารละลายเป็น 1:2 (w/v) โดยนำกล้วยแช่ในสารละลาย 15 นาทีก่อนการอบแห้ง จากการทดลองพบว่าสารแต่ละชนิดมีประสิทธิภาพในการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และสามารถแบ่งสารตามประสิทธิภาพได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ โดยสารในกลุ่มแรก (Asc 1.0%, 1.5%, Asc 0.5% กับ CA 0.5%, Asc 0.5% กับน้ำตาลปีบระรด และ S 0.1%) มีประสิทธิภาพในการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลสูงกว่าสารกลุ่มที่สอง (Asc 0.5% และ Asc 0.5% ผสมน้ำผึ้ง 5%) โดยกล้วยตากที่ผ่านการแช่สารกลุ่มแรกก่อนอบ จะมีค่า L* สูงกว่ากล้วยตากที่ผ่านการแช่สารกลุ่มที่สองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อพิจารณาค่าสี และเนื้อสัมผัส ร่วมกับคะแนนความชอบทางด้านประสาทสัมผัส จึงคัดเลือกสารควบคุมการเกิดสีน้ำตาลคือ Asc 0.5%, Asc 0.5% ผสม CA 0.5%, Asc 0.5% ผสมน้ำตาลปีบระรด และ Asc 0.5% ผสมน้ำผึ้ง 5% เพื่อใช้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพในระหว่างเก็บรักษา โดยตัวอย่างที่แช่กากกล้วยเป็นตัวอย่างควบคุม และผลของการบรรจุในสภาพสุญญากาศ จากการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ที่อุณหภูมิ 30°C พบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้นค่า L* และ b* มีแนวโน้มลดลง การเปลี่ยนแปลงค่า L*, a*, b* ของกล้วยตากที่บรรจุในสภาพธรรมดา และบรรจุในสภาพสุญญากาศ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เมื่อนำกล้วยตากไปประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส พบว่าผู้บริโภคยังคงให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ โดยได้รับความชอบอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง ในการตรวจสอบทางด้านจุลินทรีย์ ตรวจพบจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่า 10^2 โคโลนีต่อกรัม และไม่พบยีสต์และรา

ภาควิชา เทคโนโลยีทางอาหาร

สาขาวิชา เทคโนโลยีทางอาหาร

ปีการศึกษา 2546

ลายมือชื่อนิสิต.....สิริรัฐ สูดประเสริฐ.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....เกียรติศักดิ์ ดวงมาลย์.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

4372449423 : MAJOR FOOD TECHNOLOGY

KEY WORD : BROWNING / BANANA / DRIED BANANA

SIRIRAT SUDPRASERT : CONTROL OF BROWNING IN DRIED BANANA

Musa sapientum L. PRODUCTS. THESIS ADVISOR : KAITTISAK DUANGMAL,

Ph.D., 112 pp. ISBN 974-17-5878-2.

The drying conditions, the properties of crude polyphenol oxidase (PPO) from banana, the effects of inhibitors, and qualities of product during storage were studied. The type of banana called "Kluai Nam Wa" [*Musa* (ABB group) 'Kluai Nam Wa'] was used as raw material. According to banana 's ripeness stages (PCI 2-7), it showed that the increase in ripeness led to an increase in peel's colour values ($L^* a^* b^*$), moisture content, total soluble solid and reducing sugar while firmness significantly decreased ($p < 0.05$). Acidity was found to increase during early stage of ripeness (PCI 2-5) and decrease in later stage (PCI 6-7). The optimum condition of drying for bananas at PCI 5,6 and 7 ripeness stage was studied. The drying temperatures were varied (60, 65 and 70 °C). Slices of banana were dried in a tray dryer until finished product had moisture content less than 21% and water activity (A_w) lower than 0.65. Colour values and texture measurement of the products were considered, along with sensory score using a 9-hedonic score. The optimum drying condition was found to be 60 °C for banana at PCI 7 ripeness stage. The PPO activity of banana at PCI 7 was $3,351 \pm 269$ units/mg protein. The pH-activity optimum was 6.5. This crude PPO retained > 80% activity after incubation at pH 4.0-9.0, 0 °C for 30 min. The temperature-activity optimum was 30 °C with 84.72% of its maximum activity retained at 60 °C. The crude PPO was completely inactivated by heating at 80 °C for 10 min. The inhibitors (0.5, 1.0 and 1.5% ascorbic acid (Asc), 0.5% Asc with 0.5% citric acid (CA) added, 0.5% Asc with pineapple juice, 0.5% Asc with 5% honey added and 0.1% Sodium metabisulphite (S)) completely inhibited enzyme activity. Distilled water was used as the control. The effect of these inhibitors were also studied in dried bananas. Banana slices were soaked in the solutions, ratio of 1:2 (w/v), for 15 minutes prior to drying. The results showed that each solution had a significant difference ($p < 0.05$) in browning control. The inhibitors could be classified into 2 groups according to their effectiveness. The first group consisted of 1.0 and 1.5% Asc, a mixture of 0.5% Asc and 0.5% CA, a mixture of 0.5% Asc and pineapple juice, and 0.1% S. Whereas 0.5% Asc and a mixture of 0.5% Asc and 5% honey were classified to the second group. The first group of inhibitors was more efficient in browning control than the latter. Dried bananas soaked in the first group's solutions significantly ($p < 0.05$) gave a higher L^* value compared to the ones soaked in the second group's. Moreover, qualities changes during storage were carried out. The results based on evaluation of colour values, texture and sensory score showed that the solutions of 0.5% Asc, 0.5% Asc and 0.5% CA, 0.5% Asc and pineapple juice, and 0.5% Asc and 5% honey were selected to be further examined in the storage test. Dried bananas were stored at 30 °C for 12 weeks. The results showed that the longer the storage time, the higher L^* and b^* values of dried banana decreasing. Effect of packaging conditions (atmospheric pack, vacuum pack) were studied. There was no significant difference ($p > 0.05$) in the change of L^* , a^* , b^* values of both conditions. The results from sensory evaluation showed that the preference in the overall acceptance ranged from 'like slightly' to 'like moderately' throughout the period of storage in every treatment. During storage, microbiological assay (total plate count, yeast and mold) showed that neither yeast nor mould was found while the total plate count technique showed positive results ($< 10^2$ colonies/g)

Department Food Tecnology

Field of study Food Technology

Academic year 2003

Student's signature..... 

Advisor's signature..... 

Co-advisor's signature.....

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ อ.ดร.เกียรติศักดิ์ ดวงมาลัย อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำในด้านต่างๆ อันเป็นประโยชน์ต่องานวิจัย ตลอดจนกระตุ้นให้เกิดข้อคิด และแนวทางในการทำงานอันเป็นประโยชน์แก่ผู้วิจัยต่อไปในอนาคต

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร. ปราณีย์ อำนประ็อง รศ.ดร. วรธนา ตุลาญญู รศ.ดร. กัลยา เลาสงคราม และ อ.ดร.ธนจันท์ มหาวนิช ที่กรุณาสละเวลามาเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และให้คำปรึกษา คำแนะนำอันเป็นประโยชน์ต่องานวิจัย

ขอขอบคุณพี่อ้อตเป็นอย่างยิ่ง ที่มีน้ำใจให้ความช่วยเหลือในหลายๆ ด้าน รวมทั้งให้คำปรึกษา และแนะนำความรู้ต่างๆ ให้ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่องานวิจัย และเป็นแบบอย่างที่ดีในด้านการทำงานและการชวนชวนหาความรู้

ขอขอบคุณพี่เอ็ม พี่แอล พี่นก พี่โก้ เกี้ยว ไร่ค จอย อีฟ เกท นีต แดง นัน กุก น้องต่าย พี่เป็ยว น้องปอ พี่อ้วน ไหม จิ ชมพู แป้ว เจ็ยบ พี่ติเจ น้องมิด น้องริอคกี้ น้องจีน่า และเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ทุกคนที่เกี่ยวข้อง ที่มีน้ำใจให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ รวมทั้งเป็นกำลังใจให้ตลอดมา

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่คอยให้กำลังใจ และสนับสนุนในด้านการศึกษา และขอขอบคุณน้องๆ ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ ตลอดมา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญรูป.....	ฎ
บทที่	
1. บทนำ.....	1
2. วารสารปริทัศน์.....	3
3. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง.....	16
4. ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง.....	29
5. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....	80
รายการอ้างอิง.....	82
ภาคผนวก.....	87
ภาคผนวก ก.	88
ภาคผนวก ข.	96
ภาคผนวก ค.	97
ภาคผนวก ง.	105
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	112

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ปริมาณและมูลค่าการส่งออกกล้วยตากของประเทศไทย.....	5
4.1 ค่าสีเปลือก $L^* a^* b^*$ ที่ระยะการสุกต่างๆ ของกล้วยน้ำว้า.....	31
4.2 องค์ประกอบทางเคมีและกายภาพของกล้วยน้ำว้า ที่ระยะการสุกต่างๆ.....	32
4.3 % TSS และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของกล้วยน้ำว้า ที่ระยะการสุกต่างๆ.....	33
4.4 เวลาที่ใช้ในการอบแห้งกล้วยด้วยวิธีการทำแห้งแบบลมร้อน และค่า Aw ณ เวลา ที่กล้วยมีความชื้น 21 %.....	37
4.5 ผลของระยะการสุกของกล้วยและอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งด้วยลมร้อน ต่อปริมาณ ความชื้น ค่า Aw เนื้อสัมผัส และค่าสีของกล้วยตากที่ได้จากการทดลอง.....	39
4.6 สมบัติทางเคมีและกายภาพของผลิตภัณฑ์กล้วยตากทางการค้า.....	40
4.7 ผลของระยะการสุกของกล้วยและอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งด้วยลมร้อนต่อการ ยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กล้วยตาก.....	44
4.8 ผลของสารป้องกันการเกิดสีน้ำตาลต่อ PPO activity ในกล้วยน้ำว้า.....	54
4.9 คะแนนความชอบทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กล้วยตากที่ผ่านการแช่สาร ป้องกันการเกิดสีน้ำตาลชนิดต่างๆ.....	64
4.10 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของกล้วยตากในระหว่างเก็บรักษาในสภาวะธรรมดา.....	73
4.11 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของกล้วยตากในระหว่างเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศ.....	73
4.12 คะแนนความชอบทางด้านลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์กล้วยตากที่ผ่านการแช่สาร ป้องกันการเกิดสีน้ำตาลชนิดต่างๆ ในระหว่างเก็บรักษา.....	74
4.13 คะแนนความชอบทางด้านสีของผลิตภัณฑ์กล้วยตากที่ผ่านการแช่สาร ป้องกันการเกิดสีน้ำตาลชนิดต่างๆ ในระหว่างเก็บรักษา.....	75
4.14 คะแนนความชอบทางด้านกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์กล้วยตากที่ผ่านการแช่สาร ป้องกันการเกิดสีน้ำตาลชนิดต่างๆ ในระหว่างเก็บรักษา.....	76
4.15 คะแนนความชอบทางด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์กล้วยตากที่ผ่านการแช่สาร ป้องกันการเกิดสีน้ำตาลชนิดต่างๆ ในระหว่างเก็บรักษา.....	77
4.16 คะแนนความชอบทางด้านการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์กล้วยตากที่ผ่านการแช่สาร ป้องกันการเกิดสีน้ำตาลชนิดต่างๆ ในระหว่างเก็บรักษา.....	78
ค.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นของกล้วยที่มีระยะการสุก 5 กับเวลาที่ใช้ใน การอบแห้ง โดยใช้อุณหภูมิ 60 °C 65 °C และ 70 °C ในการอบแห้ง.....	97

สารบัญตาราง (ต่อ)

ณ

ตารางที่	หน้า
ค.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นของกล้วยที่มีระยะเวลาการสุก 6 กับเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง โดยใช้อุณหภูมิ 60 °C 65 °C และ 70 °C ในการอบแห้ง.....	98
ค.3 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นของกล้วยที่มีระยะเวลาการสุก 7 กับเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง โดยใช้อุณหภูมิ 60 °C 65 °C และ 70 °C ในการอบแห้ง.....	99
ค.4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Aw ของกล้วยที่มีระยะเวลาการสุก 5 กับเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง โดยใช้อุณหภูมิ 60 °C 65 °C และ 70 °C ในการอบแห้ง.....	100
ค.5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Aw ของกล้วยที่มีระยะเวลาการสุก 6 กับเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง โดยใช้อุณหภูมิ 60 °C 65 °C และ 70 °C ในการอบแห้ง.....	101
ค.6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Aw ของกล้วยที่มีระยะเวลาการสุก 7 กับเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง โดยใช้อุณหภูมิ 60 °C 65 °C และ 70 °C ในการอบแห้ง.....	102
ค.7 ค่าสี L* ของกล้วยก่อนแช่, หลังแช่สารควบคุมการเกิดสีน้ำตาล และกล้วยตาก.....	103
ค.8 ค่าสี a* ของกล้วยก่อนแช่, หลังแช่สารควบคุมการเกิดสีน้ำตาล และกล้วยตาก.....	103
ค.9 ค่าสี b* ของกล้วยก่อนแช่, หลังแช่สารควบคุมการเกิดสีน้ำตาล และกล้วยตาก.....	104
ง.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าสีเปลือก L* a* b* ของกล้วยน้ำว้าที่ระยะเวลาการสุกต่างๆ.....	105
ง.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความแน่นแข็งของกล้วยน้ำว้าที่ระยะเวลาการสุกต่างๆ...105	105
ง.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณความชื้นของกล้วยน้ำว้าที่ระยะเวลาการสุกต่างๆ...105	105
ง.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า pH ของกล้วยน้ำว้า ที่ระยะเวลาการสุกต่างๆ.....105	105
ง.5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณกรดของกล้วยน้ำว้าที่ระยะเวลาการสุกต่างๆ.....106	106
ง.6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของ %TSS ของกล้วยน้ำว้า ที่ระยะเวลาการสุกต่างๆ.....106	106
ง.7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของกล้วยน้ำว้าที่ระยะเวลาการสุกต่างๆ.....	106
ง.8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณความชื้นของกล้วยตาก โดยแปรระยะเวลาการสุกของกล้วย และอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งด้วยลมร้อนต่างกัน.....	106
ง.9 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า Aw ของกล้วยตากโดยแปรระยะเวลาการสุกของกล้วย และอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งด้วยลมร้อนต่างกัน.....	107
ง.10 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของเนื้อสัมผัสของกล้วยตาก โดยแปรระยะเวลาการสุกของกล้วยและอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งด้วยลมร้อนต่างกัน.....	107

สารบัญตาราง (ต่อ)

ญ

ตารางที่	หน้า
ง.11 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าสี $L^* a^* b^*$ ของกล้วยตาก โดยแปรรະຍະการสุกของกล้วยและอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งด้วยลมร้อนต่างกัน.....	107
ง.12 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนความชอบทางด้านประสาทสัมผัสของกล้วยตาก โดยแปรรະຍະการสุกของกล้วย และอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งด้วยลมร้อนต่างกัน.....	108
ง.13 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าสี $\Delta L^* \Delta a^* \Delta b^*$ ของกล้วยก่อนแช่และหลังแช่สารป้องกันการเกิดสีน้ำตาล.....	108
ง.14 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าสี $L^* a^* b^*$ ของกล้วยตากที่ผ่านการแช่สารป้องกันการเกิดสีน้ำตาลชนิดต่างๆ.....	108
ง.15 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า HMF ของกล้วยตากที่ผ่านการแช่สารป้องกันการเกิดสีน้ำตาลชนิดต่างๆ.....	109
ง.16 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าแรงตัดขาดของกล้วยตากที่ผ่านการแช่สารป้องกันการเกิดสีน้ำตาลชนิดต่างๆ.....	109
ง.17 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนความชอบทางด้านประสาทสัมผัสของกล้วยตากที่ผ่านการแช่สารป้องกันการเกิดสีน้ำตาลชนิดต่างๆ.....	109
ง.18 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าสี $L^* a^* b^*$ ของกล้วยตากในระหว่างเก็บรักษา โดยแปรชนิดของสารป้องกันการเกิดสีน้ำตาล สภาพวะในการบรรจุ และเวลาในการเก็บรักษาต่างกัน.....	110
ง.19 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณ HMF ของกล้วยตากในระหว่างเก็บรักษา โดยแปรชนิดของสารป้องกันการเกิดสีน้ำตาล สภาพวะในการบรรจุ และเวลาในการเก็บรักษาต่างกัน.....	110
ง.20 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าแรงตัดขาดของกล้วยตากในระหว่างเก็บรักษา โดยแปรชนิดของสารป้องกันการเกิดสีน้ำตาล สภาพวะในการบรรจุ และเวลาในการเก็บรักษาต่างกัน.....	111
ง.21 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนความชอบทางด้านประสาทสัมผัสของกล้วยตากในระหว่างเก็บรักษา โดยแปรชนิดของสารป้องกันการเกิดสีน้ำตาล สภาพวะในการบรรจุ และเวลาในการเก็บรักษาต่างกัน.....	111

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1	ปฏิกิริยา hydroxylation ของ monophenol ไปเป็น o-diphenol.....7
2.2	ปฏิกิริยาออกซิเดชัน ของ o-diphenol ไปเป็น o-quinone.....7
2.3	ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ PPO.....7
2.4	ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่อาศัยเอนไซม์ (ปฏิกิริยามายล์ลาร์ด).....10
3.1	ขั้นตอนในการทำล้วยน้ำว่าอบแห้งเพื่อเลือกภาวะการอบแห้งที่เหมาะสม.....22
4.1	ระยะการสุกของล้วยน้ำว่าตามดัชนีสีเปลือก.....30
4.2	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้น (%) กับเวลาในการอบแห้งล้วยน้ำว่า PCI 5 (A), PCI 6 (B) และ PCI 7 (C) ที่อุณหภูมิต่างๆ.....35
4.3	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Aw กับเวลาในการอบแห้งล้วยน้ำว่า PCI 5 (A), PCI 6 (B) และ PCI 7(C) ที่อุณหภูมิต่างๆ.....36
4.4	ผลของระยะการสุกของล้วยและอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งด้วยลมร้อนต่อเนื้อสัมผัส (ค่าแรงตัดขาด) ของล้วยตากที่ได้จากการทดลอง เปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ล้วยตากทางการค้า.....41
4.5	ผลของระยะการสุกของล้วยและอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งด้วยลมร้อนต่อค่าสี L* ของล้วยตากที่ได้จากการทดลอง เปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ล้วยตากทางการค้า.....41
4.6	ผลของระยะการสุกของล้วยและอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งด้วยลมร้อนต่อค่าสี a* ของล้วยตากที่ได้จากการทดลอง เปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ล้วยตากทางการค้า.....42
4.7	ผลของระยะการสุกของล้วยและอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งด้วยลมร้อนต่อค่าสี b* ของล้วยตากที่ได้จากการทดลอง เปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ล้วยตากทางการค้า.....42
4.8	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ crude enzyme และ PPO activity.....46
4.9	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ crude enzyme และ PPO activity ต่อมิลลิลิตรของ crude enzyme.....46
4.10	pH activity profile ของ crude PPO ในล้วยน้ำว่าที่อุณหภูมิ 25 °C เมื่อใช้ สารละลาย catechol ความเข้มข้น 20 mM ในสารละลายบัฟเฟอร์ที่ pH ต่าง ๆ เป็น substrate.....47
4.11	pH stability profile ของ crude PPO ในล้วยน้ำว่าที่อุณหภูมิ 25 °C เมื่อใช้ สารละลาย catechol ความเข้มข้น 20 mM ในสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ pH 6.5 เป็น substrate.....49

รูปที่	หน้า
4.12 Temperature activity profile ของ crude PPO ในกล้วยน้ำว้า เมื่อวิเคราะห์โดยใช้สารละลาย catechol ความเข้มข้น 20 mM ในสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ pH 6.5 เป็น substrate.....	50
4.13 Temperature stability profile ของ crude PPO หลังจากบ่มที่อุณหภูมิต่างๆ เป็นเวลา 10 นาที เมื่อวิเคราะห์ที่อุณหภูมิ 30 °C และใช้สารละลาย catechol ความเข้มข้น 20 mM ในสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ pH 6.5 เป็น substrate.....	51
4.14 ค่าสี L* ของกล้วยก่อนแช่, หลังแช่สารควบคุมการเกิดสีน้ำตาลและกล้วยตาก.....	55
4.15 ค่าสี a* ของกล้วยก่อนแช่, หลังแช่สารควบคุมการเกิดสีน้ำตาลและกล้วยตาก.....	55
4.16 ค่าสี b* ของกล้วยก่อนแช่, หลังแช่สารควบคุมการเกิดสีน้ำตาลและกล้วยตาก.....	56
4.17 ค่า ΔL^* ของกล้วยก่อนแช่และกล้วยหลังแช่สารควบคุมการเกิดสีน้ำตาล.....	58
4.18 ค่า Δa^* ของกล้วยก่อนแช่และกล้วยหลังแช่สารควบคุมการเกิดสีน้ำตาล.....	58
4.19 ค่า Δb^* ของกล้วยก่อนแช่และกล้วยหลังแช่สารควบคุมการเกิดสีน้ำตาล.....	59
4.20 ค่า L* ของกล้วยตากที่ผ่านการแช่สารควบคุมการเกิดสีน้ำตาลชนิดต่างๆ.....	60
4.21 ค่า a* ของกล้วยตากที่ผ่านการแช่สารควบคุมการเกิดสีน้ำตาลชนิดต่างๆ.....	61
4.22 ค่า b* ของกล้วยตากที่ผ่านการแช่สารควบคุมการเกิดสีน้ำตาลชนิดต่างๆ.....	61
4.23 ค่า HMF ของกล้วยตากที่ผ่านการแช่สารควบคุมการเกิดสีน้ำตาลชนิดต่างๆ.....	62
4.24 ค่าแรงตัดขาดของกล้วยตากที่ผ่านการแช่สารควบคุมการเกิดสีน้ำตาลชนิดต่างๆ.....	63
4.25 ค่า L* ของกล้วยตากที่ผ่านการแช่สารป้องกันการเกิดสีน้ำตาลชนิดต่างๆ และบรรจุแบบธรรมดาในระหว่างเก็บรักษา.....	67
4.26 ค่า L* ของกล้วยตากที่ผ่านการแช่สารป้องกันการเกิดสีน้ำตาลชนิดต่างๆ และบรรจุแบบสุญญากาศในระหว่างเก็บรักษา.....	68
4.27 ค่า a* ของกล้วยตากที่ผ่านการแช่สารป้องกันการเกิดสีน้ำตาลชนิดต่างๆ และบรรจุแบบธรรมดาในระหว่างเก็บรักษา.....	68
4.28 ค่า a* ของกล้วยตากที่ผ่านการแช่สารป้องกันการเกิดสีน้ำตาลชนิดต่างๆ และบรรจุแบบสุญญากาศในระหว่างเก็บรักษา.....	69
4.29 ค่า b* ของกล้วยตากที่ผ่านการแช่สารป้องกันการเกิดสีน้ำตาลชนิดต่างๆ และบรรจุแบบธรรมดาในระหว่างเก็บรักษา.....	69

รูปที่	หน้า
4.30 ค่า b^* ของกล้วยตากที่ผ่านการแช่สารป้องกันการเกิดสีน้ำตาลชนิดต่างๆ และบรรจุแบบสุญญากาศในระหว่างเก็บรักษา.....	70
4.31 ค่า HMF ของกล้วยตากที่ผ่านการแช่สารป้องกันการเกิดสีน้ำตาลชนิดต่างๆ และบรรจุแบบธรรมดาในระหว่างเก็บรักษา.....	70
4.32 ค่า HMF ของกล้วยตากที่ผ่านการแช่สารป้องกันการเกิดสีน้ำตาลชนิดต่างๆ และบรรจุแบบสุญญากาศในระหว่างเก็บรักษา.....	71
4.33 ค่าแรงตัดขาดของกล้วยตากที่ผ่านการแช่สารป้องกันการเกิดสีน้ำตาลชนิดต่างๆ และบรรจุแบบธรรมดาในระหว่างเก็บรักษา.....	71
4.34 ค่าแรงตัดขาดของกล้วยตากที่ผ่านการแช่สารป้องกันการเกิดสีน้ำตาลชนิดต่างๆ และบรรจุแบบสุญญากาศในระหว่างเก็บรักษา.....	72
ก.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Force และ เวลา ที่แสดงค่าแรงตัดขาดของตัวอย่าง.....	92
ก.2 กราฟมาตรฐานการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน.....	94
ก.3 กราฟมาตรฐานการวิเคราะห์ปริมาณ HMF.....	95